

## РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ УЧЕБНЫХ РЕСУРСОВ

Кондратёнок Е.В., Кондратёнок В.А.

*БНТУ, МИДО, г. Минск, РБ, elena\_kondr@tut.by*

Как показано в [5], решение сложных задач управления в образовательной системе сейчас практически невозможно без предварительного моделирования процессов обучения. При этом наметилась тенденция подготовки специалистов с большей долей самостоятельной познавательной деятельности обучаемого. Данная тенденция привела к необходимости разработки не просто электронных ресурсов, большинство из которых, как правило, являются не более чем статичными гипертекстовыми страницами и лишь некоторые персонализируют процессы обучения и контроля, а адаптивных электронных ресурсов.

Учебные ресурсы, как показано в [6], в которых содержание и/или форма, предъявляемые конкретному пользователю, зависят от характеристик самого пользователя, называются адаптивными. Суть адаптации заключается в возможности «подстраиваться» под цели обучения, уровень знаний и предпочтений пользователя.

Выбор вида модели адаптивного учебного ресурса при этом определяется характером процесса и задачей управления. Цель моделирования – проанализировать возможность оптимизации процесса по заданному критерию, т.е. синтезировать такую стратегию управления, при которой функционал качества достигнет экстремального значения.

Наиболее общими показателями оценки качества учебного курса можно назвать отсутствие излишней детализации, возможность самоконтроля, логичность, типичность учебного материала, доступность и полнота его изложения. При этом уже в самом типовом наборе показателей оценки качества системы дистанционного образования кроется ряд противоречий. К примеру, полнота изложения материала предполагает некоторую его «избыточность» для того, чтобы обучаемый смог построить логические связи с уже изученным ранее. Это обеспечивает более полное усвоение рассматриваемой информации. В то же время, эту «избыточность» можно определить как излишнюю детализацию и т.д. Следовательно, перед разработчиками электронного курса стоит серьезная проблема оптимизации его содержания по тому или иному критерию.

Задача становится многокритериальной и перестает относиться к задачам линейного программирования. Кроме того, наблюдается определенный субъективизм в принятии решения, что связано с отсутствием математически обоснованной методики определения весовых коэффициентов параметров качества.

Оптимизация электронного ресурса может осуществляться по таким показателям как среднее время изучения курса (при заданной вероятности его освоения), вероятность его освоения (при заданном времени его изучения) и т.д.

Что касается, к примеру, времени  $T$ , затраченного на изучение учебного курса, то постановка задачи в этом случае принимает следующий вид:

$$\begin{cases} \sum_{i \in M} v_i \rightarrow \max \\ \sum_{i \in M} t_i \leq T \end{cases},$$

где  $M$  – множество номеров учебных блоков, включенных в учебный курс;

$N$  – множество номеров всех учебных блоков предметной области,  $M \subset N$ ;

$v_i$  – важность  $i$ -го учебного блока;

$t_i$  – время, требуемое на изучение  $i$ -го учебного блока.

Однако данный показатель можно использовать только в том случае, если нет жесткого ограничения на время изучения материала курса. Если же используется очное или «смешанное обучение», то есть совмещение аудиторных занятий и самостоятельной работы, то удобнее применять второй показатель – вероятность освоения материала учебного курса (при заданном времени его изучения).

К основным же типам моделей, применяемых для решения задач управления в образовательной системе, относят:

1. Аналитические [5], где основные параметры, характеризующие процесс или результат обучения, зависят от времени и носят вероятностный (статистический) характер, что позволяет провести анализ процесса в общем виде, определить оптимальные соотношения параметров для эффективного управления.

2. Графовые [7], когда математическая модель структуры представлена ориентированным графом, являющимся деревом. К графовым относятся различные варианты семантических сетей, когнитивные карты, сети Петри, цепи Маркова.

В математическом смысле числовая **когнитивная карта** – это взвешенный ориентированный граф. Для построения адаптивных учебных ресурсов применимы такие характеристики когнитивных карт как влияние одного учебного блока на другой, влияние учебного блока на систему, влияние системы на учебный блок. Эти характеристики позволяют спроектировать рациональное по объему и структуре содержание курса, не перегружая его малозначимыми в целом учебными блоками и организовать эффективную систему связей между учебными блоками.

