

Кондрачук А.Н., старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Козлов А.Е., научный сотрудник ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси».

Address for correspondence

5 Lange Street, 246000,
Gomel, Republic of Belarus
Gomel State Medical University, Department of Surgical Diseases No.1 with the course of Cardiovascular Surgery
Mob.: +375 44 7957922,
E-mail: alexskuratov@mail.ru
Skuratov Alexander Gennadyevich.

Information about the authors

Skuratov A.G., PhD, Associate Professor of the Department of Surgical Diseases No.1 with the course of Cardiovascular Surgery of the educational institution «Gomel State Medical University».

Lyzikov A.N., MD, Professor, Rector of the educational institution «Gomel State Medical University».

Voropaev E.V., PhD, Associate Professor, Vice-rector in charge of scientific work of the educational institution «Gomel State Medical University».

Osipkina O.V., Head of the Research Laboratory of the educational institution «Gomel State Medical University».

Tereshkov D.V., postgraduate student at the Department of Infectious Diseases of the educational institution «Gomel State Medical University», Head of the Infectious Diseases Ward No.4 of Gomel Regional Infectious Diseases Clinical Hospital.

Golubkyh N.M., researcher at the Research Laboratory of the educational institution «Gomel State Medical University».

Yatsuk M.N., researcher at the Research Laboratory of the educational institution «Gomel State Medical University».

Kondrachuk A.N., Senior researcher at the Research Laboratory of the educational institution «Gomel State Medical University».

Kozlov A.E., researcher of the state scientific institution «Institute of Radiobiology of the NAS of Belarus».

Поступила 29.11.2019

УДК 005:53.02,519.2

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ
МЕТОДАМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ И ВОЗМОЖНОСТИ
СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИХ РЕШЕНИЯ**

А. А. Ковалев¹, В. А. Игнатенко¹, А. А. Ядченко²

¹Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»

г. Гомель, Республика Беларусь

²Государственное научное учреждение

«Институт математики Национальной академии наук Беларуси»

г. Минск, Республика Беларусь

Проблемы обучения методам статистического анализа данных в доказательной медицине предъявляют высокие требования к их применению. Строгость подхода требует обширных знаний как в сфере непосредственно профессиональной, так и в областях знаний, выходящих далеко за пределы медицины. Недостаточно просто набрать группы для исследования или посчитать средние значения и сделать на основе этого какие-то выводы. Важно правильно набрать группы и правильно оценить статистические параметры полученных результатов. Более того, надо знать цель исследования, формулировать соответствующие гипотезы еще до начала эксперимента [1] или сбора данных, а не придумывать их в ходе анализа массива разнородных цифр и наименований при написании статей. Исследуемый материал обработки данных, представленный на уровне схем и алгоритмов в сочетании с использованием соответствующих программ, значительно упрощается и, самое главное, упорядочивается. В этом случае предмет статистики воспринимается не как нечто абстрактное, а как комплексная составляющая принципов доказательной медицины, без отрыва ее от профильного обучения.

При привлечении к обучению специалистов профильных предметов вуза с примерами исследований, использующих статистические методы обработки и планирования, позволит улучшить ориентирование в разнообразии существующих статистических методов обработки данных, а также понимать важность и актуальность применения статистики в медицинских исследованиях.

Ключевые слова: эксперимент, человек как система, статистический подход, граф-логическая схема основ статистики, параметрические и непараметрические методы анализа, сравнение групп, коэффициент корреляций, качественные признаки, таблица сопряжений, статистические пакеты, информационные технологии.

The problems in teaching the methods of statistical data analysis in evidence-based medicine place high demands on their application. The rigor of the approach requires extensive knowledge in both the direct professional sphere and in areas of knowledge that go far beyond the limits of medicine. It is not enough to simply type groups for the study or calculate average values and draw some conclusions based on this. It is important to recruit groups and evaluate the statistical parameters of the obtained results correctly. Moreover, it is requisite to know the purpose of the research, formulate the appropriate hypotheses even before the beginning of the experiment [1] or data collection, and not to invent them during the analysis of an array of heterogeneous numbers and names when writing articles. The material of data processing presented at the level of schemes and algorithms in combination with the use of the appropriate programs is greatly simplified and, most importantly, streamlined. In this case, the subject of statistics is perceived not as something abstract, but as a complex component of the principles of evidence-based medicine, without detaching it from specialized training.

