

ПЕДАГОГИКА

УДК 378.14

Н.М. Меженная

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ И MICROSOFT EXCEL МАГИСТРАНТАМИ ИНЖЕНЕРНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ

Проведено исследование восприятия программных продуктов Matlab, Mathcad, Mathematica, Microsoft Excel и Wolfram Alpha студентами первого курса магистратуры инженерного направления подготовки, обучаемых в больших потоках. Установлено, что интерфейс всех программных продуктов достаточно понятен, но системы компьютерной алгебры (Matlab, Mathcad, Mathematica) в отличие от Microsoft Excel считаются неудобными для представления результатов; удобство использования на планшете или смартфоне не определяет выбор программного комплекса. Не выявлено принципиальных различий между носителями русского языка и студентами-иностранцами.

Ключевые слова: системы компьютерной алгебры; Microsoft Excel; инженерное обучение; восприятие программных продуктов.

Введение

В современных условиях обучение в вузе ведется в больших потоках, состав которых очень разнороден. Если на первых курсах бакалавриата эти различия несколько сглаживаются, то при обучении магистрантов, закончивших первую ступень образования в разных университетах, городах и странах, эти различия очень существенны, особенно ввиду малого срока обучения и насыщенности образовательных программ. Некоторые из курсов изучаются в больших потоках, поэтому студенты различных специализаций могут обучаться вместе. К тому же при обучении студентов, для которых русский язык не является родным, вместе с носителями языка возникают проблемы языкового общения. Часто иностранцы просто не успевают принимать участие в занятии из-за языкового барьера, требующего времени на перевод некоторых терминов либо на осознание заданий на иностранном языке. Поэтому необходимо разрабатывать средства обучения, направленные на устранение данных различий и приспособленные для иностранных студентов, в том числе для самостоятельной работы.

Как известно, любые средства обучения должны вовлекать студента в образовательный процесс, мотивируя на достижение поставленных образовательных целей. Важность мотивации и ее положительное влияние на академические результаты установлены во многих работах, (см., например: [1–3]).

Одним из дидактических методов, повышающих мотивацию студентов, является использование специализированных компьютерных программных комплексов в обучении: систем компьютерной алгебры (далее CAS – Computer Algebra System) [4–6]; электронных таблиц [7–9]; программных комплексов для мобильных устройств [10], например, программы GeoGebra [11, 12], Wolfram Alpha [13] и др.

Важным является вопрос об отношении современного научного сообщества к CAS. Установлено (см.: [4]), что ученые-математики и инженеры воспринимают CAS как интегральную составляющую современной математики, и, соответственно, их использование в исследовательской деятельности является

одним из главных драйверов внедрения CAS при обучении. При этом выявлено, что в обучении CAS используются преимущественно как средство решения задач и достаточно редко как средство текущего и финального контроля. Выбор же в пользу использования CAS и / или конкретного вида системы преимущественно является индивидуальной инициативой преподавателя. Способы внедрения CAS в образовательный процесс в целом описаны во многих работах (см., например: [6]). Дидактические аспекты применения CAS, такие как проектирование учебных материалов, включая презентации, варианты тестовых и домашних заданий, шаблоны для самостоятельной работы, автоматизированную систему проверки и оценивания, обеспечение бесшовного соединения новых материалов с уже существующими, интеграция учебных материалов в учебный процесс в рамках модульно-рейтинговой системы и т.д. при изучении отдельных дисциплин математического цикла приведены в [5, 14–16]. При внедрении CAS в обучение могут возникать и определенные сложности, вызываемые, например, потерей навыков аналитического решения, отсутствием навыков верификации результатов, полученных с помощью CAS, определенными сложностями в освоении языка каждой конкретной системы [16]. Кроме того, количество программных продуктов очень велико, многие из них недостаточно универсальны. Поэтому неправильный выбор того пакета, на котором будут основаны учебные материалы, вместо ожидаемых положительных результатов может иметь и отрицательные последствия. Используемые программные продукты должны удовлетворять следующим критериям: а) широкая распространенность (нет необходимости в выделении дополнительного времени на изучение, возможность использования студентами в будущей профессиональной деятельности); б) удобство интерфейса и широкие возможности визуализации (в системе должны присутствовать встроенные средства для быстрого решения типовых задач без программирования); в) вариативность для решения задач разных типов (должны присутствовать модули для решения задач из разных областей науки); г) поддержка работы с «большими данными» (что

делает возможным широкое применение систем в современной инженерной практике).

При внедрении новых образовательных технологий необходимо опираться на существующий опыт, свидетельствующий об их общем положительном влиянии на процесс обучения и, как следствие, качество образования. Влияние использования CAS на академические результаты сейчас широко изучается не только педагогами, но психологами, исследователями, будущими работодателями. Так, в [17, 18] исследовано отношение студентов первого курса магистратуры университета к использованию средств обучения, основанных на Matlab. Установлено, что первоначальные трудности, связанные с первичным изучением интерфейса и синтаксиса системы, были преодолены достаточно быстро. Сравнительный анализ отношения студентов к основанным на Matlab учебным материалам и навыкам в начале и в конце семестра показал большой потенциал от использования и внедрения данной образовательной технологии, в первую очередь, за счет роста заинтересованности студентов в процессе обучения. Также установлено значимое положительное влияние использования CAS не только на достигаемые результаты обучения, но и на удовлетворенность студентов процессом обучения [19]. Использование CAS выступает дополнительным фактором, устанавливающим баланс между оценкой студентами своих навыков в решении задач с помощью компьютера или аналитически и действительным уровнем подготовки по математике, что, как установлено в [20], повышает уровень академических результатов.

Так, основы использования CAS могут быть освоены достаточно быстро, следовательно, не требуется выделения отдельных часов для их изучения, в отличие от обычных языков программирования, изучение которых является достаточно сложным [21]. Кроме того, такие языки менее приспособлены для решения математических задач, например, через символьные вычисления. Дополнительным преимуществом систем компьютерной алгебры является возможность создания интерактивных шаблонов [5, 22], которые используются как студентами, так и преподавателями, и сокращают время на самостоятельную работу, составление и обновление банка заданий, проверку работ. Кроме того, в результате их применения студенты активно участвуют в процессе обучения. Пример использования шаблонов, созданных с помощью электронных таблиц, приведен в [23].

Напомним, что, рассматривая обучение в больших потоках, нельзя забывать о возможном интернациональном составе отдельных групп. Трудности при обучении иностранных студентов на языке, носителями которого они не являются, такие как отсутствие понимания некоторых слов и понятий, изменение восприятия отдельных утверждений, недостаточное владение сложными терминами и понятиями, вплоть до дискриминации со стороны студентов, обучающихся на родном языке, хорошо известны (см., например: [24]).

В настоящее время большое количество людей в той или иной мере изучают английский язык [25]. Не являются исключением и российские студенты, которые преимущественно владеют базовыми навыками

английского языка (как носители русского языка, так и те, для кого русский язык не является родным). При использовании CAS, электронных таблиц и других программных комплексов сглаживаются языковые различия за счет наличия либо локализованных версий, либо англоязычного интерфейса.

Настоящее исследование посвящено изучению нескольких широко распространенных программных продуктов (Matlab, Mathcad, Mathematica, Microsoft Excel и Wolfram Alpha), а также их восприятия среди студентов первого курса магистратуры инженерного направления подготовки (на примере МГТУ им. Н.Э. Баумана). Выбор программ обусловлен, в первую очередь, тем, какие программные комплексы установлены в дисплейных классах в университете, какие из них используются в обучении по различным специальностям, и тем, какие лицензии доступны студентам. При этом считается, что при решении сложных инженерных задач необходимо использовать CAS либо языки программирования из-за значительного ограничения функций программ, рассчитанных на мобильные устройства. Также в исследовании будут изучены сценарии использования программных комплексов (Matlab, Mathcad, Mathematica, Microsoft Excel и Wolfram Alpha) студентами-инженерами. При помощи анкетирования будет изучен имидж программных продуктов в двух группах студентов: группа студентов – носителей русского языка; группа студентов, для кого русский язык не является родным. Целью исследования является установление тех программных продуктов, которые могут успешно применяться при обучении больших потоков, возможно, включающих иностранных студентов. В настоящем исследовании будет рассмотрен следующий основной исследовательский вопрос:

Вопрос 1. Возможно ли использование одних и тех же обучающих материалов для носителей русского языка и иностранных студентов?

При обучении по программе бакалавриата в МГТУ им. Н.Э. Баумана часть направлений включает обязательные отдельные курсы по программе Mathcad, а часть – по программе Matlab. В этой связи возникает второй исследовательский вопрос:

Вопрос 2. Как влияет обязательное изучение определенных программ на выбор программных продуктов, используемых студентами при дальнейшем обучении самостоятельно, а также на имидж программных продуктов в целом?

При этом отметим, что не все студенты-магистранты обучались по программе бакалавриата в МГТУ им. Н.Э. Баумана, кроме того, не все направления подготовки включают обязательные отдельные курсы по одной из рассматриваемых программ.

