

УДК 37.02

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ДИДАКТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

MODELING AS A METHOD OF THE DIDACTIC SYSTEM RESEARCH

©Майер Р. В.

SPIN-код: 6444-8902

д-р пед. наук

*Глазовский государственный педагогический институт
г. Глазов, Россия, robert_maier@mail.ru*

©Mayer R.

SPIN-code: 6444-8902

*Dr. habil., Korolenko Glazov State Pedagogical Institute
Glazov, Russia, robert_maier@mail.ru*

Аннотация. В статье обсуждаются некоторые подходы к моделированию дидактических объектов и процессов. Рассмотрены различные типы моделей дидактических систем, приведена классификация моделей по различным основаниям, обсуждается проблема математического и компьютерного моделирования процесса обучения. В качестве примера проанализирована трехкомпонентная модель изучения студентом некоторой гипотетической дисциплины в течение семестра. Модель учитывает: 1) длительность занятий и промежутков между ними; 2) распределение учебной информации и ее сложность; 3) повторное изучение отдельных тем во время подготовки к контрольным работам или экзамену; 4) степень использования учебного материала предыдущих тем. Представлены графики зависимости количества знаний ученика от времени.

Abstract. In the article some approaches to modeling of the didactic objects and processes are discussed. The various types of models are considered, the classification of models by the various bases is given, the problem of mathematical and computer modeling of the training process is discussed. As an example the three-component model of study by the student of some hypothetical discipline during a semester is analyzed. The model takes into account: 1) the durations of the lessons and intervals between them; 2) the distributions of the educational information and its complexity; 3) the repeated study of separate themes during preparation for control works or examination; 4) the degree of use of the previous themes material. The graphs of the student's knowledge quantity dependence from time are submitted.

Ключевые слова: дидактика, дидактическая система, имитационная модель, моделирование, обучение, ученик, учитель.

Keywords: didactics, didactic system, imitating model, modeling, training, pupil, teacher.

Дидактика (теория обучения) изучает законы, принципы и закономерности усвоения знаний, умений, навыков, формирования убеждений, определяет объем и содержание образования, средства и методы обучения [1]. Предметом исследования дидактики является взаимосвязь деятельности учителя и познавательной деятельности ученика. К ее задачам относятся описание и объяснение процесса обучения, выявление внутренних связей и отношений между дидактическими объектами, раскрытие закономерностей и движущих сил развития учебного процесса и условий его совершенствования. В настоящее время для изучения дидактических систем используются: 1) метод педагогического эксперимента;

2) метод качественного моделирования (или метод качественных рассуждений); 3) метод математического моделирования; 4) метод имитационного моделирования на компьютере.

Модель — это материальный или идеальный объект, замещающий исследуемую систему и адекватным образом отображающий ее существенные стороны. В педагогике «модели используются либо как исследовательский прием представления исследуемого педагогического объекта с целью его объяснения, изучения, уточнения; либо как инструмент, позволяющий на основе анализа модельного представления педагогического объекта влиять на его построение и функционирование» [2, с. 139]. Модель дидактического объекта или процесса (ученика, учебника, деятельности школьника и т.д.) должна отражать его наиболее важные качества, пренебрегая второстепенными. М.В. Ядровская выделяет следующие виды моделей, используемых в педагогике [2]: 1) модели образования; 2) модели образовательного процесса; 3) модели результата образовательного процесса; 4) модели оптимизации организации и управления образованием. При этом обсуждаются модель представления учебной информации, информационно–логическая модель учебного материала, модели знаний и карты памяти; построение дидактических матриц; модели педагогической системы, модель процесса обучения и т. д. [2]. В. М. Ананишнев в статье [3] рассматривает теоретические проблемы моделирования в сфере образования, обсуждает статическую и динамическую модели образовательного процесса, построение концептуальной модели дидактической системы, создание модели личности обучаемого, моделирование условий образования. Говоря о модели ученика, различают: 1) динамическую поведенческую модель обучаемого; 2) нормативную модель, содержащую требования к конечному состоянию ученика или студента. К последней относится квалификационная и компетентностная модели специалиста.