The involvement of specialists of the core subjects of the university sharing the examples of studies using the statistical processing and planning methods into the training will make it possible to improve orientation in a variety

of the existing statistical methods of data processing, as well as to understand the importance and relevance of the use of statistics in medical research.

Key words: experiment, person as a system, statistical approach, graph-logic diagram of basic statistics, parametric and non-parametric methods of analysis, comparison of groups, correlation coefficient, qualitative characteristics, table of conjugations, statistical packages, information technologies.

A. A. Kovalev, V. A. Ignatenko, A. A. Yadchenko

Some Problems in Teaching the Methods of Statistical Data Analysis and Opportunities of Modern Information Technologies for their Solution

Problemy Zdorov'ya i Ekologii. 2019 Oct-Dec; Vol 62 (4): 94-99

Современные исследования в сфере медицины и здравоохранения редко обходятся без применения методов статистического анализа данных. В этом состоит практическая значимость статистических методов в медицинской науке и в здравоохранении в целом. Завоевывающие твердые позиции методы доказательной медицины уверенно формируют образ мыслей и характер действий исследователя. Незыблемое мнение авторитетов, основанное зачастую исключительно на личном опыте или случайном опыте коллег, уже не является мерилем достоверности и постепенно становится дополнительным критерием оценки, но никак не абсолютным и единственно верным. Более того, чисто эмпирическая оценка без проведения строгого и правильно организованного исследования шаг за шагом выводится на периферию знания или, по меньшей мере, требует собственного подтверждения. В любом случае достоверность такой оценки невысока.

Прогрессирующие методы доказательной медицины предъявляют высокие требования к их применению. Строгость подхода требует обширных знаний как в сфере непосредственно профессиональной, так и в областях знаний, выходящих далеко за пределы медицины. Недостаточно просто набрать группы для исследования или посчитать средние значения и сделать на основе этого какие-то выводы. Важно правильно набрать группы и правильно оценить статистические параметры полученных результатов, не говоря уже о должном применении методов, позволяющих делать эти самые выводы. Более того, надо знать собственно саму цель исследования, формулировать соответствующие гипотезы еще до начала эксперимента [1] или сбора данных, а не придумывать их в ходе анализа массива разнородных цифр и наименований при написании статей (в силу специфики медико-биологических исследований этого сложно избежать, однако можно осознанно исключить возможные ошибки такого подхода). Также неправильное или ошибочное применение методов статистического анализа мо-

жет привести к существенному искажению истинного состояния дел. Мельчайшие ошибки на начальном этапе сбора данных могут привести к неоднородности выборки. И хорошо, если впоследствии выявится эта неоднородность или возможный фактор ее вызвавший. Однако может произойти и так, что незамеченная ошибка будет повторяться и влиять на все последующие выводы. В результате бесполезный лекарственный препарат может оказаться действенным, а его действенность доказана, причем статистически значимо. Безграмотность при анализе данных приводит к неправомерным выводам и накоплению бессмысленных и ложных знаний. Ещё хуже, если эти «знания» могут навредить. В силу того, что применение методов статистического анализа набирает все большую популярность при написании научных работ и студенческих статей, не будет лишним еще раз затронуть проблему грамотного подхода к этим методам и вопросам, мешающим их правильному применению. Отдельно выделим некоторые из них.

Исследования в сфере медицины подразумевают непосредственное участие пациентов в ходе эксперимента, а это в свою очередь затрагивает вопрос о возможном влиянии исследования на здоровье участников эксперимента. Показательным примером в этом плане может служить исследование методов лечения острого лимфобластного лейкоза у взрослых, где пациентов на группы с аллотрансплантацией или аутотрансплантацией костного мозга можно разделить строго по наличию донора (аллотрансплантация) или при его отсутствии (аутотрансплантация) [1]. Естественно, в таких ситуациях недопустима рандомизация при формировании групп. Данный пример наглядно демонстрирует возможные проблемы на начальном этапе формирования групп и лишним раз подчеркивает независимые от исследователя препятствия к выполнению типичных необходимых условий для проведения эксперимента.

Также важной особенностью медицинских исследований является сложность чело-

века как системы. Она подвержена влиянию огромного количества факторов, учесть или исключить которые довольно непросто. Поэтому для формирования выводов и последующего их применения необходимо максимально точно выделить исследуемые факторы, а также по возможности учесть наиболее влиятельные. В качестве примера можно привести субъективные оценки респондентом оценочных шкал в анкетах при исследовании качества жизни пациента после оперативного вмешательства. Помимо объективного состояния на подобные оценки может влиять мировоззрение человека, его темперамент, семейные и бытовые проблемы в настоящий момент и т. д. Неучет этих факторов может исказить общую оценку. Само собой разработчиками тестов должны учитываться подобные особенности.

