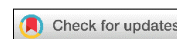


# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## INFORMATION TECHNOLOGIES



УДК 004.89, 004.421, 519.688  
<https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-2-58-71>

Оригинальная статья  
Original Paper

### Интеллектуальный анализ качества учебного контента по статистике успеваемости студентов в системе управления обучением «Скорина»

А. Г. Савенко<sup>✉</sup>

*Институт информационных технологий  
Белорусского государственного университета  
информатики и радиоэлектроники,  
ул. Козлова, 28, Минск, 220037, Беларусь  
✉E-mail: savenko@bsuir.by*

**Аннотация.** Анализируются достоинства и недостатки дистанционной формы получения образования, специфики организации учебного процесса и использования учебного контента для такой формы обучения. Указываются проблемы оценки качества образовательного контента для дистанционного образовательного процесса и его эффективности. Описываются структура разрабатываемой системы управления обучением «Скорина» и механизмы создания учебного контента, процесса обучения, аттестации обучаемых и сбора статистики успеваемости. Приводятся математическая модель образовательного процесса системы управления обучением «Скорина» и подход к оценке знаний обучаемых.

Предлагается реализация функциональной схемы и алгоритма работы модуля интеллектуального анализа качества учебного контента системы управления обучением «Скорина». Модуль предназначен для выявления недостатков учебного контента и совершенствования материалов, объективно вызывающих трудности у студентов при изучении отдельных вопросов или тем изучаемых дисциплин на основании статистических данных успеваемости студентов. Связь конкретных частей учебного контента с определенными вопросами контрольных тестов реализуется посредством специальных меток, создаваемых при разработке содержания изучаемых дисциплин. Алгоритм интеллектуального анализа позволяет определять и исключать из статистической выборки студентов, характеристики успеваемости которых объективно не связаны с качеством учебного контента.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных, академическая успеваемость, учебный контент, оценка качества процесса обучения, статистика успеваемости студентов, система управления обучением, графовая модель образовательного процесса

**Для цитирования.** Савенко, А. Г. Интеллектуальный анализ качества учебного контента по статистике успеваемости студентов в системе управления обучением «Скорина» / А. Г. Савенко // Информатика. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 58–71. <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-2-58-71>

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

---

Поступила в редакцию | Received 30.12.2020  
Подписана в печать | Accepted 13.01.2021  
Опубликована | Published 26.06.2021

## Intelligent analysis of the quality of educational content on statistics of student performance in the learning management system "Scorina"

Andrei G. Savenko✉

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State  
University of Informatics and Radioelectronics  
st. Kozłova, 28, Minsk, 220037, Belarus  
✉E-mail: savenko@bsuir.by*

**Abstract.** The article provides the analysis of the advantages and disadvantages of distance education, the specifics of educational process and the use of educational content for this form of education. The problems of assessing the quality of educational content for the distance educational process and its effectiveness are determined. The structure of the developed learning management system "Scorina" and the mechanisms for creating educational content, the learning process, attestation of students and the collection of progress statistics are described. A mathematical model of educational process of learning management system "Scorina", and approach to assessing the knowledge of students are presented.

The implementation of functional diagram and the algorithm of the module for the intelligent analysis of the quality of educational content of learning management system "Scorina" is proposed. The module is designed to identify the shortcomings in educational content and to improve the materials that could cause the difficulties for students when studying certain issues or topics of the disciplines are studied based on statistical data of student performance. The connection of specific parts of educational content with specific questions of control tests is implemented through special labels created during the development of the content of the studied disciplines. The mining algorithm allows to identify and exclude from the statistical sample the information of the students whose academic performance characteristics are not objectively related to the quality of educational content.

**Keywords:** data mining, academic performance, educational content, quality assessment of the learning process, student performance statistics, learning management system, graph model of the educational process

**For citation.** Savenko A. G. Intelligent analysis of the quality of educational content on statistics of student performance in the learning management system "Scorina". *Informatics*, 2021, vol. 18, no. 2, pp. 58–71 (In Russ.). <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-2-58-71>

**Conflict of interest.** The author declare of no conflict of interest.

**Введение.** В настоящее время наиболее перспективной и быстроразвивающейся формой получения образования является дистанционная. Это обусловлено как внешними по отношению к системе образования факторами (например, пандемией вируса Covid-19), так и внутренними (общей цифровизацией всех сфер общественной жизни, необходимостью наращивания экспорта образовательных услуг и др.). В качестве отдельных факторов развития дистанционной формы получения образования можно выделить ее преимущества в сравнении с традиционными формами: возможность внедрения и использования в учебном процессе виртуальной и дополненной реальностей [1, 2], инклюзивность образовательного процесса [3], экономическую эффективность дистанционной формы образования [4], использование инновационных информационно-коммуникационных технологий в образовании [5], реализацию игрового подхода в обучении [6], возрастающую конкуренцию на рынке образовательных услуг и т. д.

За последние годы для нужд образования были разработаны средства тестирования обучаемых, электронные учебные пособия, справочники и программы-тренажеры. Интенсивное развитие сетевых технологий, средств передачи информации в сети Интернет и их широкое распространение в самых разных сферах человеческой деятельности существенно расширили возможности учебных заведений и преподавателей при организации образовательного процесса.

Во время разработки системы управления обучением «Скорина» были проанализированы существующие формально-алгоритмическое обеспечение и программные системы для органи-

зации современного образовательного процесса [7, 8]. Были выявлены достоинства и недостатки используемых методов и средств для передачи учебно-методического материала, взаимодействия преподавателей и обучающихся в системе образования. Одним из основных недостатков существующих решений в области организации процесса обучения является недостаточно эффективное использование системного подхода, которое позволяет обеспечить процесс взаимосвязи и взаимодействия основных компонентов системы образовательного процесса: математического, алгоритмического и программного обеспечения.

Исследование проводилось с целью органически увязать все изложенные факты в единую систему образования, разработать модули системы управления обучением для усовершенствования существующего образовательного процесса (например, интеллектуального анализа качества учебного контента). Использование такого подхода может повысить эффективность организации современного образовательного процесса путем создания единого информационно-образовательного пространства для подготовки высококвалифицированных специалистов.

**Проблемы оценки качества образовательного контента для дистанционного образовательного процесса и его эффективности.** Наряду с наличием неоспоримых преимуществ дистанционная форма получения образования отличается, однако, недостаточной готовностью учреждений образования к качественной подготовке специалистов, обусловленной необходимостью изменения подхода к образовательному процессу, трансформацией роли преподавателя и изменением формы и содержания образовательного контента.

