

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

**Савенко Андрей Геннадьевич**

старший преподаватель, ученый секретарь, заместитель заведующего кафедрой ЮНЕСКО  
Институт информационных технологий Белорусского государственного университета  
информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

***Аннотация:** В работе проведен анализ предметной области и существующих решений для организации адаптивного электронного обучения. Предложено комплексное обеспечение организации адаптивного электронного обучения в виде интеллектуальной адаптивной платформы «Скорина». Предложенное решение устраняет недостатки существующих систем и позволяет выстраивать индивидуальную образовательную траекторию еще до начала обучения, выполнять интеллектуальный анализ необходимости адаптации образовательного контента и может быть использовано как для дополнения процесса обучения в традиционных формах обучения, так и при дистанционном обучении. Кроме того, предложенное решение может быть полезно для обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья при организации как специального обучения, так и инклюзивного.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, адаптивное обучение, инклюзивное обучение, повышение качества образовательного процесса.*

В настоящее время наиболее перспективным и быстроразвивающимся форматом организации обучения является электронное обучение. Такой формат организации обучения в современных реалиях является весьма гибким и универсальным: может использоваться как в традиционных формах получения образования, так в дистанционной. Его актуальность и развитие обусловлены как внешними по отношению к системе образования факторами (например, пандемией вируса Covid-19), так и внутренними (цифровизацией образовательного процесса, необходимостью наращивания экспорта образовательных услуг и др.). В качестве отдельных факторов развития формата электронного обучения можно выделить его преимущества в сравнении с традиционными форматами: возможность внедрения и использования в учебном процессе виртуальной и дополненной реальностей [1, 2], увеличение степени инклюзивности образовательного процесса [3], более высокая экономическая эффективность [4], использование инновационных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовании [5], реализацию игрового подхода в обучении [6], возрастающую конкуренцию на рынке образовательных услуг [7] и т. д.

В свою очередь, развитие электронного обучения обусловило потребность в разработке современных интеллектуальных обучающих систем (платформ) и их обучающего контента. Интеллектуальные платформы обучения реализуют концепцию управления знаниями обучаемого и его траекторией обучения. Наиболее перспективными, в рамках этой концепции, являются адаптивные системы обучения, позволяющие при минимальных затратах ресурсов участников образовательного процесса добиться максимальной эффективности обучения. Таким образом, можно индивидуализировать постиндустриальную модель обучения [8], имеющую широкое распространение в ВУЗах стран СНГ и заменить ее на более эффективную адаптивную модель обучения [9].

Анализ предметной области и возможностей существующих адаптивных электронных средств обучения показали, что данные решения реализуют адаптивную модель обучения путем построения индивидуальных траекторий обучения по индивидуальным моделям обучающихся [10]. Такой подход позволяет адаптировать процесс обучения в соответствии с текущим уровнем



знаний обучаемых только в процессе обучения (а не с самого начала обучения) и образовательный контент при этом остается статичен, т. е. не имеет механизмов выявления необходимости его адаптации под обучаемых.

С учетом выявленных недостатков, для решения обозначенных проблем, автором предложено комплексное решение, включающее в себя взаимосвязанные механизмы построения моделей обучающихся, модели адаптации (МА) и информационно-предметной области (ИПО) и их программно-алгоритмическая реализации с применением искусственного интеллекта.

Общая функциональная схема интеллектуальной цифровой платформы (ИЦП) представлена на рисунке 1.



Рис 1. Общая функциональная схема ИЦП

Для решения проблемы построения эффективной образовательной траектории еще до момента начала обучения цифровая платформа обеспечивает механизм получения исходных данных (входное тестирование и анкетирование), которые определяют начальный порог знаний и различные индивидуальные характеристики обучаемых. Многие из этих данных невозможно установить в процессе обычного процесса обучения. Полученная информация составляет индивидуальную модель обучаемого, которая в последующем дополняется в результате процесса обучения.

ИЦП имеет свой конструктор ИПО (изучаемых дисциплин, их контента и пробного и контрольного тестирования знаний обучаемых), совместимый со стандартом SCORM. В конструкторе предусмотрена трёхуровневая организация образовательного контента, соответствующая современной системе образования: 1) дисциплина; 2) модуль (раздел или отдельная тема дисциплины); 3) блок (практические задания/лабораторные работы/расчетные работ и т.д.). Пробное (для самопроверки знаний обучаемыми) и контрольное тестирование предусмотрено на любом из уровней. Графовая модель ИПО с контрольным тестированием на уровне модулей представлена рисунке 2.