При изучении результатов внедрения образовательной технологии, основанной на CAS Mathematica, при изучении курса теории вероятностей в [5] установлено, что демонстрационные материалы, созданные преподавателями с помощью интерактивных шаблонов в системе Wolfram Mathematica, хорошо воспринимались студентами. Полученные обучающимися с помощью CAS студентами академические результаты оказались значимо выше, чем у студентов, которые не использовали

эти дополнительные материалы. В то же время использование описанных шаблонов студенты посчитали достаточно сложным. Возможные причины этого состояли в том, что, с одной стороны, часть студентов не были мотивированы к тому, чтобы разбираться и модифицировать предложенные файлы-шаблоны, а с другой – система Wolfram Mathematica оказалась малораспространенной среди студентов-инженеров. Таким образом, выяснилось, что выбор системы Wolfram Mathematica был отчасти неверным. Хотя эта система успешно применяется при обучении студентов-математиков. С целью установления причины таких результатов необходимо провести исследование об отношении к распространенным программным комплексам, в том числе с целью выявления сходства и различий между студентами – носителями языка и студентами-иностранцами, которые учили русский язык.

Третий исследовательский вопрос, рассматриваемый в статье:

Вопрос 3. Насколько распространенность продуктов влияет на их восприятие и оценку?

В исследовании отдельно не выделена мобильная версия программы Matlab, так как ее использование практически эквивалентно использованию стационарной версии, но выделена Wolfram Alpha по следующей причине. Замечено, что многие студенты младших курсов бакалавриата активно ее применяют при решении задач по базовым разделам математического анализа, но при этом не пользуются десктопной версией программы. Поэтому параллельно рассмотрен следующий вопрос:

Вопрос 4. Установить сценарии использования программы Wolfram Alpha студентами-магистрантами. Является ли определяющим фактором доступность мобильных версий любой из программ?

Материалы и методы

Исследуемая выборка

В исследовании изучено отношение студентов магистратуры инженерного направления подготовки МГТУ им. Н.Э. Баумана, поступивших на первый курс в сентябре 2018 г., к ряду распространенных программных продуктов: Matlab, Mathcad, Mathematica, Microsoft Excel и Wolfram Alpha. Проведен анализ сходства и различий в отношении к этим продуктам и их использовании. Исследование включает данные, собранные в декабре 2018 г. Анкетирование проходили как носители русского языка, так и студенты-иностранцы.

Исследуемая группа состояла из 68 студентов – носителей языка (35 мужчин и 33 женщины) и 23 студентов-иностранцев (18 мужчин и 5 женщин), для которых русский язык не является родным. Выборку из носителей русского языка будем называть Sample I, группу из студентов-иностранцев – Sample II. Анкетирование проводилось в течение двух первых недель декабря 2018 г. Данные о демографии выборки представлены в табл. 1.

Программа первого семестра обучения в магистратуре не включает обязательных курсов по изу-

чению CAS, однако зачастую студенты используют их либо самостоятельно, либо по рекомендации преподавателя.

Все опрошенные студенты использовали, по крайней мере, одну из систем компьютерной алгебры (Matlab, Mathcad, Mathematica) либо Microsoft Excel при обучении. Из 91 опрошенного 86 (94,5%) использовали, по крайней мере, одну из систем компьютерной алгебры, оставшиеся 5 (5,5%) – только Microsoft Excel.

Таблица 1
Данные о демографии всей выборки, а также групп студентов – носителей русского языка (Sample I) и студентов-иностранцев, для которых русский язык не является родным (Sample II)

| Выборка | Показатель | Вся выборка | Sample I | Sample II |
|-------------|---------------------|-------------|----------|-----------|
| Вся выборка | Число студентов | 91 | 68 | 23 |
| | В процентах | 100 | 75 | 25 |
| | Мин. возраст | 21 | 21 | 21 |
| | Макс. возраст | 38 | 38 | 26 |
| | Средний возраст | 22,80 | 22,74 | 23,00 |
| | С.к.о. для возраста | 2,84 | 3,23 | 1,17 |
| Мужчины | Число студентов | 53 | 35 | 18 |
| | В процентах | 58 | 51 | 78 |
| | Мин. возраст | 21 | 21 | 21 |
| | Макс. возраст | 38 | 38 | 26 |
| | Средний возраст | 23,25 | 23,31 | 23,11 |
| | С.к.о. для возраста | 3,29 | 3,97 | 1,28 |
| Женщины | Число студентов | 38 | 33 | 5 |
| | В процентах | 42 | 49 | 22 |
| | Мин. возраст | 21 | 21 | 22 |
| | Макс. возраст | 33 | 33 | 23 |
| | Средний возраст | 22,18 | 22,12 | 22,60 |
| | С.к.о. для возраста | 1,94 | 2,07 | 0,55 |

Анкетирование было анонимным, а все данные о студентах представлены в обезличенной форме (не содержат имен и фамилий, указаний на их принадлежность к одной из учебных групп) и не влияют на академическую успеваемость.

Инструмент и процедура исследования

В качестве инструмента исследования использовалась анкета, представленная в табл. 2. Анкета включала стандартный блок о демографии, а также ряд специальных вопросов об использовании компьютерных программ при обучении. Включенные в анкету вопросы содержали блок (вопрос 5) о том, какие из программных пакетов использовались в процессе обучения, а также блок о сценариях использования пакетов (вопрос 6). Предлагалось оценить удобство использования каждого из пакетов для решения задач по математике, физике и специальности; для подготовки презентаций; для использования на мобильных устройствах (смартфоны и планшеты); удобство использования в дисплейных классах (либо аудиториях, оснащенных стационарными компьютерами) и в обычных лекционных / семинарских аудиториях; удобство интерфейса и применимость программных

пакетов для решения ресурсоемких задач. Последний блок (вопрос 7) включал вопрос о том, какие из про-

граммных пакетов студенты собираются использовать в дальнейшем.

Т а б л и ц а 2

Анкета, предлагаемая студентам для заполнения

| | | | | | | | |
|--|--|---|---|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| 1. Укажите Ваш пол | <input type="checkbox"/> женский <input type="checkbox"/> мужской | 2. Сколько Вам полных лет? | | | | | |
| 3. Укажите курс обучения | | 4. Является ли русский язык для Вас родным? | <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет | | | | |
| 5. Отметьте те программные пакеты для математических вычислений, которые Вы использовали при обучении в университете (самостоятельно или на занятиях): | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Matlab | | <input type="checkbox"/> Microsoft Excel | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Mathcad | | <input type="checkbox"/> Wolfram Alpha | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Wolfram Mathematica | | <input type="checkbox"/> Другие онлайн-калькуляторы | | | | | |
| 6. Для каждого из использованных Вами пакетов оцените по пятибалльной шкале, насколько каждое из высказываний соответствует Вашему мнению о нем (5 – полностью соответствует, 1 – полностью не соответствует). Для тех программных пакетов, которые Вы не использовали (не отмечены в вопросе 3), или если Вы не знаете , оставьте клеточки пустыми. | | | | | | | |
| Этот пакет: | | Программный пакет | | | | | |
| | | Matlab | Mathcad | Mathematica | Microsoft Excel | Wolfram Alpha | Другие пакеты |
| Q1. удобен для решения задач по математике | | | | | | | |
| Q2. удобен для решения задач по физике | | | | | | | |
| Q3. удобен для решения задач, связанных со специальностью | | | | | | | |
| Q4. удобен для использования на стационарном компьютере | | | | | | | |
| Q5. удобен для использования на планшете | | | | | | | |
| Q6. удобен для использования на смартфоне | | | | | | | |
| Q7. удобен для подготовки презентации / отчета | | | | | | | |
| Q8. удобен для небольших, сравнительно простых вычислений | | | | | | | |
| Q9. удобен для ресурсоемких вычислений | | | | | | | |
| Q10. удобен для использования на занятиях не в компьютерных аудиториях | | | | | | | |
| Q11. удобен для использования на занятиях в компьютерных аудиториях | | | | | | | |
| Q12. хорошо подходит мне для решения задач | | | | | | | |
| Q13. обладает простым, интуитивно понятным интерфейсом | | | | | | | |
| Q14. обладает формой представления данных, близкой к традиционной | | | | | | | |
| Q15. сложен / неудобен для использования | | | | | | | |
| 7. Для каждого из пакетов (неважно, использовали Вы его или нет) оцените по пятибалльной шкале, насколько вероятно Вы будете использовать его в будущем (5 – буду использовать, 1 – не буду использовать). Если Вы не знаете , оставьте соответствующие клеточки пустыми. | | | | | | | |
| Matlab | Mathcad | Mathematica | Microsoft Excel | Wolfram Alpha | Другие пакеты | | |
| | | | | | | | |

Каждый студент получал персональную анкету в бумажном виде и заполнял ее индивидуально без помощи интервьюеров. Студенты были предупреждены о том, что анкетирование анонимное, не оценивается и не влияет на академические результаты в текущем семестре.

