

УДК 004.9:159.9:37.018

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ПАМЯТИ ОБУЧАЕМОГО

Середа И.А., Сицко В.А.

*Институт информационных технологий БГУИР, г. Минск, Республика Беларусь,
v.sitsko@bsuir.by*

В статье представлена разработка математической модели адаптивного обучения, ключевым элементом которой является учет индивидуальных характеристик памяти обучаемого: объема, помехоустойчивости и времени сохранения усвоенной информации. Модель формализует процесс усвоения знаний через вероятность усвоения, определяемую соотношением объема усвоенной информации к общему объему изучаемого материала. На основе данной модели разработаны

алгоритмы функционирования адаптивного электронного средства обучения (АЭСО), которые динамически определяют последовательность и формы предъявления учебного контента, обеспечивая персонализацию образовательной траектории. Описана архитектура программного средства, реализующего предложенную модель, и приведены результаты апробации, показавшие повышение эффективности учебного процесса.

Ключевые слова: адаптивное обучение; математическая модель; память обучаемого; объем памяти; помехоустойчивость; время сохранения информации; алгоритмы; персонализация образования.

Современные тенденции в образовании ориентированы на создание персонализированной образовательной среды, способной гибко адаптироваться к индивидуальным когнитивным особенностям каждого обучаемого. Одной из ключевых проблем при проектировании таких систем является необходимость учета психофизиологических характеристик студентов, среди которых фундаментальную роль играют свойства памяти [1, 2]. Традиционные подходы к электронному обучению зачастую не учитывают индивидуальные различия в скорости и качестве усвоения информации, что снижает их эффективность.

Разработка математических моделей, способных формализовать и интегрировать параметры памяти в алгоритмы адаптивного обучения, представляет собой актуальную научно-практическую задачу. Такие модели позволяют перейти от статичного представления учебного материала к динамическому управлению образовательной траекторией на основе объективных данных о текущем состоянии знаний и когнитивных возможностях обучаемого [3, 4].

Целью данного исследования является разработка и апробация математической модели адаптивного обучения, центральным элементом которой выступает учет индивидуальных характеристик памяти: объема, помехоустойчивости и времени сохранения усвоенной информации.

1. Математическая модель процесса усвоения информации

В основе предложенной модели лежит концепция формализации процесса усвоения знаний через вероятностный подход. Основным показателем выступает вероятность усвоения изучаемой информации $P_{\sim}y_{\sim}$, которая определяется по формуле (1):

$$P_{\sim}y_{\sim} = V_{\sim}y_{\sim} / V_{\sim}o_{\sim}, \quad (1)$$

где:

$V_{\sim}y_{\sim}$ – объем усвоенной информации;

$V_{\sim}o_{\sim}$ – общий объем изучаемого материала.

Данный показатель является интегральной характеристикой, отражающей степень овладения учебным модулем в данный момент времени.

Для реализации адаптивности модель оперирует тремя ключевыми характеристиками памяти обучаемого:

Объем памяти ($V_{\sim}p_{\sim}$). Данный параметр измеряется путем сравнения достигнутой вероятности усвоения $P_{\sim}y_{\sim}$ с эталонной вероятностью $P_{\sim}\mathcal{E}_{\sim}$, равной 1. Чем ближе $P_{\sim}y_{\sim}$ к $P_{\sim}\mathcal{E}_{\sim}$ при фиксированном $V_{\sim}o_{\sim}$, тем выше эффективный объем памяти, доступный для усвоения новых знаний. Алгоритм определяет оптимальный объем очередной порции информации на основе текущего $V_{\sim}p_{\sim}$, предотвращая когнитивную перегрузку.

Помехоустойчивость памяти ($\Delta P_{\sim}y_{\sim}$). Эта характеристика отражает устойчивость усвоенных знаний к воздействию дестабилизирующих факторов, таких как внешние отвлекающие помехи или интерференция со стороны другого учебного материала. Помехоустойчивость определяется по величине изменения вероятности усвоения $\Delta P_{\sim}y_{\sim}$ в условиях воздействия помех. Низкая помехоустойчивость требует от системы более частого повторения и закрепления материала.

Время сохранения информации ($T_{\sim}c_{\sim}$). Данный параметр определяется как промежуток времени, в течение которого обучаемый способен точно и в полном объеме воспроизвести усвоенную информацию. Формально: $T_{\sim}c_{\sim} = T_{\sim}Py_{\sim} - T_{\sim}h_{\sim}$, где $T_{\sim}h_{\sim}$ и $T_{\sim}Py_{\sim}$

– время начала и окончания процесса усвоения материала соответственно. Знание $T_{\sim c \sim}$ позволяет системе прогнозировать момент, когда знания начнут угасать, и своевременно инициировать процедуру повторения [5].

Совокупность этих параметров формирует динамический профиль обучаемого, который постоянно обновляется в процессе его взаимодействия с системой.

