

УДК 51:004.738.5(076.1)

doi: 10.17238/issn2227-6572.2016.1.97

ВОЛОДИНА Евгения Валерьевна

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
адрес: 428015, г. Чебоксары, просп. Московский, д. 15; e-mail: evg_volodina@mail.ru

ИЛЬИНА Ирина Игоревна

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
адрес: 428015, г. Чебоксары, просп. Московский, д. 15; e-mail: ir_rus@mail.ru

ТИМОФЕЕВА Наталия Николаевна

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
адрес: 428015, г. Чебоксары, просп. Московский, д. 15; e-mail: nnttim@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПАРАМЕТРОМ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ

Современные компьютерные технологии внедрены практически во все сферы жизнедеятельности людей, в т. ч. и в образование. В настоящее время для решения большинства прикладных задач, в частности для решения математических задач с параметрами, используются разные программные продукты, которые имеют как преимущества, так и недостатки использования. Статья посвящена разработке и внедрению в учебный процесс web-приложения на языке Java SC для графической иллюстрации решений уравнений, систем уравнений и неравенств, содержащих параметр. Проект является кроссплатформенным. Данное приложение позволяет получить анимированные графики явно заданных уравнений или сводящихся к ним систем уравнений и визуализировать изменения графика функции в зависимости от параметра с помощью динамической графики. При исследовании зависимости решения задачи от параметра обучающиеся часто не понимают, как этот параметр может влиять на решение. Наглядность изменения графика функции в зависимости от параметра способна обеспечить эффективный поиск решения задачи. Созданный программный продукт имеет отличительные положительные особенности применения по сравнению с известными математическими пакетами, такими как «Mathcad» или «Maple», в виде простоты использования, отсутствия необходимости материальных затрат. Использование такого рода web-приложений позволяет решать большой класс исследовательских задач по разным направлениям. Практическое использование данного программного продукта позволяет развить интеллект, пространственно-визуальное мышление, знания и навыки работы со средствами ИКТ, активизировать познавательную деятельность, помогает скорректировать знания в области математики. Статья представляет интерес для учеников школ, студентов и преподавателей графики сузов и вузов.

Ключевые слова: web-приложение, задачи с параметрами, динамическая графика.

Современное развитие информационного общества ведет к изменениям в школьном и высшем профессиональном образовании. Эффективная работа образовательных учреждений должна способствовать познавательной, исследовательской деятельности обучаемых, которая, в свою очередь, ведет к самореализации и самосовершенствованию личности. Поэтому одной из основных целей преподавателя является создание условий, обеспечивающих мотивацию к образованию и учебной активности. Особое внимание желательно уделять таким формам заданий, которые стимулируют интеллектуальную активность и способствуют развитию индивидуальной ответственности за результат учебного труда. Наиболее актуально это для формирования ключевых компетенций в процессе математической подготовки современного IT-специалиста.

В последние годы наблюдается значительное увеличение количества различных web-приложений как программных продуктов, решающих определенные задачи. Бурное развитие данного направления IT-индустрии обусловлено прогрессом web-технологий, упрощающих разработку и увеличивающих возможности web-приложений, и ростом популярности мобильных устройств, планшетных компьютеров, появлением новых операционных систем и пр.

Задачи с параметрами являются отличным материалом для исследовательской работы и проектной деятельности учеников и студентов, способствуют развитию логического мышления, высокой математической культуры [1, 2]. Они возникают при математическом моделировании различных процессов. Задачи с параметрами содержатся в контрольно-измерительных материалах единого государственного экзамена по математике и часто присутствовали во вступительных испытаниях в вузы. Отметим также, что в школьной программе обязательно рассматриваются задания, содержащие параметр, но им уделяется мало внимания. Задачи такого рода относятся к весьма сложным и вызывают большие трудности у обучаемых.