И, возможно, одной из важных проблем применения методов статистики в медицине являются достаточно слабые знания самих медиков в этой области. Здесь мы бы хотели остановиться более подробно. По статистическому анализу данных, в том числе и данных медицинских, написана не одна книга и не одна статья. Имеются тематические ресурсы в сети интернет, там же можно наткнуться на целые сообщества, посвященные методам статистики непосредственно в медико-биологических исследованиях. Однако до сих пор знания как студентов, так и выпускников медицинских вузов оставляют желать лучшего. Статистический подход сложен по своей структуре и достаточно многоуровневый. Предмет статистики непрост в преподавании и также сложен в его восприятии учащимися. Из-за огромного количества имеющегося материала его сложно обработать и запомнить людям с гуманитарным образованием (а именно таким образом мышления зачастую обладают учащиеся и выпускники медицинских вузов) [2]. Математические выкладки, приводящиеся в большинстве учебников по статистике, отталкивают своей сложностью и громоздкостью. Еще до того, как дойти до выводов, размещенных в конце раздела или непосредственно вслед за страницей формул, студент-медик, вероятно, потеряет нить изложения. И тем более за пределами внимания останутся отступления от правил, «подводные камни» теории или метода, основные ошибки применения описываемого метода анализа. Для медиков подобный (нефеноменологический) подход к изложению материала не всегда понятен. И даже после сдачи экзаменов или зачетов на положительные оценки понимание методов статистики так и остается на низком уровне. Применение же в контексте

написания собственных статей и проведения исследований сводится к использованию определенных клише, почерпнутых из анализа работ по схожей тематике. А данный метод приводит к еще большему дилетантскому пониманию предмета и сути методов доказательной медицины.

При повторной проверке знаний у студентов на последующих этапах обучения было выявлено недостаточное понимание методики статистической обработки данных. Даже те учащиеся, которые непосредственно используют методы статистического анализа в своих научных работах под руководством преподавателя, зачастую не понимают целей и основных аспектов анализа. Для большинства из них статистическая обработка данных сводится к нахождению «непонятных параметров и цифр», интерпретация которых для них мало понятна. Более того, рассчитанные критерии и коэффициенты, как было замечено выше, и вовсе оцениваются по аналогии. Авторы статьи были непосредственными свидетелями того, как студент старшего курса в своей статье для анализа связей между бинарными качественными переменными пытался использовать параметрический коэффициент корреляции Пирсона. При этом он даже получил какие-то результаты, которые без раздумий посчитал за правильные. В другом примере стоит отметить наличие знания рассчитываемого параметра или коэффициента, но непонимание, что этот параметр означает. Нужно сказать, что и сами руководители студенческих исследований нередко дают не совсем корректные указания своим подопечным, а то и вовсе отказываются консультировать по вопросу обработки данных. В итоге появляется знакомая многим ситуация рекомендация: «собери данные и занеси их специалисту по статистике, а он что-то да рассчитает». Специалист, конечно, рассчитает, но он не сможет сходу детально вникнуть в контекст исследования. Ему нужны конкретные вопросы и задания, а «не сравнение на авось всего со всем». К последнему можно добавить, что студент, а иногда и даже аспирант сам не знает, что он хочет выяснить или проверить в ходе исследования, либо преподносит эту информацию в такой форме, что специалист по статистике не может корректно ее понять.

Все еще встречаются, к сожалению, и такие случаи, когда студент правильно считает статистический критерий, даже правильно его выбирает, но при этом не в состоянии интерпретировать полученный результат и грамотно оформить вывод [2].

Естественно, формат одной статьи вряд ли может в полной мере осветить основные

проблемы в подходе к изучению методов статистической обработки данных. Но мы надеемся, что хотя бы некоторые нижеперечисленные правила будут учитываться при написании научных статей и краткое (далеко не исчерпывающее) их описание поможет осуществить правильный подход к анализу данных.

Частой проблемой для студента является выбор метода анализа. И тут возможной причиной является не незнание метода, а банальное незнание, к каким данным он применим, непонимание, где и каким образом можно использовать тот или иной метод.

На базе кафедры медицинской и биологической физики в рамках курса «Основы статистики» разработаны граф-логические схемы. Идея вовсе не нова, но по каким-то причинам редко встречающаяся в литературных источниках. Чаще всего подобные схемы используются в табличном виде, что является также правильным подходом, однако визуальное восприятие таблиц, на наш взгляд, несколько иное, нежели визуальное и логическое восприятие схем.

