

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ МАРКОВА КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

Рогальский Е.С.^а

Аннотация

Одним из наиболее значимых и трудоёмких компонентов электронного обучения является разработка цифровых тьюторов, или, как их ещё называют в научной литературе, виртуальных агентов с искусственным интеллектом, являющихся программным продуктом нового типа для разработки электронных учебных курсов. Для решения задач их синтеза на современном уровне предложен математический аппарат, позволяющий осуществлять индивидуальные настройки обучения при автоматизированном проектировании цифровых тьюторов.

Ключевые слова: цифровой тьютор, виртуальный агент с искусственным интеллектом, математическая модель, автоматизированное проектирование.

Веб: <http://elibrary.miu.by/journals!/item.iot/issue.35/article.5.html>

Поступила в редакцию: 30.09.2013.

THE USE OF MARKOV MODEL AS A TOOL FOR E-TRAINING COURSES DEVELOPMENT

Rohalsky Y.S.^a

Abstract

One of the most important and time-consuming component of e-learning is development of digital tutors, or, as they are called in the scientific literature, virtual agents with artificial intelligence, which are a new type of software product for e-training courses development. To meet the challenges of their synthesis at modern level, a mathematical apparatus, which enables to customize learning settings in computer-aided design of digital tutors, is proposed.

Keywords: digital tutor, virtual agent with artificial intelligence, mathematical model, computer-aided design.

Web: <http://elibrary.miu.by/journals!/item.iot/issue.35/article.5.html>

Received: 30.09.2013.

Введение

Существуют направления научных исследований, где отечественная наука никак не представлена. В такой ситуации необходимо учитывать передовой опыт и стремиться развиваться те или иные направления, ориентируясь на лидеров и догоняя их. Можно это делать, опережая. Для этого необходимо чётко определить стратегию исследо-

ваний и те ресурсы, которые позволят осуществить прогресс. Очевидно, что по всем направлениям разработки электронного обучения (e-learning) подобное невозможно, поэтому необходимо определить наиболее важные направления и сосредоточить усилия именно там. Одним из наиболее значимых и трудоёмких компонентов электронного обучения является разработка цифро-

^а Рогальский Евгений Сергеевич,
старший преподаватель кафедры
«Инженерная математика»
Белорусского национального
технического университета
Senior Lecturer in the Department
of Engineering Mathematics at
Belarusian National Technical
University

вых тьюторов, или, как их ещё называют в научной литературе, виртуальных агентов с искусственным интеллектом, являющихся программным продуктом нового типа для разработки электронных учебных курсов. Обыкновенная разработка таких программных продуктов сегодня уже не является весомым научным результатом. Здесь, как и в любой научной дисциплине, существуют три этапа развития: сбор первичной информации, решение задач анализа, решение задач синтеза. Причём для решения задач синтеза, необходимо разработать соответствующий математический аппарат — в нашем случае математическую модель. Роль такой модели существенно возрастает при переходе к автоматическому проектированию цифровых тьюторов.

Анализ научных дискуссий по электронному обучению (e-learning) показывает, что существуют «вечнозелёные» темы, по которым много и охотно высказываются специалисты самого широкого профиля, и темы, незаслуженно обойдённые вниманием. К числу таких тем относятся электронные учебные курсы (ЭУК), являющиеся программным продуктом нового типа — виртуальным агентом с искусственным интеллектом, который также можно определить (для данной конкретной разработки) как многоуровневый последовательно-фреймовый тьютор (МПТ). Почему эта тема обойдена вниманием? Ответ довольно прост и весьма сложен.

— **Итак, первое — это практическая реализация.** Одно дело говорить о принципах, другое — реализовать их на практике [1].

— **Второе — сложность.** Здесь необходимо выбирать между универсальностью и специализированными разработками, выбранными алгоритмическими структурами, возможностью модернизации и жёсткой структурой программного кода (открытостью), степенью защиты от «взлома», возможностью использования современных IT-решений, например, «облачных» технологий [2].

— **Третье — уровень математического обоснования принятого решения и идей, которые составляют фундамент разработки.** (Марковская модель и преобразование Лапласа, модель Шумана, модель Шика-Волвертона и др.) [3].