Алгоритм адаптации может из исходной когнитивной карты выделить подкарту, состоящую из учебных блоков, влияние которых на блок, указанный пользователем в качестве целевого, наиболее существенно. Это может быть формализовано путем задания порога значимости влияния с учетом уровня знаний пользователя.

Задаче планирования содержания обычных или адаптивных учебных ресурсов можно придать оптимизационный характер, если ввести в модель количественную характеристику важности учебных блоков для учебного курса. В качестве подлежащей максимизации целевой функции будет выступать суммарная важность блоков, включаемых в ресурс.

Задача рассматривается при наличии некоторого набора ограничений на совокупность блоков, делающих невозможным включение в ресурс всех имеющихся блоков.

Что касается **сетей Петри**, то, хоть они и используются для описания моделей интерактивных учебных курсов [8], динамические параметры процесса в них можно оценивать только с помощью имитационного моделирования. К тому же сети Петри асинхронны – в них отсутствует измерение времени или течение времени. Синхронизация процессов по времени здесь отсутствует, что при «смешанном» обучении делает моделирование процесса освоения материала группой затруднительным.

При использовании **цепей Маркова** модель представляет собой ориентированный граф, содержащий узлы и дуги. При этом каждый узел моделирует один из шагов процесса изучения курса. Дуги между узлами моделируют последовательность выполнения шагов, они помечаются вероятностями перехода от одного узла к другому.

Получение или забывание единицы знаний, как показано в [5], рассматривается при этом как случайное событие, а обучение характеризуется параметрами, функционально связанными со временем.

Сложность марковской модели функционирования системы, как показано в [9], определяется как множеством учитываемых факторов, так и непростой организацией самой системы (наличием разнородных подсистем, элементов и взаимосвязей между ними). Существенным является также необходимость учета фактора неопределенности анализируемых переменных и случайности событий. При этом отметим, что традиционно используемый для учета стохастической неопределенности вероятностный подход в марковских моделях не всегда применим из-за недостатка статистической информации о состоянии сложной системы.

При моделировании изучения учебной дисциплины процесс обучения определяется как суперпозиция потоков усвоения и забывания единиц учебного материала. На основе математического описания потоков моделируется изменение знаний в виде интегро-дифференциальных уравнений.

В более общем виде стохастический по своей природе процесс обучения рассматривается как полумарковский, при котором вероятность перехода из одного состояния в другое зависит как от исходного состояния, так и от состояния, в которое осуществляется переход [1]. Учитывая характер обучения, считают, что практически возможными являются лишь переходы в соседние состояния, которые могут зависеть от времени. В результате могут быть получены системы дифференциальных уравнений с зависящими от времени коэффициентами, которые не всегда имеют аналитические решения.

Вариант построения относительно простой модели такого рода изложен в работе [2]. В нем процесс передачи знаний на каждом шаге рассматривается как алгебраическая сумма процессов усвоения и забывания, причем вероятности переходов вправо или влево считаются равными. Полученное таким образом уравнение, характеризующее процесс передачи знаний пользователю в результате разложения в ряд Тейлора и ограничения его членами, содержащими производные по времени не выше второго порядка, является дифференциальным 2-го порядка гиперболического типа. Данное уравнение используется в [6] для моделирования учебного процесса путем задания различных краевых условий, соответствующих поставленной задаче.

### **Результаты**

В настоящее время в качестве примера разработана структура одного из учебных курсов по дисциплине, закрепленной за кафедрой «Информационные системы и технологии», состоящая из 11 модулей, причем 1–10 модуль соответствует какой-либо теме курса, а модуль №11 – итоговой контрольно-проверочной части курса. Необходимо было, по аналогии с [8], описать курс и придать ему свойство адаптивности (под адаптацией в теории управления понимают «процесс изменения параметров и структуры системы, а возмущающих воздействий на основе текущей информации с целью достижения определенного, обычно оптимального, состояния системы при начальной неопределенности и изменяющихся условиях работы» [10]).

