



КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 330.46:378.14

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-864-872

Моделирование оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия

¹Ганичева А.В., ²Ганичев А.В.

¹Тверская государственная сельскохозяйственная академия
Россия, 170904, Тверь, ул. Маршала Василевского, 7

²Тверской государственный технический университет,
Россия, 170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22

E-mail: TGAN55@yandex.ru, alexej.ganichev@yandex.ru

Аннотация. Проблема оптимизации распределения учебных часов между лекционными и практическими занятиями является одной из важнейших при управлении учебным процессом и актуальной в условиях перехода к цифровым образовательным технологиям. Распределение учебного времени должно быть согласованно с компетенциями, которые требуется освоить при изучении данного раздела дисциплины. Целью данной статьи является разработка математической модели оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия. Новизна работы заключается в применении для решения рассматриваемой проблемы метода математического моделирования. При построении математической модели используется метод линейного программирования. Целевой функцией задачи является сумма произведений долей учебных часов на их коэффициенты значимости для формирования данной компетенции. Ограничения определяются имеющимся фондом учебных часов на реализацию данной компетенции по конкретной теме. Разработан наглядный алгоритм геометрического решения задачи путем сведения ее к матричной игре. Основным результатом данной работы является разработанная математическая модель оптимального согласования количества учебных часов, отводимых на усвоение составляющих лекции и практического занятия. Разработанный метод позволит совершенствовать качество образовательного процесса.

Ключевые слова: качество обучения, компетенции, темы, учебные часы, эксперты, задача линейного программирования, матричная игра

Для цитирования: Ганичева А.В., Ганичев А.В. 2024. Моделирование оптимального распределения составляющих лекции и практического занятия. Экономика. Информатика, 51(4): 864–872. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-864-872

Modeling the Optimal Distribution of Lecture and Practical Lesson Components

¹Antonina V. Ganicheva, ²Alexey V. Ganichev

¹Tver State Agricultural Academy, 7 Vasilevsky St, Tver 170904, Russia

²Tver State Technical University, 22 Afanasiy Nikitin emb., Tver 170026, Russia

E-mail: TGAN55@yandex.ru, alexej.ganichev@yandex.ru

Abstract. The relevance of the research is due to the need to automate the educational process in the context of the transition to digital educational technologies. The problem of optimizing the distribution of study hours between lectures and practical classes is among the most important ones in the management of the educational process. The allocation of study time should be consistent with the competencies that need to be mastered when studying a section of an academic course. The purpose of this article is to develop a

mathematical model for the optimal distribution of the components of a lecture and a practical lesson. The novelty of the work lies in the application of the mathematical modeling method to solve the problem under consideration. When building a mathematical model, the linear programming method is used. The target function of the task is the sum of products of study hours fractions by their coefficients of significance for building the competency. The limitations are determined by the available fund of study hours for the implementation of a given competency on a specific topic. A visual algorithm for the geometric solution of the problem by reducing it to a matrix game has been developed. The main result of the work is a mathematical model that allows achieving an optimal balance between the number of study hours allocated for assimilating the components of a lecture and practical training. This model takes into account the required level of competencies to be built in students.

Keywords: learning quality, competencies, topics, study hours, experts, linear programming problem, matrix game

For citation: Ganicheva A.V., Ganichev A.V. 2024. Modeling the Optimal Distribution of Lecture and Practical Lesson Components. Economics. Information technologies, 51(4): 864–872 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-864-872

Введение

Одной из актуальных задач в учебном процессе, возникающих при составлении рабочих планов и программ при использовании компетентностного подхода, является задача поиска критериев оптимального содержания обучения и оптимального распределения времени между часами лекционных и практических занятий. В статье [Ganicheva, 2016] разработаны математические модели компетенций, однако они не учитывают задачу распределения учебных часов. Эта задача поставлена в работе [Григорьевская, Григорьевский, 2007]. В данном исследовании рассмотрены только некоторые критерии оптимального содержания обучения на лекционном и практическом занятиях. При этом не учитывается проблема формирования компетенций учащихся. Для решения рассматриваемой проблемы не разработана математическая модель. Для решения проблемы совершенствования содержания обучения предлагается использовать информационные технологии [Bronov et al., 2019; Bronov et al., 2020]. В этом случае не используется метод математического моделирования и не решается задача оптимизации.

