

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыденко, Л. Н. Интеллектуализация учебного процесса по управлению знаниями / Л. Н. Давыденко, Т. Д. Давыденко // Образование для устойчивого развития: на пути к обществу знания : материалы междунар. форума ЮНЕСКО. 2005.
2. Цыркун, И. И. Инновационное образование педагога: на пути к профессиональному творчеству / И. И. Цыркун, Е. И. Карпович. – Минск : БГПУ, 2006. – 310 с.

ПРЕПОДАВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ СТУДЕНТАМ ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ УНИВЕРСИТЕТА

Н. А. Дегтяренко, О. Г. Душкевич

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

E-mail: natdegt@inbox.ru, OD223@mail.ru

В статье приводится мнение авторов о методике преподавания математической статистики студентам химико-экологических специальностей университета. Авторами обосновываются три главных, по их мнению, методических принципа преподавания: интеграционный или междисциплинарный подход, применение компьютерных технологий и усиление роли самостоятельной работы студентов в процессе освоения учебного материала.

Одним из важнейших моментов в деятельности специалиста в области химии, экологии, биологии, медицины является принятие решений в условиях неопределенности. При этом наиболее разработанным инструментарием является математическая статистика, позволяющая решать задачи в условиях вероятностной неопределенности и имеющая достаточно распространенное программное обеспечение. Разнообразные методы прикладной статистики входят в нашу жизнь посредством программных пакетов: прикладных математических (например, MathCad, MatLab), статистических (например, Statistica, StatGraphics, SAS, SPSS, Stadia) и др. Преимущества методов многомерного статистического анализа с применением компьютерных технологий бесспорны: вместо изучения каждой из переменных в отдельности и ее связей с остальными можно сразу исследовать весь массив данных и получить информацию о влиянии всех переменных и их взаимодействий на изучаемую систему, а при нынешней всеобщей компьютеризации снимаются все затруднения, связанные с огромным объемом вычислений. Указанные методы позволяют осуществлять анализ данных даже в том случае, когда исследователь имеет лишь приблизительное представление об алгоритме соответствующих вычислений и принципах его построения. Однако в этой кажущейся простоте заключена и немалая опасность, поскольку далеко не всегда исходные данные удовлетворяют тем довольно жестким тре-

бованиям, которые предъявляют к ним стандартные статистические методы. В учебниках по статистике эти требования, естественно, всегда оговариваются. Важнейшие из них – нормальность распределений переменных, однородность дисперсий, устойчивость относительных частот. Тем не менее в учебниках, как правило, нет указаний на то, к чему приводит нарушение этих требований. Поэтому специалисту химического, экологического, медицинского профиля, несомненно, необходимо обладать определенным уровнем математических знаний, математической культуры; знать основные понятия, идеи и методы математической статистики, условия их применения, а только затем «нажимать кнопки».

В связи с этим при разработке учебной программы курса «Высшая математика» (раздел «Математическая статистика») для студентов химико-экологических специальностей БГУ исходным положением было следующее: необходимо сохранить (даже при самом минимальном числе выделяемых учебных часов) преподавание основ теории вероятностей. В противном случае работа с универсальными программами грозит превратиться в бездумный автоматический процесс, дающий сбой при первом же нестандартном результате. В процессе преподавания учебной дисциплины при переходе от раздела «Теория вероятностей» к разделу «Математическая статистика» необходимо подчеркнуть, что связующим звеном между теорией вероятностей и математической статистикой является закон больших чисел и так называемые предельные теоремы. В частности, закон больших чисел аргументирует применение средней арифметической в качестве оценки математического ожидания и относительной частоты появления события как оценки вероятности. Последнее обосновывает понятие статистической устойчивости.

Анализируя рабочие программы по курсу «Математическая статистика», составленные в ведущих вузах нашей страны и ближнего зарубежья для студентов химико-экологических специальностей, приходим к выводу, что основу курса составляют следующие темы:

- организация наблюдений;
- нахождение по результатам выборочных наблюдений оценок числовых характеристик всей совокупности и исследование точности их приближения (выборочный метод);
- решение вопроса согласования результатов оценивания с опытными данными (проверка статистических гипотез);
- оценка существенности влияния факторных признаков на результативный (дисперсионный анализ);
- выявление аналитической зависимости между наблюдениями факторных и результативных признаков (корреляционно-регрессионный анализ).