1. Различные виды моделей, используемые в дидактике

Моделирование — общенаучный метод познания, который применяется при изучении различных явлений природы и общества [4, с. 13–17]. При моделировании дидактических систем могут преследоваться следующие цели: 1) изучение сущности того или иного дидактического объекта или процесса, составляющих элементов и связей между ними; 2) объяснение уже известных результатов эмпирических исследований, согласование модели и ее параметров с результатами педагогического эксперимента; 3) прогнозирование поведения дидактической системы в новых условиях при различных внешних воздействиях и способах управления; 4) оптимизация функционирования дидактической системы, поиск правильного управления в соответствии с выбранным критерием оптимальности.

Модели сложных систем можно разделить на классы по следующим основаниям [4, с. 13–17]: 1) по характеру моделируемой стороны объекта; 2) по отношению ко времени; 3) по способу представления состояния системы; 4) по степени случайности моделируемого процесса; 5) по способу реализации. При классификации по характеру моделируемой стороны объекта выделяют следующие виды моделей (Рисунок 1):

1. Кибернетические или функциональные модели; в них дидактическая система рассматривается как «черный ящик», внутреннее устройство которого неизвестно. Поведение такого «черного ящика» может описываться математическим уравнением, графиком или таблицей, которые связывают выходные сигналы (реакции) устройства с входными (стимулами). Структура и принципы действия такой модели не имеют ничего общего с исследуемым дидактическим объектом, но функционирует она похожим образом. Например, компьютерная программа, решающая систему уравнений, и строящая график зависимости количества знаний ученика от времени.

2. Структурные модели — это модели, имеющие такую же структуру, что и изучаемый дидактический объект или процесс. К таким моделям относятся блок–схема школьного курса биологии, графические и материальные модели органических молекул, учебные макеты скелета и тела человека и т. д.

3. Информационные модели, представляющие собой совокупность специальным образом подобранных величин и их конкретных значений, которые характеризуют исследуемый объект. Выделяют вербальные (или словесные), табличные, графические и математические информационные модели. Например, качественное описание работы двигателя внутреннего сгорания; информационная модель студента, содержащая оценки за экзамены и проверочные работы; модель учебного процесса, состоящая из таблицы, в которой перечислены названия учебных предметов, темы, количества часов, контрольные и лабораторные работы и т. д.

По отношению ко времени выделяют: 1. Статические модели, состояние которых не изменяется с течением времени (семантическая сеть понятия, когнитивная схема решения задачи, структура системы образования). 2. Динамические модели, представляющие собой функционирующие объекты, состояние которых непрерывно изменяется (компьютерные модели simSchool system, отслеживающие изменение нескольких характеристик учеников с течением времени).

МОДЕЛИ КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ :



Рисунок 1. Различные способы классификации моделей.

По способу представления состояния системы различают: 1. Дискретные модели обучения, в которых ученик заменяется автоматом, — воображаемым дискретным устройством с некоторым набором внутренних состояний, преобразующим входные сигналы в выходные в соответствии с заданными правилами. 2. Непрерывные модели, в которых протекают непрерывные процессы, характеристики состояния объекта изменяются плавно. Например, компьютерные модели, основанные на решении дифференциальных уравнений, связывающих скорость увеличения знаний ученика с требованиями учителя.

По степени случайности моделируемого процесса выделяют (Рисунок 1): 1. Детерминированные модели, которым свойственно переходить из одного состояния в другое в соответствии с жестким алгоритмом. Например, математическая модель, для которой между внутренним состоянием, входными и выходными сигналами имеется однозначное соответствие. 2. Стохастические модели, функционирующие подобно вероятностным автоматам; их внутреннее состояние и сигнал на выходе в следующий момент времени задается матрицей вероятностей. Например, вероятностная модель ученика, в которой по мере обучения вероятности правильных переходов увеличиваются.

По способу реализации различают: 1. Абстрактные модели, то есть мысленные модели, существующие только в нашем воображении. Например, структура алгоритма деятельности ученика может быть представлена с помощью когнитивной схемы или графа, а процесс

формирования навыка может быть описан функциональной зависимостью или системой дифференциальных уравнений. К абстрактным моделям также можно отнести различные графические модели, схемы, структуры и анимации. 2. Материальные (или физические) модели представляют собой неподвижные макеты либо действующие устройства, функционирующие в чем-то подобно исследуемому дидактическому объекту или процессу. Например, гидравлическая модель обучения, в которой объем усвоенных знаний пропорционален объему жидкости, попавшей в сосуд.