Анализ данных

Заполненные анкеты были проверены на предмет корректности заполнения ответов. Вопросы 1–5 должны быть заполнены и не содержать пропущенных значений, вопрос 6 заполняется только по тем программным продуктам, которые отмечены в вопросе 5, и может содержать пропущенные значения. Во-

прос 7 заполняется независимо от предыдущих вопросов и также может содержать пропущенные значения. Те анкеты, которые не соответствовали хотя бы одному из перечисленных требований, были исключены из исследования. Всего было выбраковано 7 анкет.

К полученной выборке из 91 анкеты применялись стандартные методы статистического анализа, такие как описательные методы статистики, анализ таблиц сопряженности, анализ соответствий и др. Сравнивались результаты двух групп – Sample I, состоявшей из студентов – носителей русского языка, и Sample II, состоявшей из студентов, для которых русский язык не является родным. Гендерные отличия в этих двух группах мы не учитывали, так как процентные соот-

ношения в группах сильно отличаются (см. табл. 1). Отметим, что исследование гендерных отличий не является необходимым для достижения основной цели исследования – выявления сходства и различий в использовании и восприятии программного обеспечения студентами групп Sample I и Sample II, а также выявления тех программных комплексов, использование которых является оптимальным.

Результаты исследования

Использование программ

На рис. 1 представлены данные о процентах студентов, использовавших каждый из пакетов. Над столбиками гистограммы указаны соответствующие абсолютные величины.

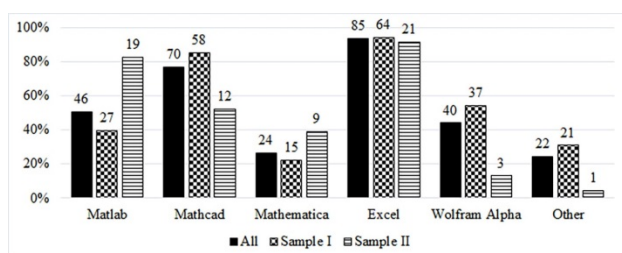


Рис. 1. Доли студентов, использовавших каждый из пакетов: для всей выборки, для группы Sample I, для группы Sample II. Числовые метки на графике соответствуют абсолютным значениям

Как видно из рис. 1, процент использования CAS отличается для групп Sample I и Sample II. То же самое касается использования Wolfram Alpha и других онлайн-калькуляторов. Для установления количественных различий в распределениях проведено попарное сравнение процентных соотношений по каждому из пакетов. При проверке гипотезы о равенстве долей установлены следующие значения p -value: по пакету Matlab p -value = 0,0004, по пакету Mathcad p -value = 0,0012, по пакету Mathematica p -value = 0,1094, по пакету Microsoft Excel p -value = 0,6203, по пакету Wolfram Alpha p -value = 0,006. Таким образом, на уровне значимости 5% установлено, что доли студентов, использовавших Matlab, Mathcad и Wolfram Alpha, значимо отличаются в группах Sample I и Sample II. По остальным пакетам (Mathematica и Microsoft Excel) значимых различий установить не удалось.

Одна из причин наличия статистически значимых различий по программам Matlab и Mathcad в группах Sample I и Sample II заключается в упомянутом во введении факте о том, что часть студентов, обучавшихся по программе бакалавриата, прослушали обязательные курсы по Mathcad или Matlab. Причем оказалось, что носители русского языка преимущественно изучали Mathcad, а студенты-иностранцы – Matlab. Это объясняется разной популярностью данных программ в России и за рубежом.

Оказалось, что практически все студенты в обеих группах использовали Microsoft Excel. Причина этого состоит в широкой распространенности данного программного продукта, а также в том, что программа бакалавриата или специалитета включает много задач

(прежде всего задачи регрессионного анализа), решение которых без использования персонального компьютера представляется нереализуемым. На этом этапе часто выбирается Microsoft Excel как наиболее простое и приемлемое программное обеспечение. В большинстве случаев не требуется установка пакета, так как он представлен в большинстве дисплейных классов, кроме того, совместим с другими электронными таблицами, в том числе бесплатными, которые студенты могут использовать при самостоятельной работе.

Для системы Mathematica также не выявлены значимые различия. Причина этого, возможно, кроется в том, что данный программный комплекс не слишком распространен среди студентов-инженеров. Кроме того, представленные выборки недостаточно велики, чтобы можно было делать выводы о наличии различий.

Подводя итоги настоящего раздела, отметим следующие установленные факты:

- 1) доля студентов, использовавших Microsoft Excel, в обеих группах высока, статистически значимые различия между группами Sample I и Sample II не установлены;
- 2) студенты – носители русского языка чаще используют Mathcad, чем Matlab; студенты-иностранцы, наоборот, чаще используют Matlab;
- 3) по системе Mathematica значимые различия не установлены.

Чтобы проанализировать восприятие программных комплексов и сценарии их использования, проведем статистический анализ для каждой из двух сравниваемых групп Sample I и Sample II. Для этого в каждой группе вычислим число студентов, поставивших оценки 4 или 5 по каждому из высказываний в вопросе 6 (что соответствует тому, что высказывание ассоциируется с программой), а затем проведем классический анализ соответствий для каждой из таблиц. В группе Sample I мы анализировали все программные продукты и высказывания, в группе Sample II – исключили Wolfram Alpha и Other, так как число ответов по этим программам было маленьким.

Анализ соответствий для группы Sample I

Начнем с анализа соответствий для студентов группы Sample I, поставивших оценки 4 или 5 по каждому из высказываний в вопросе 6. График собственных значений для полученной таблицы приведен на рис. 2, а.

Из рис. 2, а видно, что график испытывает излом при числе размерностей 2. Процент объясненной инерции на две первые оси составляет 91,25% (по 78,52 и 12,73% на оси 1 и 2 соответственно). Значит, в анализе будет использоваться двумерная карта, представленная на рис. 3. При анализе карты каждое из высказываний Q1–Q15 расшифровывается в тексте только при первом упоминании.

На первом этапе анализа проводим интерпретацию осей по высказываниям. Ось Dim. 1 нагружается высказываниями Q2 «удобен для решения задач по физике», Q3 «удобен для решения задач по специальности», Q9 «удобен для ресурсоемких вычислений» (левая сторона)

и Q5 «удобен для использования на планшете», Q6 «удобен для использования на смартфоне» (правая сторона). Значит, ось Dim. 1 интерпретируется как характеристика, выражающая степень пригодности программного продукта для сложных или простых вычислений. Таким образом, можно сделать вывод о том, что, с одной стороны, инженерные задачи воспринимаются как вычислительно сложные, требующие больших ресурсов

и времени, и мобильные версии этих программ для этого не подходят. С другой стороны, возможно, студенты недостаточно владеют соответствующими мобильными и облачными сервисами либо просто не знают о них. Также при анализе анкет было установлено, что далеко не все студенты владеют планшетами или же не используют их на занятиях (много пропущенных значений в соответствующих вопросах).

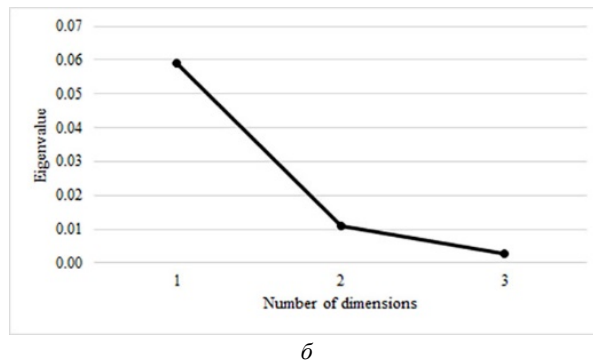
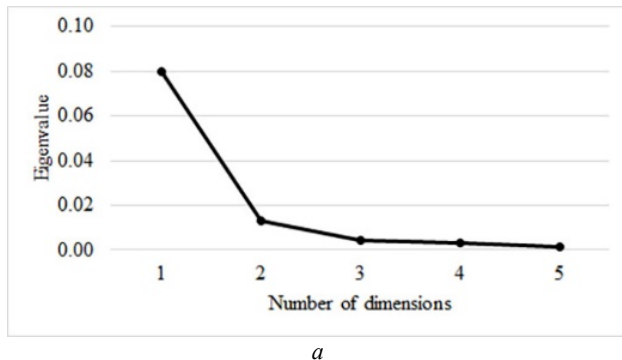


Рис. 2. а – график собственных значений для группы Sample I; процент инерции на оси составляет: ось 1 – 78,52%; ось 2 – 12,73%; ось 3 – 4,48%; ось 4 – 2,89%; ось 5 – 1,38%; б – график собственных значений для группы Sample II; процент инерции на оси составляет: ось 1 – 81,44%; ось 2 – 15,00%; ось 3 – 3,56%

Ось Dim. 2 нагружается высказываниями Q1 «удобен для решения задач по математике» (верхняя сторона) и Q7 «удобен для подготовки презентации / отчета» (нижняя сторона). Ось 2, таким образом, интерпретируется как степень пригодности для удобного представления результатов. Оказывается, что решение задач по математике и представление результата студенты противопоставляют удобной подготовке презентации или отчета. Из этого можно сделать вывод, что при изучении CAS недостаточно внимания уделяется встроенным средствам визуализации и представления результатов. По-

этому студенты воспринимают эти пакеты как неподходящие для представления результатов.