В настоящее время в учебный процесс внедряется проектное обучение [Gutgarts, 2020; Карпачев и др., 2015], но пока задача оптимального распределения времени между часами лекционных и практических занятий при использовании данных методов не решается. Построение учебного плана предлагается выполнять основе формализованного представления учебной дисциплины [Харитонов, 2011].

В статье [Souza et al., 2019] приводятся результаты вычислительного эксперимента по расчёту инвариантов рабочего учебного плана для расчета необходимого количества профессорско-преподавательского состава, но проблема распределения времени не рассматривается. Математическая модель распределения учебной нагрузки преподавателей кафедры на основе теории множеств разработана в статье [Касаткина и др., 2020], а в работе [Касаткина и др., 2019] приведена математическая модель оптимизации образовательного процесса для информационно-управляющей системы. Решение вопросов эффективной организации контрольно-аналитической деятельности преподавателей [Levshina et al., 2020] и ее оптимизация [García et al., 2010; Болгова и др., 2019] также не затрагивает обозначенную проблему оптимального распределения времени между часами лекционных и практических занятий. Разработана математическая модель распределения фонда стимулирующих выплат преподавателям на основе результатов их деятельности [Шиккульский, 2020].

Важная проблема управления учебным процессом на основе математических и статистических методов разработана в трех цитируемых статьях Орлова А.И. [Orlov, 2023a, b, c].

Перспективным методом STEM-образования является применение для организации и управления учебным процессом методов математического моделирования. В этом случае возможна организация междисциплинарного подхода, доступность, понятность, наглядность и количественная определенность полученных результатов. Модель менеджмента качества учебных планов разработана в статье [Ганичева, 2012] и монографии [Ганичева, Ганичев, 2023].

В данной работе разработаны метод и модель решения задачи оптимизации распределения учебных часов между лекционными и практическими занятиями, основанные на сведении ее к задаче линейного программирования. Для пояснения метода разработан наглядный пример геометрического решения задачи путем сведения ее к матричной игре.

Материалы и методы

Целью данного исследования является разработка метода оптимального распределения часов, отводимых в учебных планах на составляющие лекционных и практических занятий, и построение оптимизационной математической модели планирования учебных часов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) сделать анализ составляющих лекции и практического занятия с учетом требований по формируемым компетенциям;
- 2) сформулировать целевую функцию задачи распределения учебных часов для формирования данной компетенции;
- 3) учесть ограничения, определяемые имеющимся фондом учебных часов на реализацию данной компетенции по конкретной теме;
- 4) формализовать рассматриваемый процесс распределения учебных часов с помощью математической модели;
- 5) выбрать и обосновать метод решения оптимизационной задачи;
- 6) показать на примере наглядный способ решения задачи.

Составляющими лекций являются следующие вопросы: введение основных понятий (определений), приведение правил, алгоритмов, разбор иллюстрирующих примеров и т. д. Вопросами, решаемыми на практических занятиях, могут быть: проверка домашних заданий, опрос основных понятий, рассмотрение новых задач и т. п. При этом распределение времени должно быть согласовано с компетенциями, которые должны быть освоены при изучении данного раздела дисциплины.

Не нарушая общности рассуждений, рассмотрим поставленную задачу применительно к математическим дисциплинам. Будем называть составляющей лекции:

- 1) разбор определений (L_1);
- 2) демонстрацию иллюстрирующих примеров (L_2);
- 3) рассмотрение (доказательство) утверждений (теорем) (L_3);
- 4) разбор решений задач (L_4).

В общем случае некоторые из этих составляющих могут отсутствовать.