Если выбор указанных выше тем фактически универсален для всех рабочих программ, то реализация их на практических занятиях имеет различные формы. До недавнего времени преподавание теории вероятности и математической статистики даже в инженерных вузах было довольно сильно удалено от решения реальных прикладных задач. Серьезной причиной такого положения дел являлось то, что решение подобных задач требует значительных вычислений, которые при ограниченной в самом недавнем прошлом вычислительной базе (в лучшем случае это был программируемый калькулятор) производить за приемлемое для учебного занятия время не удавалось. Более того, занятия по математической статистике вообще страдали от почти полного отсутствия нетривиальных задач, решение которых можно было бы завершить до конца занятия или хотя бы превратить в домашнее задание студента без риска загрузить его часами рутинных вы-

числений. При этом следует отметить, что такая вычислительная работа, как правило, выполнялась студентами крайне неохотно и с ошибками или вообще не выполнялась, поскольку казалась им неинтересной и бесполезной.

В самые последние годы ситуация с преподаванием теории вероятностей и математической статистики в вузах начинает меняться. Сегодня студент вуза имеет реальную возможность пользоваться компьютерной техникой в процессе освоения учебного материала во время занятий. Согласно опросу студентов первого и второго курсов химического факультета БГУ, обучающихся по специальностям «Химия лекарственных соединений», «Химическая экология», около 40 % из них имеют возможность регулярно пользоваться компьютерной техникой в домашних условиях, включая возможность выхода в Интернет. Соответственно, методика преподавания теории вероятностей и математической статистики при ориентации на использование компьютеров должна претерпеть значительные изменения. Установившиеся программы занятий должны быть пересмотрены в сторону приближения их к нуждам практических применений и вычислений, доводящих до конкретных результатов (в той или иной форме). При этом следует учитывать, что получаемые средствами математической статистики выводы целиком зависят от исследуемых моделей, следовательно, нельзя утверждать, что статистические методы полностью объективны. Они занимают некоторое среднее место между (недостижимой) полной объективностью и чисто субъективной оценкой на глаз. При правильном применении статистических методов и добросовестности субъективной оценки обычно не возникает противоречия между этими двумя подходами. Поэтому отчасти цель обучения статистическим методам состоит в том, чтобы помочь специалисту той или иной области приобрести необходимые навыки для формирования адекватной субъективной оценки. Если в процессе обучения студент получит правильное общее представление о том, что такое прикладная статистика, в чем заключается статистический подход к изучению реального мира, как его нужно применять и что он может дать; приобретет прочный фундамент знаний и необходимую прикладную математическую культуру; разовьет в себе умение и способность самостоятельно пополнять свое образование, то, владея материалом, лежащим в основе нужной ему теории, он легко приобретет и требуемые дополнительные знания.

С учетом вышесказанного построение программы практических занятий по разделу «Математическая статистика» курса «Высшая математика» для студентов химико-экологических специальностей БГУ было предложено основывать на трех основных принципах:

- интеграционный или междисциплинарный подход;
- применение компьютерных технологий;
- усиление роли самостоятельной работы студентов в процессе освоения учебного материала.

С целью реализации этих принципов авторами данной статьи было написано учебно-методическое пособие «Математическая статистика», предназначенное для организации самостоятельной работы студентов второго курса химико-экологических специальностей. В нем раскрывается ряд перечисленных выше тем, посвященных некоторым основным задачам математической статистики, и приводятся примеры реализации этих задач на компьютере. Пособие состоит из двух частей. Первая часть содержит в себе необходимые для усвоения материала теоретические сведения и задачи с химическим, экологическим или фармацевтическим содержанием с их подробными решениями. Во второй части приводятся примеры решения задач, рассмотренных в первой части, при помо-

щи табличного процессора Excel, входящего в состав программного пакета Microsoft Office. При этом демонстрируются как возможности самостоятельного оформления пользователем решения задачи, включающего создание формул, построение графиков, гистограмм, написание макросов и т. д., так и возможности использования встроенных в *Пакет Анализа* подпрограмм. Изложение материала сопровождается пояснительными рисунками, в конце пособия имеется справочный материал, содержащий таблицы некоторых статистических распределений.