На втором этапе проводим анализ программных продуктов. Программы Mathcad и Matlab воспринимаются практически одинаково. Пара Mathcad – Matlab, Wolfram Alpha и Microsoft Excel равноудалены от начала координат, и соответствующие точки образуют треугольник (обозначен серыми пунктирными линиями на карте). Значит, все три вершины воспринимаются существенно по-разному и находятся в оппозиции друг к другу.

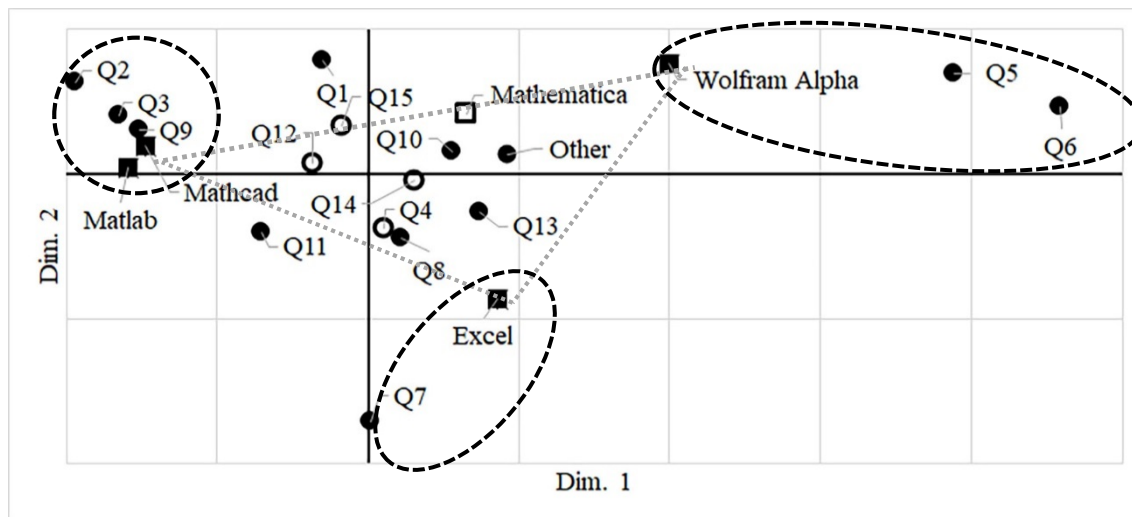


Рис. 3. Карта анализа соответствий для группы Sample I. Высказывания из вопроса 6 помечены круглыми маркерами, программные продукты – квадратными маркерами. Те точки, для которых качество проекции на плоскость оказалось неудовлетворительным ($< 0,5$), помечены маркерами той же формы, но без заливки (Mathematica, высказывания Q4, Q12, Q14 и Q15)

Теперь обратимся к анализу образовавшихся на карте кластеров (отмечены черными пунктирными линиями на карте). Первый из них образован программами Matlab и Mathcad и высказываниями Q2, Q3 и Q9. Это говорит о том, что программы Matlab и Mathcad воспринимаются как хорошо подходящие для

решения инженерных задач и / или задач, требующих большого объема вычислений. Кроме того, как отмечено выше, Matlab и Mathcad воспринимаются преимущественно одинаково.

Присутствует менее тесная связь между ними и высказываниями Q1 и Q11 «удобен для использова-

ния на занятиях в компьютерных аудиториях». Таким образом, студентами плохо воспринимается версия Matlab для мобильных устройств или же студенты о ней мало знают.

Второй кластер образован программой Microsoft Excel и высказыванием Q7 «удобен для подготовки презентации / отчета». Это ожидаемый результат. Также с Microsoft Excel ассоциированы высказывания Q8 «подходит для небольших, сравнительно простых вычислений» и Q13 «обладает простым, интуитивно понятным интерфейсом». Это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что восприятие Microsoft Excel в некоторой степени противоположно восприятию Matlab и Mathcad.

Третий кластер образуют программа Wolfram Alpha и высказывания Q5 «удобен для использования на планшете», Q6 «удобен для использования на смартфоне». Это также ожидаемый результат. Неожиданным является то, что данный программный продукт не ассоциирован с высказываниями Q1, Q2, Q3. Оказывается, решение задач по математике при помощи этого пакета в целом воспринимается как неудовлетворительное. Одной из причин этого может выступать своеобразный язык CAS Mathematica и связанной с ней программы Wolfram Alpha. Кроме того, можно сказать, что высказывания Q10 и Q13 более тесно ассоциированы с Wolfram Alpha, чем с Matlab и Mathcad. Следовательно, две последних CAS воспринимаются как несколько более сложные. Все приведенные факты относятся к ответу на вопрос 4.

Положение CAS Mathematica и высказываний Q4, Q12, Q14 и Q15 не анализируется на текущей карте, так как качество проекции соответствующих точек на карту не является удовлетворительным.

Таким образом, основные факты, установленные в настоящем разделе для группы Sample I, состоят в следующем:

1) высказывания «удобен для решения задач по математике» и «удобен для подготовки презентации / отчета» противопоставляются друг другу. Возможная причина этого состоит в том, что студенты недостаточно владеют методами визуализации данных в CAS в отличие от Microsoft Excel;

2) противопоставляются удобство для ресурсоемких вычислений и удобство использования на мобильных устройствах, что является вполне ожидаемым результатом;

3) программы Matlab и Mathcad воспринимаются преимущественно одинаково, как хорошо подходящие для решения инженерных задач и ресурсоемких вычислений. Этот факт также является ожидаемым результатом;

4) Microsoft Excel воспринимается как простая и удобная система, в том числе для визуализации данных. Такое восприятие преимущественно связано с предшествующим широким использованием программы, начиная со старшей школы;

5) программу Wolfram Alpha воспринимают как удобную для использования на мобильных устройствах, хотя установленная в предыдущем разделе ее недостаточная распространенность представляется достаточно неожиданной. Отчасти это может быть

вызвано недостаточным знакомством с системой Wolfram Mathematica в целом, что вызывает определенные трудности и в использовании Wolfram Alpha. Другой возможной причиной этого факта может быть распространенное мнение о том, что полученные с помощью этой системы решения могут быть неполными или неудовлетворительными;

6) пара Mathcad – Matlab, Wolfram Alpha и Microsoft Excel воспринимаются существенно поразному и находятся в оппозиции друг к другу. Такое положение Mathcad, Matlab и Microsoft Excel достаточно неожиданно, так как они в равной степени пригодны для большинства задач, возникающих в процессе инженерного обучения. Возможно, такое положение обусловлено восприятием Microsoft Excel исключительно как программы для бухгалтерских расчетов. Противопоставление Wolfram Alpha остальным программам достаточно типично.

Анализ соответствий для группы Sample II

Перейдем к анализу для группы Sample II. Также начнем с графика собственных значений, представленного на рис. 2, б. График на рисунке испытывает излом при числе размерностей 2, процент объясненной инерции на две первые оси составляет 96,44% (по 81,44 и 15,00% на каждую из осей). Значит, как и в предыдущем разделе, в анализе будет использоваться двумерная карта, представленная на рис. 4.

Можно отметить следующий радостный факт. Высказывание Q15 «сложен / неудобен для использования» не ассоциировано ни с одним из рассматриваемых программных продуктов. Значит, все опрошенные студенты считают каждый из пакетов пригодным для анализа в той или иной степени.

Начнем с интерпретации осей. Ось Dim. 1 нагружается высказываниями Q15 «сложен / неудобен для использования» (левая сторона) и Q5, Q6 (правая сторона). Последние два можно объединить как «удобство использования на мобильных устройствах». Таким образом, ось Dim. 1 интерпретируется как характеристика, выражающая степень удобства интерфейса программного продукта. Также можно сделать вывод о том, что программы, используемые на мобильных устройствах, воспринимаются как простые и удобные, к тому же большинство опрошенных студентов не видят разницы между использованием смартфонов и планшетов. Отчасти это может быть вызвано тем фактом, что не все студенты имеют планшеты или используют их в учебном процессе.

Ось Dim. 2 нагружается высказыванием Q15, которое, как отмечено выше, стоит особняком от остальных высказываний и программных продуктов (нижняя сторона), и Q7 и программой Mathematica (верхняя сторона). Значит, ось Dim. 2 будет рассматриваться как характеристика, выражающая удобство подготовки презентации.

Далее перейдем к анализу программных продуктов. Программы Mathcad, Mathematica и Microsoft Excel равноудалены от начала координат и соответствующие точки образуют треугольник (обозначен серыми пунктирными линиями на карте). Это означа-

ет, что все три программных продукта воспринимаются по-разному и находятся в оппозиции друг к другу. В середине одной из сторон треугольника (с вершинами Mathematica и Mathcad) располагается программа Matlab. Значит, ее восприятие также несколько отличается от восприятия других систем компьютерной алгебры. Можно заметить, что проекции всех трех точек на ось Dim. 1 находятся очень близко, следовательно, по степени удобства интерфейса (характеристика, выражаемая осью Dim. 1) программы воспринимаются практически одинаково.

