РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ СТАТИСТИКИ В БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Садинов Азизбек Санжар угли, Каримов Амир Улугбекович, Аминов Акбар Чингиз угли
студенты лечебного факультета Самаркандского государственного медицинского университета
Вохидов Аликул Мелитошевич
Старший преподаватель, кандетат экономических наук Самаркандского государственного медицинского университета

АННОТАЦИЯ

В данной научной статье подробно рассматриваются теоретические, методологические и практические аспекты применения методов статистического анализа в области биомедицинской инженерии. Анализируются понятия статистики и статистического анализа, их цели и задачи, виды данных (количественные и качественные), а также методологические различия между генеральной совокупностью и выборкой. Кроме того, на практических примерах раскрываются основные статистические этапы биомедицинских исследований, методика расчёта первичных статистических показателей (среднего арифметического) в среде Microsoft Excel, а также вопросы научно обоснованной интерпретации полученных результатов.

Ключевые слова: статистика, статистический анализ, биомедицинская инженерия, генеральная совокупность, выборка, количественные данные, качественные данные, среднее арифметическое, Microsoft Excel, научная интерпретация, биометрия.

THE ROLE AND IMPORTANCE OF STATISTICS IN BIOMEDICAL ENGINEERING

Sadinov Azizbek Sanjar ugli, Karimov Amir Ulugbekovich, Aminov Akbar Chingiz ugli
Students of the Faculty of General Medicine, Samarkand State Medical University
Vokhidov Alikul Melitoshevich
Senior Lecturer, Candidate of Economic Sciences, Samarkand State Medical University

ABSTRACT

This scientific article explores in detail the theoretical, methodological, and practical aspects of applying statistical analysis methods in biomedical engineering. The concepts of statistics and statistical analysis, their goals and objectives, types of data (quantitative and qualitative), and the differences between the target population and sample are thoroughly examined. Furthermore, the main statistical stages of biomedical research, the calculation of basic statistical indicators (arithmetic mean) using Microsoft Excel Excel, and the correct scientific interpretation of results are demonstrated with practical examples.

Keywords: Statistics, statistical analysis, biomedical engineering, population, sample, quantitative data, qualitative data, arithmetic mean, Microsoft Excel Excel, scientific interpretation, biometrics.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в условиях мирового научно-технического прогресса активно развиваются такие направления, как биомедицинская инженерия, медицинская кибернетика и биометрия. В результате интеграции современной медицины и технических наук формируются обширные потоки сложной информации, характеризующей физиологическое состояние организма человека, патологические изменения и диагностические параметры [1]. К ним относятся физиологические показатели пациентов (артериальное давление, температура тела, частота сердечных сокращений), результаты лабораторных и биохимических анализов, биометрические параметры, цифровые показатели медицинских приборов и датчиков, а также результаты лечения.

Однако в научной и практической деятельности простого сбора этих данных или их хранения в табличной форме недостаточно [2]. Для получения достоверных и объективных выводов на основе массивов данных, устранения шумов (случайных отклонений), а также оценки надёжности медицинских технологий, внедряемых в практику, широко используются методы статистического анализа [3].

Статистика представляет собой область науки, изучающую методы сбора, систематизации, обобщения и анализа данных о массовых явлениях и процессах, а также способы получения на их основе научных и практических выводов [4]. Статистический анализ, в свою очередь, представляет собой процесс применения статистических и математических методов для выявления закономерностей, различий, взаимосвязей и тенденций в собранных данных [5].

Цель данной статьи заключается в теоретическом и практическом обосновании роли и значения статистического анализа в биомедицинской инженерии, систематизации видов данных и этапов статистического анализа с методологической точки зрения, а также в демонстрации методики расчёта первичных статистических показателей с использованием прикладных программных средств (Microsoft Excel).

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

Вопросы применения статистических методов в биомедицинских и инженерных науках широко исследовались зарубежными и отечественными учёными.

Как отмечают Douglas C. Montgomery и George C. Runger [1] в своих работах, посвящённых инженерной статистике, корректная оценка результатов экспериментов и оптимизация процессов в инженерных системах возможны только на основе теории вероятностей и аппарата математической статистики.

Особенности статистического анализа в медицине и биологии подробно освещены в трудах Bernard Rosner [2] и Wayne W. Daniel [3]. По мнению исследователей, биомедицинские данные, в отличие от данных других областей, характеризуются высокой степенью биологической вариабельности. Поэтому даже при одинаковом внешнем воздействии различные организмы могут демонстрировать неодинаковые физиологические реакции.

Анализируя методологические ошибки, часто встречающиеся в биомедицинских исследованиях, S. Glantz [4] отмечает, что неправильный

выбор статистических методов (например, применение количественных методов анализа к категориальным данным или игнорирование объёма выборки) может привести к получению недостоверных научных выводов.

В исследованиях последних лет, посвящённых внедрению алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения (Machine Learning) в биомедицинскую инженерию [5, 6], также доказано, что предварительная статистическая обработка данных (preprocessing), нормализация и извлечение признаков (feature extraction) являются определяющими этапами исследовательского процесса.

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Основная цель статистического анализа в биомедицинской инженерии заключается в принятии научно и практически обоснованных решений на основе собранных медицинских и технических данных. Статистический анализ выполняет следующие основные задачи [2, 4, 7]: систематический сбор и упорядочение исследовательских данных; группировка данных по определённым признакам; расчёт показателей центральной тенденции и вариации; определение статистической значимости различий между группами и методами; оценка степени взаимосвязи между физиологическими и техническими переменными (корреляция и регрессия); проверка статистических гипотез (оценка показателя *p-value*); визуализация результатов в графической и табличной формах.

