

Кураченко Ирина

ORCID 0000-0002-4385-5530

Старший преподаватель кафедры зоологии, физиологии и генетики,
Учреждение образования «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины»
(Гомель, Беларусь) E-mail: ikirachenko@gsu.by

Евтухова Лариса

ORCID 0000-0002-8090-0978

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры зоологии, физиологии и генетики,
Учреждение образования «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины»
(Гомель, Беларусь) E-mail: levtuhova@gsu.by

Плахтий Петр

Кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры биологии и методики ее преподавания,
Каменец-Подольский национальный университет имени Ивана Огиенко
(Каменец-Подольский, Украина) E-mail: plahytiy_mp@ukr.net

О ПРИМЕНЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Цель работы – охарактеризовать особенности реализации статистического подхода в учебной и научно-исследовательской работе студентов медико-биологического профиля.

Методологической основой являются принципы научности и доступности, которые определяют важные математико-статистические аспекты профессиональной подготовки будущего специалиста в области естественных наук.

Методы исследования. Для получения наиболее значимых результатов исследования и их интерпретации применялись следующие методы: теоретический анализ и обобщение информации, систематизация изложенной в научных источниках информации, экспериментальное исследование.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что теоретически обоснован и апробирован метод формирования математико-статистической компетентности специалиста в процессе изучения студентами дисциплин медико-биологической направленности.

Практическое значение полученных результатов: теоретические результаты и научные положения могут быть использованы для решения научно-методических и практических задач при подготовке специалиста-биолога.

Выводы. Внедрение методов математической статистики в систему высшего биологического образования наряду с другими дисциплинами позволяет формировать знания и навыки в соответствии с современными требованиями к теоретической и практической составляющим подготовленности специалиста.

Ключевые слова: высшая школа, подготовка, научность, статистика, выборка.

Постановка проблемы. Анализ основных исследований и публикаций. Особенности современного общества диктуют необходимость актуализации исследовательского подхода к обучению, в результате которого у студентов развивается аналитическое мышление. Уровень образования определяется знаниями, умениями и навыками студентов. Основная цель высшего образования – подготовить специалиста с высоким уровнем знаний и творческим потенциалом [1; 2].

В процесс обучения включено множество методов исследования, которые различаются по степени важности и сложности. Важным показателем научно-исследовательской работы является её эффективность, которая достигается точностью методологического подхода к ней [3; 4; 6; 8].

Методология научно-исследовательской работы определяется планированием, качеством постановки и проведения эксперимента, а также глубинной интерпретации полученных результатов. Каждый этап в равной мере играет важную роль в проведении исследований. Для изучения современных методов исследования в наших и ряде других вузов выделены отдельные специальные дисциплины, как-то:

«Основы научных исследований», «Биологические методы исследований» и др., к некоторым из которых учебные пособия подготовлены авторами данной статьи [9]. На практических и лабораторных занятиях по дисциплинам «Физиология человека», «Иммунология», «Биофизика», «Экология» и др. большой интерес представляют методы статистического анализа, без которых невозможен полный и объективный анализ и оценка исследуемых параметров жизненно важных систем или условий обитания человека [5, 6, 10, 11].

Современная биология давно перестала быть исключительно описательной наукой. Сегодня ее существование и развитие предполагает обязательное использование методов и подходов такой области, как математическая статистика. На кафедре зоологии, физиологии и генетики биологического факультета Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины и кафедре биологии и методики ее преподавания Каменец-Подольского национального университета имени Ивана Огиенко ведется подготовка студентов-биологов по специализациям и специальностям «Физиология человека и животных», «Зоология» и «Биология и здоровье человека», «Экология», соответственно. Анализируя качество подготовки дипломных проектов за последние 20 лет, авторами отмечается рост значимости математического анализа в работах с 56% до 99%. В последние годы увеличилось число студенческих публикаций в научных журналах (до 70%), что не представляется возможным без глубокого современного статистического анализа полученных результатов.