Для активизации познавательной деятельности, повышения мотивации к изучению и решению задач с параметрами целесообразно использовать инновационные технологии и нестандартные методы обучения, позволяющие решить одну из главных проблем обучаемых – непонимание того, как параметр влияет на решение и на саму функцию. В этом случае наглядность изменения графика функции в зависимости от параметра способна обеспечить эффективный поиск решения задачи. Вот почему программа, в которой можно визуально и просто оценить, как параметр в движении меняет положение графика функции в зависимости от его значения, просто необходима.

Для визуализации решения задач с параметрами существуют следующие программные продукты: «Mathcad», «Maple» и «Derive». Они являются отличными математическими пакетами для профессионалов, но при этом слишком сложны для освоения обычными, «непродвинутыми» пользователями. Кроме того, существует множество онлайн-сервисов, среди которых можно выделить «Google Graph» и «Wolfram|Alpha». Если рассматривать принципы их работы, то в случае с «Google Graph» все достаточно просто: вводится функция в «поисковик», и сервис обеспечивает построение графика, при этом никакой интерактивности здесь не предусмотрено. С «Wolfram|Alpha» ситуация иная: с помощью этой базы знаний можно построить графики, и в ней присутствует интерактивность, отсутствующая в «Google Graph». Для того чтобы воспользоваться ее расширенными функциональными возможностями, необходимо приобрести коммерческую версию, а это существенно усложняет использование этого программного продукта из-за возможных материальных затрат обучаемых (школьников, студентов).

В связи с этим разработка удобного, интерактивного, динамического, не требующего особых вложений со стороны пользователей авторского web-приложения (программного продукта) для поиска графического решения уравнений, неравенств и их систем, содержа-

щих параметр, является актуальной и востребованной.

Студентами факультета дизайна и компьютерных технологий Чувашского государственного университета было получено задание разработать web-приложение для визуализации изменения графика функции в зависимости от имеющегося параметра, а также для графического решения явно заданных уравнений с параметром. Для достижения ими этой цели потребовалось решение следующих задач:

1. Изучить научно-методическую литературу по теме исследования.
2. Провести поиск и сравнительный анализ существующих аналогов подобных программных продуктов.
3. Выявить приоритеты, обеспечивающие максимальную доступность программы для пользователя.
4. Составить алгоритм программы и разработать программное обеспечение, дизайн и удобный интерфейс программного продукта.

Применялись общенаучные логические методы (анализ, синтез, сравнение и пр.), а также элементы программной инженерии¹ [3] и программирования.

В ходе разработки нами было составлено задание, согласно которому студенты осуществили все этапы программной разработки, отладки и внедрения программного продукта.

На первом этапе перед студентами ставилось техническое задание, в котором описывался функционал программы и перечислялись задачи, которые она должна решать. Далее разрабатывалась дизайн-концепция сайта с учетом простоты в плане эргономичности интерфейса (рис. 1).

Были предусмотрены 2 окна для введения формул рассматриваемых функций, одна из которых не содержит параметра, а другая – с параметром a . Кроме того, в поле ввода указываются интервал изменения параметра, шаг разбиения, текущее значение параметра, которое соответствует изображенному в дан-