Статистические данные, используемые в биомедицинских исследованиях, подразделяются на две основные группы [3]:

Вид данных	**Характеристика**	**Примеры**	**Статистические методы**
Количественные	Данные, выраженные числовыми значениями, над которыми можно выполнять арифметические операции.	Возраст, температура тела 36,8 °C, частота сердечных сокращений 78 уд/мин, артериальное	Среднее значение $\bar{X}$, стандартное отклонение (SD), t-критерий, ANOVA.

		давление 120/80 мм рт. ст.	
Качественные (категориальные)	Данные, характеризующие определённое свойство или категорию объекта.	Пол (мужской /женский), группа крови (I, II, III, IV), наличие /отсутствие заболевания, состояние устройства.	Частоты, доли, проценты, критерий χ^2, точный критерий Фишера.

В методологии статистических исследований выделяют два важных понятия: генеральная совокупность и выборка [1, 5].

Генеральная совокупность — это конечная или бесконечная совокупность всех объектов или субъектов, которые исследователь намерен изучить. Например, все пациенты с гипертонической болезнью в Узбекистане. Выборка — это часть генеральной совокупности, отобранная для проведения конкретного исследования и обладающая свойством репрезентативности. Например, 200 пациентов с гипертонической болезнью, отобранных случайным образом.

Если выборка сформирована правильно, с соблюдением принципа случайности, статистические результаты, полученные в ходе исследования, могут быть распространены на всю генеральную совокупность (генерализованы) [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

В биомедицинской инженерии статистические методы применяются по следующим основным направлениям [6]:

Калибровка медицинских устройств и датчиков, оценка их точности. Сравнение показателей вновь разработанных устройств с показателями клинических приборов, принятых в качестве золотого стандарта (gold standard).

Обработка физиологических сигналов (ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ). Оценка средней амплитуды, частоты и вариабельности сигналов.

Оценка точности систем искусственного интеллекта и нейронных сетей. Расчёт чувствительности (Sensitivity) и специфичности (Specificity) диагностических алгоритмов.

Проведение первичных статистических расчётов и научная интерпретация результатов в среде Microsoft Excel.

В рамках исследования были изучены показатели частоты сердечных сокращений у 5 пациентов и рассчитано среднее арифметическое значение.

Математическое выражение среднего арифметического:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

где:

$\bar{x}$ — среднее арифметическое значение выборки;

x_i — значение отдельного наблюдения;

n — количество наблюдений;

$\sum$ — знак суммирования всех значений.

Исходные данные и этапы выполнения расчётов в Excel:

В ячейку A1 программы Excel была введена надпись «Пациент», а в ячейку B1 — «Частота сердечных сокращений».

В диапазон A2 были внесены фамилии пациентов, а в диапазон B2 — соответствующие значения: 72, 76, 80, 74, 78.

В ячейку B7 была введена одна из следующих формул:

=СУММ(B2:B6)/5 или =СРЗНАЧ(B2:B6).

Расчёт среднего арифметического:

$$\bar{x} = \frac{72 + 76 + 80 + 74 + 78}{5} = 76 \text{ уд/мин}$$

Научная интерпретация: Средняя частота сердечных сокращений у пяти обследованных пациентов составила 76 уд/мин. Однако с точки зрения статистики одного среднего значения недостаточно. На последующих этапах исследования необходимо также оценить вариабельность данных (стандартное отклонение — SD) и доверительный интервал (CI) [2, 8].

ОБСУЖДЕНИЕ И АНАЛИЗ ТИПИЧНЫХ ОШИБОК

При проведении статистического анализа в биомедицинской инженерии необходимо правильно интерпретировать полученные результаты и избегать следующих методологических ошибок [4, 5]:

Анализ данных без предварительной проверки. Проведение анализа без выявления и обработки экстремальных значений (выбросов, outliers) и ошибок измерения.

Смешение методов анализа категориальных и количественных данных. Применение количественных методов к качественным показателям без учёта их природы.

Опора исключительно на среднее значение. Если не учитывать вариабельность данных (SD или дисперсию), среднее значение может привести к ошибочным выводам.

Интерпретация корреляции как причинно-следственной связи. Наличие статистической взаимосвязи между двумя параметрами не означает, что один из них является причиной изменения другого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый теоретический и практический анализ показывает, что статистический анализ в биомедицинской инженерии является не просто инструментом вычислений, а важнейшей методологической основой, обеспечивающей объективность и достоверность научных исследований.

При проведении исследований специалисты в области биомедицинской инженерии должны правильно определять соотношение между генеральной совокупностью и выборкой, а также выбирать статистические критерии в соответствии с типом исследуемых данных (качественными или количественными).

Несмотря на то что с помощью Microsoft Excel и других программных пакетов можно выполнять оперативные статистические расчёты, решающее

значение имеет правильная научная и клиническая интерпретация полученных показателей.

Глубокое овладение методами статистического анализа позволяет разрабатывать новые диагностические и лечебные аппараты, повышать точность медицинских датчиков и успешно внедрять технологии цифровой медицины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2018). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. John Wiley & Sons.
2. Rosner, B. (2015). *Fundamentals of Biostatistics*. Cengage Learning.
3. Daniel, W. W., & Cross, C. L. (2018). *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*. Wiley.
4. Glantz, S. A. (2012). *Primer of Biostatistics*. McGraw-Hill Medical.
5. Altman, D. G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research*. CRC Press.
6. Enderle, J. D., & Bronzino, J. D. (2012). *Introduction to Biomedical Engineering*. Academic Press.
7. Abdushukurov A.A., Zuparov T.M. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika. – Toshkent: Tafakkur-Bo‘stoni, 2015. – 416 b.
8. Sirojiddinov S.X., Mamatov M.M. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika. – Toshkent: O‘qituvchi, 1980.