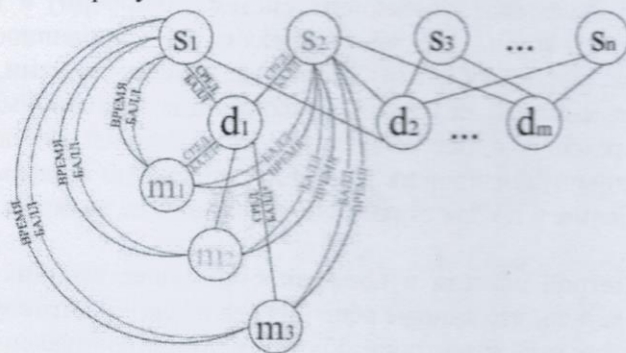


Рис. 2. Пример графовой модели ИПО



Модель ИПО представляет собой взвешенный мультиграф, 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;  $m_1-m_3$  – модули дисциплины  $d_i$ . 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 рисунке 2 разные обучаемые и вес инцидентных им ребер обозначены различным цветом). Весом ребер, инцидентных вершинам  $s_i$  и  $d_j$ , является средний балл конкретных обучаемых по конкретным дисциплинам (на рисунке 2 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 рисунке 2 обозначено как «сред. балл\*») и каждый модуль обозначен разным цветом).

Отличительной чертой конструктора является связь отдельных частей образовательного контента с конкретными вопросами контрольного тестирования, необходимая для интеллектуального анализа учебного контента для возможности его адаптации. Данная связь осуществляется посредством идентификаторов (меток) отдельных частей контента (определённый абзац, файл, тайминг видеозаписи и т.д.) и показана на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, 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.

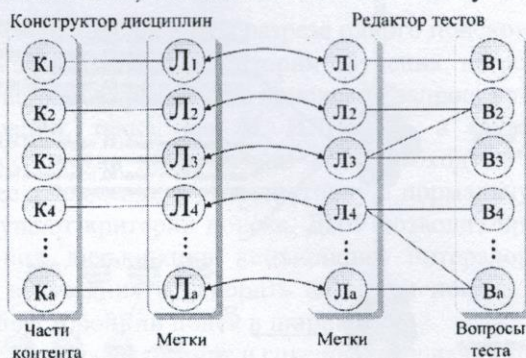


Рис. 3. Графовая модель связи определенных частей учебного контента с вопросами контрольного теста

Одна из МА предназначена для построения эффективной образовательной траектории для каждого обучаемого на основании его модели обучаемого. Для этого разработан механизм подготовки и организации данных ИЦП, реализующий машинное обучение.

Первоначальное построение образовательной траектории происходит путем реализации адаптивного поиска по объектам и критериям, содержащимся в модели обучаемого. С этой точки зрения, модель организации данных должна «обучаться» и накапливать также данные, отсутствующие в ИЦП, но необходимые для получения релевантного результата. Например, посредством прохождения обучаемым входного тестирования и анкетирования, модель обучаемого содержит данные о том, что обучаемый владеет навыками работы с «Oracle RDBMS». ИЦП должна понимать, что это объектно-реляционная система управления базами данных и основываясь на этой информации и, что основной дисциплиной в ИЦП, дающей компетенции в этой области является, например, «Системы управления базами данных», предложить для изучения дисциплины, предполагающие наличие знаний о объектно-реляционных базах данных.

Для реализации данного механизма первостепенна подготовка данных, содержащихся во всех моделях ИЦП. Поскольку для построения индивидуальной образовательной траектории



входными данными выступают поисковые объекты и список критериев их поиска модели обучаемого, то они должны быть максимально конкретными для того, чтобы алгоритму машинного обучения (формирования обобщений критериев поиска) было проще выявить нужные обобщения и классы, к которым данные критерии относятся. Выходными же данными обучения должны являются непосредственно критерии поиска и список обобщений, к которым относятся данные критерии. На первом этапе машинного обучения дополняется каждый входной критерий каким-либо его определением или характеристикой на естественном языке. На втором этапе, полученное из стороннего источника данных (например, электронной энциклопедии) описание на естественном языке, разбивается на отдельные части и выбираются ключевые лексемы (токенизируются). Процесс формирования обобщений и обучения базы данных автоматизирован и не привязан к конкретному типу или схеме источника данных для формирования обобщений, и, при помощи технологий машинного обучения, самостоятельно выбирает значимые свойства из описания на естественном языке, формирует из них связи и сохраняет в графовую базу данных. Общий механизм подготовки данных ИЦП представлен на рисунке 4.