Учебной составляющей практического занятия будем называть:

- 1) проверку основных понятий (например, интерактивный метод «Ромашка») (P_1);
- 2) проверку домашнего задания (P_2);
- 3) решение задач по новой теме (P_3);
- 4) решение задач по закреплению материала (P_4);
- 5) самостоятельную работу (P_5);
- 6) контрольную работу (P_6);
- 7) расчетно-графическую работу (P_7);
- 8) тестирование (P_8);
- 9) реферативное сообщение (P_9). Некоторые из этих составляющих могут отсутствовать.

Пусть рассматриваемый раздел содержит n тем: A_1, A_2, \dots, A_n , при изучении реализуется компетенции: B_1, B_2, \dots, B_l . Пусть раздел содержит m_1 пар часов лекций и m_2 пар часов практических занятий. Обозначим через $P_{ij}^{ks}(L)$ ($P_{ij}^{kl}(P)$) – долю времени s -ой ($s = \overline{1, m_1}$) учебной пары часов, отводимую на рассмотрение L_j ($j = \overline{1, 4}$) и t -ой ($t = \overline{1, m_2}$) пары

часов, отводимую на отработку $\Pi_j (j = \overline{1,9})$ i -ой темы $A_i (i = \overline{1,n})$ k -ой компетенции $B_k (k = \overline{1,l})$ (см. таблицу).

Темы, компетенции, составляющие лекций и практических занятий
Topics, competencies, components of lectures and practical studies

Учебная составляющая Темы, компетенции	Π_1	...	Π_4	Π_1	...	Π_9
A_1, B_1	$P_{11}^{11}(\Pi)$	...	$P_{14}^{11}(\Pi)$	$P_{11}^{11}(\Pi)$	...	$P_{19}^{11}(\Pi)$
A_1, B_2	$P_{11}^{21}(\Pi)$	...	$P_{14}^{21}(\Pi)$	$P_{11}^{21}(\Pi)$	...	$P_{19}^{21}(\Pi)$
...
A_1, B_l	$P_{11}^{l1}(\Pi)$	...	$P_{14}^{l1}(\Pi)$	$P_{11}^{l1}(\Pi)$	...	$P_{19}^{l1}(\Pi)$
...
A_n, B_l	$P_{n1}^{lm_1}(\Pi)$	...	$P_{n4}^{lm_1}(\Pi)$	$P_{n1}^{lm_2}(\Pi)$	...	$P_{n9}^{lm_2}(\Pi)$

Пусть согласно опросу экспертов имеем соотношения: $\alpha_{ij}^{ks}(\Pi) \leq P_{ij}^{ks}(\Pi) \leq \beta_{ij}^{ks}(\Pi)$, $\alpha_{ij}^{kt}(\Pi) \leq P_{ij}^{kt}(\Pi) \leq \beta_{ij}^{kt}(\Pi)$.

Предположим, что данный раздел содержит m пар учебных часов, а на реализацию k -ой компетенции в i -ой теме требуется не менее α_i^k и не более β_i^k долей от m пар часов. Тогда можно считать, что $\alpha_i^k = \sum_{s=1}^{m_1} \sum_{j=1}^4 \alpha_{ij}^{ks}(\Pi) + \sum_{t=1}^{m_2} \sum_{j=1}^9 \alpha_{ij}^{kt}(\Pi)$, $\beta_i^k = \sum_{s=1}^{m_1} \sum_{j=1}^4 \beta_{ij}^{ks}(\Pi) + \sum_{t=1}^{m_2} \sum_{j=1}^9 \beta_{ij}^{kt}(\Pi)$. Обозначим через $x_{ij}^k(\Pi)$ долю пар часов, отводимую на Π_j в рамках темы i и компетенции k ; аналогично $x_{ij}^k(\Pi)$ – доля пар часов, отводимая на Π_j темы i и компетенции k . Имеем следующую систему неравенств:

$$\alpha_i^k \leq \sum_{j=1}^4 x_{ij}^k(\Pi) + \sum_{j=1}^9 x_{ij}^k(\Pi) \leq \beta_i^k, \quad (1)$$