Нас будут интересовать абстрактные модели, которые в свою очередь подразделяются на вербальные, математические и компьютерные. К вербальным или текстовым моделям относятся последовательности утверждений на естественном или формализованном языке, описывающие объект познания на качественном уровне. Математические модели образуют широкий класс знаковых моделей, в которых используются логические условия, математические действия и операторы. Часто они представляют собой систему математических высказываний, алгебраических или дифференциальных уравнений. Для исследования математической модели применяют аналитический метод или численный метод (то есть с помощью ПЭВМ). Компьютерные модели представляют собой алгоритм или компьютерную программу, решающую систему алгебраических или дифференциальных уравнений и имитирующую поведение исследуемой системы «учитель–ученик».

2. Математическое и имитационное моделирование обучения

Метод математического моделирования заключается в построении математической модели ученика или процесса обучения и ее использовании для анализа различных ситуаций. Компьютерное моделирование предполагает написание компьютерной программы, имитирующей поведение дидактической системы, и проведение с ней серии вычислительных экспериментов при различных условиях. Сформулируем основную задачу имитационного моделирования процесса обучения: зная начальное состояние ученика, распределение учебного материала и используемые методы обучения (то есть оказываемое воздействие), необходимо определить состояние ученика после обучения. Оптимизационная задача имитационного моделирования дидактических систем может сформулирована так: исходя из параметров ученика и наложенных ограничений, требуется определить стратегию обучения (распределение учебного материала, длительность занятий и т. д.), при которых результат обучения будет наиболее высоким или превышать заданный уровень.

Моделированием процесса обучения занимались такие известные ученые, как Р. Аткинсон, Г. Бауэр, З. Кротерс, Р. Буш, Ф. Мостеллер, Ф. С. Робертс, О. П. Свиридов, Л. П. Леонтьев, О. Г. Гохман и др. Метод имитационного моделирования состоит в создании компьютерной программы, симулирующей поведение системы «учитель–ученик», и проведении серии численных экспериментов с целью понимания поведения системы и оценки различных стратегий управления для ее эффективного функционирования. При этом используют: 1) непрерывные модели, основанные на численном решении системы дифференциальных уравнений [5, с. 53–73]; 2) дискретные модели, в которых обучаемый моделируется вероятностным автоматом [5, с. 26–48; 6]; 3) мультиагентные модели, состоящие из множества программный агентов, обменивающихся информацией друг с другом [7].

Развитие имитационного моделирования связано с созданием различных автоматизированных тестирующих и обучающих систем [8, 9]. При этом, как отмечает Ю. И. Петров [10], используемая модель обучаемого должна содержать информацию о его знаниях, умениях и навыках, способности к обучению и выполнению заданий, личностные характеристики (способность к забыванию и восстановлению забытой информации) и другие параметры. Е. Е. Буль в своей статье [8] анализирует скалярные, векторные (или оверлейные), сетевые, имитационные модели обучения, разработанные в различных учебных заведениях, проводит сравнительный анализ по следующим критериям: распространенность типов моделей; использование параметров, определяющих результат и качество учебного

процесса. Обычно модели обучаемых учитывают [8]: 1) уровень знаний; 2) психологические характеристики; 3) скорость обучения или усвоения; 4) выполнение заданий; 5) способность к обучению; 6) уровень умений и навыков; 7) метод или стратегия обучения; 8) структура учебного курса.

3. Пример построения математической модели обучения

При моделировании обучения следует учитывать психолого–педагогические закономерности дидактического процесса. Перечислим некоторые из них: 1) наиболее прочно усваиваются те элементы учебного материала (ЭУМ), которые включены в учебную деятельность; 2) мотивация обучения и скорость увеличения знаний пропорциональны разности между уровнем требований и имеющимся у ученика количеством знаний; 3) результат обучения зависит от сложности материала и применяемых методов; 4) забывание происходит по экспоненциальному закону. Предлагаемая многокомпонентная модель обучения основывается на следующих утверждениях: 1) все знания Z студента делятся на три категории: непрочные знания Z_1 , знания Z_2 средней прочности (умения), прочные знания Z_3 (навыки); 2) скорость увеличения непрочных знаний пропорциональна разности между уровнем требований L преподавателя и суммарными знаниями Z студента и равна $\alpha(L - Z)$; 3) при обучении за время dt количество $\alpha_1 Z_1 dt$ знаний первой категории превращаются в знания второй категории, а количество $\alpha_2 Z_2 dt$ знаний второй категории превращаются в знания третьей категории; 4) при отсутствии обучения за время dt количество $\gamma_3 Z_3 dt$ знаний третьей категории превращаются в знания второй категории, а количество $\gamma_2 Z_2 dt$ знаний второй категории превращаются в знания первой категории; количество $\gamma_1 Z_1 dt$ знаний первой категории забывается. При этом непрочные знания первой категории забываются быстрее прочных знаний, их коэффициент забывания выше: $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$.

