

lecture as a kind of innovative teaching technology. *Innovative technologies of teaching in the context of globalization of the market of educational services: Scientific works of XIII International conference*, M., 2007, vol. 1, no. 11, pp. 415-419 (In Russ.)]

3. Михайлишина Г.Ф., Бахтина Е.Ю. Мультимедийное представление учебного материала по физике в вузе, *Вестник РУДН, серия Информатизация образования*, 2012, № 1, с. 115-120. [Mikhaylishina G.F., Bakhtina E.U. Multimedia presentation of the scientific material on physics discipline at university. *Bulletin of the Peoples' Friendship University in Russia, Informatization of education series*, 2012, no. 1, pp. 115-120 (In Russ.)]

4. Михайлишина Г.Ф., Курашкин А.А. Компетентность выпускника вуза и современная физика. *Образование и саморазвитие*, 2010, № 3, с. 82-87. [Mikhaylishina G.F., Kurashkin A.A. Competence of graduate students of high school and modern physics. *Education and self-development*, 2010, no. 3, pp. 82-87 (In Russ.)]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТАМИ БИОФИЗИКАМИ

Завьялова О.С.

Севастопольский государственный университет
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, РФ
e-mail: zavyalova.os@mail.ru

Аннотация. В работе изложена методика применения описательной статистики и элементов корреляционного анализа при решении типовых задач лабораторного практикума студентами-биофизиками. Проведен обзор дополнительных статистических возможностей Microsoft Excel 2016, описаны инструменты, включенные в надстройку «Пакет анализа» и даны методологические рекомендации по их применению.

Ключевые слова: описательная статистика, «коробчатая диаграмма», медиана, коэффициент корреляции.

USING METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS IN EDUCATION OF STUDENTS OF BIOPHYSICS

Zavyalova O.S.

Sevastopol State University
Universitetskaya St., 33, Sevastopol, 99053, Russia
e-mail: zavyalova.os@mail.ru

Abstract. Methods of applying descriptive statistics and elements of correlation analysis at the decision of typical tasks of laboratory practical works by students-biophysicists has been analysis. An overview of the additional statistical characteristics of Microsoft Excel 2016 was performed. Described tools included in the "Analytical Package" add-in and the methodological recommendations for their application are given.

Keywords: Descriptive Statistics, «box-and-whiskers plot», median, correlation coefficient.

Первые умения и навыки работы с измерительной техникой студенты получают в ходе выполнения физического практикума на младших курсах бакалавриата. На практикуме студенты знакомятся с приемами обработки полученных экспериментальных данных и методами нахождения погрешностей. Обработка результатов измерений лабораторных работ ведется, в этом случае, в основном, *методами описательной статистики* [1]. На уровне магистратуры у студентов-биофизиков должны быть сформированы навыки нахождения физических закономерностей в процессах, протекающих в биологических системах, их моделирования, проведения математической обработки экспериментальных данных и принятия решения на основании полученных результатов. Таким образом, на протяжении всей учебы студенты, совершенствуя свою теоретическую подготовку по информатике, основным разделам математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления, теории вероятности, должны по окончании вуза достаточно уверенно пользоваться *методами многомерного статистического анализа*. Эти умения будут востребованы при решении исследовательских задач в дальнейшей профессиональной деятельности выпускника.

Описательная статистика. На сегодняшний день существует множество специальных профессиональных программ, позволяющих осуществлять статистический анализ данных. Среди них можно отметить такие наиболее распространенные пакеты статистического анализа как, Statistica, StatGraphics, а также инструменты среды Matlab. Однако, упомянутые программы достаточно сложны и требуют значительных временных затрат для их освоения. В качестве альтернативного варианта студентам первых курсов можно рекомендовать использование электронных таблиц Microsoft Excel, в которых описательная статистика реализована в достаточно полном объеме. Кроме того, Microsoft Excel 2016 обогатился новыми типами диаграмм. В частности, отметим возможность построение диаграммы «ящик с усами» или «коробчатая диаграмма» (box-and-whiskers plot), которая ранее была доступная только в специализированных программных продуктах. Такая диаграмма достаточно активно используется в аналитике, поскольку позволяет дать наглядную статистическую оценку экспериментальным данным. При помощи такой диаграммы можно сделать экспресс-оценку следующих показателей *описательной статистики*:

1. *показатели положения* - описывают положение экспериментальных данных на числовой оси. Примеры таких данных – максимальное (Max) и минимальное (Min) значение выборки, среднее (M), медиана

(Me), мода (Mo). Эти величины показывают, в какой области значений параметра группируются данные;

2. *показатели разброса* - описывают степень разброса данных относительно своего центра (M). К ним относятся меры дисперсии - среднеквадратическое отклонение (СКО), размах, интерквартильный размах, показывающие распределение данных по области значений;

3. *показатели асимметрии* - положение медианы относительно среднего (M).