где $k = \overline{1,l}$, $i = \overline{1,n}$, причем

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 x_{ij}^k(\Pi) + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^9 x_{ij}^k(\Pi) = 1. \quad (2)$$

В то же время каждая доля $x_{ij}^k(\Pi)$ и $x_{ij}^k(\Pi)$ вносит свой вклад в качество обучения, что выражается через весовые коэффициенты $\gamma_{ij}^k(\Pi)$ и $\gamma_{ij}^k(\Pi)$, которые можно назвать коэффициентами значимости данной доли учебных часов. Сумма L произведений указанных долей на соответствующие коэффициенты должна стремиться к максимуму, т. е.

$$L = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 \gamma_{ij}^k(\Pi) \cdot x_{ij}^k(\Pi) + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^9 \gamma_{ij}^k(\Pi) x_{ij}^k(\Pi) \rightarrow \max. \quad (3)$$

Так как целевая функция задачи имеет линейный характер, то получаем задачу линейного программирования с максимизируемой целевой функцией L (3) при ограничениях (1) и (2). Данная задача может быть решена симплекс-методом или другими методами линейного программирования.

Результаты и обсуждение

Рассмотрен случай, когда учебные составляющие распределяются по темам и компетенциям. Аналогичное распределение можно получить по разделам, часам занятий,

параграфам и пунктам. В ряде случаев можно рассматривать меньшее количество составляющих. Например, разбор определений и демонстрацию примеров можно рассматривать как одну составляющую, а рассмотрение утверждений и разбор решений задач – в качестве второй составляющей.

Для практических занятий можно рассматривать отдельно контрольные мероприятия, а также рефераты, а остальное время распределяется между тремя составляющими: 1) проверка знаний основных определений и выполнение домашнего задания; 2) решение задач по новой теме; 3) закрепление материала.

Пусть распределение рассматривается в пределах часа (параграфа, пункта) и для двух компетенций, причем условие (3) отсутствует, а условия (1) имеют вид односторонних неравенств с левой частью α . На малом промежутке времени задача сводится к отысканию наиболее важных двух составляющих лекции (практического занятия).

Отыскание соответствующих долей $x_{ij}^k(\Pi)$ ($x_{ij}^k(\Pi)$) для двух компетенций B_1 и B_2 . можно осуществлять геометрически (рис. 1), используя следующий алгоритм. Не нарушая общности при изложении алгоритма, считаем, что $n=1$, $l=2$, и определяем $x_{ij}^k(\Pi)$.

Строим две параллельные прямые (рис. 1), соответствующие двум компетенциям B_1 и B_2 .

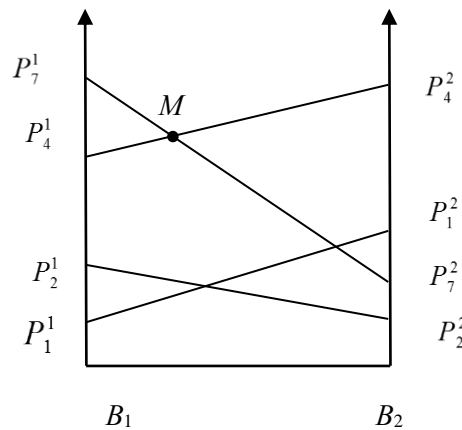


Рис. 1. Графическое решение матричной игры
 Fig. 1. Graphical solution of the matrix game

На каждой прямой откладываем в масштабе доли $P_{ij}^k(\Pi)$ ($i=1; k=1,2; j=\overline{1,4}$). Во избежание громоздкости будем обозначать $P_{ij}^k(\Pi)$ через $P_1^k, P_2^k, P_3^k, P_4^k$. Начало отчета идет от отрезка B_1B_2 , длина которого условно принята за единицу. Соединяем соответствующие точки P_i^1 и P_j^2 на данных двух прямых отрезками. Нижняя точка верхней ломаной – точка M . Эта точка связана с компетенциями B_1 и B_2 . Для отыскания соответствующих значений $x_{ij}^k(\Pi)$ решаем матричную игру 2×2 в смешанных стратегиях. Для этого выбираем те точки на прямых, соответствующие отрезки которых дают в пересечении точку M .