$$Z = \begin{pmatrix} Z_1^1 & Z_1^2 & \dots & Z_1^{15} \\ Z_2^1 & Z_2^2 & \dots & Z_2^{15} \\ Z_3^1 & Z_3^2 & \dots & Z_3^{15} \end{pmatrix} \quad E = \begin{pmatrix} 1 & 0,3 & 0,3 & 0,3 & \dots & 0,03 \\ 0 & 1 & 0,3 & 0,3 & \dots & 0,03 \\ 0 & 0 & 1 & 0,3 & \dots & 0,03 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0,03 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

$\begin{matrix} 1 & 6 & 1 \\ 0 & 162 & 1 \\ 2 & 6 & 1 \\ 0 & 162 & 1 \\ 3 & 6 & 1 \\ 0 & 162 & 1 \\ 4 & 6 & 1 \\ 0 & 79 & 1 \\ 1 & 0,7 & 2 \\ 2 & 0,8 & 2 \\ 3 & 0,7 & 2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 4 & 0,8 & 2 \\ 0 & 80 & 1 \\ 5 & 6 & 1 \\ 0 & 162 & 1 \\ 6 & 6 & 1 \\ 0 & 162 & 1 \\ 7 & 6 & 1 \\ 0 & 162 & 1 \\ 8 & 6 & 1 \end{matrix}$
--	--

Рисунок 2. Матрица знаний Z . Матрица повторения E .
Формат входного файла.

Если дисциплина состоит из 15 лекций или тем, то состояние студента в каждый момент времени определяется матрицей знаний Z размером 3×15 , состоящей из 45 элементов (Рисунок 2.1); верхний индекс каждого элемента означает номер темы $i = 1, 2, \dots, 15$, а нижний — категорию знаний (1, 2 или 3). Для имитационного моделирования обучения необходимо создать компьютерную программу, которая: 1) считывает распределение учебной информации, длительность занятий и перерывов из текстового файла; 2) учитывает повторение при подготовке к экзамену и контрольным работам; 3) учитывает, что при изучении данной темы используется некоторая часть информации из предыдущих тем; 4) определяет количество прочных и непрочных знаний в последовательные моменты времени по каждой теме. На Рисунке 2.2 представлена матрица E , элементами которой являются коэффициенты повторения (или связи) $e_{i,j}$, характеризующие степень использования учебного материала i -той темы при изучении

j -ой темы. Получающаяся трехкомпонентная модель обучения выражается системой дифференциальных уравнений (при обучении $k = e_{i,j}$, во время перерыва $k = 0$):

$$dZ_1^i / dt = k(\alpha(L^i - Z^i) - \alpha_1 Z_1^i) - \gamma_1 Z_1^i + \gamma_2 Z_2^i,$$

$$dZ_2^i / dt = k(\alpha_1 Z_1^i - \alpha_2 Z_2^i) - \gamma_2 Z_2^i + \gamma_3 Z_3^i,$$

$$dZ_3^i / dt = k\alpha_2 Z_2^i - \gamma_3 Z_3^i, Z^i = Z_1^i + Z_2^i + Z_3^i, i = 1, 2, \dots, 15, e = 2, 72 \dots$$

$$\alpha = 0,3 \cdot (1 - S^i), \alpha_1 = \alpha / e, \alpha_2 = \alpha_1 / e, \gamma_1 = 0,0015, \gamma_2 = \gamma_1 / e, \gamma_3 = \gamma_2 / e,$$

где i -тый номер изучаемой темы, S^i — сложность i -той темы из интервала $[0; 1]$, если сложность темы $S^i = 1$, то студент не сможет ее освоить ($\alpha = 0$). Количества знаний студентов Z и уровень требований преподавателя L пропорциональны числу изученных или изучаемых элементов учебного материала (ЭУМ): понятий, элементарных суждений или математических формул. Все коэффициенты подобраны так, чтобы результаты моделирования соответствовали педагогической практике [5; 11].