Для описания распределений, не являющихся нормальными (таковых много среди биофизических данных), рекомендуется применять медиану и интерквартильный размах. Интерквартильный размах соответствует первому и третьему квартилю (значениям, отделяющим $\frac{1}{4}$ и $\frac{3}{4}$ выборки). Расстояние между 1-м и 3-м квартилем – межквартильный размах. Данные показатели используются для наглядного (см. рис. 1) представления и первичного «визуального» анализа результатов измерений экспериментальных характеристик.

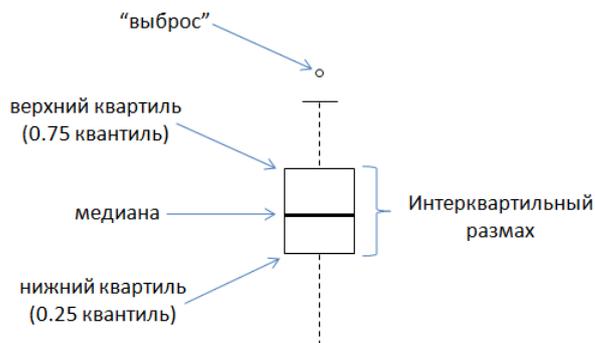


Рисунок 1 – Структура элемента диаграммы размаха («коробчатая диаграмма»)

В качестве примера проиллюстрируем данные эксперимента [2], проведенного на лабораторных животных (крысах). В эксперименте участвовало 27 животных, для них измерялись следующие параметры: пол (0 – мужской, 1 – женский), тип – порог болевой чувствительности (три градации), M_0 – масса тела до начала эксперимента (мг), M – масса тела после окончания эксперимента (мг), $M1$ – коэффициент массы печени, т.е. отношение ее массы к массе тела (мг/г), $M2$ – коэффициент массы почек (мг/г), $M3$ – коэффициент массы легких (мг/г), а также содержание ряда эндогенных токсических веществ в плазме крови: $ОП_0$ – олигопептиды до начала эксперимента (мг/л), $ВСММ_0$ – вещества средней молекулярной массы до начала эксперимента (ед. экстинкции), $ОП$ – олигопептиды после окончания эксперимента (мг/л), $ВСММ$ – вещества средней молекулярной массы после окончания эксперимента (ед. экстинкции). Таким образом, имеются 11 характеристик для каждого из 27 объектов. Структура и пример числовых значений параметров эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Фрагмент таблицы результатов эксперимента

	Тип	M_0	M	$M1$	$M2$	$M3$	$ОП_0$	$ВСММ_0$	$ОП$	$ВСММ$
Муж1	1	240	250	32,91	6,25	6,04	150	0,24	283	0,43
Муж2	2	205	220	29,02	7,02	7,56	97	0,12	220	0,38
Жен3	1	250	245	25,2	5,2	7,4	125	0,18	184	0,51
Муж4	1	285	300	24,74	6,14	6,61	115	0,14	252	0,42
...
Муж24	2	280	285	33,4	7,33	7	72	0,09	134	0,31
Муж25	2	300	300	33,46	7,88	6,77	83	0,12	155	0,34
Муж26	3	290	295	35,05	7,32	6,54	70	0,2	183	0,46
Муж27	3	350	365	34,25	8,46	8	60	0,23	131	0,5

В качестве примера на рисунке 2 приведена «коробчатая диаграмма», построенная по данным эксперимента. Она демонстрирует степень и характер разброса экспериментальных данных. На диаграмме представлены две группы фигур, иллюстрирующие изменение массы животных M после проведения эксперимента по отношению к их первоначальной массе M_0 .