Для рис. 1 находим:

$$x_{13}^1 = \frac{P_3^2 - P_4^1}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}, \quad x_{13}^2 = \frac{P_3^1 - P_4^2}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}$$

$$x_{14}^1 = \frac{P_3^2 - P_4^2}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}, \quad x_{14}^2 = \frac{P_3^1 - P_4^1}{P_3^1 + P_3^2 - P_4^1 - P_4^2}.$$

Следовательно, $x_{13}^1 \cdot 100\%$ лекционного времени в пределах данного учебного часа (при рассмотрении данного параграфа или пункта изучаемой дисциплины) отводится на рассмотрение (доказательство) утверждений (теорем), связанных с реализацией компетенции

$B_1, x_{13}^2 \cdot 100\%$ – с реализацией компетенции $B_2, x_{14}^1 \cdot 100\%$ лекционного времени отводится на разбор решений задач по реализации компетенции $B_1, x_{14}^1 \cdot 100\%$ – связано с компетенцией B_2 . Если P_i^k не заданы, для них можно использовать ограничения $\alpha_i^k \leq P_i^k \leq \beta_i^k$, где α_i^k и β_i^k оценена экспертами, либо использовать метод решения матричных игр в нечётных смешанных стратегиях [Алтунин, Семухин, 2003]. Аналогично решается вопрос относительно планирования практических занятий. Предложенный метод планирования учебного времени относительно учебных составляющих лекции и практического занятия позволяет находить оптимальное соответствие между их процентным соотношением, а также процентным соотношением между соответствующими компетенциями.

Если $x_{ij}^k(\text{Л})$ и $x_{ij}^k(\text{П})$ найдены как решение задачи линейного программирования с целевой функцией (3) при ограничениях (1), (2), то можно найти $P_{ij}^{ks}(\text{Л})$ и $P_{ij}^{kt}(\text{П})$. Действительно, вместо неравенств (1) можно рассматривать равенства вида

$$\sum_{j=1}^4 x_{ij}^k(\text{Л}) + \sum_{j=1}^9 x_{ij}^k(\text{П}) = \sum_{s=1}^{m_1} \sum_{j=1}^4 P_{ij}^{ks}(\text{Л}) + \sum_{t=1}^{m_2} \sum_{j=1}^9 P_{ij}^{kt}(\text{П}). \quad (4)$$

Пусть $\delta_{ij}^k(\text{Л})$ и $\delta_{ij}^k(\text{П})$ – весовые коэффициенты долей $P_{ij}^{ks}(\text{Л})$ и $P_{ij}^{kt}(\text{П})$ соответственно. Сумма L' произведений этих долей на соответствующие коэффициенты должна стремиться к минимуму, т. е.

$$L' = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^{m_1} \delta_{ij}^{ks}(\text{Л}) \cdot P_{ij}^{ks}(\text{Л}) + \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{m_2} \delta_{ij}^{kt}(\text{П}) \cdot P_{ij}^{kt}(\text{П}) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Следовательно, имеем задачу линейного программирования с минимизируемой целевой функцией L' при ограничениях (4). Задача решается симплекс-методом.

Разработанный метод может быть использован также при оптимизации распределения учебных часов между дисциплинами, формирующими данную компетенцию.

В качестве экспертов при формировании табл. 1 могут выступать сотрудники аппарата управления учебным процессом (учебного отдела, методического совета), председатели предметно-методических комиссий, квалифицированные преподаватели. При экспертном оценивании следует учитывать специфику и особенности конкретного учебного заведения.