Ни рис. 4 точки образуют два кластера, отмеченных черными пунктирными линиями. Первый из них образован программой Matlab и высказываниями Q1, Q2, Q3, Q9 и Q12 «хорошо подходит мне для решения задач». Это говорит о том, что высказывания Q1, Q2 и Q3 воспринимаются практически одинаково, т.е. студенты не позиционируют задачи отдельно по математике, отдельно по физике и отдельно по специальности. Значит, они видят существующие междисциплинарные связи при их анализе. Программы Mathcad и Mathematica стоят в некотором отдалении от этой группы. Соответственно, они также ассоциированы с

указанными высказываниями, но в несколько меньшей степени.

Второй кластер образует программа Microsoft Excel и высказывания Q5, Q6. Значит, студенты находят вполне приемлемым использование Microsoft Excel на мобильных устройствах по сравнению с другими математическими пакетами. Причины этого, возможно, такие же, как и для группы Sample I: от широкого распространения Microsoft Excel до плохой осведомленности о мобильных версиях систем компьютерной алгебры. Отметим также, что Microsoft Excel ассоциирован с высказыванием Q7, как и для группы Sample I.

Высказывания Q4, Q10 и Q11 находятся примерно в середине треугольника, образованного программами (обозначен серым пунктиром), следовательно, эти высказывания примерно одинаково ассоциированы с каждым программным продуктом. Интересно, что точки, соответствующие высказываниям Q10 и Q11, стоят рядом. Из этого можно сделать вывод о том, что студенты не видят существенной разницы между использованием стационарных компьютеров в дисплейных классах и ноутбуков либо мобильных устройств, принесенных с собой.

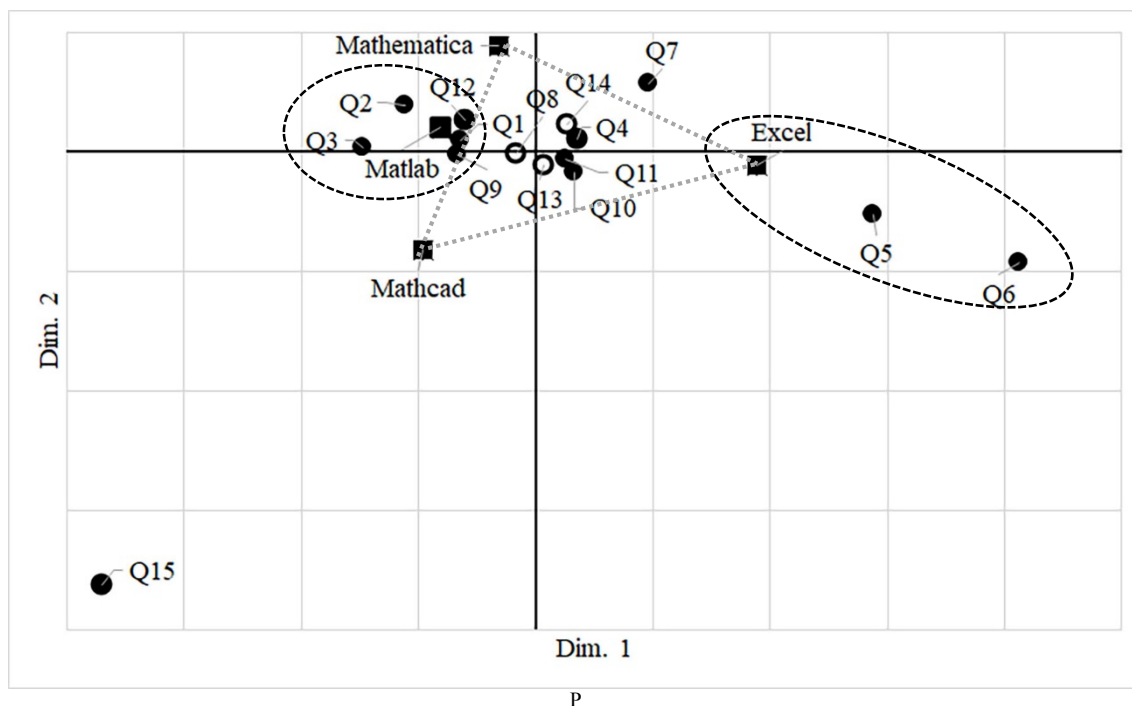


Рис. 4. Карта анализа соответствий для группы Sample II. Высказывания из вопроса 6 помечены круглыми маркерами, программные продукты – квадратными маркерами. Те точки, для которых качество проекции на плоскость оказалось неудовлетворительным ($< 0,5$), помечены маркерами той же формы, но без заливки (вопросы Q8, Q13 и Q14)

Положение высказываний Q8, Q13 и Q14 не анализируется на текущей карте, так как качество проекции соответствующих точек не является удовлетворительным.

Подводя итог, отметим основные факты, установленные в настоящем разделе для группы Sample II:

- 1) программы Mathcad, Mathematica и Microsoft Excel противопоставляются друг другу, программы Mathcad и Matlab противопоставляются Microsoft Excel, как и в группе Sample I. Причины этого такие же, как и для группы Sample I;

- 2) студенты группы Sample II не позиционируют задачи отдельно по математике, отдельно по физике и

отдельно по специальности (в группе Sample I этого не наблюдалось). Возможно, что студенты-иностранцы иначе воспринимают инженерные задачи в целом, а возможно, повлиял и языковой барьер. Результаты настоящего исследования не позволяют установить причину этого факта;

- 3) программы Matlab, Mathcad и Mathematica воспринимаются одинаково с точки зрения удобства интерфейса;

- 4) наиболее популярная в группе Sample II программа Matlab воспринимается как подходящая для решения любых задач и удобная для ресурсоемких

вычислений, что аналогично восприятию программы группой Sample I;

5) программа Microsoft Excel воспринимается как простая и удобная для визуализации данных как на стационарном компьютере, так и при использовании на мобильных устройствах. Этот факт тоже находится в согласии с наблюдениями для группы Sample I.

Сравнение результатов анализа соответствий для групп Sample I и Sample II

Можно отметить общие закономерности, которые присутствуют на картах из двух предыдущих разделов:

1) интерфейс всех программных продуктов студенты считают приемлемым;

2) ассоциированность программ Matlab и частично Mathcad с решением задач по физике и по специальности (высказывания Q2, Q3) и их применимостью для ресурсоемких вычислений (высказывание Q9);

3) ассоциированность Microsoft Excel с удобством для подготовки презентации / отчета (высказывание Q7);

4) Microsoft Excel более ассоциирован с использованием на планшете / смартфоне (высказывания Q5, Q6), чем остальные CAS, рассчитанные на использование на стационарном компьютере;

5) CAS в определенной степени противопоставляются программе Microsoft Excel. Значит, студенты четко выделяют различия в задачах, решение которых возможно с помощью того или иного продукта.

Различия восприятия программ, выявленные на картах из предыдущих разделов, состоят в следующем:

1) студенты группы Sample I практически не видят различий между Mathcad и Matlab в отличие от груп-

пы Sample II. Причины могут крыться в том, что процент студентов, использовавших эти программы, в двух группах существенно отличается. В то же время студенты группы Sample I меньше ассоциируют эти программы и с решением задач по математике, что является неожиданным результатом;

2) студенты группы Sample II очень мало используют Wolfram Alpha, что также является неожиданным результатом.

Приведенные отличия не так сильны и обусловлены преимущественно разной степенью распространенности программных продуктов. Например, Microsoft Excel одинаково сильно распространен в обеих группах и воспринимается практически одинаково. Таким образом, приведенные результаты исследования позволяют дать положительный ответ на вопрос 1 из введения о том, что возможно использование одних и тех же средств обучения для обеих групп Sample I и Sample II.

Важно проанализировать, какие продукты студенты собираются использовать в будущем. Обратимся к рис. 5. На нем представлены средние оценки, поставленные студентами в вопросе 7 для каждого из программных продуктов – столбцы, отмеченные Sample I / All и Sample II / All. При анализе анкет установлено, что если студенты ранее не использовали одну из программ, то часто оставляли соответствующее поле пустым, так как не знали ответа (в соответствии с правилами заполнения анкеты). Вообще говоря, представляется разумным анализировать в этом вопросе ответы тех, кто пользовался каждым продуктом ранее. Соответствующие столбцы отмечены Sample I / Использовали ранее и Sample II / Использовали ранее.