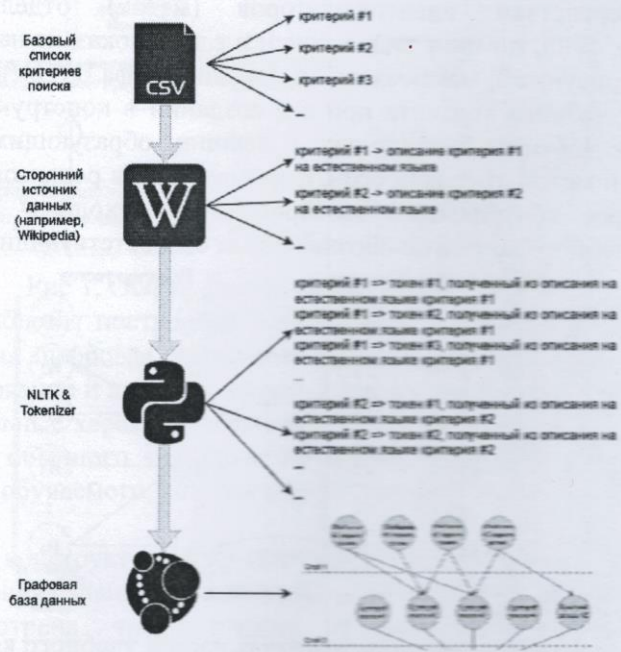


Рис. 4. Общий механизм подготовки данных ИЦП

Для получения токенов (ключевых лексем) из описания критериев поиска на естественном языке и связанных с каждым критерием поиска необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- шаг 1. Входящее описание разбивается на именные группы (словосочитания). Выбираются словосочетания, в которых имя существительное является вершиной, то есть главным словом, определяющим характеристику всей составляющей;
- шаг 2. Выполнить цикл по всем получившимся именным группа и каждую из них разбить на слова;
- шаг 3. Из полученных слов исключить все «стоп-слова», все знаки пунктуации;
- шаг 4. На заключительном шаге формируется очищенная именная группа, которая и попадет в базу данных как одно из обобщений.

Процесс формирования обобщений и обучения базы данных автоматизирован и не привязан к конкретному типу или схеме источника данных для формирования обобщений, и, при помощи технологий машинного обучения, самостоятельно выбирает значимые свойства из описания на естественном языке, формирует из них связи и сохраняет в графовую базу данных.

Данный механизм автоматизирует, существенно ускоряет и удешевляет процесс подготовки и загрузки отсутствующих, но необходимых для построения образовательной траектории данных в графовую базу данных ИЦП.

Полученная база данных является многослойной за счет формирования слоев обобщений критериев поиска эффективной траектории обучения, задаваемых на естественном языке как во время входного тестирования и анкетирования, так и в процессе обучения в ИЦП (данные индивидуальных моделей обучаемых). Пример такой базы данных в разрезе одного поискового объекта представлен на рисунке 5.

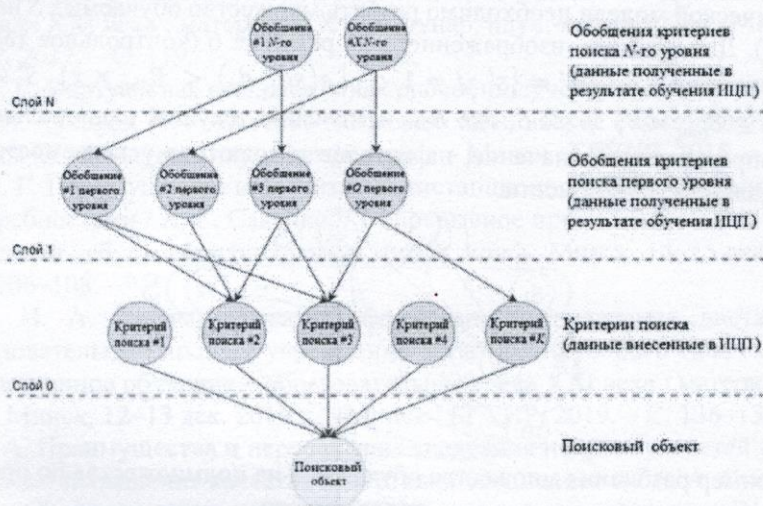


Рис. 5. Пример базы данных в разрезе одного поискового объекта

Далее для построения эффективной траектории обучения, на основании данных полученной базы данных и модели обучаемого формируется поисковой запрос, который может включать в себя основные логические операции, такие, как И, ИЛИ, НЕ, а также операцию группировки с приоритетом, а сам процесс поиска представляет собой обход по графу, для которого сперва преобразовывается входящее выражение в дизъюнктивную нормальную форму (ДНФ). В качестве логических литералов выступают критерии поиска. ДНФ позволит преобразовать любое входящее логическое выражение в вид дизъюнкции конъюнкций литералов, что позволит произвести минимизацию логического выражения и ускорить алгоритм поиска. Для поиска путей на графе предлагается использовать двусторонний поиск в ширину.