В данной работе предложен метод решения задачи оптимизации распределения учебных часов между лекционными и практическими занятиями, основанный на сведении ее к задаче линейного программирования. Результатом данного исследования является построение математической модели, которая не разработана в известных источниках, посвященных вопросам совершенствования преподавания учебной дисциплины.

Однако, количество часов, отводимых на лекцию (практическое занятие), и весовые коэффициенты значимости данной доли учебных часов могут быть и нелинейными функциями тем и компетенций. Подобная ситуация возникает при неравномерном планировании учебного процесса. Экспертная информация, задаваемая в табл. 1, может быть нечеткой (задаваться, например, нечеткими числами [Алтунин, Семухин, 2003]). Кроме того, процесс планирования учебных часов может рассматриваться в динамике, он может быть многоэтапным. В этом случае разработанная модель усложняется. Требуется применение методов нелинейного или динамического программирования, а также оптимизация нечеткой целевой функции и решение систем уравнений с нечеткими коэффициентами. Рассмотрение этих вопросов является предметом будущих исследований.

Заключение

Таким образом, в данном исследовании рассмотрен метод нахождения оптимального распределения учебных составляющих лекции и практического занятия при четкой

информации о весовых коэффициентах значимости данной доли учебных часов и ограничениях на ресурсы учебных часов. Проведен анализ составляющих лекции и практического занятия с учетом требований по формируемым компетенциям, выделены наиболее значимые компоненты. Определена целевая функция задачи распределения учебных часов в виде суммы произведений долей учебных часов на их коэффициенты значимости для формирования данной компетенции. Сформулированы ограничения, определяемые имеющимся фондом учебных часов на реализацию данной компетенции по конкретной теме. Построена математическая модель задачи, которая решается методами линейного программирования. Показан наглядный алгоритм геометрического решения задачи путем сведения ее к матричной игре.

В данной работе сформулированы ограничения разработанного метода и перспективы дальнейших исследований за счет нелинейности и динамичности рассматриваемых процессов и нечеткости экспертной информации.

Разработанный метод позволит повысить качество образовательного процесса. Он может использоваться не только в учебных заведениях, но и в других смежных областях, например, при подготовке кадрового резерва, повышении квалификации и т. д. Кроме того, данный метод может быть использован при планировании времени на изготовление составляющих сложных изделий и организацию управления комплексом сложных работ.

Список литературы

- Алтунин А.Е., Семухин М.А. 2003. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: изд-во ТГУ, 352 с.
- Болгова Е.В., Касаткина Т.И., Кузьменко Р.В., Москаленко А.Г. 2019. Математическое моделирование и оптимизация расчета учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава кафедры. Вестник Воронежского института ФСИИ России, 1: 39–50.
- Ганичева А.В. 2012. Модель менеджмента качества учебных планов. Качество. Инновации. Образование, 4 (83): 37–41.
- Ганичева А.В., Ганичев А.В. 2023. Математические методы и модели учебного процесса: монография. Тверь: Тв ГТУ, 160 с.
- Григоревская Л.П., Григоревский Л.Б. 2007. Поиск критериев оптимального содержания обучения на лекционном и практическом занятиях. Сибирский педагогический журнал, 11: 54–66.
- Карпачев А.А., Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н. 2015. Инварианты учебных планов высших учебных заведений. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», 7(2). DOI: 10.15862/50PVN215.
- Касаткина Т.И., Болгова Е.В., Россихина Л.В., Кузьменко Р.В. 2020. Подход к математическому моделированию распределения учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава кафедры на основе теории множеств. Моделирование, оптимизация и информационные технологии, 8(1): 19 DOI: 10.26102/2310-6018/202.
- Касаткина Т.И., Болгова Е.В., Россихина Л.В., Кузьменко Р.В., Дмитриев Е.В., Душкин А.В. 2019. Математическая модель оптимизации образовательного процесса для информационно-управляющей системы. Промышленные АСУ и контроллеры, 5: 33–43.
- Харитонов И.М. 2011. Моделирование процесса построения учебного плана на основе формализованного представления учебной дисциплины. Открытое образование, 2-1: 21–32.
- Шиккульский М.И., Евсина Е.М., Кравченкова Т.П. 2022. Разработка математической модели распределения фонда стимулирующих выплат с учетом рейтинговых оценок профессорско-преподавательского состава высшего учебного заведения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал, 1 (39): 157–163.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Panikarova N.F., Pichkovskaya S.Y. 2020. Structural control system for the educational program Based on Information Technology Proc. Int. Conf. on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society, 1: 286–293.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Pichkovskaya S.Y., Sheluhin A.V., Panikarova N.F. 2019. Information technology in the educational program design. Proc. Int. Conf. Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering-APITECH-2019 (Krasnoyarsk: SibGU), 33066.
- Ganicheva A.V. 2016. Optimization Models of Components of Educational Process British Journal of Mathematics & Computer Science, 14 (5): 1–11.