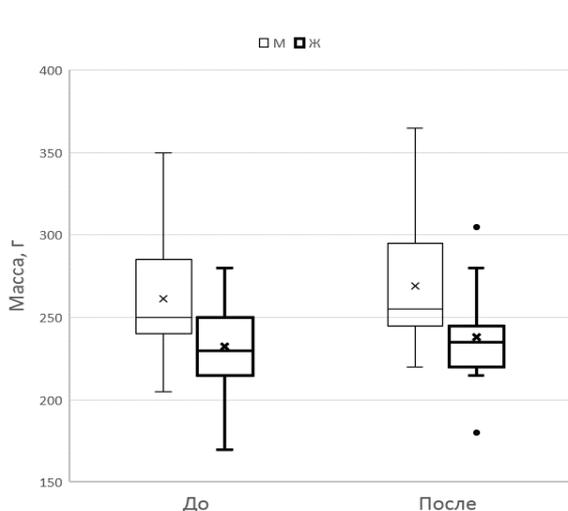


Рисунок 2 – «Коробчатая диаграмма», отражающая данные эксперимента

Видно, что для особей женского пола значение среднего арифметического и медианы почти совпадают. Это соответствует симметричному распределению значений признака в выборке. Но бывают случаи, когда в вариационном ряду есть отдельные значения, которые намного больше или меньше остальных. Под действием таких «аномальных представителей» среднее арифметическое сдвигается, и не отражает тенденцию распределения. В этих случаях предпочтительнее использовать значение медианы. В нашем примере эти рассуждения касаются значений М, характеризующих мужские особи.

В программе Microsoft Excel параметры описательной статистики можно получить, используя надстройку **Пакет анализа**. Для доступа к инструментам, включенным в надстройку, необходимо вызвать форму **Анализ данных** в группе **Анализ** на вкладке **Данные**. Если команда **Анализ данных** недоступна, необходимо загрузить надстройку **Пакет анализа**. Показатели описательной статистики, соответствующие рисунку 2, приведены в таблице 2

Таблица 2 – Показатели описательной статистики до и после эксперимента

Показатель	До		После	
	М	Ж	М	Ж
Максимум	350	280	365	305
Верхний квартиль	285	250	295	245
Среднее арифметическое	261,2	232,3	269,2	238,1
Медиана	250	230	255	235
Нижний квартиль	240	215	245	220
Минимум	205	170	220	180
Количество значений	13	13	13	13
Сумма	3 395	3 020	3 500	3 095
Среднеквадратическое отклонение	39,6	29,1	38,9	32,4
Коэффициент вариации	15%	13%	14%	14%

Для дальнейшего установления взаимосвязи между переменными и выделения существенных характеристик выборки необходимо перейти к следующему этапу исследования.

Исследование взаимной зависимости переменных. Если рассмотренная ранее описательная статистика позволила компактно представить полученные результаты и выявить определенные сходства и различия данных, то следующим этапом анализа задачи является *исследование зависимости* переменных. Для этих целей можно применить элементы корреляционного анализа. Целью такого анализа является установление факта наличия/отсутствия зависимости между переменными. В случае, когда имеются две переменные, оптимально использование коэффициента линейной корреляции Пирсона r , который принимает значения от -1 до +1 (нулевое его значение свидетельствует об отсутствии корреляции). Корреляция считается существенной, если значение r больше 0,8. Диапазон значений коэффициента от 0,5 ÷ 0,8 свидетельствует о возможной взаимосвязи между соответствующими переменными. Коэффициент корреляции Пирсона также может быть вычислен в программе Excel с использованием надстройки **Пакет анализа**: **Анализ данных\Инструменты\Корреляция**.

В таблице 3 приведены коэффициенты корреляции, рассчитанные стандартными средствами Excel для

текущего эксперимента. Из таблицы 3 видно, что высокая корреляция $r_1 = 0,97$ и $r_2 = 0,83$ наблюдается только между двумя парами переменных M и M_0 , а также между параметрами $BCMM$ и $BCMM_0$, соответственно.

Таблица 3 – Коэффициенты корреляция Пирсона

	M_0	M	M_1	M_2	M_3	$BCMM_0$	OP_0	$BCMM$	OP
M_0	1								
M	0,97	1							
M_1	0,23	0,18	1						
M_2	0,25	0,29	0,55	1					
M_3	-0,30	-0,16	-0,04	0,38	1				
$BCMM_0$	-0,37	-0,41	-0,43	-0,39	-0,21	1			
OP_0	0,06	0,05	-0,07	-0,06	-0,12	0,59	1		
$BCMM$	-0,19	-0,25	-0,23	-0,27	-0,30	0,83	0,56	1	
OP	-0,15	-0,09	-0,22	-0,13	0,21	0,34	0,62	0,26	1

Невысокие значения коэффициента между отдельными параметрами свидетельствуют о том, что их значения до и после эксперимента имеют слабую линейную зависимость. Располагая более широкой картиной лабораторного эксперимента можно сделать определенные выводы по влиянию токсикологического процесса на животных. Итак, корреляционный анализ позволяет устанавливать наличие или отсутствие зависимости между переменными.