Основные результаты исследования. В настоящее время уровень математической подготовки студента определяется умением применять различные методы математической статистики, в том числе с использованием компьютерных программ Statistika. Однако, одни и те же методы математической статистики, применяемые к исходным материалам, дают неодинаковые значения, отличающиеся по уровню достоверности.

Учебно- и научно-исследовательская работа студентов специализаций «Физиология человека и животных» и специальностей «Биология и здоровье человека», «Экология» направлены на изучение показателей физического развития, с последующей оценкой состояния здоровья индивида по совокупности основных антропо- и физиометрических данных. Для получения точных результатов при оценке физического состояния, обследуемого необходимо соблюдать ряд известных стандартных условий, а именно: оценка должна проводиться в утреннее время, при оптимальном освещении, наличии исправного инструментария, с использованием унифицированной методики и техники измерений.

Полученные при антропометрических обследованиях числовые данные отдельных признаков или варианты, такие как рост, вес, окружность груди и другие подвергаются обработке методом вариационной статистики с целью нахождения средних показателей – стандартов физического развития. Для получения репрезентативных данных, исследования проводят по группам в количестве 30–50 человек, с учетом возраста, пола, региона обитания, вида занятий, уровня физической подготовленности, эпохальных тенденций и другим критериям. Анализ полученных результатов осуществляются с учетом данных как отечественных (Беларуси и Украины), так публикаций специалистов в этой области из других государств.

Научно-исследовательская работа студентов специализации «Зоология» проводится в рамках научно-исследовательской лаборатории «Поиск», а в летний период – в лабораториях научно-исследовательской базы «Ченки», где проводятся фаунистические, морфометрические, этологические исследования, требующие математической обработки. Аналогичную деятельность студенты Каменец-Подольского национального университета имени Ивана Огиенко проводят, соответственно специальностям, в школах и национальном природном парке «Подольские Товтры».

Курсы лекций «Биометрия» и «Основы научных исследований», соответственно по вузам, являются обязательными при подготовке специалистов биологического профиля. В задачи курсов входят: освоение студентами методов, позволяющих выявлять закономерности в биологических явлениях, подтвержденных количественным и статистически обработанным материалом; формирование у студентов знаний и умений компьютерной обработки экспериментальных данных, а также математическо-статистического оформления статей биологического содержания и формирование способности к критическому анализу представляемых в публикациях данных; ознакомление с принципами построения математических моделей биологических явлений и процессов.

В читаемых курсах наряду с традиционными методами анализа данных большое внимание уделяется и подробно рассматриваются непараметрические методы, популярность которых в практике биологических исследований постоянно возрастает. На примере кластерного и дискриминантного анализов, а также метода главных компонент студенты знакомятся с элементами многомерной статистики. Например, из 62 часов, отводимых на курс «Биометрия», 35% времени отводится на лабораторные занятия, в ходе которых студенты приобретают знания, умения и навыки статистической обработки данных при помощи персонального компьютера.

Некоторые биологические вопросы не могут быть решены без применения специальных математических методов. К таким вопросам относятся сравнение выборочных групп по изучаемым показателям и определение достоверности результатов такого сравнения с заданной вероятностью безошибочных прогнозов, определение достаточной численности подопытных объектов, измерение силы влияния различных факторов на биологические процессы и явления и т. д.

Современный этап развития науки характеризуется широким применением средств вычислительной техники. Применительно к современным персональным компьютерам, в арсенале математической обработки информации пользователем существует огромное количество программных

продуктов. Среди них важное место занимают табличный процессор MICROSOFT EXCEL и программа STATISTICA для статистического анализа данных в среде WINDOWS [12]. Ранее каждый шаг исследований, начиная от представления данных, перевода их в нужный формат, проверки, группировки, сортировки, графической интерпретации, подготовки программ обработки до просмотра результатов, был трудной задачей. Теперь достаточно двух-трех щелчков мышкой, чтобы огромные объемы данных чрезвычайно быстро преобразовались, обработались и появились на экране в виде графиков, диаграмм и таблиц.