4. Компьютерное моделирование обучения и его результаты

Пусть для изучения некоторой гипотетической дисциплины в течение семестра длительностью 15 недель = 105 дней отводится 90 астрономических часов (по 6 часов в неделю), включая работу в аудитории и выполнение домашнего задания. В течение недели (168 часов) студент 6 часов учится и 162 часа отдыхает или занимается другими предметами, затем снова 6 часов изучает данный курс, 162 часа отдыхает и т.д. Курс состоит из 15 тем, каждую неделю изучается новая тема. Уровень требований преподавателя и сложность тем задается матрицами: $L^i = \{10, 11, 10, 12, 12, 11, 12, 13, 11, 12, 12, 13, 12, 13, 12\}$ и $S^i = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,2; 0,4; 0,2; 0,3; 0,3; 0,4; 0,3; 0,3; 0,3; 0,4; 0,3; 0,3\}$. После четвертой, восьмой и двенадцатой недели организуются контрольные работы по 1, 2, 3 и 4 темам, 5, 6, 7 и 8 темам, 9, 10, 11 и 12 темам соответственно. В конце курса ($t = 15$ нед.) проводится экзамен по всем 15 темам. Во время подготовки к контрольной работе студент повторяет последние 4 темы, затрачивая на каждую по 0,7–0,8 часа (Рисунок 2.3). При подготовке к экзамену студент повторяет все 15 тем и затрачивает на каждую тему по 1 часу. В первый день подготовки студент занимается 8 часов, а на следующий день (после 16 часового перерыва) занимается 7 часов. После экзамена студент частично забывает изученный материал.

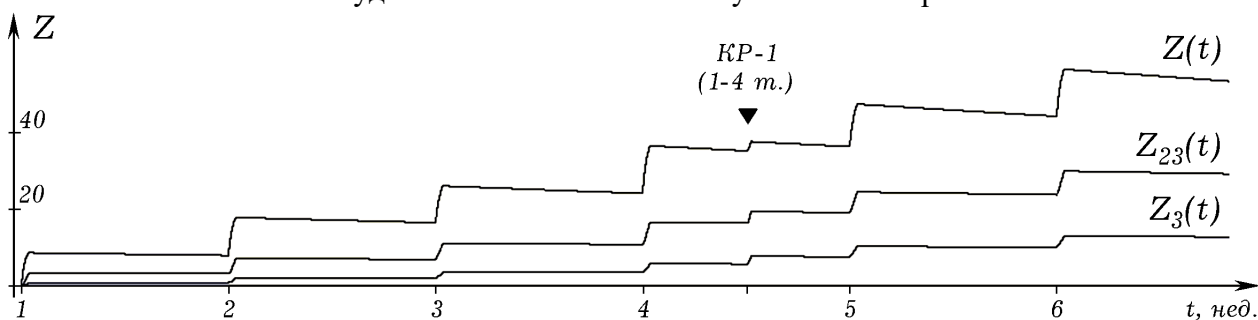


Рисунок 3. Результаты моделирования обучения: недели 1–6.

Применяется компьютерная программа, написанная в среде Free Pascal. Получающиеся результаты имитационного моделирования изучения курса представлены на Рисунках 3 и 4. Из рисунка 4.1 видно, что в течение семестра суммарное количество знаний студента Z (и по отдельности Z_1^i , Z_2^i и Z_3^i) во время занятий резко возрастает, а в промежутках между занятиями уменьшается из-за забывания. При подготовке студента к трем контрольным работам (треугольные метки) и экзамену (круглая метка) количества знаний Z_1 , Z_2 и Z_3 также резко увеличивается. После экзамена уровень знаний понижается

из-за забывания. На Рисунке 4.1 показаны графики $Z^9(t)$, $Z_{23}^9(t) = Z_2^9(t) + Z_3^9(t)$ и $Z_3^9(t)$ для девятой темы.