Рассмотрим указанные факторы подробнее. Предлагаемая математическая модель основана на предположении, что обучение происходит через последовательность изучаемых вопросов. Результатом этого обучения является достижение состояния «изучено» (n) в случае усвоения предлагаемых знаний по темам, разделам, вопросам или «не изучено» (m) — в противоположном. Как следует из данной гипотезы, мы имеем дело с классической постановкой задачи для Марковской модели, где триада: объект обучения — многоуровневый последовательно-фреймовый тьютор — автоматизированная обучающая система (как было описано в работе [4]) проходит через последовательность «исправных» (up) и «неисправных» (down) состояний. Диаграмма изменения состояний системы (переходов) приведена на рисунке 1:

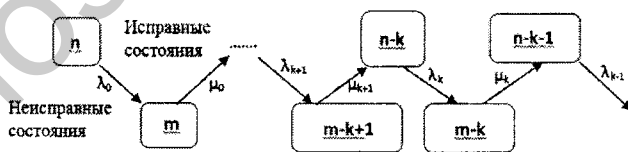


Рисунок 1 – Марковская модель

Используя известные методы [5], в частности применяя формулы условной и полной вероятности, правила умножения вероятностей и другие, используемые для расчётов такого рода, можно вывести дифференциальные уравнения состояния для этой системы:

$$\dot{P}n - k(t) = -\lambda k Pn - k(t) + \mu k - 1 N m - k + 1(t), \quad (1)$$

$$\dot{P}m - k(t) = -\mu k Pm - k(t) + \lambda k - 1 Pn - k(t) \quad (2)$$

Начальные условия имеют вид

$$Pm - k(0) = 0, k = 1, 2, 3, \dots, \quad (3)$$

$$Pn(0) = 1, \quad (4)$$

где μ_k — поток (интенсивность) правильных ответов;

λ_k — поток (интенсивность) неправильных ответов;

$$k = 0, 1, 2, 3, \dots, k.$$

Решение уравнений (1) и (2) для случая постоянных значений $\lambda_k = \lambda$ и $\mu_k = \mu$ известно из литературы [6], но оно не всегда выполняется. В нашем случае причиной является существенный разброс уровня под-

готовки студентов. Учитывая имеющийся тренд, следует данные допущения ограничивать оговоренным временным интервалом, внутри которого данные условия выполняются, или использовать более общие решения, например, методы численного интегрирования (метод Эйлера или Рунге — Кутты). После того как будут получены вероятности всех состояний, отрицательный исход обучения (на техническом языке приход системы в состояние «неготовности») можно определить как функцию

$$U(t) = \sum_{k=0}^{k_{\max}} P_m - k(t) \quad (5)$$

Поскольку вероятности зависят от выбранного значения k_{\max} (заданного базового уровня сложности — ограничения времени на выполнение задания), то при достаточно большом наборе статистики можно получить значение $U(t)$, близкое к истинному. Это и есть настройка МПТ на объект обучения. Удобство такого подхода состоит в том, что при накоплении опыта (статистики) процесс настройки уровня сложности сводится к заданию значения вероятности, причём этот уровень может изменяться по мере приобретения более глубоких знаний учащимися.

Мы рассмотрели характер функционирования в общем виде, но очевидно, что каждая реализация учебного занятия с использованием электронного обучения отличается от предыдущих и последующих реализаций. Дело в том, что как было показано выше, мы не можем заранее предсказать, как будет развиваться учебный процесс на каждом конкретном шаге у каждого отдельно взятого учащегося. Поэтому, для более полной картины, следует рассмотреть, какие варианты развития сценария возможны на каждом шаге предложенной модели. Если кратко описать работу МПТ, то она сводится к следующему

(рисунок 2): обучаемому предлагается вопрос базового уровня. Возможны два исхода. Результат — либо возврат к информационному блоку, либо студенту предлагаются ещё два вопроса среднего или высокого уровня сложности. Правильные ответы увеличивают рейтинговую оценку студента и открывают доступ к следующему вопросу. Так, μ -переходы (правильные ответы, представляющие собой поток правильных ответов с интенсивностью — коэффициентом масштабирования величины μ) реализуются с увеличением рейтинга. Неправильные ответы (λ -переходы — поток неправильных ответов с интенсивностью λ — коэффициентом масштабирования величины λ) не увеличивают рейтинг обучаемого, а в случае неправильного ответа на вопрос базового уровня не дают возможности перейти к следующему заданию. Назовём такой подход упрощённым и обозначим как вариант 1. Это соответствует диаграмме переходов, представленной на рис. 2.