Вторая МА предназначена для выявления и совершенствования материалов учебного контента, объективно вызывающих трудности у обучаемых при изучении дисциплин, и представляет собой интеллектуальный анализ данных

Как правило, обучаемые справляются с изучением учебных дисциплин по-разному. Это может быть обусловлено различной базовой подготовкой и индивидуальными особенностями. Однако, если большинство обучаемых испытывают затруднения при ответе на один или одни и те же вопросы контрольного тестирования, то это может свидетельствовать о недостатках методики преподавания, изложения материала и качестве образовательного контента. 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 или блокам). Алгоритм интеллектуального анализа обрабатывает такие данные, как время, затраченное на прохождение контрольного теста, успеваемость обучаемых по другим модулям дисциплины, успеваемость по другим дисциплинам и успеваемость конкретного обучаемого во временном срезе. Работу алгоритма 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 обучаемых 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

обучаемые 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 обучаемых, абсолютная успеваемость которых ниже на заданное значение от текущей рациональной успеваемости. С точки зрения математической модели необходимо разбить множество обучаемых  $S$  на два подмножества  $S'$  и  $S^*$  (рисунок 6). Для примера, изображенного на рисунке 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 от текущей рациональной успеваемости.

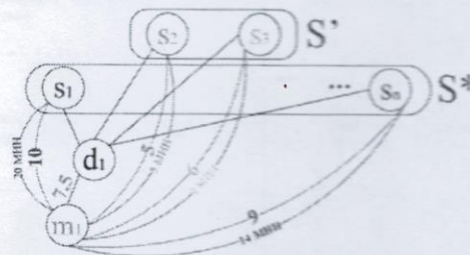


Рис. 6. Пример разбиения множества обучаемых на подмножества по признаку текущей успеваемости

Далее анализируются такие данные, как время, затраченное на прохождение контрольного теста, успеваемость обучаемых по другим модулям дисциплины и успеваемость во временном срезе. Таким образом, из общей выборки исключаются данные обучаемых, характеристики успеваемости которых являются низкими по внутренним причинам [11] и не связаны с качеством учебного контента, а по каждому такому случаю обучаемому 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. 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 обучаемых от качества учебного контента, соответствующее сообщение отправляется эксперту (преподавателю) для принятия решения о необходимости совершенствования части учебного контента. Для идентификации этих частей используются метки (рисунок 3).

Обобщенная функциональная схема интеллектуального анализа показана на рисунке 7.

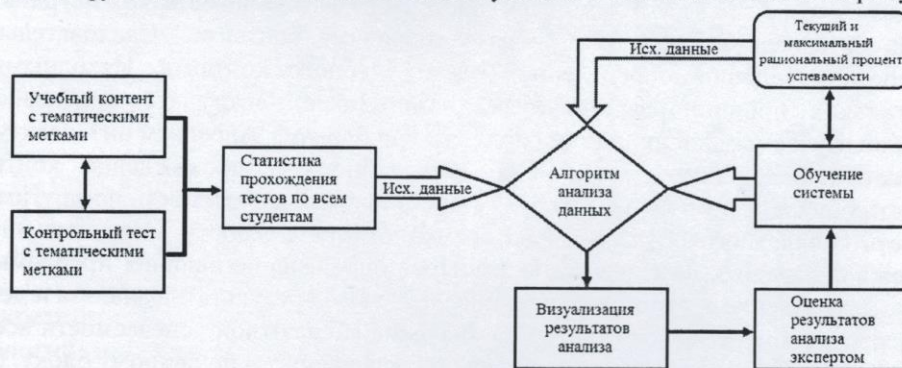


Рис. 7. Обобщенная функциональная схема интеллектуального анализа



Предложенное комплексное решение организации адаптивного электронного обучения включено в каталог перспективных разработок и инновационных предложений Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, а также стало серебряным призером конкурса «Лидеры искусственного интеллекта Беларуси» Национальной академии наук Беларуси.

**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 : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф. – 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 : 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. Fitzgerald M. Toward a model of a distributed learning. *Educom review*. 1999;34(6):38–50.
8. Brusilovsky P., Eklund J., Schwarz E. Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware. *Computer networks and ISDN systems*. 1998;30(1-7):291-300. DOI:10.1016/S0169-7552(98)00082-8
9. Weber G. Adaptive Learning Systems in the World Wide Web. UM99 User Modeling. CISM International Centre for Mechanical Sciences. Proceedings of the seventh international conference on User modeling. Vienna: Springer; 1999:371–377. DOI:10.1007/978-3-7091-2490-1\_49
10. Матвеев, А. В. Обзор и анализ электронных средств обучения для реализации адаптивного образовательного процесса / А. В. Матвеев, А. Г. Савенко // Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями : сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Минск, 9-10 декабря 2021 / БГУИР ; редкол.: А. А. Охрименко [и др.]. – Минск, 2021. – С. 175–179.
11. Останкина, Е. Н. О факторах учебной неуспешности студентов / Е. Н. Останкина // Вестник Череповецкого гос. ун-та. – 2013. – Т. 1, № 1(54). – С. 127–131.