- García M.J., Escribano Otero J.J., Carracedo F.S., Millán E., González J. 2010. Optimization of Faculty Time-Management: Some Practical Ideas. *International Journal of Engineering Education*, 34(5): 1467–1478.
- Gutgarts R.D. 2020. Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems”. *Business Informatics*, 14(1): 51–61.
- Levshina N.I., Sannikova L.N., Abramzon T.E., Stepanova N.A., Velikanova S.S. 2020. Control and Analytical Activity of Teachers in the Educational Institution. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12 (2): 725–733.
- Orlov A.I. 2023. About mathematical, statistical and instrumental methods of economy and management of science Polythematic Online Scientific. *Journal of Kuban State Agrarian University*, 186: 173–194.
- Orlov A.I. 2023. Controlling of economic and mathematical methods Polythematic Online Scientific. *Journal of Kuban State Agrarian University*, 190: 70–80.
- Orlov A.I. 2023. Mathematical model of optimal management of the learning process Polythematic Online. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, 185: 106–118.
- Souza M., Moreira R., Figueiredo E. 2019 Students perception on the use of project-based learning in software engineering education. *Proc. Int. Conf. of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019)*, Salvador, Bahia, Brazil, 537–546.

References

- Altunin A.E., Semuhin M.A. 2003. *Modeli i algoritmy prinjatija reshenij v nechetkih uslovijah* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions]. Tjumen': izd-vo TGU, 352 p.
- Bolgova E.V., Kasatkina T.I., Kuz'menko R.V., Moskalenko A.G. 2019. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizacija rascheta uchebnoj nagruzki professorsko-prepodavatel'skogo sostava kafedry* [Mathematical modeling and optimization of the calculation of the academic load of the teaching staff of the department]. *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii*, 1: 39–50.
- Ganicheva A.V. 2012. *Model' menedzhmenta kachestva uchebnyh planov* [The curriculum quality management model]. *Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie*, 4 (83): 37–41.
- Ganicheva A.V., Ganichev A.V. 2023. *Matematicheskie metody i modeli uchebnogo processa: monografija* [Mathematical methods and models of the educational process: a monograph]. Tver': Tv GTU, 160 p.
- Grigorevskaja L.P., Grigorevskij L.B. 2007 *Poisk kriteriev optimal'nogo sodержanija obuchenija na lekcionnom i prakticheskom zanjatijah* [Search for criteria for optimal learning content in lectures and practical classes]. *Sibirskij pedagogicheskij zhurnal*, 11: 54–66.
- Karpachev A.A., Starodubcev P.A., Baklanov E.N. 2015 *Invarianty uchebnyh planov vysshih uchebnyh zavedenij* [Search for criteria for optimal learning content in lectures and practical classes]. *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*, 7 (2). DOI: 10.15862/50PVN215.
- Kasatkina T.I., Bolgova E.V., Rossihina L.V., Kuz'menko R.V. 2020. *Podhod k matematicheskomu modelirovaniju raspredelenija uchebnoj nagruzki professorsko-prepodavatel'skogo sostava kafedry na osnove teorii mnozhestv* [An approach to mathematical modeling of the distribution of the academic load of the teaching staff of the department based on set theory]. *Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii*, 8 (1): 19 DOI: 10.26102/2310-6018/202.
- Kasatkina T.I., Bolgova E.V., Rossihina L.V., Kuz'menko R.V., Dmitriev E.V., Dushkin A.V. 2019. *Matematicheskaja model' optimizacii obrazovatel'nogo processa dlja informacionno-upravljajushhej sistemy* [A mathematical model for optimizing the educational process for an information management system]. *Promyshlennye ASU i kontrolyery*, 5: 33–43.