Анализ функционирования модульных обучающих курсов (модуль — блок вопросов, предлагаемых к изучению) на начальных стадиях предполагает некоторые допущения, упрощающие анализ. Такими допущениями могут служить предположения о независимости неправильных ответов (λ -переходов) и появление правильных ответов (μ -переходов) как случайной величины с возможностью нахождения вероятности. На практике, особенно на начальной стадии настройки МПТ, удобно предположить, что все λ_i равны между собой, то есть соблюдается соотношение:

$$\lambda_0 = \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda, \quad (6)$$

а μ_i соответственно имеют равную интенсивность:

$$\mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu. \quad (7)$$

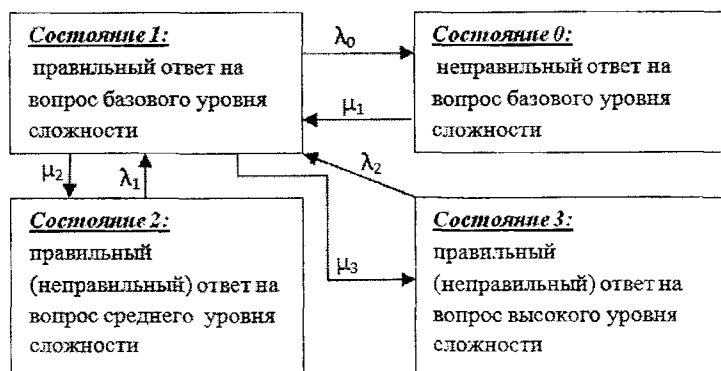


Рисунок 2 – Диаграмма переходов МПТ (вариант 1, упрощённый)

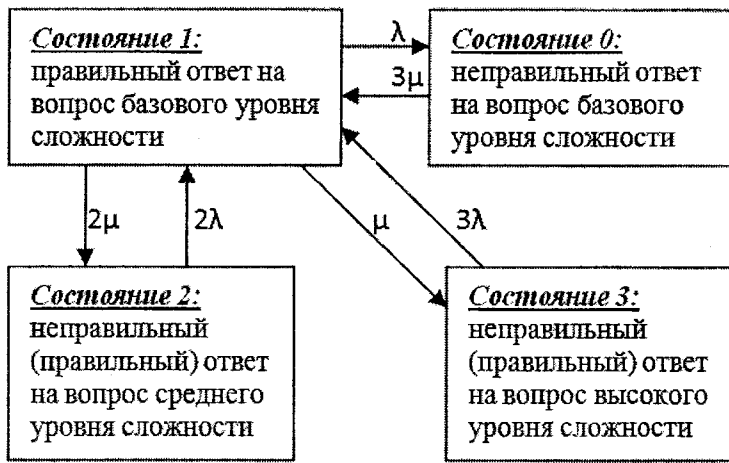


Рисунок 3 – Диаграмма переходов МПТ (вариант 1) с учётом интенсивностей правильных и неправильных ответов