Рассмотрим проблему качества и приемлемости образовательного контента для дистанционной формы получения образования и подходы к решению данной проблемы. Традиционные учебные материалы (для очной и заочной форм получения образования) по своей форме и содержанию не в полной мере соответствуют возможностям современных систем управления обучением, используемым при дистанционном обучении, а также запросам со стороны потребителей образовательных услуг. Учебный контент для дистанционной формы обучения должен быть интерактивным, наглядным и соответствующим образом структурированным [9].

Как правило, студенты справляются с изучением учебных дисциплин по-разному. Это обусловлено различной базовой подготовкой, индивидуальными способностями к изучению материала, уровнем ответственности, прилагаемыми усилиями и индивидуальным состоянием обучающегося. Может сложиться ситуация, когда студент-отличник плохо справляется с изучением конкретного модуля, темы или дисциплины, о чем будет свидетельствовать статистика прохождения соответствующей промежуточной или текущей аттестации. Безусловно, данный факт еще не является показателем плохого качества учебного материала. Если же доля таких студентов будет более высокой (например, выше средних статистических показателей для соответствующих модулей у студентов очной формы получения образования) или большинство студентов будут испытывать затруднения при ответе на один или одни и те же вопросы, то это может свидетельствовать о недостатках методики преподавания и изложения материала [10]. Следовательно, существует необходимость улучшения определенной части учебного контента. Исходными данными для выявления таких причинно-следственных связей может выступать статистика успеваемости обучаемых по изучаемым дисциплинам (модулям дисциплины или конкретным разделам) [11]. Применительно к электронным средствам обучения (ЭСО), в частности, для дистанционной формы получения образования получение данной статистики автоматизировано и не представляет особых трудностей для ее использования и интеллектуального анализа.

**Математическая модель образовательного процесса в системе управления обучением «Скорина».** На рис. 1 показана упрощенная схема образовательного процесса в системе управления обучением «Скорина», где обозначено множество обучаемых  $S = \{s_i, i = \overline{1, n}\}$ ,  $|S| = n$ ,  $n$  – количество всех обучаемых; множество всех изучаемых дисциплин  $D = \{d_j, j = \overline{1, m}\}$ ,  $|D| = m$ ,  $m$  – количество всех дисциплин; подмножества обучаемых, изучающих дисциплину  $d_j$ ,  $Sd_j = \{sd_i, i = \overline{1, q_j}, q_j \leq n \mid sd_i \in S\}$ ,  $Sd_j \subseteq S$ ,  $|Sd_j| = q_j$ ,  $q_j$  – количество студентов, изучающих дисциплину  $d_j$ . При этом данные подмножества могут быть пересекающимися ( $Sd_1 \cap Sd_2, \dots, Sd_1 \cap Sd_{m-1}; Sd_{m-1} \cap Sd_{m-2}, \dots$ ).

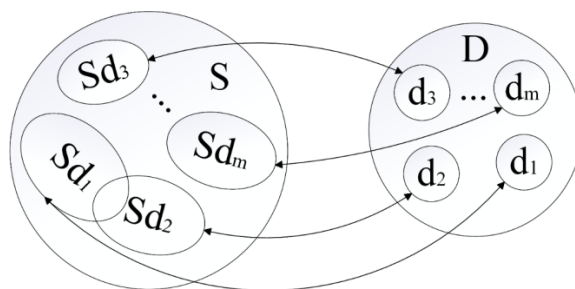


Рис. 1. Упрощенная схема процесса обучения в системе управления обучением «Скорина»

Представим данную схему в виде графа  $G(V, E)$ ;  $S, D \subset V$ , где подмножеству вершин  $s_i$  инцидентны ребра, входящие в вершины  $d_j$  подмножества  $D$  (рис. 2). Тогда  $e(sd_j, d_j) \in E$ .

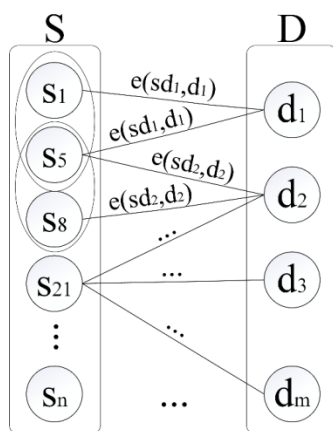


Рис. 2. Графовая модель «обучаемый – изучаемая дисциплина» в системе управления обучением «Скорина»

Система управления обучением «Скорина» имеет модульную структуру, учебный контент создается непосредственно в конструкторе дисциплин самой системы. Он может быть представлен в одном или нескольких форматах: текстово-графическом; видеоформате; в виде файлов презентаций, пособий, книг, виртуальных лабораторных и практических занятий. Структура учебной дисциплины имеет свою иерархию – три уровня вложенности (дисциплина – модуль – блок). Первый уровень иерархии – дисциплина  $d_j$ , второй – модуль дисциплины  $md_{jk}$  (конкретная глава или тема дисциплины). Количество модулей в дисциплине теоретически не ограничено и определяется необходимостью разбиения дисциплины на конкретные темы. Характеристическое свойство множества модулей  $Md_j$  дисциплины  $d_j$  имеет вид  $Md_j = \{md_{ji}, i = \overline{1, k_j}, k_j \in N\}$ ,  $|Md_j| = k_j$ ,  $k_j$  – количество модулей дисциплины  $d_j$ . Третий уровень – материалы по теме модуля (это блоки теоретического лекционного материала, блоки лабораторных работ по модулю, блоки практических занятий). После изучения и выполнения каждого блока материалов по модулю предусмотрено пробное и контрольное тестирование. Пробное тестирование предназначено для самоконтроля студентов и предполагает закрытое тестирование с автоматическим выставлением его результата. Контрольное тестирование может быть гибридным (открытые, закрытые вопросы, сопоставления и т. п.). Статистика прохождения контрольного тестирования сохраняется в базе данных и включает информацию по вопросам, на которые даны правильные и неправильные ответы; время прохождения тестирования; количество попыток прохождения теста; оценку за тестирование; минимальный проходной балл, установленный преподавателем [12, 13]. Обобщенная графовая модель образовательного процесса с контрольным тестированием на уровне модулей в системе управления обучением «Скорина» представлена на рис. 3.