Модель позволяет рассчитать значения Z_1 , Z_2 и Z_3 , соответствующие i -ой теме для любого t и построить соответствующие распределения, например, для моментов $t=9$ и $t=15$ недель (рисунок 4.2 и 4.3). Видно, что при $t=9$ недель студент усвоил только первые 9 тем (темы 10–15 он не изучал), причем доля прочных знаний, соответствующих темам 1–5 выше, чем для тем 6–9. Это вызвано тем, что при изучении текущей темы студент частично повторяет предыдущий материал и доля прочных знаний повышается. В момент $t=15$ недель студент овладел уже всем материалом, причем доля прочных знаний для тем 1–9 выше, чем для тем 10–15. Во всех случаях уровень знаний студента Z^i ниже уровня требований преподавателя L^i ($i = 1, 2, \dots, 15$).

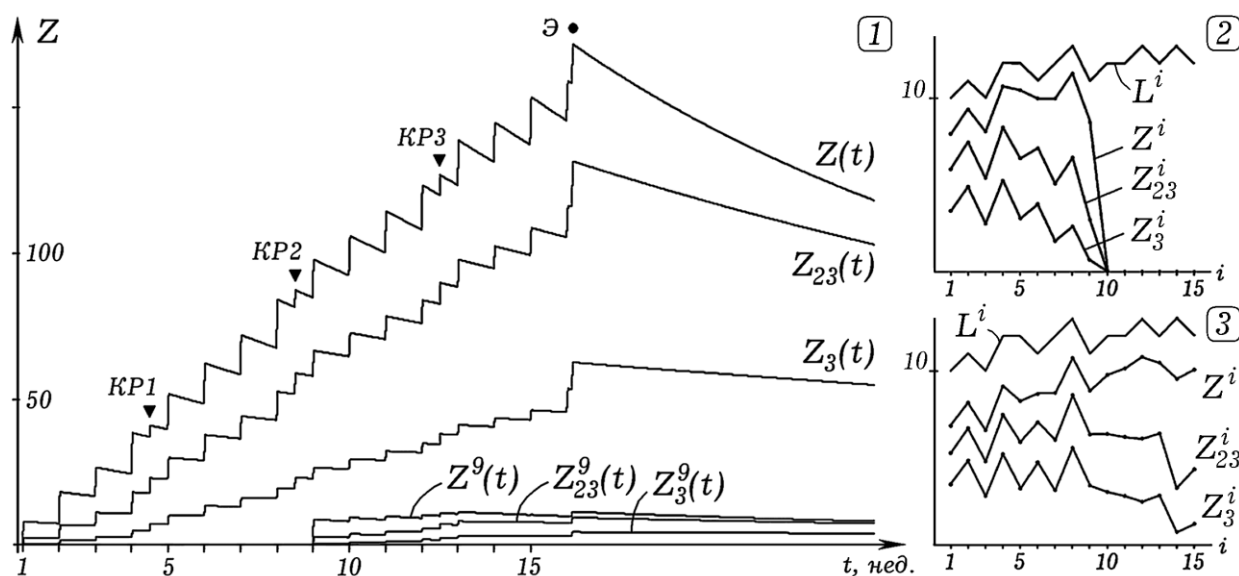


Рисунок 4. Результаты моделирования изучения курса.

Таким образом, в настоящей статье рассмотрена классификация моделей, использующихся для изучения дидактических систем. Особое внимание уделено методу имитационного моделирования на компьютере. Построена математическая модель обучения, представляющая собой систему дифференциальных уравнений, приведены результаты компьютерного моделирования. Анализируемая имитационная модель обучения учитывает: 1) деление всех знаний студента по прочности запоминания на 3 категории; 2) длительность занятий и промежутков между ними; 3) распределение учебной информации (уровня требований) по темам; 4) сложность учебного материала; 5) повторное изучение отдельных тем во время подготовки к зачету или экзамену; 6) степень использования учебного материала i -той темы при изучении j -ой темы. Установлено, что подобные модели позволяют отследить изменение знаний студента по различным темам с течением времени.

