

УДК 519.257; 004.9

DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.507-515

## Основные междисциплинарные аспекты разработки и программной реализации электронных учебников по техническим дисциплинам на примере СДО МАИ

Е. А. Жарков, А. И. Кибзун, Я. Г. Мартюшова, Г. А. Мхитарян\*

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

\*grgmkn@mail.ru

### Аннотация

Дистанционные обучающие системы в виде электронных учебников активно развиваются и используются в реальном учебном процессе школы и вуза. Такое распространение технологий вызывает необходимость научных исследований в области их конструирования и применения. Научные исследования, проводимые в настоящее время в рамках дидактики, психологии, информационных технологий, вычислительной математики, полидисциплинарны, так как решение дидактических задач является объектом исследований в рамках других научных направлений. При этом существует множество предпосылок для проведения исследований, предметом которых может стать электронный учебник. Обоснование потребности в междисциплинарных исследованиях в области разработки электронных учебников, как результата решения многозадачной проблемы представлена в качестве цели настоящей статьи. В основной части работы представлены ключевые особенности архитектуры системы дистанционного обучения (СДО) с позиции конструирования ее как программного продукта. Помимо этого, предложено описание конкретных математических алгоритмов, которые были реализованы на практике при построении электронных учебников Московского авиационного института, а также новых математических подходов к проектированию электронного учебника. Одним из таких подходов представлен графоориентированный. Проанализирована модель формирования ограниченного по времени текста, в которой взвешенная свертка нормированных величин, а именно отклонения сложности теста от заданного уровня и квантили времени выполнения теста, используется в качестве критерия оптимизации. Описаны основные современные технологии и средства программирования, которые используются при проектировании архитектуры управляющей оболочки и позволяют эффективно применять полученные математические алгоритмы при решении дидактических задач. Заключение содержит вывод об эффективности совокупных исследований специалистов в различных научных направлениях, что подкрепляется реализацией на практике.

**Ключевые слова:** электронный учебник, информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), сценарии использования электронного учебника, структура электронного учебника, конструирование электронного учебника.

**Финансирование:** данная работа была подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-07-00617А «Статистический анализ и адаптация систем дистанционного обучения».

**Для цитирования:** Жарков Е. А., Кибзун А. И., Мартюшова Я. Г., Мхитарян Г. А. Основные междисциплинарные аспекты разработки и программной реализации электронных учебников по техническим дисциплинам на примере СДО МАИ // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 2. С. 507-515. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.507-515

© Жарков Е. А., Кибзун А. И., Мартюшова Я. Г., Мхитарян Г. А., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



## **Main Interdisciplinary Aspects of the Development and Program Implementation of Electronic Textbooks on Technical Disciplines on the Example of SDA MAI**

**E. A. Zharkov, A. I. Kibzun, Ia. G. Martiushova, G. A. Mkhitarian\***

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

4 Volokolamskoe shosse, Moscow 125993, Russia

\*grgmkn@mail.ru

### **Abstract**

Distance learning systems in the form of electronic textbooks being actively developed and used in real educational process of school and university. Such a spread of technology necessitates scientific research in the field of their design and application. Scientific researches currently being conducted in the framework of didactics, psychology, information technologies, computational mathematics, are multidisciplinary, since the solution of didactic problems is the object of research in other scientific fields. At the same time, there are many prerequisites for research, the subject of which can be an electronic textbook. Reason of the need for interdisciplinary research in the development of electronic textbooks, as a result of solving a multitasking problem, is presented as the goal of this article. The main part of the work presents the key features of the architecture of a distance learning system (DLS) from the standpoint of designing it as a software product. In addition, the proposed description of specific mathematical algorithms that have been implemented in practice in the construction of electronic textbooks of the Moscow Aviation Institute, as well as new mathematical approaches to the design of an electronic textbook. One of such approaches is represented by graphed orientation. The model of generating of time-limited text is analyzed, in which weighted convolution of normalized values, namely deviations of the test complexity from a given level and quantile of test run time, is used as an optimization criterion. The basic modern technologies and programming tools that are used in designing the architecture of the control shell and make it possible to effectively apply the obtained mathematical algorithms when solving didactic problems are described. The conclusion contains a conclusion about the effectiveness of the cumulative research of specialists in various scientific fields, which is supported by the implementation in practice.

**Keywords:** electronic textbook, information and communication technologies (ICT), scenarios for the use of an electronic textbook, structure of the electronic textbook, the construction of an electronic textbook.

**Funding:** This work was prepared with the support of the Russian Foundation for Basic Research as part of the scientific project No. 18-07-00617A "Statistical Analysis and Adaptation of Remote Education Systems".

**For citation:** Zharkov E.A., Kibzun A.I., Martiushova Ia.G., Mkhitarian G.A. Main Interdisciplinary Aspects of the Development and Program Implementation of Electronic Textbooks on Technical Disciplines on the Example of SDA MAI. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2019; 15(2):507-515. DOI: 10.25559/SITITO.15.201902.507-515



## Введение

Изменения, которым подвержено современное общество, неизбежно находят свое отражение в сфере образования. Школьник, студент XXI века с раннего детства живет в цифровом информационном пространстве, жизненные условия современного учащегося изменились, изменился и сам человек. Это породило новые проблемы, вставшие перед педагогикой, которые разрешить в рамках и средствами, методами одной педагогической науки крайне затруднительно. Возникает необходимость исследований, в которых принимают участие представители разных отраслей знания, результат таких исследований принадлежит уже не одной науке, а нескольким. Особенно это проявляется в процессе создания такого средства обучения как учебник, причем учебник не в привычном, печатном, виде, а учебник электронный, обладающий целым рядом дополнительных дидактических возможностей.