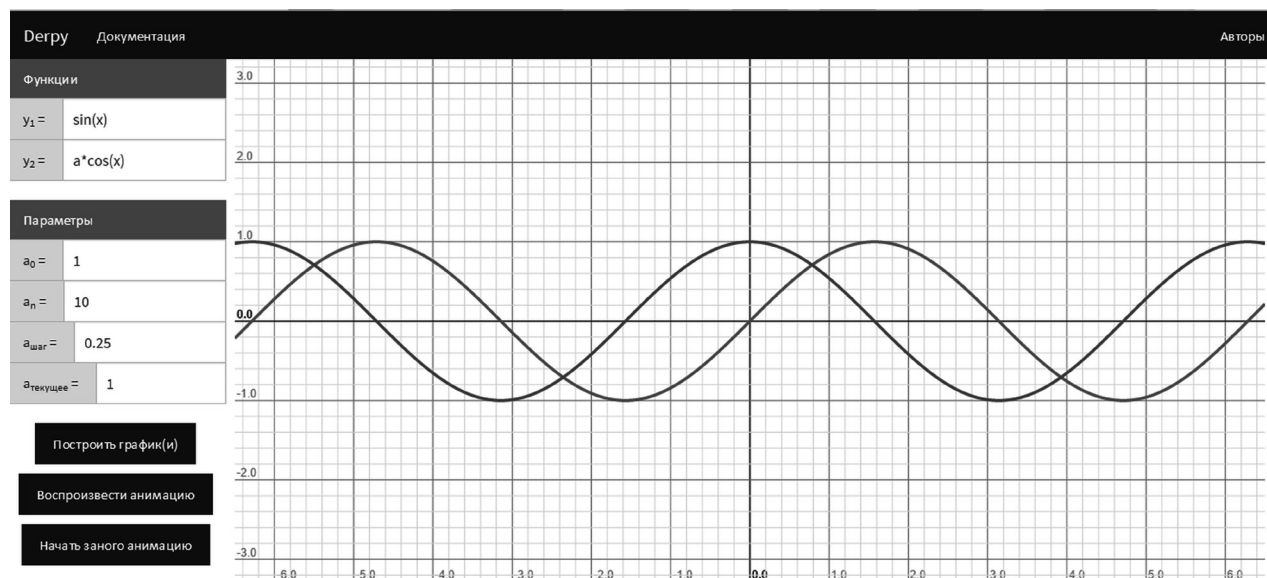


Рис 1. Дизайн-концепция сайта

¹Лунаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы: учебник. М., 2006. 608 с.

ный момент графику. Это позволяет уточнить структуру графика для определенного значения параметра. Раздел «Документация» содержит описание математических функций, которые можно использовать для построения графиков.

На следующем этапе было выполнено формирование web-страниц на основе дизайна. Учитывая, что была поставлена задача создания web-приложения, которое должно быть максимально простым для пользователя независимо от его опыта и навыков работы с компьютером, приняли решение сделать упор на кроссплатформенность. Это означает, что программа должна стабильно работать на любом устройстве и одновременно хорошо выглядеть, адаптируясь под различные экраны устройств.

После того как были сформированы web-страницы, потребовалось их «оживить», иными словами, запрограммировать взаимодействие пользователя с интерфейсом. Проанализировав существующие языки программирования, их перспективы и возможности создания web-приложения, ориентированного на кроссплатформенность, остановились на языке программирования «Java SC» [4, 5].

Отметим, что, поскольку построение графика происходит с заданным шагом, он определяет точность решения. Перемещение графика, содержащего параметр, управляется вручную и прекращается в нужный момент. Этому моменту соответствует некоторое приближенное значение параметра. В некоторых ситуациях его очевидное округление дает точный результат. В любом случае эти значения можно сравнить со значениями, полученными точными аналитическими методами, установить их соответствие и корректность.

Отличительные особенности созданного программного продукта, обеспечивающие определенную новизну и оригинальность разработки, заключаются в следующем:

1. Приложение работает практически на всех современных платформах, на которых заявлена поддержка браузера.

2. Создан адаптивный интерфейс, пригодный для различных размеров экрана.

3. Реализованы простота и удобство в использовании.

4. Изменения функции в зависимости от параметра наглядно отображаются с помощью динамической графики.

5. Используются современные web-технологии.

На основе этой программы можно решить целый комплекс исследовательских задач по разным направлениям. Проиллюстрируем ее работу. В качестве примера возьмем задание, которое предлагалось школьникам в тренировочном варианте для подготовки к ЕГЭ по математике².