Кратко интерпретируем приведенную схему. Изначально для студента необходимо четко и понятно донести сам факт разных методик анализа, применимых к разным типам данных. Качественные, количественные и порядковые данные анализируются разными методами, и их интерпретация также выглядит и должна пониматься по-разному, хотя в основе и могут лежать схожие принципы. Для количественных данных могут быть применены методы как параметрической, так и непараметрической статистики, для порядковых данных используют методы непараметрической статистики, для качественных данных также применяют непараметрические методы. Наиболее детально разработанными являются методы параметрической статистики, однако прежде чем их применять, необходимо выяснить тип распределения полученных данных. Параметрические методы анализа можно использовать только при условии, что распределение данных является нормальным. Нормальность распределения проверяется методом визуального анализа полученного распределения (внешний вид эмпирического распределения должен быть схож с нормальным распределением), а также (и это еще более важно) проверкой на нормальность с помощью критериев нормальности, например, критерия Шапиро-Уилка, критерия Колмогорова-Смирнова или критерия хи-квадрат. Наиболее популярным является критерий Шапиро-Уилка. Однако стоит помнить, что проверяется в первую очередь не только нормальность распределения выборок, но и нормальность

распределения совокупностей, из которых эти выборки были извлечены. А эту информацию можно получить исходя из результатов проведения исследований схожей тематики. Зачастую такой информации может не быть, поэтому анализируется выборочное распределение (которое также должно быть нормальным) и по оценкам выборочного распределения (графически или с помощью критериев) делаются выводы о распределении совокупностей [3]. Если же распределение отлично от нормального, то лучше воспользоваться непараметрическими критериями.

Определившись с видом распределения и областью методов статистического анализа для данного типа распределения, необходимо описать полученные данные. Важно помнить, что для характеристики нормального распределения подходят среднее значение и стандартное отклонение (запись результата может быть следующей: $M \pm s$, где M — среднее значение, а s — выборочное стандартное отклонение), если же распределение отличное от нормального (или признак является порядковым), то среднее и стандартное отклонение использовать некорректно, и в этом случае правильнее использовать медиану и перцентили (или квартили). Следует заметить, что на данный момент наиболее часто используют интервальную оценку параметра в виде доверительных интервалов с указанием нижней и верхней границ. Интервальная оценка считается более точной и демонстративной. Она указывает, что истинный параметр по совокупности (например, среднее значение) с 95 %-й вероятностью находится в пределах доверительного интервала (запись результата может быть следующей: [ВГ; НГ], где ВГ и НГ — верхняя и нижняя границы доверительного интервала). Доверительный интервал может находиться для средних значений, разности средних, медианы, долей и т. д. (см. методики описанные в [5]).

Далее, после описания основных статистических параметров обычно переходят к проверке выдвигаемых в исследовании гипотез. Мы приведем лишь некоторые, на наш взгляд, часто возникающие вопросы.

Сравнение групп. Очень популярным критерием для сравнения групп является критерий Стьюдента. Про ошибки использования данного критерия написано достаточно много статей и публикаций [6]. Но мы еще раз обратим на это внимание.

Первое: критерий Стьюдента можно применять только для сравнения двух групп. При применении критерия для попарного сравнения большего количества групп он может серьезно зависеть результат и обнаружить раз-

личие между группами там, где его нет, таким образом, совершается так называемая ошибка первого рода. Если все же критерий Стьюдента был применен для сравнения нескольких групп попарно, то необходимо увеличить значение уровня значимости, применив поправку Бонферрони (разделить значение заданного уровня значимости на количество попарных сравнений), но даже в этом случае критерий Стьюдента нежелателен.

Второе: применение критерия Стьюдента подразумевает обязательную проверку типа распределения обеих групп. Оно должно быть строго нормальным. Без проверки на тип распределения применение критерия Стьюдента недопустимо.

И третье, последнее: это проблема Беренса-Фишера — необходимость равенства дисперсий двух сравниваемых совокупностей. Равенство дисперсий (естественно, речь идет о приблизительном равенстве) проверяется критерием Левена, который показывает статистическую значимость различий дисперсий и доступен не во всех пакетах статистической обработки.