На простых и доступных примерах, взятых из различных сфер жизни, показаны возможности этих систем по статистической обработке данных (описательная статистика, корреляция и регрессия, дискриминантный анализ и др.), особенности которых во избежание ошибочных выводов необходимо учитывать.

Рассмотрим пример расчета средних величин различными способами.

Таблица 1

Исходные данные значений некоторой функции

x_i	7,1	7,7	3,6	8,3	8,8	10,4	8,9	9,0	8,9	14,0	9,7	9,4	8,5	15,9	12,6
	9,1	6,2	10,7	13,8	13,6	15,2	3,4	9,3	13,3	6,7	7,9	4,9	4,5	8,0	17,1

Статистическая совокупность подвергается ранжированию:

а) находится минимальная и максимальная варианты (лимиты);

б) определяют вариационный размах: $\rho = x_{\max} - x_{\min}$;

в) при $\rho \leq 11$ проводят первичную группировку, т.е. $i = 1$, где i – классовый промежуток,

г) при $\rho \geq 11$ весь диапазон значений признака разбивается на «классовые промежутки» и

величину интервала определяют по формуле: $i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,32 \log n}$;

д) находится нижняя граница первого интервала $x_{\max} - i/2$;

е) ранжируются данные и заполняется рабочая таблица.

Итак, при минимальном 3,4 и максимальном значении показателя 17,1 вариационный размах будет составлять 13,7, что свидетельствует о вторичной группировке. Рассчитывают классовый промежуток, в нашем случае $i = 2$, тогда нижняя граница первого интервала соответствует 2,4. Основные данные представлены в рабочей таблице 2.

Таблица 2

Расчет классов и некоторых статистических показателей

Границы классов	Срединные значения классов, x_i	f_i	α^*	$f \alpha$
2,4-4,3	3,35	2	-3	-6
4,4-6,3	5,35	3	-2	-6
6,4-8,3	7,35	6	-1	-6
8,4-10,3	9,35	9	0	0
10,4-12,3	11,35	2	1	2
12,4-14,3	13,35	5	2	10
14,4-16,3	15,35	2	3	6
16,4-18,3	17,35	1	4	4
				$\sum f \alpha = 4$

Примечание. α^* – условное отклонение $\left(\alpha = \frac{x_i - A}{i} \right)$, $A = Mo$ (модальный класс)

Рассчитывается средняя арифметическая по формуле: $X = \frac{\sum f \alpha}{n} * i + A = 9,62$.

После группировки материала составляют вариационные ряды отдельно по каждому признаку. Затем рассчитывают средние величины – вычисляют взвешенную или среднюю арифметическую; параметры средних: среднее квадратическое отклонение (σ), которое является мерой рассеивания вариант вокруг средней арифметической для совокупности; стандартную ошибку (m_x), которая позволяет с разной степенью вероятности определить пределы варьирования средней в генеральной совокупности [7, 8].

Рассмотрим формат представления исходных данных для выполнения первичного статистического анализа с применением редактора EXCEL.

Для корректной статистической обработки необходимо определить величину класса (кармана) по формуле: $k = (x_{\max} - x_{\min}) / (1 + 3,322 * \lg n)$, где n – число наблюдений.

В данном случае $k = (17,1 - 3,4) / (1 + 3,322 * \lg 30) = 2,32$ (табл. 3).

Размер интервалов некой совокупности данных

Карманы	3,4	5,7	8,0	10,4	12,7	15,0	17,3
---------	-----	-----	-----	------	------	------	------

Шаг 1. В системе Excel в меню Сервис открыть модуль «Анализ данных» (рис. 1).