Процесс конструирования электронных учебников часто рассматривается исследователями в области педагогики в связи с изучением общей проблемы использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в обучении, а также вопросов создания различного рода программных продуктов, предназначенных для повышения эффективности учебного процесса. Информатизация образования является предметом исследования многих современных ученых, среди которых С.А. Бешенков, Б.С. Беренфельд, К.Л. Бутягина, Е.О. Иванова, В.П. Кулагин, В.В. Нейханов, Б.Б. Овезов, И.М. Осмоловская, И.В. Роберт и др. В работах указанных авторов отмечено, что большая эффективность ИКТ может быть достигнута в сочетании с преимуществами индивидуализации и дифференциации, чему способствует наличие целого спектра программных средств. Несмотря на то, что электронный учебник рассматривается как предмет педагогических исследований, только в последнее время прослеживается четкая дифференциация понятий «электронный учебник» и «электронная форма учебника», причем эти отличия сейчас отражены и в государственных документах. Основное отличие электронного учебника от электронной формы учебника – его интерактивность, а также, отмеченные выше возможности индивидуализации и дифференциации обучения, при его создании появляются дополнительные задачи, в то время как электронная форма учебника полностью соответствует печатному изданию по набору дидактических задач. *Современный электронный учебник (ЭУ) – учебное электронное издание, содержащее системное и полное изложение учебного предмета или его части в соответствии с программой, поддерживающее все звенья дидактического цикла процесса обучения, являющееся важным компонентом индивидуализированной активно-деятельностной образовательной среды* [1, с. 8]. Электронный учебник может подробным образом задавать траекторию учебного процесса для каждого обучающегося.

**Целью настоящей статьи** является обоснование необходимости междисциплинарных исследований в области построения электронных учебников, как результата решения многозадачной проблемы, лежащей в области дидактики, психологии, информатики и требующей применения алгоритмов, разработанных средствами вычислительной математики. Результаты применения математических алгоритмов дают объективную оценку эффективности решения дидактических задач и позволяют вводить множество учебных траекторий, решая задачи

индивидуализации и дифференциации обучения. В настоящей статье описываются конкретные математические алгоритмы, реализованные на практике при конструировании учебников системы дистанционного обучения (СДО) Московского авиационного института, а также особенности архитектуры СДО с позиции построения ее как программного продукта.

## Основная часть

Электронный учебник, как и всякий учебник, обращен к обучающимся, с его помощью можно организовать самостоятельную работу студентов, сопроводив ее индивидуальной дозированной педагогической помощью, обеспечить её средствами привычного печатного издания, если даже и гипотетически возможно, то с большими затруднениями. Средствами современного электронного учебника преподаватель может проводить очный и заочный контроль знаний студентов, динамически анализировать статистику их работы. К сценариям использования ЭУ преподавателем также относятся процесс автоматизированного составления контрольных и тестовых заданий с учетом уровня сложности и лимита времени на их выполнение. Прописывание множества сценариев использования электронного учебника необходимо для определения функциональных единиц его структуры еще на этапе проектирования [2, 3].

В большинстве сценариев используется блок статистической информации, к которой относятся оценки и время выполнения заданий студентами, активность их в течение семестра, результаты контрольных мероприятий и посещаемость (для студентов дневной формы обучения). Но полноценная, качественная реализация всех упомянутых сценариев невозможна без наличия блока оценочных средств. В его функции входит оценка сложности каждого задания на основе статистической информации о количестве студентов, которые выполнили его правильно, и времени, затраченном на решение; оценка уровня знаний пользователя, исходя из тех же параметров; получение предварительной рейтинговой оценки, соответствующей предусмотренной ФГОС рейтинговой форме контроля. Использование статистических методов обработки информации о работе пользователей позволяет организовать обратную связь и придать электронному учебнику адаптивные свойства, то есть дать возможность автоматического изменения набора контента и корректировки сценария его использования в зависимости от выявленного уровня знаний и способностей обучающегося.

С необходимостью в процесс конструирования учебника вовлекаются не только специалисты в узкой предметной научной сфере, электронный учебник должен быть продуктом совместной работы специалистов в области дидактики, психологов и, что немаловажно, команды программистов, отвечающих за конечную реализацию проекта, а также, специалистов в области вычислительной математики.

Природа электронного учебника двойственна изначально, возможно, также и по этой причине существует множество определений, зависящих от того, специалистом в какой области знаний оно сформулировано. По назначению, цели использования, электронный учебник является средством обучения, и, как любой учебник, носителем содержания образования, по своей форме, физическому представлению, – это программный продукт. То есть, электронный учебник со времени своего



изобретения является и предметом исследования дидактики, и результатом исследований в области информационных технологий и математических алгоритмов.