Задача. Найти все значения параметра a , при которых уравнение имеет хотя бы одно решение:

$$x^2 + 2 \lfloor x - a \rfloor + 4x = a.$$

Решение. Преобразуем уравнение в систему:

$$\begin{cases} y = x^2 + 4x, \\ y = a - 2 \lfloor x - a \rfloor \end{cases}$$

и построим графики полученных функций.

Традиционное аналитическое решение задачи ведет к построению в декартовой системе координат параболы и ломаной, положение которой будет определяться значениями параметра [4]. Количество решений уравнения зависит от количества точек пересечения графиков. Требование задачи – наличие хотя бы одной общей точки. При этом динамическая модель решения, реализуемая с помощью разработанной анимационной web-технологии, наглядно демонстрирует изменение положения графиков функций.

Для определения существования решений уравнения требуется определить значения параметра, при которых происходит касание или пересечение параболы и ломаной (рис. 2).

²Яценко И.В. ЕГЭ-2015. Математика. Типовые экзаменационные варианты. 36 вариантов. М., 2015. 272 с.

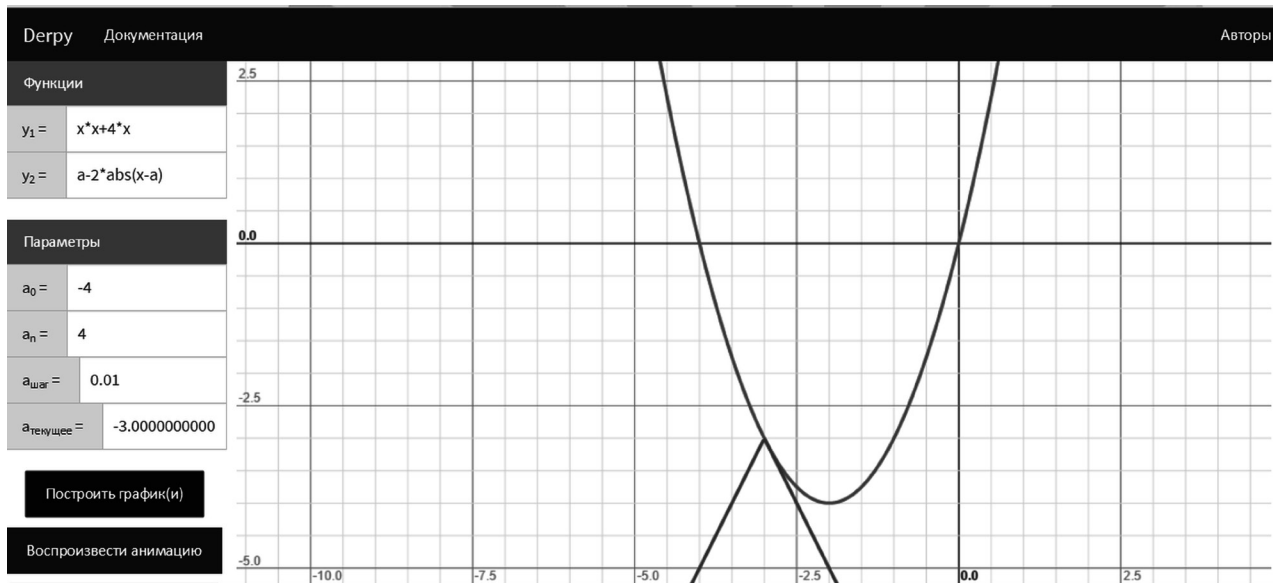


Рис. 2. Первое касание параболы и ломаной

Ломаная касается параболы первый раз слева. Соответствующее значение параметра определяется приближенно по графику: $a \approx -3$. Оно требует уточнения аналитическими методами.

Рассматривая дальнейшее изменение ломаной в зависимости от параметра, опреде-

ляем 2 общие точки графиков и 2 различных решения уравнения до предельного положения, когда луч ломаной касается параболы справа (рис. 3), что соответствует значению $a = 1$, которое следует проверить аналитически.