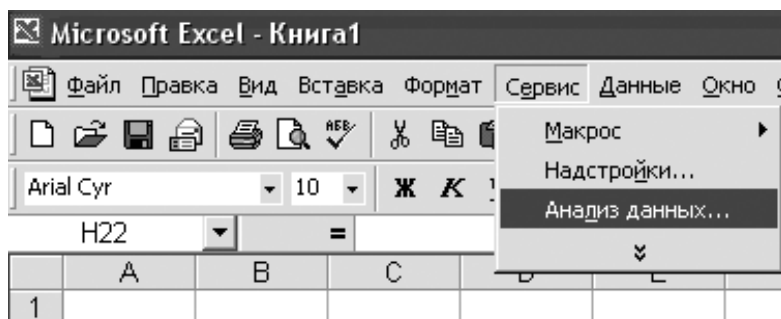


Рис. 1. Открытие модуля «Анализ данных»

Шаг 2. В модуле «Анализ данных» выбрать «Описательная статистика», после чего щелкнуть мышкой ОК (рис. 2). В появившемся окне выполнить операции и установки, как показано на рисунке 3. Щелкнуть мышкой ОК. Результат обработки появится в указанном поле (выходной интервал \$C\$1).

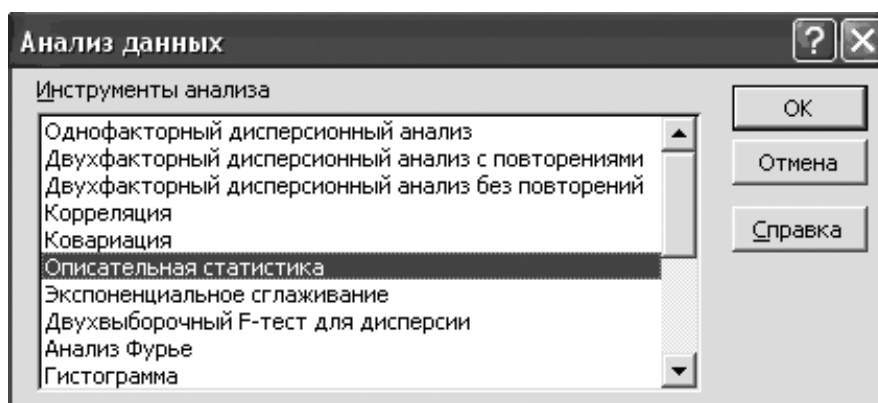


Рис. 2. Окно «Анализа данных»

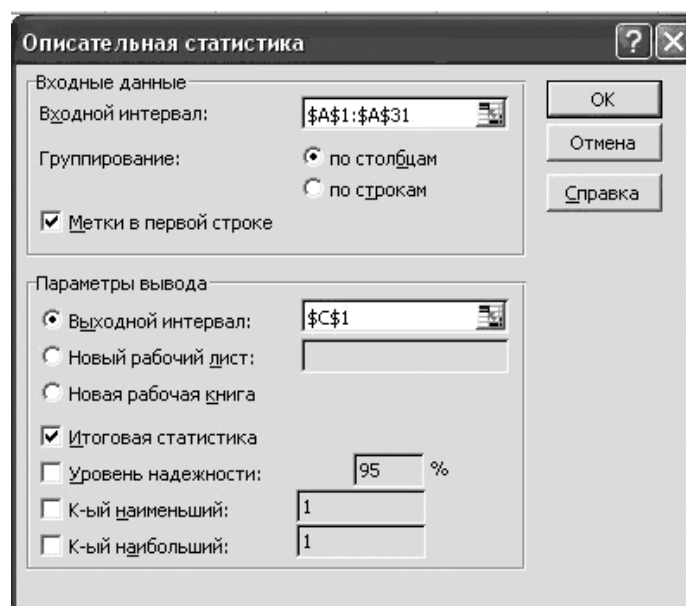


Рис. 3. Стартовая панель

В таблице 4 показаны результаты статистической обработки.

Таблица 4

**Описательная статистика
(результат обработки)**

Параметры	Значения
Среднее	9,55
Стандартная ошибка	0,650
Мода	8,9
Минимум	3,4
Максимум	17,1

Таким образом, получены разные значения средней арифметической (9,62 – исходя из рабочей таблицы, 9,55 – методом Excel). Различны и значения модального класса. Данный пример убедительно иллюстрирует необходимость в каждом случае в научно-исследовательской работе указывать методику расчета статистических параметров.

Выполняя курсовую работу в четвертом семестре, студенты еще не знакомы с курсом «Биометрия», так как изложение курса студентам-биологам осуществляется в границах одного семестра на третьем курсе, что определяет необходимость использования емкого и богатого специфической информацией и терминологией материала.