Очевидно, что данные предположения являются очень большим допущением и далеки от реальности. Поэтому введём поправочные коэффициенты, учитывающие, что дать правильный ответ среднего уровня сложнее, нежели базового, а ответ на вопрос высокой сложности наверняка должен стоить ещё «дороже». Аналогичные рассуждения уместны и для λ -переходов. Допустим, они кратны по отношению друг к другу (в дальнейшем, по мере накопления опыта, это предположение уточняется), то есть правильный базовый ответ в два раза «дешевле» ответа среднего уровня, и в три — высокого. Здесь работает правило: чем меньше, тем дороже. Будем считать, что $\mu_{\text{б}} = 3\mu$ (таких ответов больше всего), $\mu_{\text{ср}} = 2\mu$ (это второй по интенсивности — количеству правильных ответов поток), а $\mu_{\text{выс}} = \mu$ (это поток ответов на самые сложные вопросы). Для потоков неправильных ответов имеем обратное соотношение ($\lambda_{\text{б}} = \lambda$, $\lambda_{\text{ср}} = 2\lambda$, а $\lambda_{\text{выс}} = 3\lambda$). Теперь диаграмму переходов для анализируемой системы можно представить более корректно, с учётом интенсивностей потоков правильных и неправильных ответов (рисунок 3).

Такие уточнения позволяют поставить вопрос об уравнениях равновесия переходов, то есть определить настройки системы для усреднённого обучаемого студента:

$$(3\lambda + 2\lambda + 3\mu)P1 = \lambda P0 + 2\mu P2 + \mu P3 \quad (8)$$

$$2\mu P2 = 2\lambda P2 \quad (9)$$

$$\mu P3 = 3\lambda P3 \quad (10)$$

$$\lambda P0 = 3\mu P0 \quad (11)$$

Что нам дают полученные уравнения? Ключевым, наиболее важным звеном системы, является определение базового уровня (уравнение 8).

Работа по настройке системы относительно среднего и высокого уровней сложности обучения довольно проста (при условии соблюдения соотношений между λ и μ -переходами), что следует из уравнений 9, 10, 11. Если эти соотношения не выполняются, то решение существенно усложняется, но позволяет получить **более тонкие варианты настройки МПТ**. Рассмотрим, в качестве примера, другие алгоритмы функционирования МПТ, более приближенные к реальности, чем приведенный ранее пример (рисунок 3).

Отличие состоит в том, что стремление к более высокому уровню знаний (рейтингу) не должно быть наказуемым. В нашем примере, назовём его «вариант 1», студент, стремясь к более высокому рейтингу, выбирает наиболее сложные вопросы. Но на сложные вопросы действительно не всегда удаётся дать правильные ответы. Результат — студенты среднего уровня подготовки могут набрать более высокий рейтинг по окончании занятия, чем те, кто работал над сложными темами (вопросами). В этом случае под сомнение ставится сама идея разработки МПТ. Решение для сложившейся ситуации, тем не менее, достаточно простое. Необходимо, чтобы студенты набирали рейтинг последовательно отвечая на вопросы всех уровней в рамках одного (текущего) фрейма (окна). Диаграмма переходов для этого случая, назовём его «вариант 2», принимает вид, представленный на рисунке 4. Если попытаться проанализировать МПТ2 и алгоритм его функционирования



Рисунок 4 – Диаграмма переходов МПТ (вариант 2 – последовательных ответов)

с позиции, аналогичной «варианту МПТ1», то есть учесть поправочные коэффициенты, учитывающие, что дать правильный ответ среднего уровня сложнее, чем базового, а ответ на вопрос высокой сложности наверняка должен стоить ещё дороже. Соответственно, проведём аналогичные рассуждения и для μ - и λ -переходов, считая их кратными друг другу, как это было принято при анализе для «варианта МПТ1». В результате наша диаграмма переходов несколько видоизменится и примет вид, как показано на рисунке 5.

Теперь мы можем записать и уравнения равновесия переходов для «варианта МПТ2», то есть определить настройки системы для усреднённого обучаемого студента. В этом случае (вариант 2) получим:

$$(3\mu + 2\lambda)P_1 = 2\mu P_2 + \lambda P_0 \quad (12)$$

$$(2\mu + 3\lambda)P_2 = \mu P_3 + 2\lambda P_1 \quad (13)$$

$$\mu P_3 = 3\lambda P_3 \quad (14)$$

$$3\mu P_0 = \lambda P_0 \quad (15)$$

Решением последних четырёх уравнений, при вариативности соотношений

между λ - и μ -переходами, является определение компромисса между базовыми параметрами модели. Предложенная математическая модель позволяет нам определить, какой уровень следует выбирать в качестве основного для настройки МПТ. Базовый уровень — для обучения, целью которого является приобретение минимальных необходимых знаний. Средний уровень, если подразумевается наличие потенциала, достаточного для решения задач расчётного характера. Достижение высокого уровня, открывающего перспективы творческого развития и решения задач научного характера, может служить ориентиром при подготовке потенциальных кандидатов для продолжения учёбы в магистратуре и аспирантуре.