Авторы полагают, что методически целесообразно начинать изучать методы математической статистики при помощи табличного процессора Excel. Во-первых, данная программа содержит большой набор статистических функций, активно используемых при решении. Во-вторых, в отличие от специализированных пакетов, программа Excel и встроенный язык программирования Visual Basic for Applications являются универсальным инструментом для решения любых статистических задач. И наконец, возможности Excel и VBA хорошо известны студентам второго курса, так как знакомство с ними произошло ранее в рамках дисциплины «Информатика и программирование».

Вместе с тем следует отметить, что развитие программного обеспечения сейчас идет очень быстро, программы непрерывно совершенствуются, и потому будущий специалист должен освоить не столько какую-то определенную программу, сколько саму методику использования компьютера в статистическом исследовании. К сожалению, нехватка времени, недостаточный уровень подготовки студентов второго курса, а также недостаточная материально-техническая база зачастую не позволяют подробнее остановиться на практических занятиях на использовании в статистических исследованиях специализированных статистических пакетов. Тем не менее было признано желательным использовать все имеющиеся на лекционных и практических занятиях возможности, чтобы знакомить студентов с несколькими разными пакетами программ, так как полученные ими навыки могут пригодиться в будущем при освоении новых, ныне еще неизвестных пакетов программ. В качестве универсального пакета, содержащего основные методы математической статистики, здесь можно упомянуть широко распространенный математический пакет MathCad, а из множества специализированных статистических пакетов – Statistica, StatGraphics, Stadia. Следует отметить, что последний пакет российского производства характеризуют с положительной стороны авторы многих учебных и методических пособий, в которых затрагиваются вопросы решения статистических задач при помощи компьютера. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с зарубежными образцами: достаточно компактен, содержит широкий набор статистических процедур и полностью русифицирован.

При использовании студентами различных статистических или математических пакетов особое внимание следует уделить процессу подготовки статистических данных и их вводу или импорту в ту или иную программу (возможно, с преобразованием формата данных), а также этапу анализа полученных результатов. Нужно учить студентов не только правильно ставить задачу для статистического исследования, но и грамотно истолковывать тот объем информации, который практически без усилий они получают в результате работы программы. Необходимо подчеркнуть, что умелая подготовка данных к вводу в программу имеет своей целью автоматизировать как можно большее количество самых различных рутинных операций при проведении статистических исследований.

Кроме знакомства с конкретными программными пакетами, студенты должны получить хотя бы самое общее представление о современных методах интеллектуального

анализа данных при помощи компьютера и их использовании в конкретных исследованиях. Здесь, на наш взгляд, целесообразно вынести на лекционные занятия темы, связанные с технологиями OLAP (online analytical processing) и Data Mining (discovery-driven data mining): кратко охарактеризовать их цели и возможности, дать их сравнительную характеристику, указать ограничения и условия их применения, привести примеры применения этих технологий в специальных приложениях. Например, студентам, обучающимся по специальности «Химия лекарственных соединений», будет полезно и интересно узнать о применении нового подхода с использованием компьютерных технологий при постановке медицинских диагнозов и подборе лекарственных средств. Этот подход появился в 90-х годах XX века и был назван «Evidence-based medicine» (в переводе на русский – «медицина, основанная на доказательствах»). В русском языке больше прижилось словосочетание «доказательная медицина», которое и используется в настоящее время. При наличии хорошей учебно-методической базы описанные выше темы могут быть вынесены на самостоятельное изучение студентами. Здесь уместны и творческие домашние задания, связанные с поиском информации о применении компьютерных технологий в таких специальных областях, как химия лекарственных соединений, экология, медицина, которые активизируют интерес и самостоятельную творческую работу студентов, что соответствует интеграционному подходу и усилению роли самостоятельной работы студентов в процессе обучения.