В случае сравнения более чем двух групп (а также и для сравнения двух групп) предпочтительнее воспользоваться дисперсионным анализом. Однако дисперсионный анализ показывает только то, что рассматриваемые группы отличаются друг от друга, но не показывает, какие группы различаются. Для выяснения этого вопроса можно воспользоваться критериями попарного сравнения Тьюки, Шеффе или Ньюмана-Кеулса при условии, что первоначально критерием Фишера были выявлены различия между группами. Данные критерии доступны в разделе апостериорного анализа модуля дисперсионного анализа в пакете «Statistica». Также необходимо помнить, что и дисперсионный анализ используется в случае нормального распределения значений в группах. Если это условие не выполняется, то лучше применить непараметрический аналог: критерий Краскела-Уоллиса.

Подобные же замечания можно сделать и в отношении анализа зависимостей между переменными. Часто используемый студентами коэффициент корреляции Пирсона допустимо применять в случае нормально распределенной случайной величины в группах. Если же признак имеет иное распределение или выражен в порядковой шкале, то необходимо воспользоваться непараметрическим коэффициентом корреляции Спирмена или Кендалла. Если же одна из переменных выражена в дихотомической шкале, то выбор исследователя должен пасть на точный биссерийальный коэффициент корреляции или, если одна из пе-

ременных выражена в порядковой шкале, а вторая — в бинарной, то можно воспользоваться рангово-биссерийальным коэффициентом корреляции [7].

Отдельно стоит отметить анализ зависимости между качественными признаками. В этом случае необходимо воспользоваться критерием хи-квадрат Пирсона и ни в коем случае не пытаться рассчитывать значение коэффициента корреляции Пирсона, оцифровав значение качественной переменной (например, да — 1, а нет — 0). Это грубейшая ошибка. Для анализа подобных зависимостей необходимо построить таблицу сопряженности и на ее основе рассчитать критерий хи-квадрат Пирсона, который покажет значимость влияния одной переменной на другую. Также в пакете «Statistica» имеются дополнительные критерии, демонстрирующие силу связи между переменными.

Как видно уже из беглого анализа проблемы, для ее комплексного восприятия алгоритмические структуры могут быть более предпочтительными. Отдельно можно было бы отметить возможность построения подобных схем студентом самостоятельно в рамках практических занятий или самостоятельного обучения. Для этого можно применить универсальный пакет MSVisio, а также не менее интересные возможности программ для управления картами памяти наподобие коммерческого программного продукта Mind-Manager.

Однако помимо подобного применения информационных технологий студента-медика важно избавиться от громоздких расчетных формул, поэтому в ходе проведения занятий задействованы определенные программные продукты, которые позволяют осуществить анализ данных без использования громоздких и сложных расчетов. Для решения этой задачи можно применить многие статистические пакеты. В рамках курса «Основы статистики» предлагаются следующие: MSExcel — для редактирования и подготовки данных к анализу, также данный пакет задействуется для первичной обработки данных, построения сводных таблиц и начального графического представления; профессиональное программное обеспечение «Statistica» — используемое как основной инструмент обработки данных; также дополнительно внедрено бесплатное приложение «Attestat» - в качестве ознакомления студента с бесплатным профессиональным программным обеспечением. Разумеется, чтобы получить даже начального уровня опыт работы с этими программами, студент должен потратить определенное время на их изучение. Однако изначально слож-

ный материал по обработке данных, преподнесенный на уровне схем и алгоритмов в сочетании с использованием соответствующих программ, значительно упрощается и, самое главное, упорядочивается. Тем самым информационные технологии способствуют оптимизации учебного процесса по непрофильным предметам в медицинских вузах [2].

Отдельной проблемой, которую следовало бы выделить, является количество часов, выделяемых на освоение предмета. Несмотря на определенные нововведения, упрощающие усвоение материала, проблема нехватки времени на усвоение самих методов и их нюансов вкуче с используемым программным обеспечением остается по-прежнему острой. Простейшим вариантом ее решения является увеличение количества часов для изучения предмета. Однако это зачастую не представляется возможным. Поэтому были разработаны некоторые методы, примером которых является внедрение элементов теории статистики и знакомство с программным обеспечением для обработки данных в рамках курса «Информатика в медицине». В рамках этого курса студент осваивает работу с табличным процессором MS Excel и его возможности по обработке данных. Не менее важным является освоение элементарных понятий статистики, что способствует возникновению определенной базы для дальнейшего изучения предмета. Также проводятся постоянные консультации для желающих получить более подробную информацию по обработке данных для написания статей и подготовку публикаций в рамках научных конференций. Разработан план углубленного изучения статистики в рамках факультативных занятий, на которых студент знакомится с многомерными методами анализа, применением статистики в диагностических тестах, основами ROC-анализа и т. д.