В настоящий момент исследования, связанные с процессом создания электронного учебника, полидисциплинарны [4], так как электронный учебник, а также процесс его конструирования и использования на практике изучаются одновременно несколькими научными дисциплинами: дидактикой, психологией, информатикой, вычислительной математикой. При этом существуют предпосылки для проведения междисциплинарных исследований и проектов, объединяющих усилия не только педагогов и психологов, психофизиологов, но и специалистов по информационным технологиям и прикладной математике, достижения которых в настоящее время используются в целях дидактики.

Междисциплинарные проекты в сфере образования осуществляются в западных странах при поддержке научных фондов с начала 2000-х годов, обзор основных принципов их организации и осуществления был сделан И.А. Тагуновой [5]. В России таким примером может быть проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации»<sup>1</sup>.

На уровне университета предметом междисциплинарного исследования может служить электронный учебник, от проблемы его проектирования до использования. Форма и последовательность подачи учебного материала подчинена дидактическим и психологическим закономерностям, представление информации на экране определяется закономерностями восприятия, создание программной оболочки происходит с использованием информационных технологий, что требует построения различного рода математических моделей [6].

В частности, для облегчения программной реализации, придания учебнику адаптивных свойств и обеспечения возможности генерирования индивидуальных образовательных траекторий необходимо структурировать учебный материал более детально, чем при разбиении на функциональные единицы, в этом может помочь графоориентированный подход.

Графоориентированный подход [3] к структурированию учебного материала позволяет построить индивидуальные траектории обучения, использовать личностно-ориентированный подход к обучению, то есть учитывать личностные особенности обучающихся, их уровень учебной подготовки и особенности психологии.

Суть графоориентированного подхода заключается в возможности представления различных учебных сценариев и траекторий прохождения курса в виде ориентированного взвешенного графа. В вершинах графа находятся элементы контента (задачи, разного рода тесты, теоретические положения, творческие задания и др.), направленность дуг определяет последовательность прохождения этих элементов, а точки ветвления адаптируют процесс обучения под личностные особенности обучающегося.

Используя математическую теорию графов, мы решаем следующие дидактические задачи:

1. построение индивидуальных наборов заданий требуемого уровня сложности для контроля сформированности учебных компетенций пользователей (в этом случае

в качестве весов дуг графа используется сложность заданий);

2. построение индивидуальных учебных траекторий пользователей, позволяющих обеспечить наиболее эффективное усвоение учебного материала (выбор дуги графа осуществляется интерактивно, в зависимости от ответа обучающегося);
3. адаптация контента электронного учебника для конкретной аудитории пользователей (осуществляется пересчет весов сложности заданий, вводятся веса, связанные с учебными компетенциями, временем прохождения теста и др.).

Возможны и другие аспекты использования теории графов, связанные, в том числе, с технической реализацией проекта. Рассмотрим подробнее используемые для решения сформулированных дидактических задач программные и алгоритмические средства на примере разработанной в Московском авиационном институте серии электронных учебников по математическим дисциплинам, учебники используются в системе дистанционного обучения (СДО) МАИ CLASS.NET<sup>2</sup>.

Адаптация контента СДО МАИ CLASS.NET удовлетворяет концепции CAT (computerized adaptive testing, компьютерное адаптивное тестирование), основной идеей которой является формирование текущих заданий для пользователя на основе истории прохождения предыдущих. В данной парадигме были разработаны алгоритмы формирования тестов с ограничением на время выполнения и без ограничений [7, 8]. В случае, когда существует ограничение на время выполнения теста пользователем, может происходить приоритизация между сложностью теста и временем выполнения. Рассмотрим для примера математическую модель, используемую для решения задачи формирования ограниченного по времени теста.

Задача определения некоторого набора приблизительно равных по суммарной сложности заданий была рассмотрена в [7, 8] и выгладит следующим образом.

Пусть существует множество  $Z = (z_1, \dots, z_I)$  из  $I$  заданий, разделенных на  $M$  различных типов,  $I_m$  - число заданий  $m$ -го типа, тогда  $\sum_{m=1}^M I_m = I, m = 1, \dots, M$ . Каждое задание принадлежит только одному типу, и для обозначения принадлежности задания к определенному типу введем матрицу  $A$  размерности  $I \times M$ :

$$A = \|a_i^m\|, a_i^m = \begin{cases} 1, & z_i \in Z_m, \\ 0, & z_i \notin Z_m. \end{cases}$$

Данная матрица определяет принадлежность задания  $z_i$  к множеству заданий типа  $Z_m, m = 1, \dots, M$ , если  $a_i^m = 1$ .

Каждое из заданий имеет определенную сложность, которую, например, можно определить с помощью метода максимального правдоподобия, примененного к модели Раша в [6]. Введем вектор  $u_i \in R^I$  (здесь и далее под вектором имеется в виду вектор-столбец), координаты которого  $u_i, i = 1, \dots, I$  обозначают принадлежность задания  $i$  к формируемому набору таким образом, что

$$u_i = \begin{cases} 1, & \text{если задача } i \text{ попала в набор,} \\ 0, & \text{если задача } i \text{ не попала в набор,} \end{cases}$$

<sup>1</sup> Проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://neogusedu.ru> (дата обращения: 23.03.2018).

<sup>2</sup> Система дистанционного обучения МАИ CLASS.NET [Электронный ресурс]. URL <http://www.distance.mai.ru> (дата обращения: 23.03.2018).