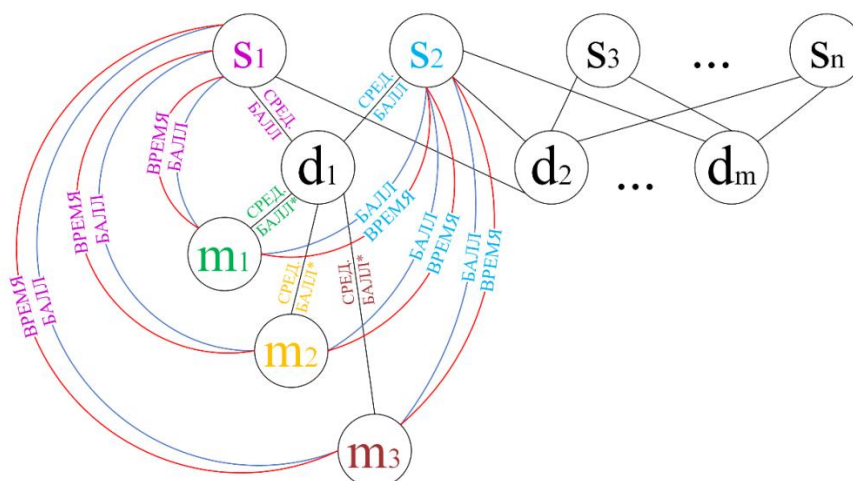


Рис. 3. Обобщенная графовая модель образовательного процесса с контрольным тестированием на уровне модулей

Как видно из рис. 3, модель представляет собой взвешенный мультиграф. Весом ребер, инцидентных вершинам  $s_i$  и  $m_k$ , являются время прохождения контрольного тестирования по модулю  $m_k$  и оценка контрольного теста по модулю  $m_k$ , полученная конкретным обучаемым (на рис. 3 разные обучаемые и вес инцидентных им ребер обозначены различным цветом). Весом ребер, инцидентных вершинам  $s_i$  и  $d_j$ , является средний балл конкретных студентов по конкретным дисциплинам (на рис. 3 обозначено как «сред. балл»). Весом ребер, инцидентных вершинам  $m_k$  и  $d_j$ , являются средние баллы прохождения контрольного тестирования по модулю всех обучаемых, изучающих данный модуль (на рис. 3 обозначено как «сред. балл\*») и каждый модуль обозначен разным цветом).

При создании учебного контента и вопросов контрольного тестирования ставятся тематические метки (определенный идентификатор, например «1», «2», «3», ...). Тематическая метка идентифицирует определенную часть учебного контента (абзац или предложение текста, определенный хронометраж видеолекции, определенные слайды презентации или ее всю). При создании контрольного теста каждый его вопрос соотносится с соответствующей тематической меткой учебного контента. Таким образом, можно отслеживать тематические метки, соответствующие вопросам, на которые были даны верные и неверные ответы при контрольном тестировании. Графовая модель  $GM$ , иллюстрирующая связь определенных частей образовательного контента и вопросов контрольных тестов, показана на рис. 4.

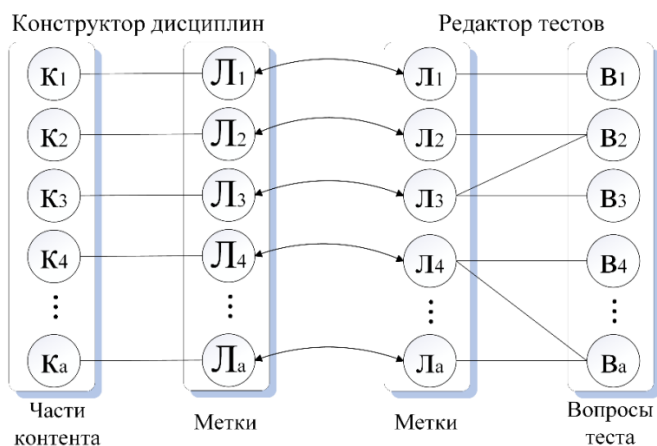


Рис. 4. Графовая модель связи определенных частей учебного контента с вопросами контрольного теста

Как видно из рис. 4, максимальный порядок графа  $|V(GM)| = 4a$ , где  $a$  – количество выделенных частей учебного контента при его создании в конструкторе дисциплин. Степень вершин графа  $d(v) > 1$  может быть только у вершин, образующих подмножества вопросов контрольных тестов и меток этих вопросов, формируемых в редакторе тестов. Это значит, что для ответа на вопрос контрольного тестирования необходимы знания, содержащиеся в нескольких частях учебного контента, обозначенных соответствующими метками. Минимальная степень вершин графа  $\delta(GM) = 1$ .

Использование графовой модели образовательного процесса имеет свои преимущества. Во-первых, геометрическая интерпретация графовой модели дает возможность наглядного анализа данных и процессов. Во-вторых, матричная интерпретация обеспечивает эффективную обработку информации на ЭВМ, что позволяет автоматизировать процесс получения статистических данных успеваемости обучаемых в системе управления обучением «Скорина». Так как модель представляет собой мультиграф, количество связей между вершинами не ограничено. За счет этого в схему данных можно добавлять новые отношения, дополняя тем самым статистические данные. Кроме того, графовая схема данных имеет ряд преимуществ в сравнении с реляционной [14, 15].

**Оценка знаний обучаемых и получение статистики успеваемости.** При создании контрольного теста по модулю дисциплины или блоку модуля преподаватель для каждого вопроса выбирает его тип: закрытый (необходимо выбрать правильный (или правильные) ответ из предложенных), открытый (необходимо дать развернутый ответ на поставленный вопрос) или сопоставление (в соответствии с поставленным заданием необходимо соотнести определенные блоки или расположить их в установленной последовательности). На вопросы закрытого типа и сопоставления преподаватель помечает правильный вариант ответа. Также предусмотрено задание веса вопроса в формировании итоговой оценки по контрольному тесту. Оценка знаний по результатам прохождения тестов с вопросами открытого типа и сопоставления производится системой в автоматическом режиме с учетом весов вопросов (если они заданы) или пропорционально количеству вопросов (если веса не заданы). Оценка контрольных тестов, содержащих вопросы открытого типа, выставляется в личном кабинете преподавателя после проверки развернутых ответов обучаемого.

Важными статистическими данными успеваемости обучаемых в системе управления обучением «Скорина» являются также количество правильных и неправильных ответов на каждый вопрос контрольного теста всеми студентами, прошедшими данный тест, количество попыток и время прохождения контрольного теста каждым обучаемым. Количество правильных и неправильных ответов определяет трудность заданий контрольного теста. Доля правильных ответов определяется по формуле

$$r_i = \frac{Right_i}{z}, \quad (1)$$

где  $Right_i$  – количество всех правильных ответов на  $i$ -й вопрос теста;  $z$  – количество обучаемых, ответивших на  $i$ -й вопрос теста; доля неправильных ответов – по формуле

$$w_i = \frac{Wrong_i}{z}, \quad (2)$$

где  $Wrong_i$  – количество всех неправильных ответов на  $i$ -й вопрос теста.

Общий уровень успеваемости определяется как среднее значение балла, полученного всеми обучаемыми, изучающими конкретный блок модуля (модуль дисциплины):

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^q B_i}{q}, \quad (3)$$

где  $B_i$  – балл каждого  $i$ -го обучаемого, изучающего блок модуля (модуль дисциплины).