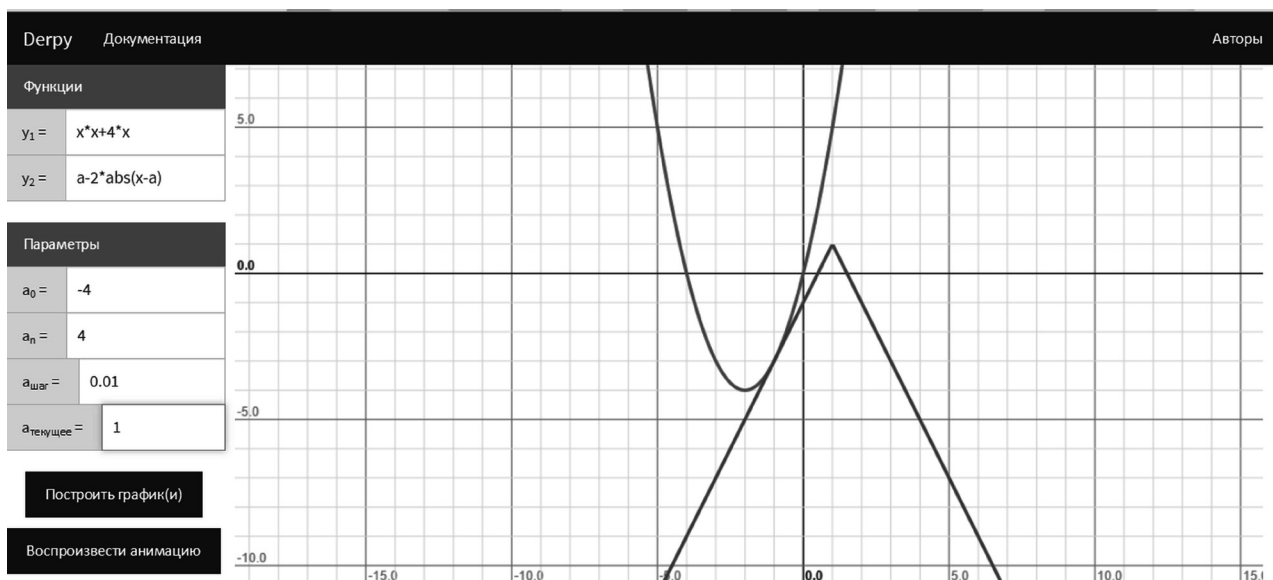


Рис. 3. Второе касание параболы и ломаной

Опираясь на дополнительные аналитические расчеты, можно сделать вывод, что условие задачи выполняется лишь при следующих значениях параметра: $a \in [-3; 1]$.

Как видно из примера, разработанное приложение имеет ряд положительных особенностей при решении задач с параметрами, что позволяет:

- эффективно решать громоздкие, требующие многочисленных вычислений и рассуждений, задачи;

- изучить физические, химические, экономические и многие другие закономерности, которые часто сводятся к исследованию процесса функциональной зависимости от параметра;

- визуализировать задачу и ее решение.

Перечисленные свойства определяют практическую значимость выполненной работы. Результатами могут активно пользоваться учащиеся, студенты и преподаватели в школах, колледжах и вузах.

В дальнейшем программу можно совершенствовать, в частности, ее можно приспособить для задач, в которых содержатся 2 параметра, и определять количество общих точек с выводом на дисплей их координат.

Практическое использование данной web-технологии среди учеников школ и студентов вузов позволяет развить ключевые компетенции (исследовательскую, предметную, коммуникативную), интеллект, мышление, знания и навыки пользования средствами ИКТ, активизировать познавательную деятельность, помогает скорректировать знания в области математики. Динамический подход при решении задачи помогает обучающемуся развить визуально-пространственное мышление, что способствует развитию математических способностей у детей, а разбор и решение сложных задач позволяет повысить самооценку обучаемых и тем самым активизировать их учебную деятельность.