2. Алгоритмическая реализация модели

Общий алгоритм функционирования АЭСО, построенный на основе предложенной модели, состоит из двух основных процессов: обучения и тестирования (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Общая схема алгоритма работы АЭСО

Алгоритм начинается с ввода изучаемой информации и этапа предварительного тестирования для оценки начального уровня знаний. На основе полученных данных и текущего профиля памяти ($V_{\sim p \sim}$, $\Delta P_{\sim y \sim}$, $T_{\sim c \sim}$) система определяет индивидуальную последовательность и формы предъявления учебного материала.

Цикл обучения включает изучение адаптивно подобранных порций информации и последующее тестирование для определения объема усвоенных знаний $V_{\sim y \sim}$. По результатам тестирования вычисляется текущая вероятность усвоения $P_{\sim y \sim}$, а также происходит пересчет характеристик памяти ($V_{\sim p \sim}$, $\Delta P_{\sim y \sim}$, $T_{\sim c \sim}$) для следующей итерации адаптации (Рисунок 2).

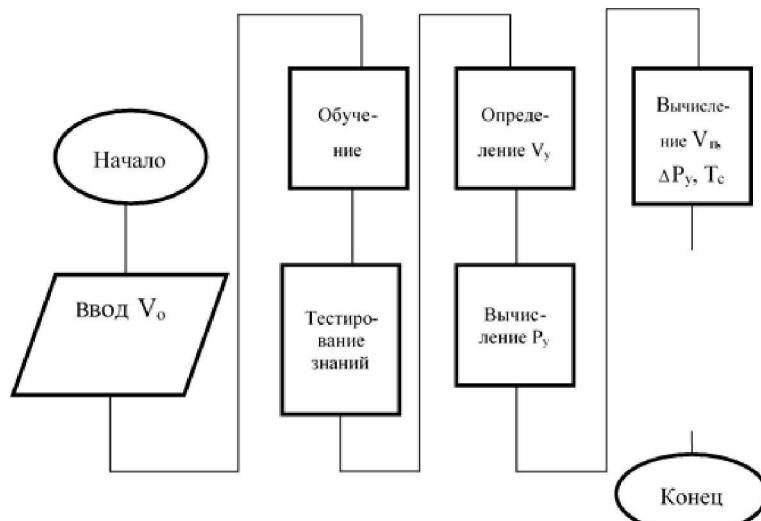


Рисунок 2 – Алгоритм вычисления значений V_p , ΔP_y , T_c

Например, если система фиксирует короткое время $T_{\sim c}$, она может сократить интервалы между повторениями ключевых концепций. Если низкое значение $\Delta P_{\sim y}$ указывает на высокую подверженность интерференции, система будет избегать подачи конфликтующих тем в непосредственной временной близости.

3. Программная реализация и архитектура системы

Для практической реализации математической модели и алгоритмов было разработано программное средство (ПС). Архитектура ПС предусматривает два основных режима работы: преподавателя и обучаемого, что обеспечивает разграничение прав и функциональности (Рисунок 3).

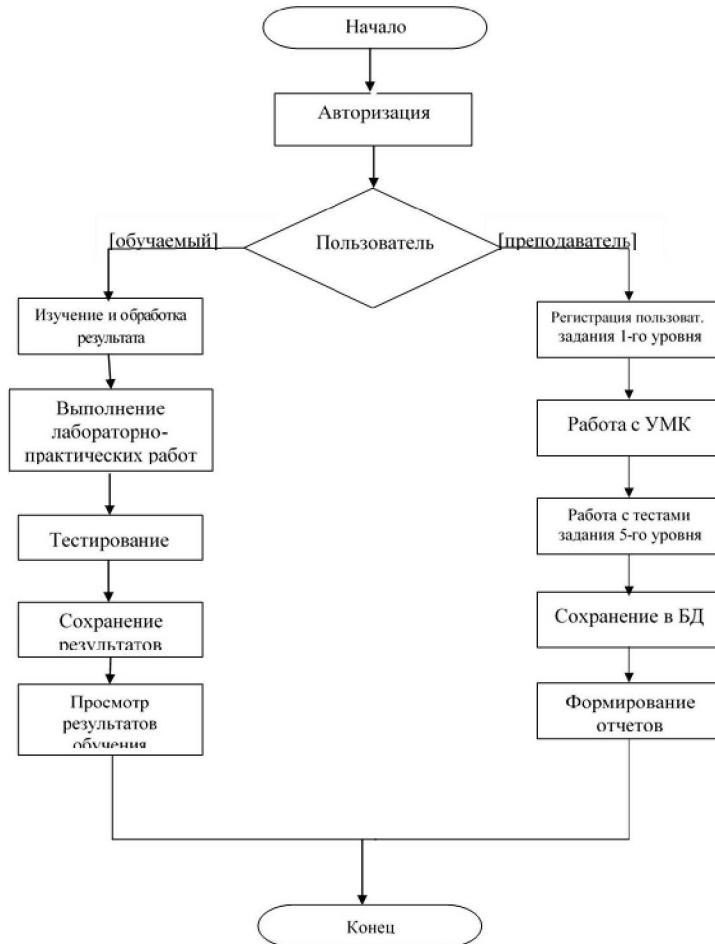


Рисунок 2 – Алгоритм работы ПС

Режим преподавателя позволяет:

Регистрировать пользователей и управлять их правами.