Сумма квадратов отклонений значений баллов от среднего арифметического называется вариацией и определяется выражением

$$RSS_A = \sum (A_i - B_{cp})^2, \quad (4)$$

где  $A_i$  – количество правильных ответов обучаемого.

Чем меньше значение вариации, тем более похожа сложность заданий контрольного теста и все обучающиеся решают задачу одинаково (например, не допускают ошибок или все допускают максимальное количество ошибок). Проанализировав значение показателя вариации, можно сделать вывод, что задача является либо слишком простой, либо слишком сложной. Однако значение  $RSS_A$  прямо пропорционально зависит от количества обучаемых, изучающих данную дисциплину (чем больше обучаемых, тем больше значение суммы квадратов отклонений значений баллов от среднего арифметического). Более объективным показателем будет являться дисперсия, которая учитывает количество обучаемых  $q$ , изучающих определенный блок модуля (модуль дисциплины), и определяется по формуле

$$Var_A^2 = \frac{RSS_A}{q-1}. \quad (5)$$

где  $q > 1$ .

Маленькое значение дисперсии говорит о том, что большинство обучаемых либо верно выполняют задания контрольного теста, либо, наоборот, неверно, т. е. задания являются либо очень простыми, либо очень сложными.

**Исходные данные и функциональная схема модуля интеллектуального анализа качества учебного контента.** Модуль интеллектуального анализа качества учебного контента предназначен для выявления и совершенствования материалов учебного контента, объективно вызывающих трудности у студентов при изучении дисциплин.

В соответствии с общими принципами интеллектуального анализа информации [16, 17] для его проведения необходимо располагать нормализованными исходными данными. В рассматриваемом случае исходными данными (в том числе полученными на основании статистики прохождения контрольных тестов всех студентов) являются:

- рациональный процент успеваемости студентов. На первом этапе можно взять средний балл прохождения аттестации студентов по классической очной форме получения образования. Со временем он будет уточняться и оптимизироваться для студентов, обучаемых в системе управления обучением «Скорина»;
- абсолютный процент успеваемости студентов в системе управления обучением «Скорина», т. е. процент студентов, прошедших контрольное тестирование на балл не ниже среднего от общего числа студентов по определенному блоку модуля (или модулю дисциплины);
- время прохождения контрольного теста каждым студентом, изучающим блок модуля (модуль дисциплины);
- успеваемость каждого студента по другим модулям дисциплины;
- успеваемость каждого студента по другим дисциплинам;
- тематические метки вопросов, на которые были даны неверные ответы каждого изучающего блок модуля студента, связанные с соответствующими тематическими метками конкретных частей учебного контента. Например, метка «1», которой обозначен конкретный вопрос в тесте, – это та же самая метка «1», которой обозначен определенный абзац в теоретическом учебном материале. Такие метки предназначены для определения конкретной части учебного материала, при изучении которого у студентов возникают трудности;
- максимальное значение рациональной успеваемости за время выполнения алгоритма.

При выявлении определенных причинно-следственных связей между полученными статистическими данными и качеством соответствующего образовательного материала модуль визуализирует и отправляет на оценку результат анализа эксперту (преподавателю) для принятия решения и совершенствования учебного материала.

Обобщенная функциональная схема модуля интеллектуального анализа показана на рис. 5.

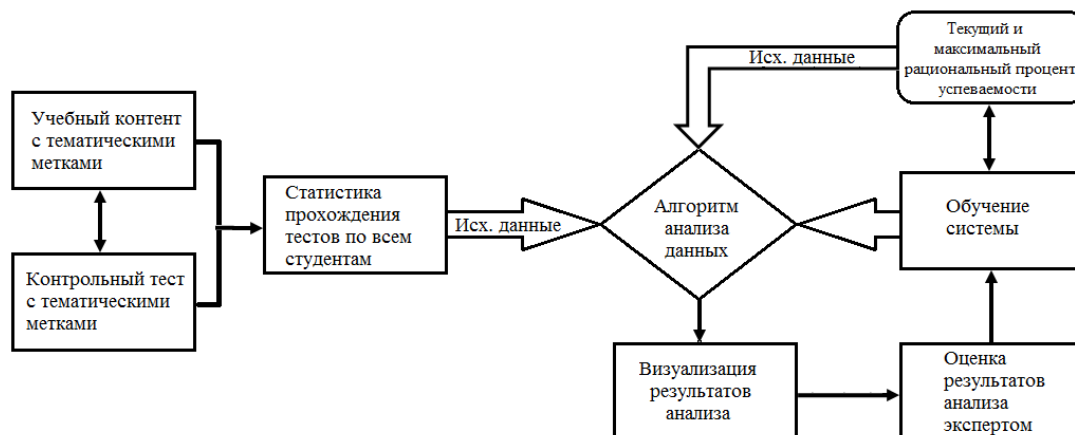


Рис. 5. Обобщенная функциональная схема модуля интеллектуального анализа

**Алгоритм работы модуля интеллектуального анализа качества учебного контента.** Работу модуля интеллектуального анализа можно разделить на следующие этапы:

- 1) определение наличия проблемы или причин ее отсутствия;
- 2) уточнение статистических данных;
- 3) вывод результатов анализа и действия эксперта.

На первом этапе алгоритм сравнивает значение абсолютной успеваемости всех студентов по блоку модуля с текущим значением рациональной успеваемости по данному блоку. Если абсолютная успеваемость меньше рациональной, это свидетельствует о том, что по данному блоку модуля студенты справляются хуже ожидаемого и алгоритм переходит ко второму этапу. Если же абсолютная успеваемость, наоборот, выше рациональной, значит, значение рациональной успеваемости может быть занижено и его необходимо корректировать. Для этого сравнивается текущее значение абсолютной успеваемости с максимальным значением рациональной успеваемости за время работы модуля. Если первое окажется больше, то будет предложено увеличить значение текущей рациональной успеваемости. В противном случае изменения не потребуются.

На втором этапе уточняются статистические данные всех студентов, абсолютная успеваемость которых ниже на заданное значение текущей рациональной успеваемости. С точки зрения математической модели необходимо разбить множество обучаемых  $S$  на два подмножества  $S'$  и  $S^*$  (рис. 6). Для примера, изображенного на рис. 6 (контрольное тестирование на уровне модуля дисциплины),  $S' = \{s'_i, i = \overline{1, q} \mid e(sd_j, d_j) < B_{\text{рац}} \times x\}$ ,  $S' \subseteq S$ ,  $S^* = \{s^*_i, i = \overline{1, q} \mid e(sd_j, d_j) \geq B_{\text{рац}} \times x\}$ ,  $S^* \subseteq S$ , где  $B_{\text{рац}}$  – значение текущей рациональной успеваемости,  $x$  – коэффициент, определяющий значение, на которое абсолютная успеваемость обучаемых ниже текущей рациональной успеваемости. Теоретически множество  $X = \{x \in R \mid 0 < x \leq 1\}$ . С практической точки зрения целесообразно использовать значения коэффициента  $x$  из диапазона от 0,7 до 0,95.