Для оптимизации курса по такому показателю как вероятность освоения материала учебного курса (при заданном времени его изучения) предлагалось предусмотреть адаптацию к объему изучаемого материала и его сложности. К примеру, ввести две категории обучаемых: 1-й уровень – студенты очной пятигодичной формы обучения; 2-й уровень – студенты заочной формы обучения. Как и в [8], присвоение определенного уровня различным категориям студентов не являлось чем-то неизменным, т.к. процедура адаптации как раз и позволяет студенту любой категории выбрать для себя свой порядок прохождения разделов курса с возможностью смены уровня сложности в зависимости от оценки, полученной при тестировании на предыдущем этапе.

В разработанной структуре каждый модуль курса содержит теоретический материал, задание для лабораторной работы, в состав которого включены и вопросы для самостоятельной работы и примеры, а также набор контрольных вопросов для самопроверки и получения оценки. Во всех модулях предусмотрена возможность использования справочных материалов, переходов «вперед» и «назад» по модулю и т.д.

Процесс прохождения учащимся учебного модуля заключается в следующем. Из базы учебных модулей обучаемый получает теоретический материал, который ему предлагается освоить. После того, как обучаемый окончил изучение этого материала, он может приступить к тестированию (самотестированию). Из базы тестов выбирается тестовый материал и предъявляется обучаемому, который готовит и вводит в систему ответы на тестовые задания. Эти ответы анализируются системой оценивания и на основании результатов анализа принимается решение:

– ответы верные, в этом случае изучение данного модуля завершается, возможен переход к следующему модулю или повышение уровня сложности;

- ответы неточные, в этом случае обучаемый должен изучить дополнительный материал и затем пройти повторное тестирование;
- ответы абсурдные, в этом случае обучаемый должен изучить материал модуля с самого начала; также возможно понижение уровня сложности.

**Модель отдельного модуля**

Отдельные модули составляют нижний уровень иерархии модели. процессы, проходящие в них, имеют случайный характер.

Типовые «теоретические» модули (№№1–10) содержат следующие состояния, как показано на рисунке 1 (структура каждого конкретного модуля может отличаться от типовой):

$P_1, S_1$  – получение задания и изучение теоретического материала модуля с использованием предложенных примеров и справочного материала;

$P_2, S_2$  – работа с компьютерной обучающей или тестирующей программой;

$P_3, S_3$  – защита выполненной работы;

$P_4, S_4$  – изучение дополнительного материала;

$P_5, S_5$  – получение зачета по модулю.

Во всех марковских цепях добавлены поглощающие состояния для того, чтобы время работы модуля было конечным.

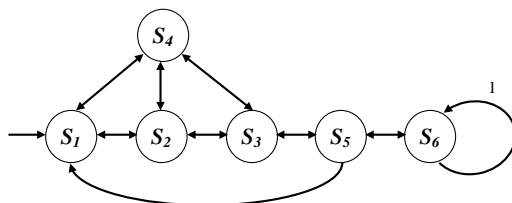


Рисунок 1 – Модель модуля

Матрица переходных вероятностей для рассматриваемой группы модулей имеет вид (1).

Модуль же №11 (контрольно-проверочная часть курса) включает следующие состояния, как показано на рисунке 2:

$P_1, S_1$  - получение задания;

$P_2, S_2$  - выполнение задания;

$P_3, S_3$  - изучение дополнительного материала;

$P_4, S_4$  - получение зачета по модулю.

$$P = \begin{bmatrix} 0 & p_{12} & 0 & p_{14} & 0 & 0 \\ p_{12} & p_{23} & p_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{32} & 0 & p_{34} & p_{35} & 0 \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & 0 & 0 & 0 \\ p_{51} & 0 & p_{53} & 0 & 0 & p_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \tag{1}$$

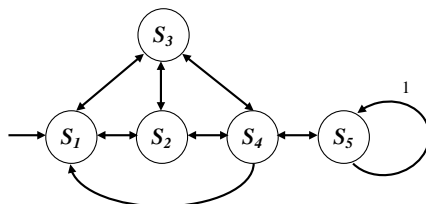


Рисунок 2 – Модель модуля №11

Матрица переходных вероятностей для модуля №11 имеет вид:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & p_{12} & p_{13} & 0 & 0 \\ p_{21} & 0 & p_{23} & p_{24} & 0 \\ p_{31} & p_{32} & 0 & p_{34} & 0 \\ 0 & 0 & p_{43} & 0 & p_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

### Адаптация

Адаптация в обучающей системе, как показано в [8] – процесс изменения параметров и структуры модели объекта (обучаемого) и обучающих воздействий на основе текущей информации, получаемой в ходе обучения, с целью достижения оптимального состояния объекта при его начальной неопределенности и изменяющейся среде. Начальная неопределенность связана с почти полным отсутствием в обучающей системе информации об обучаемом.

