

2.3.1.

<sup>1</sup>А.Ю. Ужаринский канд. техн. наук, <sup>1</sup>А.В. Коськин д-р техн. наук,  
<sup>2</sup>А.В. Маматов д-р техн. наук, <sup>1</sup>С.В. Новиков канд. техн. наук

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «БелГУ»,

udjal89@mail.ru, koskin@ostu.ru, MamatovAV@bsu.edu.ru, serg111@list.ru

**МОДЕЛИ АДАПТАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА  
 В АДАПТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ**

*Рассматриваются вопросы адаптации и управления образовательным процессом в адаптивных электронных обучающих системах. Выделены уровни, виды и формы адаптации, применяемой в адаптивных электронных обучающих системах. Описаны модели адаптации образовательного процесса, применимые на выделенных уровнях.*

Ключевые слова: *автоматизированные электронные обучающие системы, управление процессом обучения, адаптация, математические модели, семантические сети.*

Системы автоматизированного электронного обучения в настоящее время играют весомую роль при организации образовательного процесса, что закономерно повышает требования к качеству работы таких систем. Одним из путей повышения качества является применение адаптивных электронных обучающих систем (АЭОС), базирующихся на принципах адаптации и различных видах обратных связей. При использовании подобных систем предполагается интеграция информационных и педагогических технологий, обеспечивающих интерактивность взаимодействия субъектов образования и продуктивность учебной деятельности обучающегося с применением новых информационных технологий, обеспечивающих адаптивность в рамках образовательного процесса [1].

**Задача управления в автоматизированной обучающей системе**

Задача обучения может быть сформулирована как задача управления. Под управлением здесь следует понимать целеустремленную деятельность субъектов всех уровней, направленную на организацию функционирования и развития системы образования с достижением неких образовательных целей [2]. В соответствии с данной постановкой задачи в качестве объекта управления будет выступать обучающийся, а в качестве устройства управления АЭОС. Полученная модель управления в автоматизированной обучающей системе представлена на рис. 1.

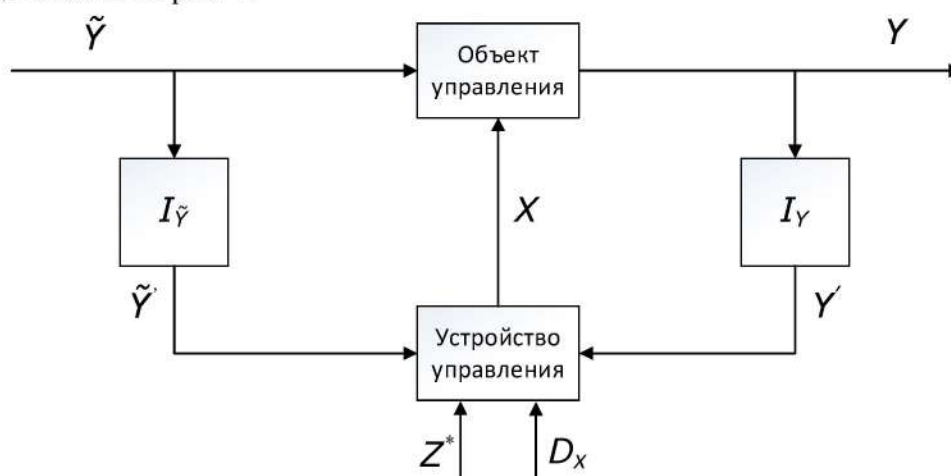


Рис. 1 – Модель управления в автоматизированной обучающей системе

На рисунке использованы следующие обозначения:  $\tilde{Y}$  – состояние внешней среды;  $Y$  – состояние обучаемого;  $I_{\tilde{Y}}$  и  $I_Y$  – измерители состояния внешней среды и обучающего

соответственно;  $\tilde{Y}$  и  $Y'$  – результаты измерения величин  $\tilde{Y}$  и  $Y$ ;  $X$  – обучающие и контролирующие воздействия;  $D_X$  – образовательные ресурсы (ограничения на управление);  $Z^*$  – цель управления, состоящая в переводе ученика в требуемое состояние.