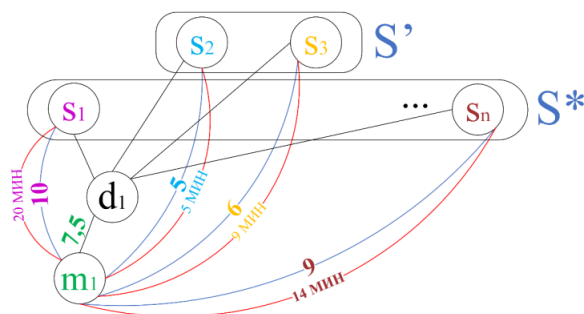


Рис. 6. Пример разбиения множества обучаемых на подмножества по признаку текущей успеваемости с контрольным тестированием на уровне модуля дисциплины



Далее анализируются такие данные, как время, затраченное на прохождение контрольного теста, успеваемость студентов по другим модулям дисциплины и успеваемость во временном срезе. Таким образом, из общей выборки исключаются данные студентов, характеристики успеваемости которых являются низкими по внутренним причинам (рис. 7) и не связаны с качеством учебного контента, а по каждому такому случаю студенту отправляется соответствующая рекомендация. Например, с точки зрения качества учебного контента о недостоверности характеристик успеваемости может свидетельствовать несопоставимо малое значение времени, затраченного на прохождение контрольного теста (например, студент прошел тест за 10 с, наугад расставив ответы). Пример исключения данных таких обучаемых из статистической выборки представлен на рис. 8. Также снижение успеваемости конкретного студента по всем дисциплинам в определенный промежуток времени может указывать на наличие внутренних причин (психологическое состояние, загруженность на работе, снижение мотивации и интереса к выбранной специальности и т. д.). Более высокие показатели по другим модулям этой же дисциплины свидетельствуют о недостатках учебного контента анализируемого блока модуля. Так происходит уточнение исходных данных для анализа и исключение из выборки данных, объективно не зависящих от качества учебного контента. Вместе с тем следует отметить, что в алгоритме не обрабатываются и не учитываются вопросы, по которым были получены верные ответы от студентов. Установить, были эти верные ответы случайными или обдуманными, не представляется возможным.

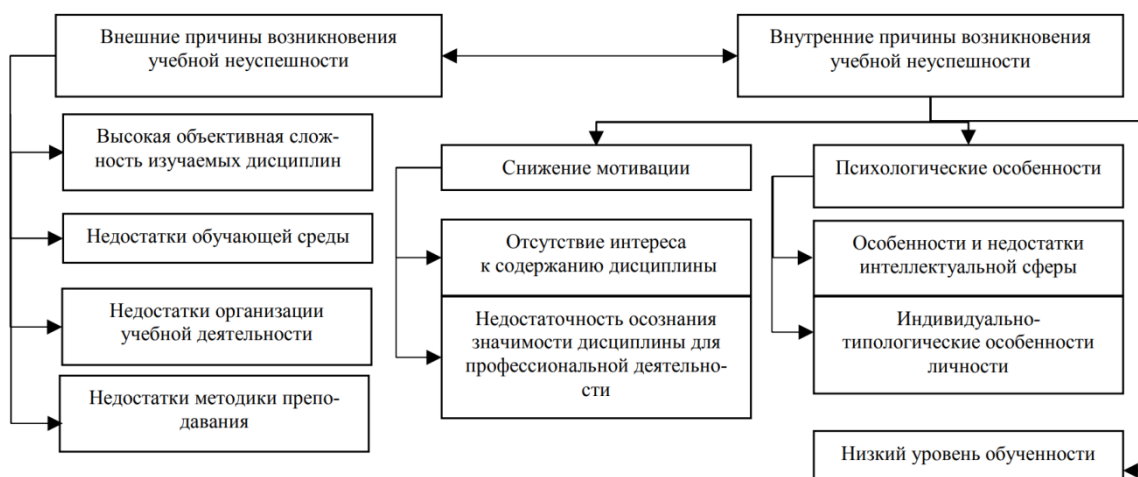


Рис. 7. Причины возникновения учебной неуспешности студентов [10]

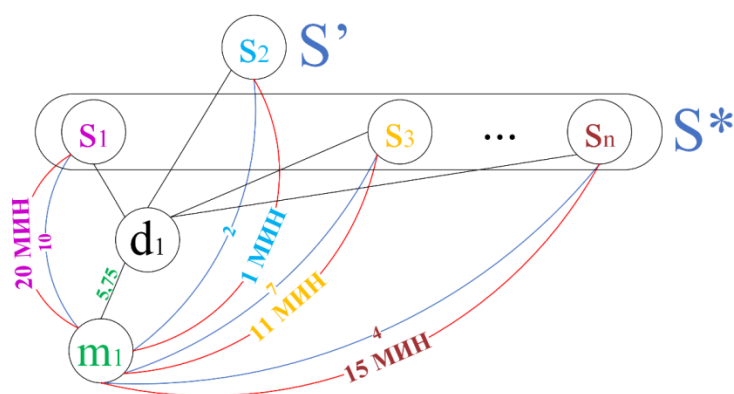


Рис. 8. Выделение из множества обучаемых тех, кто прошел контрольное тестирование на уровне модуля дисциплины за время, неадекватное заданию

После исключения из выборки статистических данных, объективно не зависящих от качества учебного контента, повторяется первый этап – определяется необходимость совершенствования учебного контента с соответствующими метками.

На третьем этапе осуществляется вывод результатов выполнения алгоритма. В случае если была установлена зависимость низкой успеваемости студентов от качества учебного контента, соответствующее сообщение отправляется эксперту (преподавателю) для принятия решения о необходимости совершенствования части учебного контента с соответствующими метками. Часть учебного контента с соответствующими метками визуализируется, и эксперт (преподаватель) либо принимает решение о его переработке, либо не вносит изменений и пишет рекомендации, которые отправляются всем студентам, испытывающим затруднения при ответе на вопросы, связанные с данной частью учебного контента.

Обобщенная блок-схема алгоритма работы модуля интеллектуального анализа изображена на рис. 9.