Вообще, при рассмотрении решения конкретных практических задач методами математической статистики следует выбирать такие задания, решение которых представляет интерес для студентов. Здесь подразумеваются задачи, близкие к их специальности, или задачи общенаучного характера с элементами занимательности или познавательности, или же просто задачи, взятые из повседневной жизни студента. Этим и руководствовались авторы данной статьи при написании учебно-методического пособия «Математическая статистика». Изложение в пособии теоретического материала сопровождается полезными, с точки зрения авторов, комментариями и отступлениями, помогающими студентам нематематического профиля обучения лучше понять и усвоить материал. Например, при помощи понятных жизненных ситуаций разъясняются особенности, преимущества и недостатки различных типов средних величин – выборочного среднего значения, моды и медианы – и даются рекомендации по их использованию в статистических исследованиях или объясняются такие термины, как ошибки первого и второго рода при принятии (отклонении) статистических гипотез.

Практический материал в пособии представлен задачами химического, экологического и фармацевтического содержания, при этом суть статистических выводов раскрыта в терминах условий данных задач. В качестве примера здесь можно привести условие задачи, рассмотренной в пособии по теме «Линейная корреляция», которая интересна тем, что несет в себе демографическое содержание, т. е. имеет отношение к предмету «Экология», и составлена на базе реального статистического материала, представленного в Докладе Организации Объединенных Наций по населенным пунктам за 2004 год [7]. В условии приведена выборка из 55 наблюдаемых значений двумерной случайной величины (ξ, η) , которая содержит статистические данные о взаимосвязи доли населения в процентах, проживающего в трущобах в странах Африки, Азии и Латинской Америки (этот показатель в таблице данных обозначен через η), и индекса развития человеческого потенциала в соответствующих странах (этот показатель в таблице данных обозначен через ξ). В задаче требуется:

- 1) построить корреляционное поле;

2) найти эмпирические уравнения линейной регрессии η на ξ и ξ на η . Построить графики прямых, имеющих эти уравнения;

3) по уравнениям и эмпирическим данным вычислить: средние ошибки аппроксимации, коэффициенты эластичности, выборочный коэффициент корреляции и коэффициент детерминации. Раскрыть смысл полученных числовых данных в терминах условия задачи;

4) пользуясь результатами вычислений, при заданном уровне значимости проверить адекватность линейной регрессии η на ξ и ξ на η .

Решение этой, как и всех остальных задач в пособии, сначала объясняется с позиции статистических методов, затем реализуется в Excel. Статистические выводы формулируются в терминах условий задач.

Итак, по мнению авторов, методику преподавания математической статистики для студентов химико-экологических специальностей следует основывать на таких принципах, как интеграционный подход, применение компьютерных технологий и усиление роли самостоятельной работы студентов в процессе освоения учебного материала. Это повысит эффективность процесса обучения, позволит студентам лучше усвоить материал изучаемых ими в дальнейшем специальных курсов, в которых используются статистические методы (например, связанных с планированием экспериментов), а также позволит будущим специалистам химико-экологического профиля осознать возможности грамотного использования статистических методов и компьютерных технологий в специальных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель, Е. С.* Прикладные задачи теории вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Радио и связь, 1983.
2. *Власов, В. В.* Введение в доказательную медицину / В. В. Власов. – М. : Медиасфера, 2001.
3. *Горелова, Г. В.* Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel / Г. В. Горелова, И. А. Кацко. – Ростов н/Д : Феникс, 2005.
4. *Орлов, А. И.* Прикладная статистика / А. И. Орлов. – М. : Экзамен, 2004.
5. *Тутубалин, В. Н.* Теория вероятностей : краткий курс и научно-методические замечания / В. Н. Тутубалин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1972.
6. *Флетчер, Р.* Клиническая эпидемиология : основы доказательной медицины / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. М. Вагнер. – М. : Медиасфера, 1998.
7. E/CN.3/2004/5 Доклад Организации Объединенных Наций по населенным пунктам [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://unstats.un.org/unsd/statcom/doc04/2004-5r.pdf>.
8. МАТИ имени К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rstu.ru>.
9. Министерство образования РФ. Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.spcpa.ru/learning/zao/v2.html>.
10. *Орлов, А. А.* Доказательная медицина: компьютерная революция / А. А. Орлов // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://antorlov.euro.ru>.