В числе задач, которые предполагается рассмотреть в данной статье, приведен такой параметр, как сложность, который можно исследовать с различных позиций. Но работы, посвящённые непосредственно такому анализу, в печати не публиковались. Может такой анализ не заслуживает внимания? Приведу простой пример. Первая программа по информатизации образования в России (2001) была весьма масштабной и охватывала более 75 % учреждений среднего образования. Комплекс

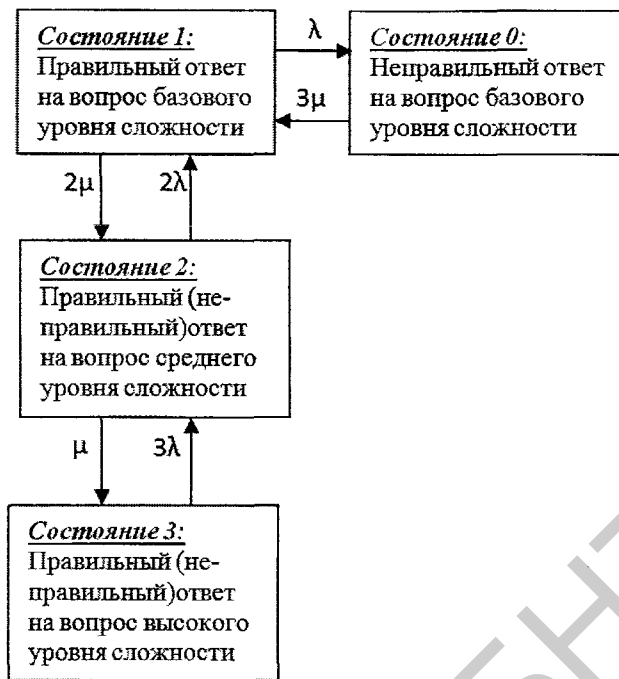


Рисунок 5 – Диаграмма переходов
(вариант МПТ2 – с учетом соотношений правильных и неправильных ответов)

обучающих программ был подготовлен на 102 оптических DVD-дисках и содержал учебные материалы по основным изучаемым предметам (рисунок 6). Но ошутимых результатов от внедрения данная программа информатизации не дала. Использование этих материалов в учебном процессе было трудоёмким, требовалось много подготовительной работы с большими временными затратами (подготовка компьютера, проектора, аудиокomплекса и наушников и т.п.), а получаемый эффект –

мизерный. Сам комплекс был не гибкий. Не учитывал способности учащихся, реализовывал всего один вариант на все случаи жизни. Зато был необычайно прост с позиций построения алгоритмов – простейший алгоритм следования с заданным временным интервалом ожидания. Этим объяснялись его весьма скромные возможности при проектировании различных типов учебных занятий. Но это был первый тьютор для задач электронного обучения (ЭО). Кстати, следует отметить, что срав-