Метод многомерного статистического анализа. Часто в результате экспериментальных исследований возникают большие массивы данных. Например, каждый из исследуемых объектов описывается по нескольким критериям. Тогда результатом измерений будет таблица с размерностью, равной произведению числа объектов на число признаков. Метод главных компонент (Principal Components Analysis) относится к *методам снижения размерности* многомерного пространства. Он позволяет без существенной потери информации перейти от первоначальной системы большого числа наблюдаемых взаимосвязанных факторов к системе существенно меньшего числа скрытых (ненаблюдаемых) факторов, определяющих вариацию первоначальных признаков [3].

Такого рода статистическая обработка экспериментальных данных может быть проведена с помощью специализированного программного обеспечения, например, программ Statistica или инструментами среды Matlab. Преимущество метода PCA заключается в том, что зачастую первые несколько главных компонент объясняют большую часть (например, 80-90 %) изменений большого числа параметров.

В качестве примера на рисунке 3 приведены графики счетов и нагрузок, построенные по данным эксперимента в среде программы Statistica.

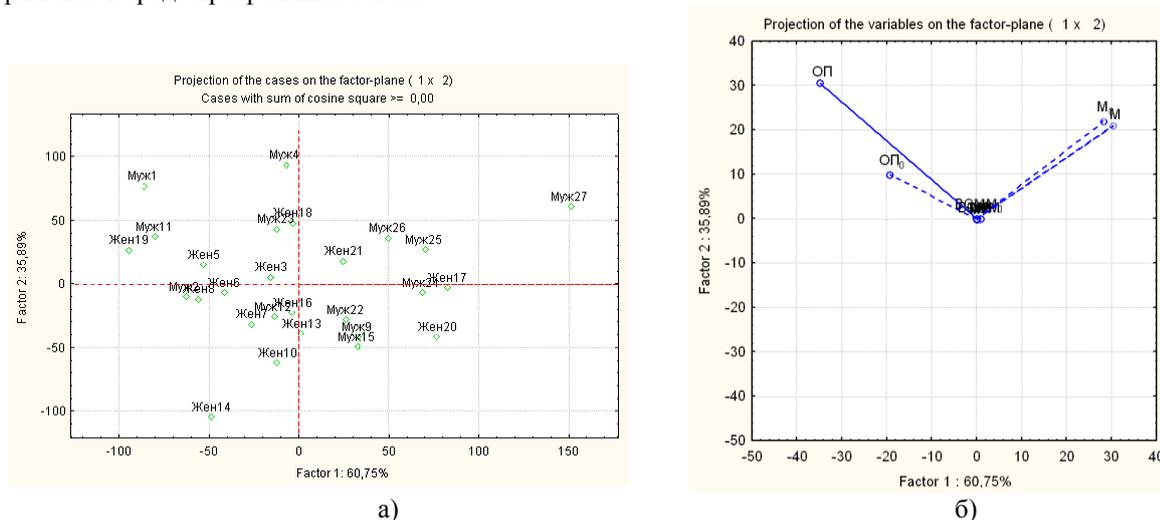


Рисунок 3 – Графики счетов (а) и нагрузок (б), построенные в среде Statistica

Графики счетов дают наглядное представление устройства данных. Близость двух точек означает их схожесть, т.е. положительную корреляцию. Точки, расположенные под прямым углом, являются некоррелированными, а расположенные диаметрально противоположно – имеют отрицательную корреляцию. График нагрузок применяется для исследования роли переменных. На этом графике каждая переменная отображается точкой в координатах пространства главных компонент. Анализируя его аналогично графику счетов, можно понять, какие переменные связаны, а какие независимы. Совместное исследование парных графиков счетов и нагрузок может дать много полезной информации о данных.

Разработка и исследование математических моделей биофизических систем представляется перспективным направлением исследований, требующим совместных усилий биологов, физиков и математиков. Развитие

современных информационных технологий, в частности использование статистических пакетов прикладных программ, делает возможным более эффективно реализовывать достаточно трудоёмкие статистические методы обработки экспериментальных данных.