Таким образом, представленный алгоритм интеллектуального анализа позволяет установить причинно-следственные связи между низкой успеваемостью студентов по изучаемому блоку модуля дисциплины (модулю дисциплины) и качеством учебного контента; идентифицировать конкретные части образовательного контента, нуждающиеся в совершенствовании, и представить их эксперту для принятия решения. Используя дополнительные базы данных, по такому же алгоритму можно проводить анализ способностей конкретного студента к изучению определенных дисциплин, например, при выборе специализации по специальности.

Блок-схема этапа уточнения статистических данных алгоритма представлена на рис. 10.

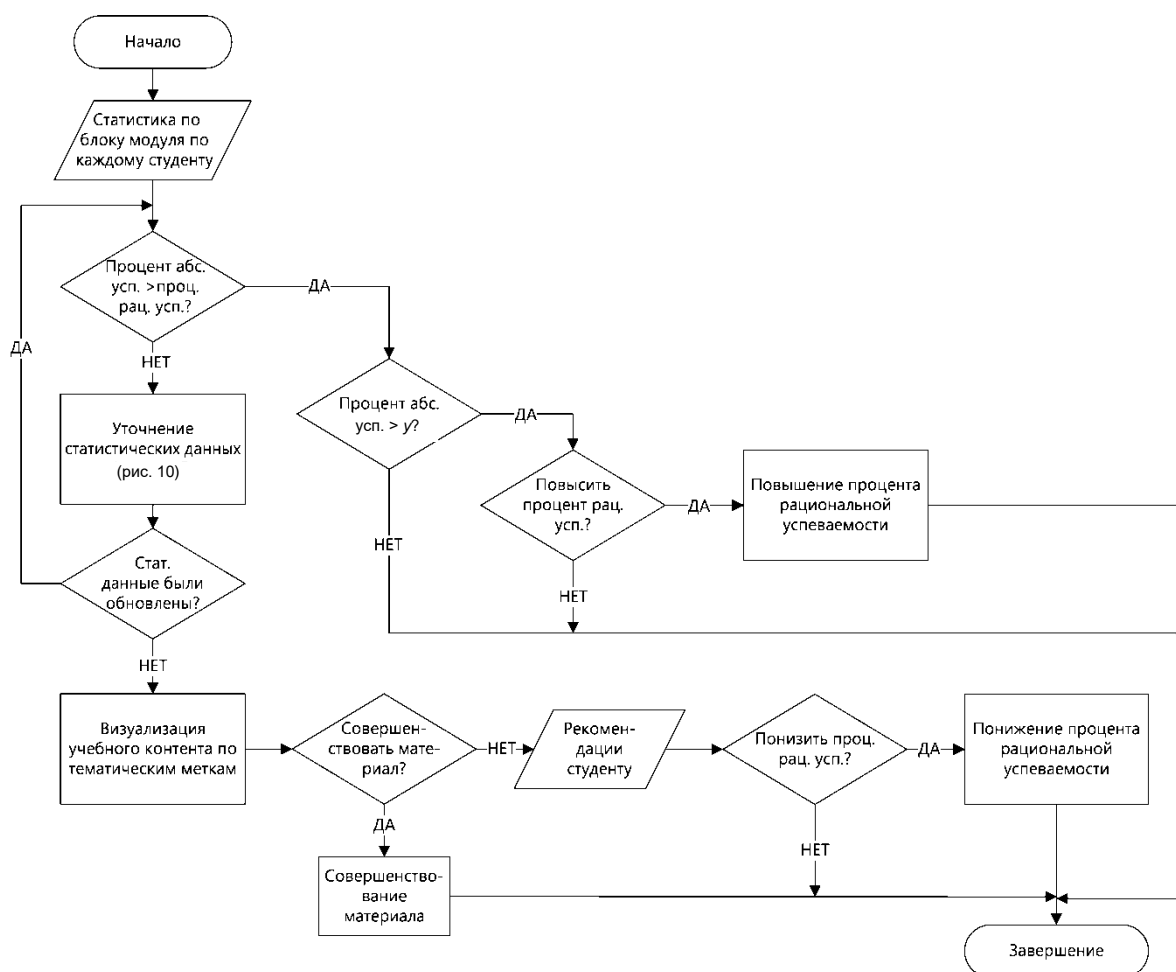


Рис. 9. Обобщенная блок-схема алгоритма работы модуля интеллектуального анализа

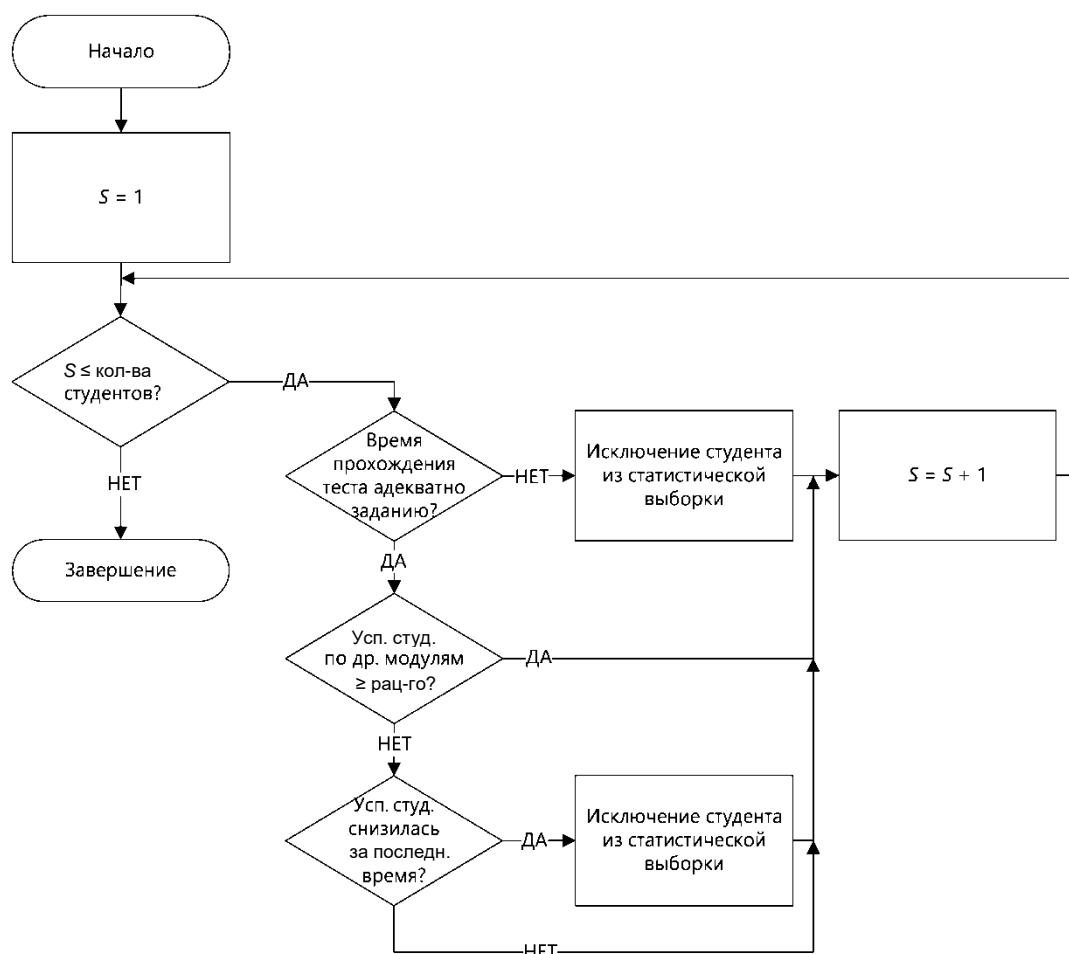


Рис. 10. Блок-схема этапа уточнения статистических данных алгоритма

**Заключение.** В результате проведенного научного исследования были проанализированы достоинства и недостатки дистанционной формы обучения, определены специфические особенности учебного контента для данной формы получения образования. Выявлены проблемы оценки качества образовательного контента для дистанционного образовательного процесса и его эффективности. Разработана математическая модель образовательного процесса системы управления обучением «Скорина» и ее программно-алгоритмическая реализация. Предложено математическое обеспечение оценки качества знаний обучающихся, которое в силу своей универсальности имеет широкую сферу применения в различных формах обучения. Представлена обобщенная схема модуля интеллектуального анализа качества учебного контента по статистике успеваемости студентов, отражающая его функциональные возможности в современном дистанционном и других видах образовательного процесса. Разработанный алгоритм работы модуля интеллектуального анализа системы управления обучением «Скорина» предназначен для анализа и адаптации материалов учебного контента к обучаемым с учетом их индивидуальных возможностей при освоении изучаемого материала. Все это позволяет обеспечить высокую гибкость, производительность, универсальность и адаптивность современного образовательного процесса. Представленный алгоритм при доработке может быть также использован обучаемым для выбора специализации. Следует отметить актуальность предложенных разработок, а также перспективы их дальнейшего развития в системе управления обучением «Скорина» и внедрения данной системы в образовательный процесс всех форм обучения для повышения качества подготовки специалистов.

**Список использованных источников**

1. Савенко, А. Г. Преимущества и перспективы использования виртуальной и дополненной реальности в дистанционном образовательном процессе / А. Г. Савенко // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы X Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 7–8 дек. 2017 г. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 119.
2. Савенко, А. Г. Виртуальная реальность как способ получения и доставки учебного контента / А. Г. Савенко, Н. А. Кукалев, А. Г. Савенко // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития = Engineering education: challenges and developments : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 1–2 нояб. 2018 г. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 394–397.
3. Савенко, А. Г. Преимущества и реализация дистанционного образовательного процесса для лиц с особыми потребностями / А. Г. Савенко // Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–15 дек. 2017 г. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 106–108.
4. Карпекин, И. А. Преимущества и эффективность внедрения дистанционной формы образования в образовательный процесс учреждений образования любого типа / И. А. Карпекин, А. Г. Савенко // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы XI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 12–13 дек. 2019 г. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 136–137.
5. Суский, А. А. Преимущества и перспективы внедрения нейронных сетей в образовательный процесс как инструмент повышения качества подготовки специалистов / А. А. Суский, А. Г. Савенко // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития = Engineering education: challenges and developments : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 1–2 нояб. 2018 г. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 454–456.