Тестовым набором будут считаться  $k$  заданий, для которых  $u_i = 1$ . Предположим, что для каждого задания известна его сложность. Введем вектор  $w_i \in R^I$ ,  $i$ -я координата которого является сложностью  $i$ -го задания и будет обозначена как  $w_i$ . Требуется составить множество индивидуальных тестовых наборов из  $k$  заданий, принадлежащих различным типам, учитывая, что  $k \geq M$ . При этом изначально задаётся суммарная сложность теста, обозначаемая через  $c$ , которая определяется на основе экспертной оценки. Предусмотрим, что возможно отклонение от данной требуемой суммарной сложности на какое-либо малое число в большую либо меньшую сторону. Обозначим такое число через  $\varepsilon$ .

Пусть в тестировании участвуют  $N$  пользователей. Пусть  $T_n^i$  случайное время, которое потребуется пользователю  $n, n = 1, \dots, N$ , на решение  $i$  задачи, где  $i = 1, \dots, I$ . Рассмотрим матрицу  $T$  размерности  $N \times I$ :  $T = \left\| T_n^i \right\|$ . Пусть в отличие от модели, полученной в [8], общее время на выполнение теста неизвестно. Обозначим его через  $\varphi$ . Тогда для того, чтобы за некоторое оптимальное время все тестируемые могли выполнить выданный вариант теста с заданной вероятностью  $\alpha$ , рассмотрим функцию квантили:

$$\Phi_\alpha(u) \triangleq \min \{ \varphi \in R^1 : P \{ \max_{n=1, N} T_n^i u \leq \varphi \} \geq \alpha \} \quad (1)$$

где  $T_n$  -  $n$ -я строка матрицы  $T$ .

Основываясь на описанной модели и введенных обозначениях, сформулируем задачу квантильной оптимизации:

$$u_\alpha = \text{Arg} \min_{u \in \{0,1\}^I} \left( \frac{\gamma |c - w^T u|}{\varepsilon} + \frac{(1-\gamma)\Phi_\alpha(u)}{2700} \right), \quad (2)$$

$$\varphi_\alpha = \min_{u \in \{0,1\}^I} \left( \frac{\gamma |c - w^T u|}{\varepsilon} + \frac{(1-\gamma)\Phi_\alpha(u)}{2700} \right) \quad (3)$$

$$c - w^T u \leq \varepsilon, \quad (4)$$

$$w^T u - c \leq \varepsilon \quad (5)$$

$$A^T u \geq e_M \quad (6)$$

$$e_i^T u = k \quad (7)$$

где  $(\cdot)^T$  - операция транспонирования,

$e_i \in R^I$ ,  $e_i = (1, \dots, 1)^T$ ,  $e_M \in R^M$ ,  $e_M = (1, \dots, 1)^T$ ,  $\alpha \in (0, 1)$  - заданный уровень доверительной вероятности,  $\gamma \in (0, 1)$  - весовой коэффициент.

Критериальная функция задачи в (2) представляет из себя сумму двух нормированных безразмерных величин. Первое слагаемое является отклонением сложности теста от заданного уровня  $c$ , нормированного максимально допустимым уровнем отклонения  $\varepsilon$ . Второе слагаемое представляет из себя время выполнения теста, которое не может быть превышено с заданным уровнем доверительной вероятности  $\alpha$ . Это время нормируется максимально допустимым временем выполнения теста. Такой критерий представляется универсальным гибким инструментом формирования теста. С помощью весового коэффициента  $\gamma$  можно регулировать важность каждого слагаемого критерия. Ограничения (4) и (5) регламентируют выбор набора заданий в тесте, суммарная сложность которых

должна отличаться от заданного экспертом уровня сложности не более чем на величину  $\varepsilon$ . Ограничение (6) отвечает за то, чтобы среди всех заданий в тесте было хотя бы одно задание каждого типа, так как данная задача решается при условии, что  $k \geq M$ . Ограничение (7) означает, что в наборе должно быть ровно  $k$  заданий.

Решение сформулированной задачи стохастического программирования, осуществляется современными методами и алгоритмами разработанными авторским коллективом системы CLASS.NET [9-13].

С помощью данных алгоритмов СДО может генерировать уникальные персональные наборы заданий исходя из пользовательских способностей и сложности заданий. В свою очередь сложность задания вычисляется алгоритмически, основываясь на предыдущей статистике по решению заданий пользователями СДО [10], что позволяет адаптировать контент системы под изменяющийся контингент пользователей.

Система дистанционного обучения МАИ CLASS.NET позволяет анализировать не только работу пользователей, но и проводить непрерывную работу по модификации контента системы, который определяется в первую очередь теоретическим и практическим методическим материалом. Для этого анализируются такие показатели как:

- количество попаданий элементов контента в индивидуальные задания, генерируемые системой пользователю;
- количество правильных и неправильных ответов;
- количество попыток решения одной задачи;
- количество переходов по гиперссылкам внутри раздела с теорией;
- корреляции между вышеперечисленными показателями и др.