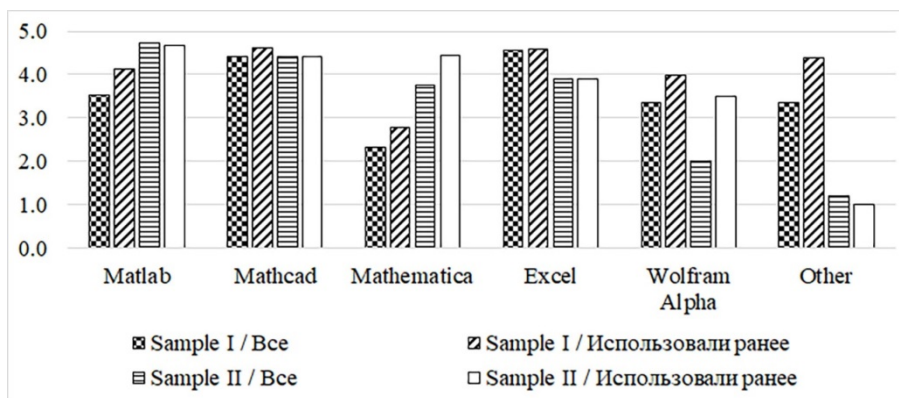


Рис. 5. Средние баллы, полученные каждым из программных продуктов в вопросе 7 в каждой группе студентов Sample I и Sample II; дополнительно вычислены средние значения оценок по каждому из программных продуктов только для тех студентов каждой группы, которые использовали данную программу ранее

Сравнивая средние оценки, можно сразу отметить общее положительное отношение к каждому из использованных продуктов среди тех студентов, кто использовал его ранее. Действительно, средние баллы для каждого из программных продуктов выше в той группе, которая использовала его ранее либо остается практически на том же уровне (как в Sample I, так и в Sample II). Таким образом, студенты, ранее разобравшиеся с каждой из программ, преимущественно хотят использовать ее и в будущем.

В группе Sample I лидерами являются Mathcad и Microsoft Excel, в группе Sample II преимущество отдается программам Matlab и Microsoft Excel, при этом высокие оценки получили и другие математические пакеты, в том числе Mathcad. Данный факт и выводы, сделанные в предыдущих разделах, позволяют ответить на вопрос 2. Действительно, студенты относятся лучше к тем программам, которые осваивались в рамках обязательных курсов в программе бакалавриата (как для группы Sample I, так и для группы Sample II).

При этом отмечается, что на предыдущих этапах обучения недостаточно внимания было уделено изучению встроенных возможностей для визуализации данных. В будущем желательно скорректировать программу обучения так, чтобы устранить этот печальный факт.

Установленные факты относятся и к вопросу 3. Студенты в обеих группах лучше оценивают те продукты, которые более широко распространены. Возможно, это связано с тем, что для них легче найти совет у друзей или ресурсы в сети Интернет (например, на родном для студента языке). Кроме того, значение может иметь и доступность лицензии. В настоящем исследовании студенты не опрашивались относительно причины выбора каждого из продуктов, поэтому в будущем возможно провести дополнительное исследование о том, что является важным при выборе каждого продукта.

Обсуждение результатов

Использование CAS в качестве средства обучения может быть представлено на нескольких уровнях [16]. С точки зрения дидактики образовательного процесса, наиболее важными являются развитие концептуального понимания рассматриваемых задач и явлений, а также навыки численного анализа и моделирования, которые возможно применять в будущей инженерной практике. Большинство представителей научного сообщества воспринимают CAS как интегральную составляющую современной математики и ее методов [4]. Поэтому внедрение CAS в обучение становится необходимостью с самых первых его этапов. Применение CAS в обучении способно вызывать мотивационные ограничения [16], когда использование программного обеспечения ведет к тому, что пользователь должен изучать дополнительный материал. Это вызвано тем, то получаемые с помощью программ пошаговые решения либо неудовлетворительны, либо содержат определенные неточности или допущения, либо не могут быть получены стандартными методами. Тогда обучаемые вынуждены изучать дополнительные материалы и придумывать способы их совмещения с теми результатами, которые возможно получить на компьютере. Например, символьные вычисления в пакете Matlab могут помочь студентам восполнить недоработки математической подготовки средней школы при изучении курсов дифференциального и интегрального исчисления в университете [26].

Дополнительным преимуществом использования CAS может быть повышение мотивации преподавателя к использованию новых средств обучения, направленных на повышение мастерства учащихся и, как следствие, на повышение качества образования. Использование CAS положительно влияет на дидактический интерес преподавателя – заинтересованность в составлении и обновлении методического комплекса дисциплины. К тому же освобождает его от рутинной работы по ручному отбору вариантов с «хорошими» числами, сокращает время на проверку заданий и т.д. [22]. Появляется возможность для решения реальных практических задач, в которых возникают большие

данные и «плохие» числа. Известно, что присутствует тесная положительная связь между мотивацией преподавателя и мотивацией обучаемых (см., например: [27]). Как результат повышается качество обучения.

Приведенные в настоящем исследовании результаты свидетельствуют о том, что при обучении больших потоков, возможно, включающих студентов-иностранцев, для преодоления проблем языкового общения могут быть использованы практически любые из рассмотренных CAS (Mathcad, Matlab, Mathematica), так как студенты готовы разбираться в основах использования каждого из предлагаемых продуктов. Настоящие выводы находятся в согласии с результатами работы [17]. Однако ввиду невысокой распространенности системы Wolfram Mathematica ее использование требует выделения дополнительно учебного времени для изучения основ работы и интерфейса. Это может представлять дополнительную сложность как для преподавателя (например, если часы на обучение не запланированы в учебном плане), так и для студентов, не являющихся носителями русского языка, поскольку обучение ведется на иностранном языке.

Небольшое преимущество перед CAS Mathematica имеют CAS Matlab и Mathcad. Причем оценки, получаемые каждой из систем, в основном обусловлены степенью ее распространенности, а также включением обязательных курсов по их изучению в программу бакалавриата. Поэтому представляется разумным не делать выбор в пользу только одного средства, а использовать программы совместно, выбирая ту или иную, исходя из решаемой задачи. Хорошо известно, что каждая из программ лучше подходит для решения определенного круга задач. Поэтому преподаватель может варьировать средства обучения. Однако отметим, что естественно возникающая при этом сложность состоит в том, что слушатели могут быть недостаточно подготовлены к пользованию сразу несколькими системами. Поэтому желательно выбрать одну из математических программ и сочетать ее применение с наиболее широко распространенным пакетом Microsoft Excel.

Использование программных продуктов студентами, для которых русский язык является родным, и теми, кто не является носителем русского языка, воспринимается практически одинаково, поэтому возможно использовать одни и те же средства обучения, основанные на одной и той же CAS. Положительное влияние использования CAS на академические результаты по отдельным курсам установлено в [5, 15, 18], на успехи по математике вообще и общую удовлетворенность студентами процессом обучения доказано в [3, 17, 19].

Гендерный состав выборок Sample I и Sample II имел значимые различия, поэтому вопрос о влиянии пола на восприятие программных продуктов в данном исследовании не представлен. Необходимы сбор и обработка дополнительных данных. Исследование влияния гендерных различий на восприятие обучения математике с помощью любых CAS представлено в работе [28]. Например, в работе [29] выявлено присутствие определенных гендерных различий в восприятии планшетов при обучении. Так, юноши приписывали

большее влияние от использования планшета как в когнитивной, так и эмоциональной сфере. В дальнейшем необходимо провести подобное исследование и в отношении рассматриваемых программных комплексов.

Известно [1], что часть студентов испытывает страх перед сложными STEM-предметами (science, technology, engineering, and mathematics). Аналогичная ситуация может быть и в отношении рассматриваемых программных продуктов. Например, известно, что Matlab воспринимается как сложная программа для сложных математических расчетов. Поэтому часто студенты уже перед началом работы боятся плохих академических результатов, если им придется использовать какую-либо CAS. Особенно это характерно для тех, кто ранее не пользовался такими системами либо имеет общую недостаточную подготовку по математике и программированию [20]. Поэтому необходимо проводить разъяснительную работу, также предлагать студентам готовые шаблоны для решения задач, подготовленные с использованием CAS, поощрять дополнительными баллами тех, кто активно использует предлагаемые средства обучения. Установлена тесная связь между степенью уверенности в решении задач, демонстрируемой студентами, со степенью вовлеченности в образовательный процесс, а также с отношением к изучению математики с использованием компьютерных технологий [19]. Таким образом, использование CAS как дополнительного дидактического приема способствует повышению качества образования.

В настоящее время мобильные устройства оказывают большее влияние на все сферы жизни, в том числе и на обучение. Поэтому необходимо изучение различных аспектов этого процесса. Например, при исследовании отношения к мобильным устройствам при обучении установлено, что нет различий в их использовании при изучении STEM-предметов и остальных предметов [29]. Интересный факт, выявленный в настоящей статье, состоит в том, что студенты не отдают предпочтение тем программам, которые хорошо адаптированы для мобильных устройств. Вообще, анализ тех анкет, в которых было много пропущенных данных в вопросе Q5 «удобен для использования на планшете», говорит о том, что многие студенты не использовали планшеты при обучении, поэтому затрудняются с ответом на этот вопрос. В исследовании не установлено, чем вызвано

данное обстоятельство, и оно требует дополнительного изучения. Зато при анализе анкет выявлено, что многие не видят разницы между использованием смартфона и планшета, что в общем не лишено оснований.