Задачу управления в автоматизированной обучающей системе можно сформулировать в следующем виде. На вход системы управления подается информация о текущем состоянии обучающей среды  $\tilde{Y}$ , ученика  $Y'$  и цели управления  $Z^*$ . На выходе система генерирует в соответствии с алгоритмом управления  $A$  допустимое управляющее воздействие  $X$ , переводящее обучающегося из текущего состояния в некоторое новое состояние  $Y$ .

$$X = A(\tilde{Y}, Y', Z^*) \in D_X$$

Зависимость состояния обучающегося от состояния среды и управляющего воздействия описывается моделью обучающегося  $M_L$

$$Y = M_L(\tilde{Y}, X)$$

Тогда задача адаптации и управления в АЭОС будет определяться как задача выбора управляющего воздействия  $X^*$ , минимизирующего разницу между ожидаемым и достигнутым состоянием обучающегося.

$$\min_X \mu(Y - M_L(\tilde{Y}, X)) = \mu(Y - M_L(\tilde{Y}, X^*)), \quad X \in D_X,$$

где  $\mu$  – некоторая мера близости.

### **Модели адаптации образовательного процесса в АЭОС**

Под адаптацией здесь понимается процесс изменения параметров и структуры системы (возможно, и управляющих воздействий) на основе текущей информации с целью достижения определенного состояния системы при начальной неопределенности в изменяющихся условиях работы. Адаптация образовательного процесса в АЭОС предполагает решение следующих задач: 1) адаптация предоставляемых учащемуся образовательных материалов; 2) адаптация методов контроля и оценки уровня знаний и навыков обучающегося; 3) адаптация формы предоставляемой обучающей информации.

Адаптация предоставляемых учащемуся образовательных материалов предполагает выбор на основе текущих характеристик обучающегося нового учебного материала из множества альтернативных, с наибольшей скоростью приближающего обучающегося к некоторому целевому состоянию. Адаптация на высоком уровне предполагает выбор укрупненного раздела или обучающего курса из множества доступных, основываясь на ранее изученных курсах и целях обучения. Низкоуровневая адаптация предполагает подстройку содержательных блоков и форм представления информации учащемуся в рамках выбранного образовательного блока. Для реализации адаптации на данном уровне необходимо создание семантической сети знаний (рис. 2). [3]

Узлами или концептами  $c_i$  в такой сети будут отдельные образовательные материалы и наблюдаемые характеристики знаний. Дуги показывают связь между отдельными элементами знаний.

