

Расчет параметров элементов МСТ-приборов осуществляется на базе аналитических выражений. При этом был проведен сравнительный анализ точности вычисления параметров с применением методов КЭМ и аналитических выражений. За абсолютное и достоверное принималось значение, вычисленное при помощи КЭМ, и рассчитывался процент погрешности аналитического решения. В результате получено, что максимальная погрешность составила не более 2% при рассмотрении элементов МСТ-приборов сложной формы. Такую точность вычисления можно считать приемлемой на этапе проектирования до момента изготовления опытного образца. По результатам испытаний изготовленного опытного образца МСТ-прибора может быть проведена коррекция параметров введенных в ПО. Реализована возможность скорректировать либо геометрические размеры элементов (в соответствии с полученной точностью изготовления), либо ввести в модель непосредственно сами величины измеренных параметров.

В ПО реализована возможность моделирования полной измерительной цепи прибора. От перемещения инерционной массы до выходного сигнала в виде, например напряжения. При этом измерительно-преобразующая цепь описывается функциональными блоками, для которых необходимо задать только основные параметры. Например, для генератора – амплитуду и частоту, для фильтра – порядок и частотный диапазон. Т.е. нет ограничений на электрическую схему реализации устройства, имеются только те параметры, которые необходимо обеспечить данным устройством. Измерительные цепи разделены на две группы: цепи измерения перемещения и управляющие цепи формирования усилия (момента). Реализована на базе графического интерфейса возможность задания взаимосвязи между измерительными и управляющими цепями.

За счет использования БРС и аналитических выражений вычисления параметров элементов время формирования модели исследования и время, затрачиваемое на реализацию одного решения, сокращено на порядки и исчисляется не часами как при использовании КЭМ, а минутами.

Следует отметить, что приложение имеет внутреннюю пополняемую базу данных как по БРС

так и по элементам МСТ-приборов. При этом ПО имеет две части: клиентскую и серверную. Клиентская часть выполняет функции построения модели и расчета параметров. Серверная часть содержит в себе библиотеки базы данных, обновления базы данных и определяет адреса серверов подключаемых баз данных (например, база данных прототипов микромеханических приборов), а также места сохранения проектов и файлов данных для последующих этапов проектирования. Файлы данных представляют собой html-документы. По результатам проектирования создается два файла. Один содержит информацию для конструирования микроструктуры – кинематическая схема МСТ-прибора, количество и расположение элементов, форма элементов и их геометрические размеры. Второй – содержит информацию по параметрам измерительно-преобразующей цепи прибора. К данной информации относятся: количество измерительных цепей, функциональные схемы цепей, параметры элементов, взаимосвязи между цепями. Выходные файлы данных содержат информацию для этапов конструирования, на которых микроструктура получает окончательный облик и может быть определена технология изготовления.

Исследование функционирования МСТ-приборов в составе систем инерциальной навигации реализовано на основе построения вариаций Аллана. Приложение может использоваться не только в составе САПР, но в виде самостоятельного ПО. В этом случае оно может быть использовано в качестве инструмента для расчета параметров микромеханических акселерометров гироскопов и датчиков давления. При этом возможно его использование в учебном процессе при подготовке специалистов в области проектирования микромеханических приборов.

1. Ефимов, В.В. Информационно-аналитическое обеспечение начальных этапов проектирования микромеханических гироскопов и акселерометров / В.В. Ефимов [и др.] // Нано- и микросистемная техника. – 2012. – №1. – С. 4 – 9.
2. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие / В.Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.

УДК 535.317

## АНАЛИЗ И НАСТРОЙКА ВИРТУАЛЬНОГО АГЕНТА – ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

Рогальский Е.С.

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

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 отно-

сятся электронные учебные курсы (ЭУК), если они являются программным продуктом нового типа - виртуальным агентом с искусственным интеллектом, который так же 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, возможностью модернизации и жёсткой структурой, степенью защиты от «взлома», возможностью использования современных IT – решений, например «облачных» технологий.

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

Попробуем рассмотреть указанные факторы, начиная с последнего. Предлагаемая математическая модель, основана на предположении, что обучение происходит через последовательность изучаемых вопросов. Результатом этого обучения является достижение состояния «изучено» ( $n$ ) - тем, разделов, вопросов и т.д. в случае усвоения предлагаемых знаний, или «не изучено» ( $m$ ) - в противоположном. Как следует из данной гипотезы, мы имеем дело с классической постановкой задачи для Марковской модели, где система (в нашем случае, как было описано в работе, объект обучения - многоуровневый последовательно-фреймовый тьютор – автоматизированная обучающая система) проходит через последовательность «исправных» (up) и «неисправных» (down) состояний. Диаграмма изменения состояний системы (переходов) приведена на рис. 1:

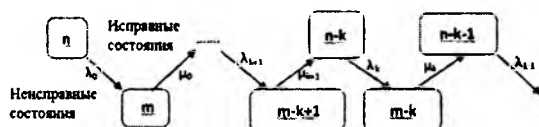


Рисунок 1 – Марковская модель

Используя известные методы, можно вывести дифференциальные уравнения состояния для этой системы:

$$\dot{P}_{n-k}(t) = -\lambda_k P_{n-k}(t) + \mu_{k-1} N_{m-k+1}(t), \quad (1)$$

$$\dot{P}_{m-k}(t) = -\mu_k P_{m-k}(t) + \lambda_{k-1} P_{n-k}(t). \quad (2)$$

Начальные условия имеют вид

$$P_{m-k}(0) = 0, \quad k=1,2,3,\dots, \quad (3)$$

$$P_n(0) = 1. \quad (4)$$

Решение уравнений (1) и (2) для случая постоянных значений  $\lambda_k = \lambda$  и  $\mu_k = \mu$  известно из литературы, но оно не всегда выполняется. Так как имеется существенный разброс в уровне подготовки студентов, особенно от одного учебного года к другому. 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 – Кутта. После того как будут получены вероятности всех состояний, отрицательный исход обучения (на техническом языке приход системы в состояние «неготовности») можно определить как функцию

$$U(t) = \sum_{k=0}^{kmax} P_{m-k}(t). \quad (5)$$

Поскольку вероятность зависит от выбранного значения  $kmax$  (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 многоуровневого последовательно-фреймового тьютора 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 учащимся.

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 возможны варианты развития сценария на каждом шаге предложенной модели. Если, очень коротко описать работу МПТ, то она сводится к следующему: обучаемому предлагается вопрос базового уровня. Возможны два исхода. Результат – либо возврат к информационному блоку, либо студенту предлагается ещё два вопроса, среднего или высокого уровня сложности. Правильные ответы увеличивают рейтинговую оценку студента и открывают доступ к следующему вопросу. Так,  $\mu$ -переходы, реализуются с увеличением рейтинга. Неправильные ответы ( $\lambda$ -переходы) не увеличивают рейтинг обучаемого, а в случае неправильного ответа на вопрос базового уровня не дают возможности перейти к сле-

дующему заданию. Это соответствует диаграмме переходов, представленной на рис.2.:



Рисунок 2 – Диаграмма переходов

Анализ функционирования модульных систем (модуль – блок вопросов, предлагаемых к изучению) на начальных стадиях предполагает некоторые допущения, упрощающие анализ. Такими допущениями могут служить предположения о независимости неправильных ответов ( $\lambda$ -переходов) и появление правильных ответов ( $\mu$ -переходы) как случайной величины с известной (заданной) вероятностью. На практике, особенно на начальной стадии настройки МПТ, удобно предположить, что все  $\lambda_i$  равны между собой, то есть соблюдается соотношение:

$$\lambda_0 = \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 \quad (6)$$

а  $\mu_j$  соответственно имеют равную вероятность:

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu \quad (7)$$

Очевидно, что данные предположения являются очень большой натяжкой 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  $\lambda$ -переходов. Такие уточнения

позволяют поставить вопрос об уравнениях равновесия переходов, то есть настройки системы для усреднённого обучаемого студента. В итоге получаем  $3\mu_1 = 2\mu_2 = \mu_3$  и  $\lambda_0 = 2\lambda_1 = 3\lambda_2$ . Теперь мы можем записать уравнения равновесия:

$$(\lambda_0 + 2\lambda_1 + 3\lambda_2) P_1 = \mu_3 P_3 + 2\mu_2 P_2 + 3\mu_1 P_0 \quad (8)$$

$$2\lambda_1 P_2 = 2\mu_2 P_2 \quad (9)$$

$$3\lambda_2 P_3 = \mu_3 P_3 \quad (10)$$

$$\lambda_0 P_0 = 3\mu_1 P_0 \quad (11)$$

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  $\lambda$  и  $\mu$ -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*. В решении последних четырёх уравнений, при вариативности соотношений между  $\lambda$ - и  $\mu$ -переходами, находится компромисс между универсальностью и специализированными разработками, возможностью модернизации и жёсткой структурой, степенью защиты от «взлома», возможностью использования современных ИТ – решений.

1. Рогальский, Е.С. Глава 1. Практические подходы к решению задач электронной педагоги. 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: Центр информации, 2012. – 220с.

УДК 658.5:001.895/07:332.142

## ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ БЕЛАРУСИ

Серченя Т.И.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Особенность современного этапа социально-экономического развития Беларуси состоит в том, что одновременно приходится решать задачи повышения эффективности текущего функционирования, и опережающего развития. Для обеспечения опережающего развития важно обеспечить реализацию национальных конкурентных преимуществ.

В концепции новой экономической географии Пола Кругмана конкурентоспособность национальной экономики (отдельного региона, отрасли) определяется конкурентными преимуществами «первой» и «второй» природы. К конкурентным преимуществам «первой природы» относят изначально данные факторы (ресурсы), которые определяют ценовые преимущества определенных отраслей преимущественно в кратко- или среднесрочном периоде. Долгосрочное же развитие отраслей, регионов, всей национальной экономики обеспечивают преимущества «второй природы» – созданные факторы (ресурсы), такие как человеческий капитал, экономические институты, агломерационный эффект [1].