Математическая обработка данных, полученных в ходе научно-исследовательской работы студентов, требует проверки достоверного предположения об изучаемом явлении. Так, как генеральную совокупность обследовать практически невозможно (тысячи, сотни тысяч, миллионы обследуемых), студенты используют только часть ее – выборочную совокупность, отражающую все свойства генеральной совокупности, т.е. она должна быть репрезентативной. Основные способы достижения этого условия: случайная выборка и моделирование выборки по свойствам генеральной совокупности.

Существенным при организации выборки является вопрос о необходимом и достаточном объеме. Статистическая достоверность, или статистическая значимость, результатов исследования определяется при помощи методов статистического вывода, который предъявляет определенные требования к численности, или объему выборки.

Выводы. Внедрение методов математической статистики в систему высшего биологического образования наряду с другими дисциплинами позволяет формировать знания и навыки в соответствии с современными требованиями к теоретической и практической составляющим подготовленности специалиста.

Результаты литературного поиска и собственных исследований дают основания рекомендовать студентам биологического профиля при подготовке научных работ руководствоваться следующими положениями: наибольший объем выборки необходим при разработке диагностической методики – от 200 до 1000 вариантов и более; при необходимости сравнения двух выборок, их общая численность должна быть не менее 50 вариантов, численность сравниваемых выборок должна быть приблизительно одинаковой; при изучении взаимосвязи между какими-либо свойствами объем выборки должен быть не меньше 30–35 вариант. Чем выше показатели изменчивости изучаемого признака (среднее квадратическое отклонение, дисперсия, коэффициент вариации), тем больше должен быть объем выборки.

Перспективы дальнейших научных исследований состоят в дальнейшем поиске и разработке научно обоснованных методов совершенствования профессиональной подготовки специалиста по вопросам медико-биологической статистики.

References

1. Петри А., Сэбин К. Наглядная статистика в медицине: серия «Экзамен на отлично» / Пер. с англ. В. П. Леонова. Москва : ГЭОТАР-МЕД, 2003. 144 с.
Petri, A., Sebin, K. (2003). Naglyadnaya statistika v meditsine: seriya «Ekzamen na otlichno» [Visual statistics in medicine]. Moscow, Russia : GEOTAR-MED.
2. Банержи А. Медицинская статистика понятным языком: вводный курс / Пер. с англ. В.П. Леонова. Москва : Практическая медицина, 2007. 287 с.
Banerzhi, A. (2007). Meditsinskaya statistika ponyatnym yazykom: vvodnyy kurs [Medical statistics in plain language]. Moscow, Russia : Prakticheskaya meditsina.
3. Зверев А. А., Зефиоров Т. Л. Статистические методы в биологии: учебно-методическое пособие. Казань : КФУ, 2013. 42 с.
Zverev, A. A., Zefirov, T. L. (2013). Statisticheskiye metody v biologii: uchebno-metodicheskoye posobiye. [Statistical methods in biology]. Kazan', Russia : KFU.
4. Zhivolovsky L. A. Some methods of analysis of correlated characters. Proc. Second Intem. Conf. Quant. genetics. sunderland (Mass.) : Sinauer Assoc. 1988. P. 456.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебник. Москва : Высшая школа, 1990. 244 с.
Lakin, G. F. (1990). Biometriya: uchebnik [Biometrics]. Moscow, Russia : Vysshaya shkola.
6. Урбах В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях: учебник. Москва : Медицина, 1975. 345 с.
Urbakh, V. YU. (1975). Statisticheskiy analiz v biologicheskikh i meditsinskikh issledovaniyakh: uchebnik [Statistical analysis in biological and medical research]. Moscow, Russia : Meditsina.
7. Плохинский Н. А. Биометрия: учебник. Москва : МГУ, 1970. 368 с.
Plokhinskiy, N. A. (1970). Biometriya: uchebnik [Biometrics]. Moscow, Russia : MGU.
8. Свалов Н. Н. Вариационная статистика: учебник. Москва : Лесная промышленность, 1977. 177 с.
Svalov, N. N. (1977). Variatsionnaya statistika [Variational statistics]. Moscow, Russia : Lesnaya promyshlennost'.
9. Науково-дослідна діяльність в галузі освіти. / за ред. П. Д. Плахтія. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2014. 160 с.
Bosenko, A., Verzhyhovs'ka, O., Gavrilo O., & Gurs'kii V. (2014). Naukovo-doslidna diialnist' v galuzi osvity. / za red. P. Plahdiy. Kam'ianets'-Podil's'kyi, Ukraine : PP «Medobory-2006».
10. Боровиков В. П. Популярное введение в программу STATISTICA: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Москва : КомпьютерПресс, 1998. 269 с.
Borovikov, V. P. (1998). Populyarnoye vvedeniye v programmu STATISTICA: uchebnoye posobyе dlia studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy [Popular introduction to the STATISTICA program]. Moscow, Russia : Komp'yuterPress.
11. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Киев : МОРИОН, 2000. 105 с.
Lapach, S. N., Chubenko, A. V., Babich, P. N. (2000). Statisticheskiye metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispolzovaniyem Excel: uchebnoye posobiye dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy [Statistical Methods in Life Sciences Research Using Excel: A Study Guide for Higher Education Students]. Kiyev, Ukraine : MORION.
12. Жученко Ю. М. Статистическая обработка информации с применением персональных компьютеров: практическое пособие для студентов 4 курса специальности 1-31 01 01-02 – Биология (научно-педагогическая деятельность). Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. 105 с.
Zhuchenko, YU. M. (2007). Statisticheskaya obrabotka informatsii s primeneniym personal'nykh komp'yuterov [Statistical processing of information using personal computers]. Gomel, Belarus : GSU.