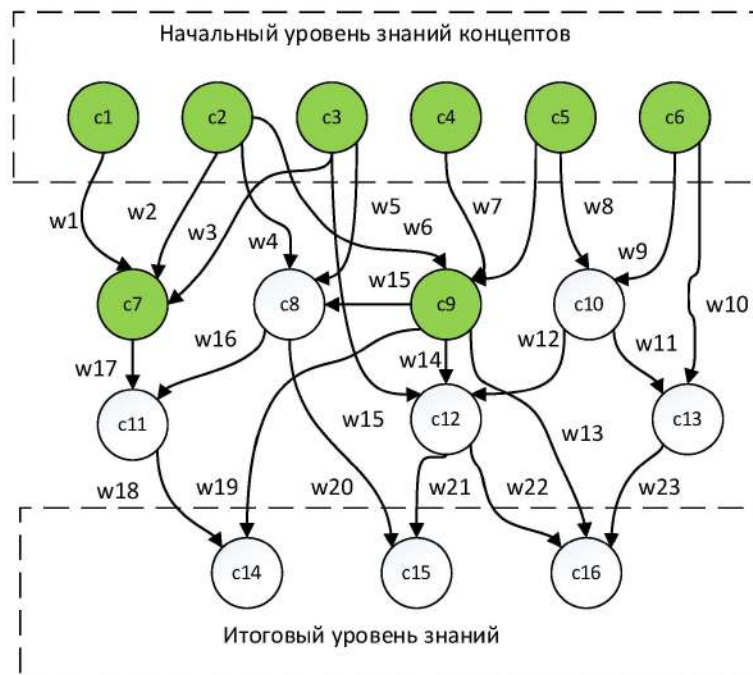


Рис. 2 – Фрагмент семантической сети знаний

Веса  $w_i$  показывают необходимый минимальный уровень знаний, которыми должен обладать учащийся на момент начала изучения очередного блока знаний. Например, для начала изучения блока знаний  $c_8$  необходимо чтобы у обучающегося были сформированы навыки по концептам  $c_5$  и  $c_6$  на уровнях  $w_8$  и  $w_9$  соответственно. Функция преобразования определяет итоговый уровень знаний, который должен достичь учащийся после изучения очередного блока. В процессе адаптации на  $i$ -ом шаге выбирается тот материал из множества доступных для изучения на текущем уровне знаний, который позволит максимально приблизить обучающегося к цели обучения. Например, в ситуации на рис. 2 доступными для изучения являются материалы  $c_8$  и  $c_{10}$ . Выбор будет осуществляться между ними. При этом концепт  $c_8$  более предпочтителен, т.к. от него непосредственно зависит целевой концепт  $c_{15}$ . В конце обучения осуществляется контроль достигнутого уровня знаний и навыков. Полученные результаты сравниваются с рассчитанными значениями в модели, производится корректировка коэффициентов целевой функции и подстройка их под конкретного обучающегося. Таким образом, модель системы обучения корректирует свои параметры, адаптируясь под особенности конкретного обучающегося параллельно с процессом обучения.

Адаптация методов контроля и оценки уровня знаний и навыков обучающегося предполагает подбор для обучающегося форм предоставления и уровней сложности контрольных заданий в зависимости от текущего уровня навыков. При выборе методов контроля в АЭОС необходимо учитывать, что они должны обеспечивать проверку как теоретических знаний обучающегося, так и практических навыков. Для проверки теоретических навыков обучающегося можно использовать методы тестирования. При этом процесс адаптации будет заключаться в выборе тестовых заданий различного уровня сложности и различного типа. Задача адаптации может быть сформулирована так: на  $i$ -ом шаге тестирования необходимо выбрать подмножество  $x_i$  тестовых вопросов из множества вопросов  $X$ , относящихся к проверяемому разделу, на основе информации о результатах прохождения тестирования на шаге  $x_{i-1}$  (рис. 3).