Выводы

Проведено анкетирование студентов первого курса магистратуры МГТУ им. Н.Э. Баумана об использовании ряда программных продуктов при решении задач, возникающих в процессе обучения. Среди опрошенных было 68 студентов – носителей русского языка и 23 студента-иностранца, для которых русский язык не является родным. Исследовано их отношение к программным продуктам Matlab, Mathcad, Mathematica, Microsoft Excel и Wolfram Alpha и сценарии их использования.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при обучении больших потоков, возможно, включающих студентов-иностранцев, могут быть использованы любые из рассмотренных в настоящем исследовании CAS (Mathcad, Matlab, Mathematica), а также широко распространенный пакет Microsoft Excel. Установлено, что интерфейс всех программных продуктов для студентов достаточно понятен, но при этом CAS считаются неудобными для представления результатов в виде отчета или презентации. Для этих целей опрошенные студенты посчитали более подходящим пакет Microsoft Excel. Выявлена ассоциированность программ Matlab и частично Mathcad с решением задач по физике и по специальности (в области инженерной практики) и их применимостью для ресурсоемких вычислений. Установлено, что студенты четко выделяют различия в задачах, решение которых возможно с помощью того или иного программного продукта. Удобство использования на планшете или смартфоне не является важным фактором при выборе программного комплекса для решения задач. Не выявлено принципиальных различий в отношении и способах использования программных комплексов между носителями русского языка и студентами-иностранцами. CAS Mathematica является менее распространенной по сравнению с другими программными продуктами, поэтому ее успешное использование требует выделения дополнительного времени для изучения основ языка и интерфейса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peng Y., Hong E., Mason E. Motivational and cognitive test-taking strategies and their influence on test performance in mathematics // *Educational Research and Evaluation*. 2014. Vol. 20, № 5. P. 366–385. DOI: <https://doi.org/10.1080/13803611.2014.966115>.
2. Barba P.G., Kennedy G.E., Ainley M.D. The role of students' motivation and participation in predicting performance in a MOOC // *Journal of Computer Assisted Learning*. 2016. Vol. 32, № 3. P. 218–231. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12130>.
3. Иванюшина В.А., Александров Д.А., Мусабилов И.Л. Структура академической мотивации: ожидания и субъективные ценности освоения университетского курса // *Вопросы образования*. 2016. № 4. С. 229–250. DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2016-4-229-250>.
4. Buteau C., Jarvis D.H., Lavicza Z. On the integration of computer algebra systems (CAS) by Canadian mathematicians: Results of a national survey // *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2014. Vol. 14, № 1. P. 35–57. DOI: <https://doi.org/10.1080/14926156.2014.874614>.
5. Mezhenaya N.M., Pugachev O.V. On the results of using interactive education methods in teaching Probability Theory // *Problems of Education in the 21st Century*. 2018. Vol. 76, № 5. P. 678–692. URL: <http://oaji.net/articles/2017/457-1540320285.pdf>
6. Särvari C. CAS integration into learning environment // *ZDM*. 2005. Vol. 37, № 5. P. 418–423. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-005-0031-3>.
7. Haspekian M. An "Instrumental approach" to study the integration of a computer tool into mathematics teaching: the Case of spreadsheets // *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 2005. Vol. 10, № 2. P. 109–141. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-005-0395-z>.

8. Neuwirth E. Visualizing formal and structural relationships with spreadsheets // A.A. diSessa, C. Hoyles, R. Noss, L.D. Edwards (eds). *Computers and Exploratory Learning*. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences). Springer, Berlin, Heidelberg, 1995. Vol. 146. P. 155–173. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-57799-4_9.
9. Sanford J. Introducing computational thinking through spreadsheets // Khine M. (ed), *Computational Thinking in the STEM Disciplines*. Springer, Cham, 2018. P. 99–124. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93566-9>. Available at: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-93566-9>
10. Harrison T.R., Lee H.S. iPads in the mathematics classroom: Developing criteria for selecting appropriate learning apps // *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*. 2018. Vol. 6, № 2. P. 155–172. DOI: <https://doi.org/10.18404/ijemst.408939>.
11. Jacinto H., Carreira S. Mathematical problem solving with technology: the Techno-mathematical fluency of a student-with-GeoGebra // *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2017. Vol. 15, № 6. P. 1115–1136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9728-8>.
12. Albano G., Dello Iacono U.J. GeoGebra in e-learning environments: a possible integration in mathematics and beyond // *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2018. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12652-018-1111-x>.
13. Weisstein E. Computable data, Mathematics, and digital libraries in Mathematica and Wolfram|Alpha // Watt S.M., Davenport J.H., Sexton A.P., Sojka P., Urban J. (eds). *Intelligent Computer Mathematics*. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham, 2014. Vol. 8543. P. 26–29. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08434-3_3. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-08434-3>
14. Васильева Л.Н. Использование пакета Matlab в курсе изучения дифференциальных уравнений // *Педагогическая информатика*. 2011. № 4. С. 67–73.
15. Ivanov O.A., Ivanova V.V., Saltan A.A. Discrete mathematics course supported by CAS MATHEMATICA // *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2017. Vol. 48, № 6. P. 953–963. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1319979>.
16. Dana-Picard T. Motivating constraints of a pedagogy-embedded computer algebra system // *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2007. Vol. 5, № 2. P. 217–235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-006-9052-9>.
17. Cretchley P., Harman C., Ellerton N., Fogarty G. MATLAB in early undergraduate mathematics: An investigation into the effects of scientific software on learning // *Mathematics Education Research Journal*. 2000. Vol. 12, № 3. P. 219–233. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03217086>.
18. Durán M.J., Gallardo S., Toral S.L., Martínez-Torres R., Barrero F.J. A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes // *International Journal of Technology and Design Education*. 2007. Vol. 17, № 1. P. 55–73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-006-9007-z>.
19. Barkatsas T., Gialamas V., Orellana C. Secondary students' attitudes toward learning mathematics with computer algebra systems (CAS) // T. Barkatsas, A. Bertram. (eds) *Global Learning in the 21st Century*. Global Education in the 21st Century Series. SensePublishers, Rotterdam, 2016. P. 121–137. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-761-0_8.
20. Morán-Soto G., Benson L. Relationship of mathematics self-efficacy and competence with behaviors and attitudes of engineering students with poor mathematics preparation // *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*. 2018. Vol. 6, № 3. P. 200–220. DOI: <https://doi.org/10.18404/ijemst.428165>.
21. Broley L., Caron F., Saint-Aubin Y. Levels of programming in mathematical research and university mathematics education. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. 2018. Vol. 4, № 1. P. 38–55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40753-017-0066-1>.
22. Меженная Н.М. Использование систем компьютерной математики как инструмента раскрытия междисциплинарных связей в курсах вероятностных дисциплин // *Международный журнал экспериментального образования*. 2018. № 9. С. 24–31.
23. Fisher C.R. A pedagogic demonstration of attenuation of correlation due to measurement error // *Spreadsheets in Education (eJSiE)*. 2014. Vol. 7, № 1. Article four. Retrieved from: <http://epublications.bond.edu.au/ejsie/vol7/iss1/4>.
24. Choi L.J. Embracing identities in second language learning: current status and future directions // *Problems of Education in the 21st Century*. 2018. Vol. 76, № 6. P. 800–815. DOI: <https://doi.org/10.33225/pec/18.76.800>.
25. Crystal D. *The Cambridge encyclopedia of language*. New York, NY : Cambridge University Press, 2010. 524 p.
26. Шамилев Т.М. Применение символьных вычислений пакета программ Matlab при обучении математике будущих инженеров-педагогов // *Ученые записки крымского инженерно-педагогического университета*. 2016. № 2 (52). С. 107–112.
27. Кальяр М.Н., Ахмад Б., Кальяр Х. Влияет ли мотивация учителя на мотивацию учащегося. Опосредующая роль профессионального поведения педагога // *Вопросы образования*. 2018. № 3. С. 91–119. DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-3-91-119>.
28. Barkatsas A., Kasimatis K., Gialamas V. Learning secondary mathematics with technology: Exploring the complex interrelationship between students' attitudes, engagement, gender and achievement // *Computers & Education*. 2009. Vol. 52, № 2. P. 562–570. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.11.001>.
29. Davidovitch N., Yavich R. The impact of mobile tablet use on students' perception of learning processes // *Problems of Education in the 21st Century*. 2018. Vol. 76, № 1. P. 29–42. URL: <http://oaji.net/articles/2017/457-1519987967.pdf>

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 17 марта 2019 г.

On the Use of Computer Algebra Systems and Microsoft Excel by Students in the MSc Program in Engineering

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2019, 442, 167–180.

DOI: 10.17223/15617793/442/21

Natalia M. Mezhenayay, Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russian Federation). E-mail: natalia.mezhenayay@gmail.com

Keywords: computer algebra system; Microsoft Excel; engineering education; perception of program packages.