6. Савенко, А. Г. Игровой подход в обучении программированию детей и подростков / А. Г. Савенко // Информационные технологии в технических, политических и социально-экономических системах : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Белорусский национальный технический университет. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 30.
7. Савенко, А. Г. Анализ технологий современного дистанционного образовательного процесса в Республике Беларусь и перспективы их развития / А. Г. Савенко // Актуальные вопросы профессионального образования : тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11 апр. 2019 г. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 227–228.
8. Савенко, А. Г. Проблемы в нормативно-правовом поле и пути их решения при внедрении эффективного дистанционного образовательного процесса в учреждениях образования Республики Беларусь / А. Г. Савенко // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы XI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 12–13 дек. 2019 г. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 265.
9. Скудняков, Ю. А. Структурная организация процесса дистанционного обучения / Ю. А. Скудняков, А. Г. Савенко, А. В. Матвеев // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы X Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 7–8 дек. 2017 г. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 82.
10. Останкина, Е. Н. О факторах учебной неуспешности студентов / Е. Н. Останкина // Вестник Череповецкого гос. ун-та. – 2013. – Т. 1, № 1(54). – С. 127–131.
11. Анализ статистики успеваемости студентов как средство повышения качества образования / Е. А. Ерохина [и др.] // Инженерное образование. – 2014. – № 15. – С. 200–205.
12. Савенко, А. Г. Ротационно-гибридная модель современного образовательного процесса и ее программно-алгоритмическая реализация / А. Г. Савенко, Ю. А. Скудняков // Информационные системы и технологии – 2019 : сб. материалов XXV Междунар. науч.-техн. конф., Нижний Новгород, 19 апр. 2019 г. / НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2019. – С. 451–458.
13. Савенко, А. Г. Один из подходов к организации современного образовательного процесса / А. Г. Савенко, Ю. А. Скудняков // Информатика. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 96–104. <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-1-96-104>
14. Курочкин, А. В. Агрегация и индексирование данных нескольких источников на основе графовой модели в базах данных медицинских экспертных систем / А. В. Курочкин, В. С. Садов // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 3. – С. 25–35. <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2020-17-3-25-35>
15. Пилецкий, И. И. Граф знаний и машинное обучение как базис методологии искусственного интеллекта в обучении / И. И. Пилецкий, М. П. Батура, Н. А. Волорова // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. науч. ст. VII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 мая 2021 г. / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2021. – С. 198–209.

16. Tatur, M. M. Intelligent data analysis: from theory to practice / M. M. Tatur, N. A. Iskra // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS–2018) : материалы Международ. науч.-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 171–174.

17. Интеллектуальный анализ данных и облачные вычисления / Татур М. М. [и др.] // Доклады БГУИР. – 2019. – № 6(124). – С. 62–71. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2019-124-6-62-71>

---

## References

1. Savenko A. G. *Advantages and prospects of using virtual and augmented reality in the distance educational process*. Distantionnoe obuchenie – obrazovatel'naya sreda XXI veka: materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 7–8 dekabrya 2017 g. [*Distance Learning – Educational Environment of the XXI Century: Materials of the X International Scientific and Methodological Conference, Minsk, 7–8 December 2017*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2017, p. 119 (In Russ.).