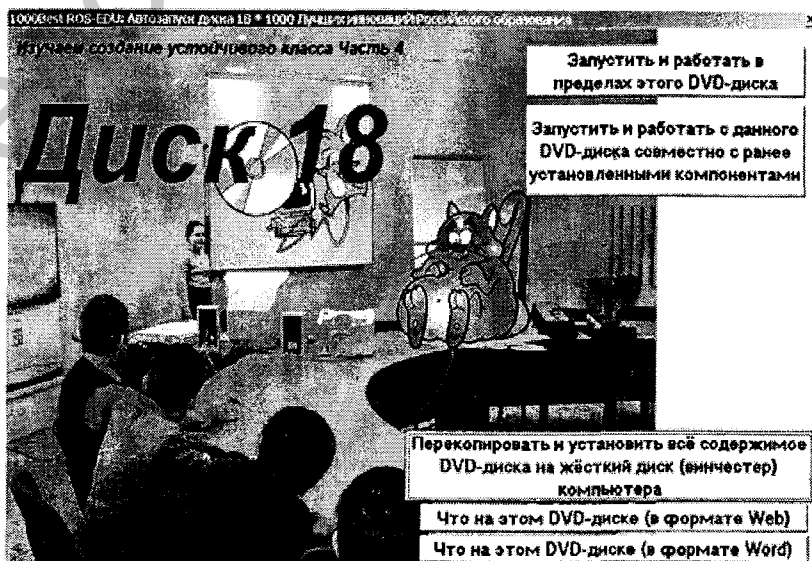


Рисунок 6 – Цифровой тьютор – программно-обучающий продукт – 1000BEST ROS-EDU

нить на том этапе указанную разработку было не с чем, подобная программа в Республике Беларусь появилась лишь в 2007 году и продолжалась до 2011 года. Ощутимых результатов она не принесла, но обнажила «болевы́е точки» и проблемы в отечественном образовании. В работе [1] была показана эволюция тьюторов ЭО и проведен анализ их построения с системных позиций. Поскольку математические модели тьюторов в материалах [1] не были рассмотрены, не было уделено внимание и их алгоритмической реализации.

На какие особенности построения алгоритмов МПТ следует обратить внимание, если перейти от математической модели (уравнения 8—11 и уравнения 12—15) к блок-схеме алгоритма? Это будет алгоритмическая структура, содержащая ветвление (условие), причем для уравнений модели (12—15) это будут вложенные (составные) условия. Если организовать обучение в режиме тренажера, то структурная организация такого МПТ будет содержать ещё и циклы, причём конкретный вид используемого вида циклов будет зависеть от типа проводимого учебного занятия. Очевидно, что такая реализация значительно сложнее, чем структура следования, использованная в тьюторах программы информатизации в 2001 году, но и возможности в реализации учебного процесса значительно шире. Эти вопросы, частично, рассмотрены в [4].

В числе возникших проблем, которые представляют предмет рассмотрения в данной статье, в качестве первой указывалась сложность (в том числе и материальной) практической реализации.

Действительно, хотя и программа 2001 г. Российской Федерации (Цифровой тьютор — программно обучающий продукт — 1000BEST ROS-EDU) являлась лауреатом конкурса «1000 лучших инноваций российского образования», и программа 2007—2011 гг. по информатизации общего среднего образования в Республике Беларусь была действительно инновационной, но обошлись они правительствам этих стран недешево и ощутимых результатов не принесли. Не помогла и конкурсная организация процесса. Единственный позитивный результат — это появление понимания сложности проблемы со стороны заинтересованных руководителей подразделений в министерствах образования. Что можно порекомендовать в сложившейся ситуации на рынке отечественных образовательных услуг? Занять выжидательную позицию, а затем покупать чужие разработки? Это означает открыть наш рынок образовательных услуг

всем желающим, например, представителям азиатско-тихоокеанского региона. Каких ожидать результатов? Наверно таких же, как с рынками электроники, компьютеров, микроэлектроники, которые, по мнению многих экспертов, навсегда утеряны для наших государств. Я думаю, что в сложившейся ситуации необходимо обратить внимание, в первую очередь, на опыт внедрения элементов ЭО, например, указанных в [7], где:

1. Предложена идеология построения (алгоритмы) и разработаны программы для реализации МПТ [4].

2. Разработаны и внедрены в учебный процесс три поколения АОС [8].

3. Разработана и внедрена технология использования сетевых обучающих технологий для различного вида академических занятий [4, 8]: лекций, лабораторных работ, комплексных уроков, вебинар-семинаров и других виртуальных образовательных форм.

4. Разработана технология «знаниевого шведского стола», при которой учащиеся вовлечены в учебную деятельность на протяжении всего времени учебного процесса [7].

5. Разработаны практические приёмы экспресс-диагностики учебного процесса с визуализацией посредством лепестковых диаграмм, обеспечивающие обратную связь преподавателя с учащимися и повышающие качество учебного процесса [4, 9].