Из возможных предложений по улучшению теоретических знаний студента хотелось бы отметить привлечение специалистов профильных предметов вуза для приведения ими примеров исследований с применением статистических методов. Тем самым студент будет воспринимать предмет статистики не как нечто абстрактное, а именно как комплексную составляющую принципов доказательной медицины без отрыва ее от профильного обучения. Такой способ изложения и закрепления учебного материала позволит студенту с течением времени самостоятельно ориентироваться в разнообразии существующих статистических методов обработки данных, а также понимать важность и актуальность применения статистики в медицинских исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. Москва, РФ: Практика; 1998. 459 с.
2. Страхова ОП, Каблуков АА. Использование информационных технологий в преподавании статистики в гуманитарных вузах. *Медицина И Экология*. 2014;4(73):43-48.
3. Нохрин ДЮ. Лабораторный практикум по биостатистике. Челябинск, РФ; 2018. 289 с.
4. Гржибовский АМ. Доверительные интервалы для частот и долей. *Экология Человека*. 2008;5:57-60.
5. Наркевич АН, Наркевич АА, Виноградов КА. Интервальная оценка медианы и ее автоматизация. *Врач и Информационные Технологии*. 2013;4:40-48.
6. Леонов ВП. Когда нельзя, но очень хочется, или еще раз о критерии Стьюдента. [Электронный ресурс]. *Биометрика*. [дата обращения: 2019 Ноябрь 26]. Available from: <http://www.biometrika.tomsk.ru>.
7. Харченко МА. Корреляционный анализ: учеб. пособие для вузов. Воронеж, РФ: Изд-во ВГУ; 2008. 31 с.

REFERENCES

1. Glanc S. Mediko-biologicheskaja statistika: per. s angl. Moskva, RF: Praktika; 1998. 459 p. (in Russ.)
2. Strahova OP, Kablukov AA. Ispol'zovanie informacionnyh tehnologij v prepodavanii statistiki v gumanitarnyh vuzah. *Medicina I Jekologija*. 2014;4(73):43-48. (in Russ.)
3. Nohrin DJu. Laboratornyj praktikum po biostatistike. Cheljabinsk, RF; 2018. 289 p. (in Russ.)
4. Grzhibovskij AM. Doveritel'nye intervaly dlja chastot i dolej. *Jekologija Cheloveka*. 2008;5:57-60. (in Russ.)
5. Narkevich AN, Narkevich AA, Vinogradov KA. Interval'naja ocenka mediany i ee avtomatizacija. *Vrach i Informacionnye Tehnologii*. 2013;4:40-48. (in Russ.)
6. Leonov VP. Kogda nel'zja, no ochen' hochetsja, ili eshhe raz o kriterii St'judenta. [Elektronnyj resurs] *Biometrika*. [data obrashhenija: 2019 Nojabr' 26]. Available from: <http://www.biometrika.tomsk.ru>. (in Russ.)
7. Harchenko MA. Korreljacionnyj analiz: ucheb. posobie dlja vuzov. Voronezh, RF: Izd-vo VGU; 2008. 31 p. (in Russ.)

Адрес для корреспонденции

246000, Республика Беларусь,
г. Гомель, ул. Ланге, 5,
УО «Гомельский государственный медицинский университет»,
кафедра медицинской и биологической физики,
тел. моб.: +375 25 9735961,
e-mail: etorum@gsmu.by
Ковалёв Алексей Алексеевич.

Сведения об авторах

Ковалев А.А., ассистент кафедры медицинской и биологической физики УО «Гомельский государственный медицинский университет»

Игнатенко В.А., к.б.н., доцент, зав. кафедрой мед. и биол. физики УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Ядченко А.А., доктор физико-математических наук, зав. лабораторией Института математики НАН Беларуси.

Address for correspondence

5 Lange Street, 246000,
Gomel, Republic of Belarus,
Gomel State Medical University, Department of Medical and Biological Physics,
Mob.: +375 25 9735961,
E-mail: etorum@gsmu.by,
Kovalev A.A.

Information about authors

Kovalev A.A., assistant of Department of Medical and Biological Physics of the EI «Gomel State Medical University».

Ignatenko V.A., PhD, Ass. Professor, Head of the Department of Medical and Biological Physics of the EI «Gomel State Medical University».

Yadchenko A.A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head the laboratory of Institute of Mathematics Belarus Academy of Sciences.