2. Savenko A. G., Kukalev N. A., Savenko A. G. *Virtual reality as a way of receiving and delivering educational content*. Vysshee tehicheskoe obrazovanie: problem i puti razvitiya: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 1–2 nojabrya 2018 g. [*Engineering Education: Challenges and Developments: Materials of the IX International Scientific and Methodological Conference, Minsk, 1–2 November 2018*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2018, pp. 394–397 (In Russ.).

3. Savenko A. G. *Advantages and implementation of distance learning process for people with special needs*. Nepreryvnoe professional'noe obrazovanie lits s osobymi potrebnyami: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Minsk, 14–15 dekabrya 2017 g. [*Continuing Professional Education of Persons with Special Needs: Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference, Minsk, 14–15 December 2017*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2017, pp. 106–108 (In Russ.).

4. Karpekin I. A., Savenko A. G. *Advantages and effectiveness of introducing distance education into the educational process of educational institutions of any type*. Distantionnoe obuchenie – obrazovatel'naya sreda XXI veka: materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 12–13 dekabrya 2019 g. [*Distance Learning – Educational Environment of the XXI Century: Materials of the XI International Scientific and Methodological Conference, Minsk, 12–13 December 2019*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2019, pp. 136–137 (In Russ.).

5. Suskij A. A., Savenko A. G. *Advantages and prospects of introducing neural networks into the educational process as a tool for improving the quality of training of specialists*. Vysshee tehicheskoe obrazovanie: problemy i puti razvitiya: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 1–2 nojabrya 2018 g. [*Engineering Education: Challenges and Developments: Materials of the IX International Scientific and Methodological Conference, Minsk, 1–2 November 2018*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2018, pp. 454–456 (In Russ.).

6. Savenko A. G. *A playful approach to teaching programming to children and adolescents*. Informatsionnye tehnologii v tehicheskikh, politicheskikh i sotsial'no-ekonomicheskikh sistemah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehicheskoy konferentsii [*Information Technologies in Technical and Socio-Economic Systems: Materials of the Scientific and Technical Conference*]. Minsk, Belorusskij nacional'nyj tehicheskij universitet, 2018, p. 30 (In Russ.).

7. Savenko A. G. *Analysis of technologies of modern distance educational process in the Republic of Belarus and prospects for their development*. Aktualnye voprosy professional'nogo obrazovaniya: tezis dokladov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Minsk, 11 aprelja 2019 g. [*Topical Issues of Vocational Education: Abstracts of the II International Scientific and Practical Conference, Minsk, 11 April 2019*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2019, pp. 227–228 (In Russ.).

8. Savenko A. G. *Problems in the regulatory and legal field and ways to solve them in the implementation of an effective distance educational process in educational institutions of the Republic of Belarus*. Distantionnoe obuchenie – obrazovatel'naya sreda XXI veka: materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 12–13 dekabrya 2019 g. [*Distance Learning – Educational Environment of the XXI Century: Materials of the XI International Scientific and Methodological Conference, Minsk, 12–13 December 2019*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2019, p. 265 (In Russ.).

9. Skudnyakov Y. A., Savenko A. G., Matveev A. V. *Structural organization of the distance learning process*. Distantionnoe obuchenie – obrazovatel'naya sreda XXI veka: materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 7–8 dekabrya 2017 g. [*Distance Learning – Educational Environment of*

*the XXI Century: Materials of the X International Scientific and Methodological Conference, Minsk, 7–8 December 2017*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2017, p. 82 (In Russ.).

10. Ostantkina E. N. *About the factors of academic failure of students*. Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta [*Bulletin of the Cherepovets State University*], 2013, vol. 1, no. 1(54), pp. 127–131 (In Russ.).

11. Erohina E. A., Hruslova D. V., Zhurin U. V., Klyshinskij E. S. *Analysis of student performance statistics as a means of improving the quality of education*. Inzhenernoe obrazovanie [*Engineering Education*], 2014, no. 15, pp. 200–205 (In Russ.).

12. Savenko A. G., Skudnyakov Y. A. *Rotational-hybrid model of the modern educational process and its program-algorithmic realization*. Informatsionnye sistemy i tehnologii – 2019: sbornik materialov XXV Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii, Nizhnij Novgorod, 19 aprelja 2019 g. [*Information Systems and Technologies – 2019: Collection of Materials of the XXV International Scientific and Technical Conference, Nizhnij Novgorod, 19 April 2019*]. Nizhnij Novgorod, Nizhegorodskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. R. E. Alekseeva, 2019, pp. 451–458 (In Russ.).

13. Savenko A. G., Skudnyakov Yu. A. One of the approaches to the organization of the modern educational process. Informatika [*Informatics*], 2021, vol. 18, no. 1, pp. 96–104 (In Russ.). <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-1-96-104>

14. Kurochkin A. V., Sadov V. S. *Aggregation and indexing of data from several sources based on a graph model in databases of medical expert systems*. Informatika [*Informatics*], 2020, vol. 17, no. 3, pp. 25–35 (In Russ.). <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2020-17-3-25-35>

15. Pileckij I. I., Batura M. P., Volorova N. A. *Knowledge graph and machine learning as the basis of artificial intelligence methodology in teaching*. BIG DATA i analiz vysokogo urovnja: sbornik nauchnyh statej VII Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoy konferencii, Minsk, 19–20 maja 2021 g. [*BIG DATA and Advanced Analytics : Collection of Scientific Articles of the VII International Scientific and Practical Conference, Minsk, 19–20 May 2021*]. Minsk, Bestprint, 2021, pp. 198–209 (In Russ.).

16. Tatur M. M., Iskra N. A. *Intelligent data analysis: from theory to practice*. Otkrytye semanticheskie tehnologii proektirovaniya intellektual'nyh sistem (OSTIS-2018): materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii [*Open Semantic Technologies for the Design of Intelligent Systems (OSTIS-2018): Materials of the International Scientific and Technical Conference*]. Minsk, Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2018, pp. 171–174.

17. Tatur M. M., Lukashevich M. M., Pertsev D. Y., Iskra N. A. *Intelligent data analysis and cloud computing*. Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki [*Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*], 2019, vol. 6(124), pp. 62–71 (In Russ.). <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2019-124-6-62-71>

### Информация об авторе

Савенко Андрей Геннадьевич, аспирант, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий, факультет компьютерных технологий, Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.  
E-mail: savenko@bsuir.by

### Information about the author

Andrei G. Savenko, Postgraduate Student, Senior Lecturer, Department of Information Systems and Technologies, Faculty of Computer Technologies, Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.  
E-mail: savenko@bsuir.by