6. Предложена математическая модель учебного процесса, ориентированная на ЭО [4].

7. Предложена методология оценки компонентов ЭП, ориентированная на разработку перспективных стандартов в области ЭО [10], использующая количественные критерии и различные математические методы (метод экспертных оценок, математическое моделирование, системы массового обслуживания исследования операций и др.)

8. Разработаны методы визуализации для повышения оперативности принятия решений [9]. Предложен и использован практически алгоритм решения задач ЭО, широко использующий методы решения изобретательских задач применительно к образовательным услугам [7].

9. Изучена и предложена к освоению технология современных методов обучения с использованием интернет — и интерактивного телевидения [2], а также облачных информационных технологий.

Как обстоят дела относительно сложности для МПТ? Действительно, алгоритмы, используемые в данной разработке, посложнее чем в других, известных по пу-

бликациям, тьюторам. Но мы имеем существенное снижение трудоёмкости за счёт возможности автоматизации этого процесса — применения фоновой программы (фреймового движка), а значит, и снижение затрат на разработку ЭУК в целом. Если обратиться к математической модели, то число звеньев в модели Маркова, в данном случае, не повышает сложность модели, так как нет проблем при определении базового уровня сложности, причём он может быть задан постоянным или переменным (с нарастающим уровнем сложности). Основные трудности присутствуют при определении параметров внутри одного фрейма. Мы имеем возможность определить, по какому сценарию принимаются решения и каковы численные характеристики для потоков правильных и неправильных ответов. При этом реализуются достоинства организации тьюторов с фреймовой структурой.

Заключение

Проблема, выделенная в данной статье, рассмотрена комплексно, с учётом практической реализации, сложности используемых алгоритмов и предложенной математической модели, приведенной к классической постановке задачи для Марковской модели.

Основные результаты: такой подход позволяет эффективно проектировать (решать задачи анализа и синтеза) МПТ, открывает перспективу в направлении автоматизации таких работ (имея программу — фреймовый движок, однотипный для каждого фрейма МПТ, получаем возможность состыковывать его и информационный контент с учётом характеристик, полученных в результате расчётов для обеспечения заданного качества образовательных услуг). Это позволит существенно продвигаться в направлении развития отечественного электронного обучения.