Формировать и редактировать учебно-методический комплекс (УМК), структурируя его в виде иерархии документов (модули, разделы, темы).

Разрабатывать тесты различных типов (обычные, вопросы-соответствия) и настраивать критерии их прохождения.

Анализировать результаты обучения, просматривать рейтинги и формировать отчеты на основе данных, собираемых о работе студентов с системой.

Режим обучаемого предоставляет возможности для:

Изучения теоретических материалов, адаптивно подобранных системой.

Выполнения лабораторно-практических работ для закрепления знаний.

Прохождения тестирования, результаты которого используются для обновления его профиля памяти и корректировки образовательной траектории.

Просмотра истории своих результатов и прогресса.

Интерфейс системы включает инструменты для редактирования курсов, управления тестами и наглядного представления учебного материала в виде структурированного дерева содержания.

4. Апробация и результаты эксперимента

Апробация разработанной модели и программного средства проводилась в учебном процессе на базе Института информационных технологий БГУИР на примере дисциплин «Конструирование программного обеспечения» и «Основы алгоритмизации и программирования». В эксперименте была задействована экспериментальная группа, обучавшаяся с использованием АЭСО в течение одного семестра, и контрольная группа, занимавшаяся по традиционной методике.

Основной метрикой эффективности выступило время выполнения стандартизированной контрольной работы при сопоставимом качестве ее выполнения. Результаты эксперимента показали, что в экспериментальной группе время выполнения контрольной работы статистически значимо сократилось в среднем на 20% по сравнению с контрольной группой.

Данный результат свидетельствует о том, что адаптация учебного процесса к индивидуальным характеристикам памяти позволила обучаемым усваивать информацию более эффективно, сократив временные затраты на ее воспроизведение и применение. Система, предъявляя материал в оптимальном для каждого студента темпе и последовательности, способствовала более прочному и осмысленному его усвоению.

Заключение

В статье представлена комплексная математическая модель адаптивного обучения, интегрирующая ключевые характеристики памяти обучаемого: объем, помехоустойчивость и время сохранения информации. Разработанные на основе модели алгоритмы позволяют динамически управлять образовательной траекторией, персонализируя процесс обучения.

Практическая реализация модели в виде программного средства подтвердила свою эффективность в ходе апробации. Сокращение времени на выполнение контрольных заданий при сохранении качества знаний демонстрирует потенциал подхода для повышения эффективности образовательного процесса.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются:

Уточнение модели за счет учета других когнитивных параметров, таких как внимание и мотивация.

Интеграция технологий машинного обучения для более точного прогнозирования динамики забывания и оптимизации моментов повторения.

Расширение функционала системы для учета особых образовательных потребностей в условиях инклюзивного обучения.

Литература

1. Афанасьев, В.В. Модели и методы адаптивного компьютерного обучения / В.В. Афанасьев, Д.А. Гусев. – М.: Национальное образование, 2018. – 256 с.

2. Информационные и коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tsu.edu.ru/> – Дата доступа: 25.11.2025.

3. Карпов, В.Э. Психологические основы проектирования когнитивно-адаптивных систем обучения / В.Э. Карпов // Психологический журнал. – 2020. – Т. 41, № 3. – С. 45–56.
4. Обзор решений Microsoft для управления учебным процессом и образовательным контентом. Страница «Обзор возможностей MicrosoftLearningGateway» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/education/products> – Дата доступа: 25.11.2025.

MATHEMATICAL MODEL OF ADAPTIVE LEARNING BASED ON THE CHARACTERISTICS OF THE LEARNER'S MEMORY

Sereda I.A., Sitsko V.A.

Institute of Information Technologies BSUIR, Minsk, Republic of Belarus

The article presents the development of a mathematical model of adaptive learning, the key element of which is to take into account the individual characteristics of the learner's memory: volume, noise immunity and retention time of the learned information. The model formalizes the process of acquiring knowledge through the probability of assimilation, determined by the ratio of the amount of information learned to the total volume of the studied material. Based on this model, algorithms for the functioning of adaptive electronic learning tools (AESOS) have been developed, which dynamically determine the sequence and forms of presentation of educational content, providing personalization of the educational trajectory. The architecture of the software implementing the proposed model is described, and the results of testing are presented, which showed an increase in the effectiveness of the educational process.

Keywords: adaptive learning; mathematical model; learner's memory; memory capacity; noise immunity; information retention time; algorithms; education personalization.