Такой подход позволяет с разных сторон изучить контент и в дальнейшем его модифицировать под пользователей, например, убрать какие-либо задания или заменить их новыми. Некоторые задания могут оказаться «сложными» для данной категории пользователей, например, по причине отсутствия у них необходимых для ее решения умений, которые могут и не входить в стандарт данной специальности. В этом случае в результате статистического анализа решения этой задачи конкретной группой пользователей, полученный методами пересчета рейтинга пользователей и уровня сложности заданий, присвоенный уровень сложности задачи может быть столь велик, что она автоматически перестанет попадать в индивидуальные наборы заданий с суммарно равным уровнем сложности и будет признана бесполезной. Возникает необходимость удаления задачи или ее замены.

Бесполезность задачи может быть не единственной причиной удаления контента из системы. Так как пользователи общаются друг с другом, то некоторые задания могут быть скомпрометированы. Соответственно возникает задача определения таких задач, и система может автоматически идентифицировать скомпрометированные задания, т.е. те, которые наиболее вероятно были решены пользователем с посторонней помощью или с заранее известным ответом, благодаря прогнозированию времени выполнения задания и сравнению с фактическим временем.

По итогам прохождения пользователями тестирования или решения отдельных заданий формируется интегральный рейтинг и корректируются сложности. При этом автоматический рейтинг, формируемый в СДО, может использоваться как



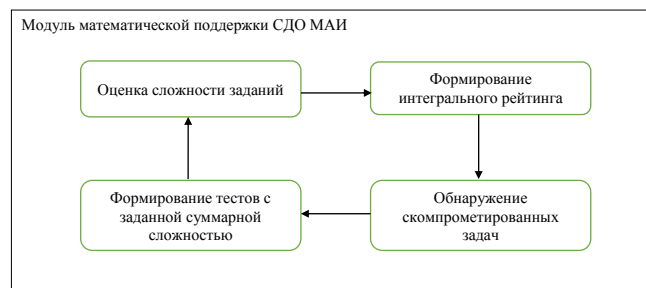
полноценная объективная оценка пользовательской работы в системе либо как составляющая некой общей оценки, учитывающий показатели очной работы на практических занятиях и очных контрольных работах [16, 17].

Все описанные выше задачи имеют строгие математические формулировки. Алгоритмы решений этих задач были реализованы в рамках модуля математической поддержки СДО МАИ CLASS.NET, который отвечает за обработку пользовательских данных и адаптацию системы под пользователей в реальном времени. Реализации алгоритмов достаточно требовательны к ресурсам СДО, т.к. предполагают обработку большого количества различных данных и постоянные новые вычисления или частичные пересчёты. Исходя из этого, данный модуль изолирован от основных программных модулей, отвечающих за стандартный функционал системы. В рамках данного модуля разработан процесс взаимодействия подмодулей, отвечающих за каждый вычислительный алгоритм. Данный процесс представлен на рис. 1.

Указанный алгоритмический модуль математической поддержки функционирования СДО должен быть органически и оптимальным образом встроен в электронную управляющую оболочку, в рамках которой функционируют электронные учебники. Принципы построения электронной управляющей оболочки являются предметом исследования специалистов по современным ИТ-технологиям. Большинство современных web-приложений построены на базе архитектуры MVC (Model-View-Controller) – модель-представление-контроллер, основная задача которой разделить приложение на отдельные слои таким образом, что изменение одного слоя оказывало минимальное влияние на остальные слои. Основными компонентами архитектуры MVC являются:

- модель – предоставляет доступ к данным;
- представление – определяет, какие данные получать и как их отображать;
- контроллер – выбирает представление в зависимости от пользовательского ввода.

Данный подход при построении web-приложений позволяет строго разделить границы каждого модуля и сохранять низкую связанность (Low Coupling)<sup>3</sup> приложения.



Р и с. 1. Процесс взаимодействия алгоритмических подмодулей внутри модуля математической поддержки

Fig. 1. The Process of Interaction of Algorithmic Submodules Inside the Mathematical Support Module

<sup>3</sup> Там же.

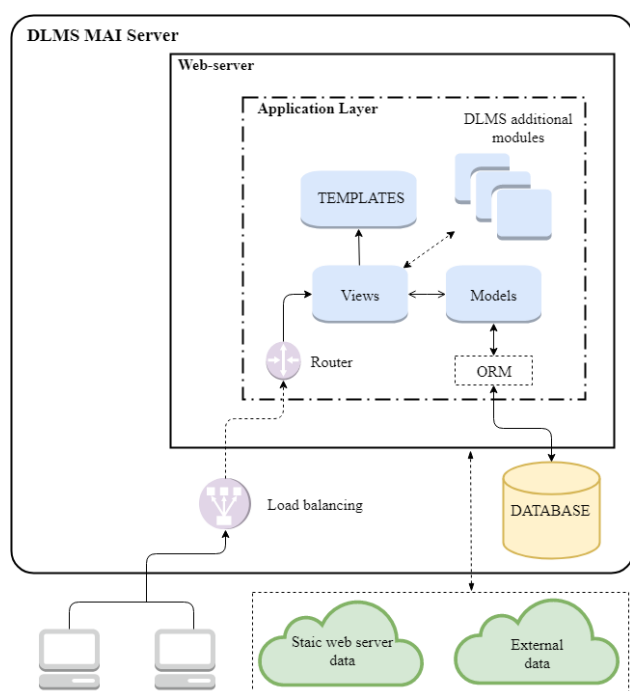
Из современных инструментов разработки web-приложений, наиболее эффективным является фреймворк Django, благодаря своей простоте и масштабируемости. Данный фреймворк достаточно близко следует архитектуре MVC, но с небольшими изменениями, а, именно, он основывается на архитектуре MTV (Model-Template-View). Основные компоненты архитектуры MTV:

- Model (Модель) – слой доступа к данным. Проверяет их, знает, как они связаны и как с ними работать.
- Template (Шаблон) – слой представления данных. Этот слой принимает решения относительно представления данных: как и что должно отображаться на странице или в другом типе документа.
- View (Представление) – слой логики. Обеспечивает доступ к моделям и применяет соответствующий шаблон. Другими словами, является мостом между моделями и шаблонами.
- Таким образом, «Представления» в Django являются «контроллерами», а «Шаблоны» – «Представлением». Шаблоны представляют собой HTML-разметку, внутри которой используются специальные переменные и шаблонные теги.

В качестве преимущества Django можно также выделить встроенную поддержку объектно-реляционного преобразования (Object-Relational Mapping – ORM), позволяющего связать слой управления базой данных с объектами описанных моделей. Данная технология позволяет эффективно поддерживать целостность и непротиворечивость данных, что облегчает разработчику модернизировать модель, изменять структуру данных, не затрагивая при этом остальные слои приложения. На рис. 2 приведена базовая структура системы дистанционного обучения (СДО) на базе фреймворка Django. Основной принцип работы состоит в следующем: поступающие HTTP-запросы обрабатываются сервером СДО МАИ. Проверяется безопасность и целостность данных, а также текущая загрузка сервера [14]. После этого, HTTP-запрос обрабатывается веб-сервером и поступает на роутер (urls.py), который при помощи заданного шаблона URL-адресов передает текущий запрос в контроллер (views.py). Контроллер, в свою очередь, определяет какую логику следует применить к моделям, а также какие следует использовать шаблоны для формирования корректного ответа. HTTP-ответ передается обратно веб-серверу, который, отправляет ответ обратно пользователю.

Базовое приложение СДО легко может быть расширено с помощью внешних модулей-приложений, независимо от языка и платформы разработки. Все запросы, поступающие на веб-сервер, обрабатываются с помощью Django-роутера (urls.py), что позволяет достаточно быстро сформировать собственный web-сервис, основанный на архитектуре RESTful (Representational State Transfer) [15], и обеспечить интеграцию с любым приложением, способным передавать HTTP-запросы и данные в формате XML или JSON.

Достоинством web-сервисов REST является масштабируемость и улучшенная производительность, благодаря тому, что в HTTP-запрос включаются все данные, необходимые серверу для генерации ответа. Таким образом, у сервера нет необходимости синхронизировать данные с другими внешними приложениями. Управление состоянием приложения обеспечивается клиентом (браузером).



Р и с. 2. Структура СДО на базе фреймворка Django  
F i g. 2. RES Structure Based on the Django Framework

Подобный подход позволил нам перенести модуль математической поддержки на отдельный сервер, сняв с нас ограничение по выбору используемых технологий для обеспечения наилучшей производительности разработанных математических алгоритмов. Обмен данных с основным приложением СДО осуществляется с помощью разработанного REST-интерфейса сервиса, использующего протокол HTTP.

## Заключение

Таким образом, процесс конструирования электронных учебников для студентов технических университетов является в настоящее время объектом полидисциплинарных исследований, что в будущем может перерасти в междисциплинарное сотрудничество, к чему есть все предпосылки. В настоящее время результаты, получаемые представителями различных научных направлений в области конструирования электронных учебников, рассматриваются отдельно, в рамках каждой научной дисциплины. В то же время, в перспективе, возможно появление новых интегрированных научных направлений, результаты исследований которых найдут общее признание. В работе приведен пример совместных исследований специалистов в области теории оптимизации, IT-технологий и педагогики, результатом которой явилась система СДО MAI CLASS.NET, эффективно используемая в настоящее время для преподавания математических дисциплин в Московском авиационном институте.

## Список использованных источников

[1] Электронные учебники. Вопросы разработки, внедрения и использования интерактивных мультимедий-

ных электронных учебников нового поколения для общего образования на базе мобильных электронных устройств / Л.Л. Босова, С.М. Авдеева, А.Н. Лейбович, Н.В. Тарасова, К.В. Тарасова и др. М.: Федеральный институт развития образования, 2013. 88 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27283076> (дата обращения: 23.03.2019).