The article presents the investigation of how large (potentially international) groups of first-year students in the MSc program in Engineering perceive and use scenarios of software products: computer algebra systems Matlab, Mathcad, Mathematica, a common spreadsheet Microsoft Excel, and the computer algebra system adapted for mobile devices Wolfram Alpha. The first stage of the research included the use of statistical methods for the collection and processing of empirical data: namely, the survey of first-year graduate students of Bauman Moscow State Technical University on the perception and usage of scenarios of software products Matlab, Mathcad, Mathematica, Microsoft Excel and Wolfram Alpha in solving problems arising in the educational process. The methodological basis of the second stage of the research is quantitative and qualitative methods of statistical analysis: qualitative analysis and comparison of distributions, correspondence analysis, chi-square test, etc. The research ascertained that students consider the interface of all aforementioned software products to be quite understandable; however, computer algebra systems are not perceived as convenient for presenting results in the form of a report or a presentation. For these purposes, the interviewed students found the package Microsoft Excel to be more suitable. The association of the program Matlab, and partly Mathcad, with solving problems in physics and specialty (in engineering practice), and applicability for demanding computing has been revealed. The research established that students clearly distinguish the differences in the tasks, the solution to which is possible with the help of different software product. The ease of use on a tablet or a smartphone is not an important factor when choosing a software package for solving problems. However, respondents believe that Microsoft Excel is better adapted for use on a smartphone or a tablet compared to computer algebra systems. There are no critical differences in the attitude and methods of using software systems between native

speakers of Russian and foreign students – non-native speakers of Russian, but significant differences are present in the proportion of students using different computer algebra systems in these two groups. The results of the present research show that any of the computer algebra systems considered in this study (Mathcad, Matlab, Mathematica), as well as the widely spread package Microsoft Excel, can be used in teaching large engineering groups that can include foreign students. It is advisable to choose one of the computer algebra systems and use it simultaneously with Microsoft Excel.

REFERENCES

1. Peng, Y., Hong, E. & Mason, E. (2014) Motivational and cognitive test-taking strategies and their influence on test performance in mathematics. *Educational Research and Evaluation*. 20 (5). pp. 366–385. DOI: 10.1080/13803611.2014.966115
2. Barba, P.G., Kennedy, G.E. & Ainley, M.D. (2016) The role of students' motivation and participation in predicting performance in a MOOC. *Journal of Computer Assisted Learning*. 32 (3). pp. 218–231. DOI: 10.1111/jcal.12130
3. Ivanyushina, V.A., Aleksandrov, D.A. & Musabirov, I.L. (2016) The Structure of Students' Motivation: Expectancies and Values in Taking Data Science Course. *Voprosy obrazovaniya – Educational Studies*. 4. pp. 229–250. (In Russian). DOI: 10.17323/1814-9545-2016-4-229-250
4. Buteau, C., Jarvis, D.H. & Lavicza, Z. (2014) On the integration of computer algebra systems (CAS) by Canadian mathematicians: Results of a national survey. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 14 (1). pp. 35–57. DOI: 10.1080/14926156.2014.874614
5. Mezhenyaya, N.M. & Pugachev, O.V. (2018) On the results of using interactive education methods in teaching Probability Theory. *Problems of Education in the 21st Century*. 76 (5). pp. 678–692. [Online] Available from: <http://oaji.net/articles/2017/457-1540320285.pdf>.
6. Särvari, C. (2005) CAS integration into learning environment. *ZDM*. 37 (5). pp. 418–423. DOI: 10.1007/s11858-005-0031-3
7. Haspekian, M. (2005) An "Instrumental approach" to study the integration of a computer tool into mathematics teaching: the Case of spreadsheets. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 10 (2). pp. 109–141. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-005-0395-z>
8. Neuwirth, E. (1995) Visualizing formal and structural relationships with spreadsheets. In: diSessa, A.A. et al. (eds) *Computers and Exploratory Learning*. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences). Vol. 146. Berlin, Heidelberg: Springer. pp. 155–173. DOI: 10.1007/978-3-642-57799-4_9.
9. Sanford, J. (2018) Introducing computational thinking through spreadsheets. In: Khine, M. (ed.) *Computational Thinking in the STEM Disciplines*. Springer, Cham. pp. 99–124. [Online] Available from: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-93566-9>. DOI: 10.1007/978-3-319-93566-9
10. Harrison, T.R. & Lee, H.S. (2018) iPads in the mathematics classroom: Developing criteria for selecting appropriate learning apps. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*. 6 (2). pp. 155–172. DOI: 10.18404/ijemst.408939
11. Jacinto, H. & Carreira, S. (2017) Mathematical problem solving with technology: the Techno-mathematical fluency of a student-with-GeoGebra. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 15 (6). pp. 1115–1136. DOI: 10.1007/s10763-016-9728-8
12. Albano, G. & Dello Iacono, U.J. (2018) GeoGebra in e-learning environments: a possible integration in mathematics and beyond. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. November. pp. 1–13. DOI: 10.1007/s12652-018-1111-x
13. Weisstein, E. (2014) Computable data, Mathematics, and digital libraries in Mathematica and Wolfram|Alpha. In: Watt, S.M. et al. (eds) *Intelligent Computer Mathematics. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 8543. Springer, Cham. pp. 26–29. [Online] Available from: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-08434-3>. DOI: 10.1007/978-3-319-08434-3_3
14. Vasil'eva, L.N. (2011) Use of package "Matlab" in a course of studying of the differential equations. *Pedagogicheskaya informatika*. 4. pp. 67–73. (In Russian).
15. Ivanov, O.A., Ivanova, V.V. & Saltan, A.A. (2017) Discrete mathematics course supported by CAS MATHEMATICA. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 48 (6). pp. 953–963. DOI: 10.1080/0020739X.2017.1319979
16. Dana-Picard, T. (2007) Motivating constraints of a pedagogy-embedded computer algebra system. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 5(2). pp. 217–235. DOI: 10.1007/s10763-006-9052-9
17. Cretchley, P., Harman, C., Ellerton, N. & Fogarty, G. (2000) MATLAB in early undergraduate mathematics: An investigation into the effects of scientific software on learning. *Mathematics Education Research Journal*. 12 (3). pp. 219–233. DOI: 10.1007/BF03217086
18. Durán, M.J. et al. (2007) A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes. *International Journal of Technology and Design Education*. 17 (1). pp. 55–73. DOI: 10.1007/s10798-006-9007-z
19. Barkatsas, T., Gialamas, V. & Orellana, C. (2016) Secondary students' attitudes toward learning mathematics with computer algebra systems (CAS). In: Barkatsas, T. & Bertram, A. (eds) *Global Learning in the 21st Century*. Global Education in the 21st Century Series. Rotterdam: SensePublishers. pp. 121–137. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-761-0_8
20. Morán-Soto, G. & Benson, L. (2018) Relationship of mathematics self-efficacy and competence with behaviors and attitudes of engineering students with poor mathematics preparation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*. 6 (3). pp. 200–220. DOI: 10.18404/ijemst.428165.
21. Broley, L., Caron, F. & Saint-Aubin, Y. (2018) Levels of programming in mathematical research and university mathematics education. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*. 4 (1). pp. 38–55. DOI: 10.1007/s40753-017-0066-1
22. Mezhenyaya, N.M. (2018) Ispol'zovanie sistem komp'yuternoy matematiki kak instrumenta raskrytiya mezhdistitsiplinarynykh svyazey v kursakh veroyatnostnykh distsiplin [The use of computer mathematics systems as a tool for the disclosure of interdisciplinary connections in courses of probabilistic disciplines]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 9. pp. 24–31. DOI: 10.17513/mjeo.11832
23. Fisher, C.R. (2014) A pedagogic demonstration of attenuation of correlation due to measurement error. *Spreadsheets in Education (eJSiE)*. 7 (1). Article four. [Online] Available from: <http://epublications.bond.edu.au/ejsie/vol7/iss1/4>.
24. Choi, L.J. (2018) Embracing identities in second language learning: current status and future directions. *Problems of Education in the 21st Century*. 76 (6). pp. 800–815. DOI: 10.33225/pec/18.76.800
25. Crystal, D. (2010) *The Cambridge encyclopedia of language*. New York, NY: Cambridge University Press.
26. Shamilev, T.M. (2016) Software package symbolic computation Matlab application in training math for future engineers-teachers. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*. 2 (52). pp. 107–112. (In Russian).
27. Kal'yar, M.N., Akhmad, B. & Kal'yar, Kh. (2018) Does Teacher Motivation Lead to Student Motivation? The Mediating Role of Teaching Behavior. *Voprosy obrazovaniya – Educational Studies*. 3. pp. 91–119. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-3-91-119
28. Barkatsas, A., Kasimatis, K. & Gialamas, V. (2009) Learning secondary mathematics with technology: Exploring the complex interrelationship between students' attitudes, engagement, gender and achievement. *Computers & Education*. 52 (2). pp. 562–570. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.11.001
29. Davidovitch, N. & Yavich, R. (2018) The impact of mobile tablet use on students' perception of learning processes. *Problems of Education in the 21st Century*. 76 (1). pp. 29–42. [Online] Available from: <http://oaji.net/articles/2017/457-1519987967.pdf>.

Received: 17 March 2019