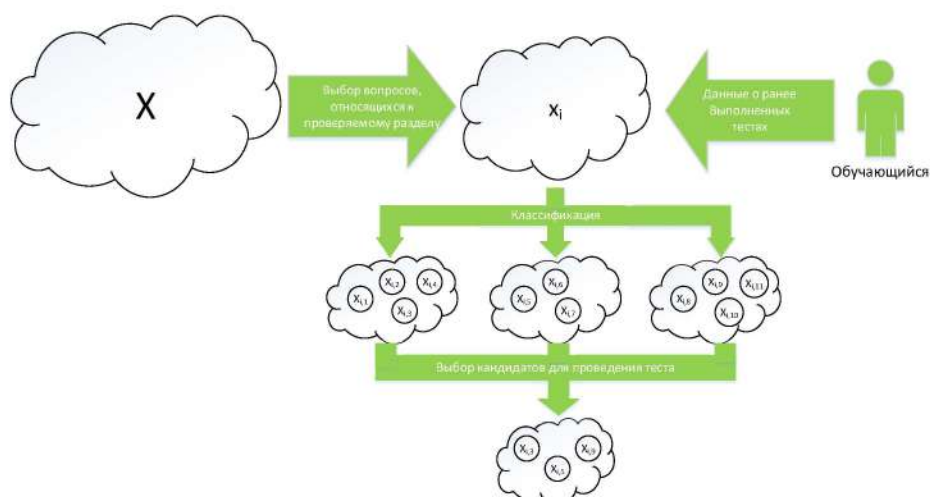


Рис. 3 – Модель адаптации тестовых заданий для обучающегося

При реализации такой модели возможно применение нескольких подходов. Первый подход – применение методов машинного обучения. На основе ответов обучающегося происходит классификация заданий на схожие классы, после этого выполняется классификация оставшихся не выполненных учащимся заданий на выявленные классы. Далее из выбранных классов отбираются задания с наименьшей степенью уверенности в принадлежности этих заданий выделенным классам и предлагаются обучающемуся для выполнения. После выполнения заданий полученная классификация уточняется и происходит переразбивка заданий на классы.

Второй подход предполагает использование методов итеративной интерполяции функции сложности заданий для конкретного обучающегося, он предложен в работе А.П. Карпенко [3]. Идея данного метода заключается в том что на основе ответов обучающихся происходит оценка сложности каждого задания для обучающегося. Затем происходит интерполяция полученной функции сложности на все множество заданий. Учащемуся предлагаются для выполнения задания, в которых интерполяционная функция наиболее «нерегулярна».

Тестовых заданий недостаточно для комплексной оценки сформированных навыков у обучающегося. Необходимо организовать выполнение практических заданий для оценки практических навыков. Однако применительно к АЭОС использование таких задач представляет определенную сложность в связи с трудностью оценивания (например, необходимо оценивать не только конечный результат решения, но и сам ход решения задачи). Для автоматизации и адаптации выполнения практических заданий в АЭОС можно использовать подход, описанный в статье [4]. Решение практической задачи описывается как серия шагов (рис. 4).

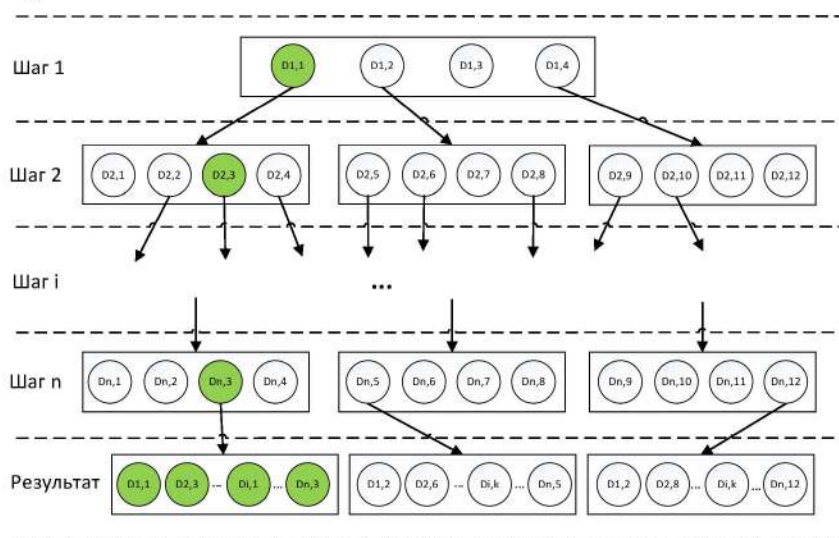


Рис. 4 – Модель решения практической задачи в АЭОС

На каждом этапе обучающемуся предлагается выбрать одно из доступных элементарных действий  $D = \{D_{1,1}, D_{1,2}, \dots, D_{n,m}\}$ . Выбранное обучающимся действие переводит процесс решения задачи на следующую стадию. Если действие не верное, то происходит откат к предыдущему шагу. После полного выполнения задачи считается количество верных и неверных действий. Это количество умножается на экспертную оценку качества полученного варианта решения для нахождения итоговой оценки результата выполнения задания. Таким образом, процесс решения задания можно сопоставить с процессом прохождения тестирования. При такой постановке задачи для адаптации практических заданий можно использовать те же методы, которые применяются для адаптации тестовых заданий.