- [2] Мартюшова Я. Г. Сценарный подход к разработке и использованию электронного учебника в вузе // Психологическая наука и образование. 2017. Т. 22, № 6. С. 45-55. DOI: 10.17759/pse.2017220604
- [3] Мартюшова Я. Г. Применение графоориентированного подхода к конструированию электронного учебника // Материалы XII международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (NPNJ'2018). М.: Изд-во МАИ, 2018. С. 734-736. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35651976> (дата обращения: 23.03.2019).
- [4] Тагунова И. А. Междисциплинарные исследования в образовании: организационный аспект // Отечественная и зарубежная педагогика. 2017. Т. 1, № 6(45). С. 27-41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32850715> (дата обращения: 23.03.2019).
- [5] Осмоловская И. М. Развитие дидактического знания в междисциплинарных исследованиях // Гуманитарные науки и образование. 2018. Т. 9, № 1. С. 89-96. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32741548> (дата обращения: 23.03.2019).
- [6] Rasch G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. Chicago: The University of Chicago Press, 1980. 199 p.
- [7] Наумов А. В., Иноземцев А. О. Алгоритм формирования индивидуальных заданий в системах дистанционного обучения // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 6. С. 46-51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19113375> (дата обращения: 23.03.2019).
- [8] Наумов А. В., Мхитарян Г. А. О задаче вероятностной оптимизации для ограниченного по времени тестирования // Автоматика и телемеханика. 2016. № 9. С. 124-135. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27182856> (дата обращения: 23.03.2019).
- [9] Наумов А. В., Мхитарян Г. А., Черыгова Е. Е. О задаче квантильной оптимизации ограниченного по времени тестирования для одного пользователя // Материалы XII Международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (NPNJ'2018). М.: Изд-во МАИ, 2018. С. 736-738. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35651981> (дата обращения: 23.03.2019).
- [10] Кибзун А. И., Жарков Е. А. Два алгоритма оценивания уровней сложности тестов // Автоматика и телемеханика. 2017, № 12. С. 84-99. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30718060> (дата обращения: 23.03.2019).
- [11] Naumov A. V., Mkhitarjan G. A., Rybalko A. A. Software set of intellectual support and security of LMS MAI CLASS.NET // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS). 2016. Vol. 9, No. 4. Pp. 129-140. DOI: 10.14529/mmp160412



- [12] Кибзун А. И., Наумов А. В., Норкин В. И. О сведении задачи квантильной оптимизации с дискретным распределением к задаче смешанного целочисленного программирования // Автоматика и телемеханика. 2013. № 6. С. 66-86. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19411704> (дата обращения: 23.03.2019).
- [13] Наумов А. В., Иванов С. В. Исследование задачи стохастического линейного программирования с квантильным критерием // Автоматика и телемеханика. 2011. № 2. С. 142-158. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15645695> (дата обращения: 23.03.2019).
- [14] Макконнелл С. Совершенный код. М.: Русская редакция, 2010. С. 139. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21553117> (дата обращения: 23.03.2019).
- [15] Alarcón R., Wilde E., Bellido J. Hypermedia-Driven RESTful Service Composition // Service-Oriented Computing. ICSOC 2010. Lecture Notes in Computer Science / E. M. Maximilien, G. Rossi, S. T. Yuan, H. Ludwig, M. Fantinato (Eds.). Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. Vol. 6568. Pp. 111-120. DOI: 10.1007/978-3-642-19394-1\_12
- [16] Мартюшова Я. Г., Лыкова Н. М. Организация рефлексивно-оценочной деятельности студентов университетов средствами электронного учебника // Психолого-педагогические исследования. 2018. Т. 10, № 2. С. 125-134. DOI: 10.17759/psyedu.2018100211
- [17] Мартюшова Я. Г., Мещеряков Е. А., Мхитарян Г. А. Организация автоматизированной рейтинговой формы контроля в электронных учебниках СДО МАИ CLASS. NET // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции / Под ред. В. А. Сухомлина. 2017. С. 133-138. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32661952> (дата обращения: 23.03.2019).

Поступила 23.03.2019; принята к публикации 27.05.2019;  
опубликована онлайн 25.07.2019.

#### Об авторах:

**Жарков Евгений Александрович**, аспирант кафедры теории вероятностей и компьютерного моделирования, факультет Информационных технологий и прикладной математики, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8791-1154>, [zhrevg@gmail.com](mailto:zhrevg@gmail.com)

**Кибзун Андрей Иванович**, заведующий кафедрой теории вероятностей и компьютерного моделирования, факультет Информационных технологий и прикладной математики, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4), доктор физико-математических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6321-5565>, [kibzun@mail.ru](mailto:kibzun@mail.ru)

**Мартюшова Янина Германовна**, старший преподаватель факультета информационных технологий и прикладной математики, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7803-5914>, [ma1554@mail.ru](mailto:ma1554@mail.ru)

**Мхитарян Георгий Араикович**, аспирант кафедры теории

вероятностей и компьютерного моделирования, факультет Информационных технологий и прикладной математики, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3337-643X>, [grgmkn@mail.ru](mailto:grgmkn@mail.ru)