При этом цепь Маркова принимает вид, показанный на рисунке 3. Матрица вероятностей переходов в цепи Маркова имеет вид (3).

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & p_{111} & p_{112} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{121} & p_{122} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{211} & p_{212} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{221} & p_{222} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{311} & p_{312} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{321} & p_{322} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{411} & p_{412} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{421} & p_{422} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{511} & p_{512} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{521} & p_{522} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{611} & p_{612} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{111} & p_{622} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{711} & p_{712} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{721} & p_{722} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{811} & p_{812} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{821} & p_{822} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{911} & p_{912} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{921} & p_{922} & 0 \\ 0 & p_{101} \\ 0 & p_{101} \\ 0 & p_{11} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где  $p_{kjl}$  – вероятность перехода с  $j$ -го уровня  $k$ -го модуля на  $l$ -й уровень  $k+1$ -го модуля (для  $k = 11$  вероятности имеют два индекса, т.к. в модуле №11 уровни сложности не выделяются).

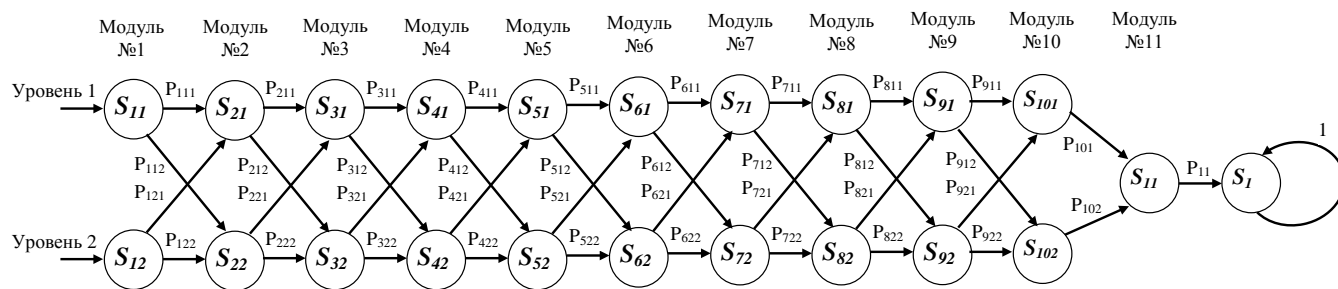


Рисунок 3 – Цепь Маркова, моделирующая вероятностный процесс прохождения курса

### Использованные источники

1. Свиридов А.П. Основы статистической теории обучения и контроля знаний: Метод. пособие. – М.: Высш. школа, 1981. – 263 с.
2. Бояринов Д.А. Проектирование личностно-ориентированной обучающей системы: дис. канд. пед. наук. – Смоленск, 2004. – 204 с.
3. Сыгодина М.В. Моделирование процесса обучения в высшем учебном заведении: дис. канд. тех. наук. – Москва, 2005.
4. Свиридов А.П., Шалобина И.А. Сетевые модели динамики знаний / Под ред. Ю.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МЭИ, 1992. – 88 с.
5. Орлов П.А., Дровникова И.Г. Методы математического моделирования процесса обучения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-1/03-01-09.ttb.pdf>. – Дата доступа: 26.02.2013.
6. Сиговцев. Моделирование учебных ресурсов для e-Learning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-240538.html>. – Дата доступа: 13.11.2013.
7. Соловов А.В. Моделирование структуры электронных образовательных ресурсов // Информационные технологии. – №2. – 2007. – С.43–48.
8. Доррер А.Г., Иванилова Т.Н. Моделирование интерактивного адаптивного обучающего курса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/18-547>. – Дата доступа: 23.07.2012.
9. Борисов В.В., Бояринов Ю.Г., Дли М.И., Мищенко В.И. Метод построения нечеткой полумарковской модели функционирования сложной системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.swsys.ru>. – Дата доступа: 07.09.2010.
10. Растринин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. – Рига: Зинатне, 1988. – 160 с.