Список литературы:

1. Гребенюк О. С., Гребенюк Т. Б. Теория обучения: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд-во ВЛАДОС–ПРЕСС, 2003. 384 с.
2. Ядровская М. В. Модели в педагогике // Вестник Томского государственного университета. 2013. №366. С. 139–143.
3. Ананишнев В. М. Моделирование в сфере образования // Системная психология и социология. 2010. Т. 1. №2. Режим доступа: http://systempsychology.ru/journal/2010_1_2/36-ananishnev-vm-modelirovanie-v-sfere-obrazovaniya.html

4. Майер Р. В. Компьютерное моделирование: учебно–методическое пособие для студентов педагогических вузов // Электронное учебное издание на компакт диске. Глазов: Глазов. гос. пед. ин–т, 2015. 24,3 Мб (620 с.).
5. Майер Р. В. Кибернетическая педагогика: имитационное моделирование процесса обучения. Глазов: Глазов. гос. пед. ин–т, 2014. 141 с.
6. Кудрявцев В. Б., Вашик К., Строгалов А. С., Алисейчик П. А., Перетрухин В. В. Об автоматном моделировании процесса обучения // Дискретная математика. 1996. Т. 8. №4. С. 3–10.
7. Ивашкин Ю. А., Назойкин Е. А. Мультиагентное имитационное моделирование процесса накопления знаний // Программные продукты и системы. 2011. №1. С. 47–52.
8. Буль Е. Е. Обзор моделей студента для компьютерных систем обучения // Educational Technology & Society. 2003. №6–4. С. 245–250.
9. Коляда М. Г. Виды моделей, обучаемых в автоматизированных обучающих системах // Искусственный интеллект. 2008. №2. С. 28–33.
10. Петров Ю. И. Некоторые подходы к моделированию обучаемого // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. Вып. 7. Иркутск: ИИТМ ИрГУПС, 2009. С. 176–185.
11. Майер Р. В. Компьютерное моделирование процесса обучения // Теоретические и практические аспекты психологии и педагогики. Уфа: Аэтерна, 2016. С. 127–145.

References:

1. Grebenjuk O. S., Grebenjuk T. B. Teorija obuchenija: ucheb. dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Moscow, Izd–vo VLADOS–PRESS, 2003, 384 p.
2. Jadvorskaja M. V. Modeli v pedagogike. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, no. 366, С. 139–143.
3. Ananishnev V. M. Modelirovanie v sfere obrazovanija. Sistemnaja psihologija i sociologija, 2010, v. 1, no. 2. Available at: http://systempsychology.ru/journal/2010_1_2/36-ananishnev-vm-modelirovanie-v-sfere-obrazovaniya.html
4. Majer R. V. Kompjuterное modelirovanie: uchebno–metodicheskoe posobie dlja studentov pedagogicheskikh vuzov. Glazov, Glazov. gos. pед. in–t, 2015, 24,3 Mb (620 p.).
5. Majer R. V. Kiberneticheskaja pedagogika: imitacionnoe modelirovanie processa obuchenija. Glazov, Glazov. gos. pед. in–t, 2014, 141 p.
6. Kudrjavcev V. B., Vashik K., Strogalov A. S., Alisejchik P. A., Peretruhin V. V. Ob avtomatnom modelirovanii processa obuchenija. Diskretnaja matematika, 1996, v. 8., no. 4, pp. 3–10.
7. Ivashkin Yu. A., Nazojkin E. A. Multiagentnoe imitacionnoe modelirovanie processa nakoplenija znaniy. Programmnye produkty i sistemy, 2011, no. 1, pp. 47–52.
8. Bul E. E. Obzor modelej studenta dlja kompjuternyh sistem obuchenija. Educational Technology & Society, 2003, no. 6–4, pp. 245–250.
9. Koljada M. G. Vidy modelej, obuchaemyh v avtomatizirovannyh obuchajushhih sistemah. Iskusstvennyj intellekt, 2008, no. 2, С. 28–33.
10. Petrov Yu. I. Nekotorye podhody k modelirovaniju obuchaemogo. Informacionnye tehnologii i problemy matematicheskogo modelirovanija slozhnyh sistem. Vyp. 7, Irkutsk, ИИТМ ИрГУПС, 2009, pp. 176–185.
11. Majer R. V. Kompjuterное modelirovanie processa obuchenija. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty psihologii i pedagogiki. Ufa, Aeterna, 2016, pp. 127–145.

*Работа поступила
в редакцию 20.08.2016 г.*

*Принята к публикации
22.08.2016 г.*