Kurachenko I.

ORCID 0000-0002-4385-5530

Senior lecturer of the Department of Zoology,
Physiology and Genetics,
Francisk Skorina Gomel State University
(Gomel, Belarus) E-mail: ikurachenko@gsu.by

Levtuhova L.

ORCID 0000-0002-8090-0978

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Zoology,
Physiology and Genetics,
Francisk Skorina Gomel State University
(Gomel, Belarus) E-mail: levtuhova@gsu.by

Plahtiy P.

PhD in Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Biology and Methods of its Teaching,
Kam'ianets'-Podil's'kyi National University named after Ivan Ohienko
(Kam'ianets'-Podil's'kyi, Ukraine) E-mail: plahtiy_mp@ukr.net

ON APPLICATION OF STATISTICAL METHODS IN THE TRAINING OF BIOLOGICAL PROFILE

The level of a student's mathematical training is determined by the ability to apply various methods of mathematical statistics, including the use of Statistika computer programs. However, the same methods of mathematical statistics applied to the source materials give unequal values, differing in the level of confidence.

Purpose of the work is to characterize the peculiarities of the implementation of the statistical approach in the educational and research work of students of medical and biological profile.

The methodological basis is the principles of science and accessibility, which determine the important mathematical and statistical aspects of the professional training of the future specialist in the natural sciences.

Research methods. To obtain the most significant results of the study and their interpretation the following methods were used: theoretical analysis and synthesis of information, systematization of the information presented in scientific sources, experimental research.

The scientific novelty of the got results consists in that in theory a forming method is reasonable and approved by mathematics and to the statistical competence of specialist in the process of students studying biomedical disciplines.

Practical significance of the results: theoretical results and scientific positions that can be used to solve scientific, methodological and practical problems in the training of a specialist biologist.

Conclusions. Introduction of methods of mathematical statistics in the system of higher medical and biological education along with other subjects allows to develop knowledge and skills in accordance with modern requirements to theoretical and practical components of specialist training.

Prospects for further scientific research consist in the further search and development of scientifically grounded methods for improving the professional training of a specialist in biomedical statistics.

Keywords: higher school, training, science, statistics, sample.

Стаття надійшла до редакції 25.11.2021

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор А.О. Міненко