Список литературы / References:

1. Ефимова М.Р., Петрова Е.В., Румянцев В.Н. *Общая теория статистики*. М.: Инфа-М, 2009, 409 с. [Efimova M.R., Petrova E.V., Rumyantsev V.N. *General Theory of Statistics*. M: Infa-M, 2009, 409 p. (In Russ.)]
2. Новиков Д.А., Новочадов В.В. *Статистические методы в медико-биологическом эксперименте*. Волгоград: Издательство ВолГМУ, 2005, 84 с. [Novikov DA, Novochadov V.V. *Statistical methods in the medical-biological experiment*. Volgograd: VolGMU, 2005, 84 p. (In Russ.)]
3. Родионова О. Эбсенсен К. *Анализ многомерных данных, сокр. пер. с англ.* ИПХФ РАН, 2005, 204 с. [Rodionova O. *Esbensen K. Multivariate Data Analysis, abbr. tr. from English*. ICP RAS, 2005, 204 p. (In Russ.)]

О НЕОБХОДИМОСТИ «ЭКОЛОГИЗАЦИИ» ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Зимницкая Н.С., Гурова Н.Н.
Сибирский федеральный университет
пр. Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, РФ
e-mail: natalia15840@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена «экологизации» современного высшего образования. В статье рассмотрены особенности глобального экологического кризиса, приводящего, в том числе, к нарушению здоровья населения и возникновению заболеваний. В статье рассмотрены понятие «устойчивого развития» и реализация концепции «устойчивого развития» в России, как наиболее приемлемого пути разрешения экологического кризиса. Приведены примеры внедрения экологических идей, понятий, знаний в учебные дисциплины в высших учебных заведениях, а также приведены примеры «экологизации» высшего образования в Сибирском федеральном университете города Красноярска.

Ключевые слова: экологический кризис, заболеваемость населения, устойчивое развитие, сбалансированное развитие, «экологизация» образования, экологическая компетенция.

ABOUT THE NEED FOR "ECOLOGIZATION" OF HIGHER EDUCATION

Zimnitskaya N.S., Gurova N.N.
Siberian Federal University
Svobodny ave., 79, Krasnoyarsk, 660041, RF
e-mail: natalia15840@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the "ecologization" of modern higher education. In the article the peculiarities of global ecological crisis are considered, leading to the disorder of health of the population and the occurrence of diseases. The article the concept of "sustainable development" and implementation of the concept of "sustainable development" is considered in Russia, as the most acceptable solutions to the ecological crisis. Examples of implementation of environmental ideas, concepts, and knowledge in the academic disciplines in higher educational institutions, examples of the "ecologization" of higher education in the Siberian Federal University in Krasnoyarsk are presented.

Key words: ecological crisis, population morbidity, sustainable development, balanced development, «ecologization» of education, ecological competence.

Рост производства и увеличение размеров хозяйственной деятельности человека, сопровождающиеся использованием огромного количества природных ресурсов, ведут к усилению давления на окружающую среду, к уменьшению природных запасов сырья. Одновременно с этим увеличивается загрязнение атмосферы, гидросферы, неуклонно уменьшается лесной массив [1]. Активная хозяйственная человеческая деятельность приводит к изменению ландшафтов, к уменьшению разнообразия видов, к исчезновению отдельных видов животных и растений, к снижению устойчивости Экосистемы. Например, высокотемпературный синтез органических соединений приводит к накоплению огромного количества неразлагаемых отходов [2]. Во всем мире и, в частности, в России происходит расширение территорий негативных воздействий на окружающую среду и здоровье людей. Вклад экологического фактора в заболеваемость населения России является довольно большим и по оценке специалистов составляет на сегодняшний день 20-30 %, в том числе по онкологическим заболеваниям – примерно 50 % [3]. Бесконечное развитие хозяйственной деятельности человека возможно при сохранении восстановительного потенциала окружающей природной среды. В настоящее время наблюдается истощение природных ресурсов, что способствует развитию экономического кризиса. В связи с этим наиболее актуальными становятся вопросы устойчивого развития человеческого общества [4].

На русском впервые понятие «устойчивое развитие» появилось после перевода Доклада «Наше общее будущее» в 1989 г. Комиссия, возглавляемая премьер-министром Норвегии госпожой Г.Х. Брундтланд, разработала долгосрочные стратегии по окружающей среде, позволяющие обеспечить «устойчивое развитие».