- Haritonov I.M. 2011. *Modelirovanie processa postroenija uchebnogo plana na osnove formalizovannogo predstavlenija uchebnoj discipliny* [Modeling the process of building a curriculum based on a formalized presentation of an academic discipline]. *Otkrytoe obrazovanie*, 2-1: 21–32.
- Shikul'skij M.I., Evsina E.M., Kravchenkova T.P. 2022. *Razrabotka matematicheskoi modeli raspredelenija fonda stimulirujushhih vyplat s uchetom rejtingovyh ocenok professorsko-prepodavatel'skogo sostava vysshego uchebnogo zavedenija* [Development of a mathematical model for the distribution of the incentive payments fund, taking into account the ratings of the teaching staff of the higher educational institution]. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija: nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 1 (39): 157–163.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Panikarova N.F., Pichkovskaya S.Y. 2020 *Structural control system for the educational program Based on Information Technology* *Proc. Int. Conf. on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society*, 1: 286–293.
- Bronov S.A., Stepanova E.A., Pichkovskaya S.Y., Sheluhin A.V., Panikarova N.F. 2019. *Information technology in the educational program design*. *Proc. Int. Conf. Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering-APITECH-2019 (Krasnoyarsk: SibGU)*, 33066.



- Ganicheva A.V. 2016 Optimization Models of Components of Educational Process British Journal of Mathematics & Computer Science, 14 (5): 1–11.
- García M.J., Escribano Otero J.J., Carracedo F.S., Millán E., González J. 2010. Optimization of Faculty Time-Management: Some Practical Ideas. International Journal of Engineering Education, 34 (5): 1467–1478.
- Gutgarts R.D. 2020. Practical aspects of project-based learning in the study of the discipline “Developing information systems”. Business Informatics, 14 (1): 51–61.
- Levshina N.I., Sannikova L.N., Abramzon T.E., Stepanova N.A., Velikanova S.S. 2020. Control and Analytical Activity of Teachers in the Educational Institution. International Journal of Innovation, Creativity and Change, 12 (2): 725–733.
- Orlov A.I. 2023. About mathematical, statistical and instrumental methods of economy and management of science Polythematic Online Scientific. Journal of Kuban State Agrarian University, 186: 173–194.
- Orlov A.I. 2023. Controlling of economic and mathematical methods Polythematic Online Scientific. Journal of Kuban State Agrarian University, 190: 70–80.
- Orlov A.I. 2023. Mathematical model of optimal management of the learning process Polythematic Online. Scientific Journal of Kuban State Agrarian University, 185: 106–118.
- Souza M., Moreira R., Figueiredo E. 2019. Students perception on the use of project-based learning in software engineering education. Proc. Int. Conf. of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019), Salvador, Bahia, Brazil, 537–546.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 16.08.2024

Received August 16, 2024

Поступила после рецензирования 03.12.2024

Revised December 03, 2024

Принята к публикации 05.12.2024

Accepted December 05, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ганичева Антонина Валериановна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физико-математических дисциплин и информационных технологий, Тверская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тверь, Россия

Antonina V. Ganicheva, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department Physical and Mathematical Disciplines and Information Technology, Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

Ганичев Алексей Валерианович, старший преподаватель кафедры информатики и прикладной математики, Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия

Alexey V. Ganichev, Senior lecturer of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver, Russia