Третий подход предполагает адаптацию формы представления обучающей информации. В рамках данного подхода необходимо на каждом шаге процесса обучения автоматически определять соответствующие профилю обучающегося объем, сложность и способ визуального представления учебных материалов. Для оценки этих параметров можно использовать результаты контроля уровня знаний, полученные после прохождения очередного этапа обучения. На начальном этапе учащемуся предоставляются различные виды обучающих материалов одного уровня сложности и оценивается демонстрируемый уровень знаний, полученный после их изучения. Таким образом, выбирается наиболее результативная форма представления материалов. Далее подобным образом изменяется и оценивается уровень сложности и объем предоставляемого материала. В итоге подбирается оптимальная комбинация параметров, повышающая результативность обучения.

Можно использовать оценку качества представленных материалов самим учащимся после освоения, реализуемую в форме опроса по завершении изучения. На основе ответов обучающегося формируется рейтинг образовательных материалов в зависимости от их типа. Этот рейтинг распространяется на последующие предоставляемые материалы.

Кроме представленных подходов к адаптации выделяют следующие формы реализации адаптации [5]:

1) Параметрическая адаптация – адаптация, осуществляемая путем подстройки параметров модели обучаемого под его текущее состояние.

2) Структурная адаптация – реализуется путем перехода обучающей системы от одной структуры к другой. Структура отличается набором параметров, используемых при обучении. Такой вариант адаптации возможен при использовании разветвленной структуры курсов, при этом на каждом этапе принимается решение, по какой ветви в структуре курса пойдет обучение. Структура курсов – статическая.

3) Адаптация по функциональной структуре – реализуется путем изменения функций управления программой обучения. При данном варианте адаптации меняется не только структура образовательного курса, но и методы взаимодействия обучающегося с системой. В данном случае не существует заранее определенных структур курсов. Образовательная траектория формируется индивидуально на основе оценки параметров модели обучения. Это один из наиболее сложных видов адаптации.

4) Адаптация объекта управления – реализуется путем расширения модели за счет добавления в модель новых параметров или структур из внешней среды.

5) Адаптация целей – реализуется за счет выбора нового множества целей из множества возможных целей, определенных априори в системе.

### **Выводы**

Адаптация образовательного процесса в АЭОС представляет собой сложную комплексную задачу. Она требует реализации мероприятий на разных уровнях системы и должна применяться к различным объектам. Представленные в статье модели адаптации, при их комплексном совместном применении позволят создать максимально комфортную для обучающегося среду, которая позволит ему с максимальной эффективностью достигать поставленных целей. При этом важен постоянный контроль качества адаптации и корректировка параметров системы в течение всего времени взаимодействия обучающегося с АЭОС.

**Список литературы**

1. Царев Р.Ю. Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды [Электронный ресурс] / Р. Ю. Царев, С. В. Тынченко, С. Н. Гриценко // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25227>.
2. Коськин А.В. Адаптивное управление образовательным процессом в системах электронного дистанционного обучения / А. В. Коськин, С. В. Новиков, А. Ю. Ужаринский // Информационные системы и технологии. – 2021. – № 5(127). – С. 65-71.
3. Карпенко А.П. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор [Электронный ресурс] / А. П. Карпенко, А. А. Добряков // Наука и образование. – 2011. – URL: <http://engineering-science.ru/doc/193116.html>.
4. Коськин А.В. Модель оценки навыков учащегося и формирования индивидуальной образовательной траектории в системе электронного дистанционного обучения / А. В. Коськин, П. В. Лукьянов, А. Ю. Ужаринский // Информационные системы и технологии. – 2022. – № 3(131). – С. 67-74.
5. Онокой Л.С. Адаптивные обучающие системы: современные решения [Электронный ресурс] / Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы XII всероссийской конференции. – Казань, 2014. – URL: <https://it-education.ru/2014/section/139/11341/index.html>.