Список литературы

1. Безумова О.Л., Котова С.Н., Шабанова М.В. Компьютерная поддержка решения школьных алгебраических задач средствами «GEOGEBRA» // Совр. проблемы науки и образования. 2013. № 1.
2. Саркеева А.Н. Системы компьютерной математики в интеграции физико-математического образования в средней школе // Информатика и образование. 2008. № 11. С. 88–91.
3. Cameron D. *A Software Engineer Learns HTML5, JavaScript and Query*. Cisdal publishing, 2013.
4. Мочалов В.В., Сильвестров В.В. Уравнения и неравенства с параметрами. Чебоксары, 2000. 144 с.
5. Эванс Б. *Java*. Новое поколение разработки. СПб., 2013. 560 с.

References

1. Bezumova O.L., Kotova S.N., Shabanova M.V. Komp'yuternaya podderzhka resheniya shkol'nykh algebraicheskikh zadach sredstvami GEOGEBRA [Computer Support of the Algebraic Problems Solutions by the GEOGEBRA School Facilities]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2013, no. 1.
2. Sarkeeva A.N. Sistemy komp'yuternoy matematiki v integratsii fiziko-matematicheskogo obrazovaniya v sredney shkole [Computer Mathematics Systems in the Integration of Physical and Mathematical Education in the High School]. *Informatika i obrazovanie* [Informatics and Education], 2008, no. 11, pp. 88–91.
3. Cameron D. *A Software Engineer Learns HTML5, JavaScript and JQuery*. USA, 2013. 256 p.
4. Mochalov V.V., Sil'vestrov V.V. *Uravneniya i neravenstva s parametrami* [Equations and Inequalities with Parameters]. Cheboksary, 2000. 144 p.
5. Evans B.J., Verburg M. *The Well-Grounded Java Developer. Vital Techniques of Java 7 and Polyglot Programming*. US, 2012. 496 p.

doi: 10.17238/issn2227-6572.2016.1.97

Volodina Evgeniya Valer'evna

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
Moscovskiy ave., 15, Cheboksary, 428015, Russian Federation; *e-mail*: evg_volodina@mail.ru

Il'ina Irina Igorevna

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
Moscovskiy ave., 15, Cheboksary, 428015, Russian Federation; *e-mail*: ir_rus@mail.ru

Timofeeva Nataliya Nikolaevna

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
Moscovskiy ave., 15, Cheboksary, 428015, Russian Federation; *e-mail*: nnttim@mail.ru

INTERACTIVE WEB-APPLICATION DEVELOPMENT FOR SOLVING THE MATHEMATICAL PARAMETER PROBLEMS BY DYNAMIC GRAPHICS

Modern computer technologies are introduced practically to all spheres of human activity, including the education. Currently, different software products are used for solution of a majority of applied problems, in particular for the mathematical parameters problems. These products have both advantages, and disadvantages of using. The paper is devoted to the development of the Java SC web-application for the graphic illustration of solutions of the equations, systems of equations and inequations containing a parameter and its application in the educational process. The project is x-plat. This application allows us to obtain the animated graphics of manifest equations or reducible systems of equations and to visualize changes of a function graph depending on a parameter by dynamic graphics. At the research of dependence of a solution of the problem on a parameter the students often don't understand the influence of this parameter on a solution. Visibility of the function graph changes depending on the parameter can provide an effective search of a solution of the problem. Created software product has distinctive positive features of application in comparison with the known mathematical packages such as Mathcad or Maple: it is straightforward to use and doesn't require financial expenses. The use of the web-applications of this kind allows us to solve a large class of the research problems in different directions. The practical use of this software product allows us to develop intelligence, spatial and visual thinking, knowledge and skills to work with ICT, to enhance cognitive activity, and helps to correct the knowledge in the field of mathematics. The paper is of interest to pupils, students and teachers of colleges and higher education institutions of graphics.

Keywords: *web-application, problem with parameters, dynamic graphics.*