Литература / References

1. Рогальский, Е.С. Роль информационных технологий в инновационных проектах общего среднего образования. / Использование информационно-коммутиационных и мультимедийных технологий в образовании: монография / Ю.Н. Ильина, Е.С. Рогальский, Н.А. Гудина [и др.]; под общ. ред. Н.В. Лалетина. — Красноярск: Центр информации, 2011. — 164 с.
Rohalsky Y.S. Rol informatsionnykh tekhnologiy v innovatsionnykh proyektakh obshchego srednego obrazovaniya / Ispolzovaniye informatsionno-kommutatsionnykh i multimediynnykh tekhnologiy v obrazovanii: monografiya / Y.N. Ilina, Y.S. Rohalsky, N.A. Gudina [and others]; general ed. board: N.V. Laletina. — Krasnoyarsk: Tsentri informatsii, 2011. — 164 p., ISBN978-5-905284-05-2.
2. Рогальский, Е.С. Роль сетевых технологий в современном обществе / Е.С. Рогальский // Научный журнал «Исследования Наукограда». — № 2. — 2012. С. 43–50.
Rohalsky Y.S. Rol setevykh tekhnologiy v sovremennom obshchestve. Nauchnyy zhurnal "Issledovaniya Naukograda" № 2 (2) April–June 2012, p. 43–50. ISSN 2225-9449.
3. Диллон, Б. Инженерные методы обеспечения надёжности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх; пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 318 с.: ил.
B. Dilllon, Ch. Singkh. Inzhenernyye metody obespecheniya nadozhnosti sistem; translation from English — M.: Mir, 1984. — 318 s., il.
4. Рогальский, Е.С. Глава 1. Практические подходы к решению задач электронной педагогики / Современные информационно-коммуникационные технологии в образовании: монография / Е.С. Рогальский, Е.В. Елисеева, С.Н. Злобина [и др.]; под общ. ред. Н.В. Лалетина; Сиб. федер. ун-т; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева [и др.]. — Красноярск: Центр информации, 2012. — 220 с.
Rohalsky Y.S. Glava 1. Prakticheskiye podkhody k resheniyu zadach elektronnoy pedagogiki / Sovremennyye informatsionno-kommunikatsionnyye tekhnologii v obrazovanii: monografiya / Y.S. Rohalsky, E.V. Eliseyeva, S.N. Zlobina [and others]; general ed. board: N.V. Laletina; Sib. feder. un-t; Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V.P. Astafyeva [and others]. — Krasnoyarsk: Tsentri informatsii, 2012. — 220p. ISBN 978-5-905284.
5. Коршунов, Ю.М. Математические основы кибернетики: учеб. пособие для вузов / Ю.М. Коршунов. — М., Энергия, 1972.
Korshunov Y.M. Matematicheskiye osnovy kibernetiki. Uchebnoye posobiye dlya vuzov. M., Energiya, 1972.
6. Trivedi A.K., Shooman M.L. A Many State Markov Model for the Estimation and Prediction of Computer Software Performance Parameters, Proceedings International Conference on Reliable Software, April 21–23, 1975, Los Angeles, IEEE Cat. No 75 CHO940-7CSR, New York.
7. Рогальский, Е.С. Глава 3. Инновационные технологии в образовании: монография / Г.В. Яковлева, С.А. Павлова, Е.С. Рогальский [и др.]; под общ. ред. Н.В. Лалетина; Сиб. федер. ун-т; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. — Красноярск: ООО «Центр информации», ЦНИ «Монография», 2013. — 248 с.
Rohalsky Y.S. Glava 3. Innovatsionnyye tekhnologii v obrazovanii: monografiya / G.V. Yakovleva, S.A. Pavlova, Y.S. Rohalsky [and others]; general ed. board: N.V. Laletina; Sib. feder. un-t; Krasnyar. gos. ped. un-t im. V.P. Astafyeva. — Krasnoyarsk: OOO "Tsentri informatsii", TSNI "Monografiya", 2013. — 248p. ISBN 978-5-905284-35-9.
8. Рогальский, Е.С. Аспекты использования систем управления учебным процессом при внедрении сетевых обучающих технологий / Е.С. Рогальский // Столичное образование сегодня. — 2010. — № 6 — С. 113.
Rohalsky Y.S. Aspekty ispolzovaniya sistem upravleniya uchebnym protsessom pri vnedrenii setevykh obuchayushchikh tekhnologiy / Stolichnoye obrazovaniye segodnya №6/2010, p. 113. Mn.: "Adukatsyyaivkhanne".

9. Рогальский, Е.С. Экспресс-анализ при проведении электронных уроков / Е.С. Рогальский // М-лы III Международной НПК «Робототехника и искусственный интеллект», г. Железноводск, 2 декабря 2011 г. – 136 с. – С. 117–121.

Rohalsky Y.S. Ekspress-analiz pri provedenii elektronnykh urokov. Materialy III Mezhdunarodnoy NPK "Robototekhnika i iskusstvennyy intellekt", g. Zheleznovodsk, 2 December 2011, 136 p., 117–121 p., ISBN 978-5-905284-18-2.

10. Рогальский, Е.С. Разработка стандартов для электронных средств обучения – приоритетное направление повышения качества высшего образования / Е.С. Рогальский // Высшая школа: проблемы и перспективы: м-лы III Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 10 ноября 2011 г. Ч. 2. – Минск: РИВШ, 2011. – 308 с.

Rohalsky Y.S. Razrabotka standartov dlya elektronnykh sredstv obucheniya – prioritetnoye napravleniye povysheniya kachestva vysshego obrazovaniya. Vysshaya shkola: problemy i perspektivy: III Mezhdunarodnaya nauchno-metodicheskaya konferentsiya., Minsk. 10 November 2011. Part. 2 –Minsk. RIVSH, 2011. – 308 p.