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

- [1] Bosova L.L., Avdeeva C.M., Leibovici A.N., Tarasova N.V., Tarasova K.V. Electronic textbooks: Recommendation for development, implementation and use of interactive multimedia electronic textbooks of a new generation for the general education based on modern mobile electronic devices. The Federal Institute for Education Development, Moscow, 2013. 88 pp. (In Russ.)
- [2] Martyushova Y.G. Scenario Approach to the Development and Use of Learning Management System in Universities. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie* = Psychological Science and Education. 2017; 22(6):45-55. DOI: 10.17759/pse.2017220604. (In Russ., abstract in Eng.)
- [3] Martjushova Y.G. *Primenenie grafoorientirovannogo podhoda k konstruirovaniyu jelektronnogo uchebnika* [Application of a graph-oriented approach to the design of an electronic textbook]. Proceedings of the XII International Conference on Applied Mathematics and Mechanics in Aero space industry (NPNJ'2018). MAI, Moscow, 2018, pp. 734-736. (In Russ.)
- [4] Tagunova I.A. Some Aspects of Interdisciplinary Research in the Sphere of Education. *Otechestvennaja i Zarubezhnaja Pedagogika*. 2017; 1(6):27-41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32850715> (accessed 23.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [5] Osmolovskaya I.M. Development of Didactic Knowledge in Cross-Disciplinary Researches. *Gumanitarnye Nauki i Obrazovanie* = The Humanities and Education. 2018; 9(1):89-96. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32741548> (accessed 23.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [6] Rasch G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. Chicago: The University of Chicago Press, 1980. 199 pp.
- [7] Naumov A.V., Inozemtsev A.O. The Algorithm for Generating the Individual Tasks in Distance Learning. *Vestnik komp'juternykh i informatsionnykh tekhnologii* = Herald of computer and information technologies. 2013; 6:46-51. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19113375> (accessed 23.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [8] Naumov A.V., Mkhitarjan G.A. On the problem of probabilistic optimization of time-limited testing. *Automation and Remote Control*. 2016; 77(9):1612-1621. (In Eng.) DOI: 10.1134/S0005117916090083
- [9] Naumov A.V., Mhitarjan G.A., Cherygova E.E. *O zadache kvantil'noj optimizaci ogranichennogo po vremeni testirovanija dlja odnogo pol'zovatelja* [About the task of quantile optimization of time-limited testing for one user]. *Proceedings of the XII International Conference on Applied Ma*





- thematics and Mechanics in Aerospace industry (NPNJ'2018)*. MAI, Moscow, 2018, pp. 736-738. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35651981> (accessed 23.03.2019). (In Russ.)
- [10] Kibzun A.I., Zharkov E.A. Two algorithms for estimating test complexity levels. *Automation and Remote Control*. 2017; 78(12):2165-2177. (In Eng.) DOI: 10.1134/S0005117917120050
- [11] Naumov A.V., Mkhitaryan G.A., Rybalko A.A. Software set of intellectual support and security of LMS MAI CLASS.NET. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS)*. 2016; 9(4):129-140. (In Eng.) DOI: 10.14529/mmp160412
- [12] Kibzun A.I., Naumov A.V., Norkin V.I. On reducing a quantile optimization problem with discrete distribution to a mixed integer programming problem. *Automation and Remote Control*. 2013; 74(6):951-967. (In Eng.) DOI: 10.1134/S0005117913060064
- [13] Naumov A.V., Ivanov S.V. On stochastic linear programming problems with the quantile criterion. *Automation and Remote Control*. 2011; 72(2):353-369. (In Eng.) DOI: 10.1134/S0005117911020123
- [14] McConnell S. Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction. Second Edition. Microsoft Press, 2004. 960 pp. (In Eng.)
- [15] Alarcón R., Wilde E., Bellido J. Hypermedia-Driven RESTful Service Composition. In: Maximilien E.M., Rossi G., Yuan S.T., Ludwig H., Fantinato M. (Eds.) *Service-Oriented Computing. ICSOC 2010. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 6568:111-120. (In Eng.) DOI: 10.1007/978-3-642-19394-1\_12
- [16] Martiushova Y.G., Lykova N.M. Organization of Reflexive-evaluative Activity of University Students by Using the Learning Management System. *Psychological-Educational Studies*. 2018; 10(2):125-134. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.17759/psyedu.2018100211.
- [17] Martiushova Ia.G., Meshcheryakov Ye.A., Mkhitaryan G.A. Organization of the automated rating control type in LMS MAI Class.net. *Modern Information Technology and IT-education*. Proceeding of scientific papers of the XII International Scientific and Practical Conference. V.A. Sukhomlin (Ed). 2017; 133-138. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32661952> (accessed 23.03.2019). (In Russ., abstract in Eng.)

Submitted 23.03.2019; revised 27.05.2019;  
published online 25.07.2019.

#### About the authors:

**Evgeniy A. Zharkov**, postgraduate student of the Department of Probability Theory and Computer Modeling, Faculty No. 8 "Information Technologies and Applied Mathematics", Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamskoe shosse, Moscow 125993, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8791-1154>, [zhr.eyg@gmail.com](mailto:zhr.eyg@gmail.com)

**Andrei I. Kibzun**, Head of the Department of Probability Theory and Computer Modeling, Faculty No. 8 "Information Technologies and Applied Mathematics", Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamskoe shosse, Moscow 125993,

Russia), Professor, Dr.Sci. (Phys.-Math.), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6321-5565>, [kibzun@mail.ru](mailto:kibzun@mail.ru)

**Ianina G. Martiushova**, senior lecturer, Faculty No. 8 "Information Technologies and Applied Mathematics", Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamskoe shosse, Moscow 125993, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7803-5914>, [ma1554@mail.ru](mailto:ma1554@mail.ru)

**Georgiy A. Mkhitaryan**, postgraduate student of the Department of Probability Theory and Computer Modeling, Faculty No. 8 "Information Technologies and Applied Mathematics", Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamskoe shosse, Moscow 125993, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3337-643X>, [grgmkn@mail.ru](mailto:grgmkn@mail.ru)

*All authors have read and approved the final manuscript.*

