

УДК 615.04

Н.И. Ходаковский, Б.В. Кузьменко

Построение автоматной модели обучения в компьютерных обучающих средах

Созданы новые обучающие технологии, предоставляющие возможность достижения их высокого интеллектуального уровня путем использования компьютерных обучающих сред. На основе специально разработанной модели можно создать решатель математических задач лучше и быстрее человека. Компьютер использует отфильтрованный арсенал готовых форм, приемов и способов решений математических задач, а интеллектуальные ассистенты способствуют созданию упражнений и решению задач.

Ключевые слова: компьютерные обучающие среды, автоматная модель обучения, обучающие технологии, интеллектуальные ассистенты.

Створено нові навчальні технології, надається можливість досягнення їх високого інтелектуального рівня шляхом використання комп'ютерних навчальних середовищ. На основі спеціально розробленої моделі можна створити вирішувач математичних задач краще і швидше людини. Комп'ютер використовує відфільтрований арсенал готових форм, прийомів і способів розв'язання математичних задач, а інтелектуальні асистенти сприяють створенню і розв'язанню задач.

Ключові слова: комп'ютерні навчаючі середовища, автоматна модель навчання, навчаючі технології, інтелектуальні асистенти.

Введение. При создании новых обучающих современных компьютерных технологий появляется возможность достижения высокого интеллектуального уровня путем использования компьютерных обучающих сред. В [1] такой подход подтверждает компьютерная программа по решению математических задач в символьном виде. На основе специально разработанной модели представления знаний и процедур вывода из них новых фактов удалось смоделировать *решатель* математических задач, решающий их лучше и быстрее человека. При этом компьютер использует тщательно отобранный, отфильтрованный и специальным образом организованный арсенал готовых форм, приемов и способов решений математических задач.

Постановка задачи

Для построения обучающих технологий на основе компьютерных обучающих сред представляется возможным использовать автоматные модели ученика и учителя, которые взаимодействуют между собой через пространство учебного материала, формализованного в виде размеченных информационных деревьев. При этом использовалось наличие интеллектуальных ассистентов, помогающих создавать упражнения и решения задач.

Выделение предела фундаментальных знаний, ниже которого невозможно объяснить смысл последующей информации

Для представления предела фундаментальных знаний при изучении какого-либо явления необходимо иметь алгоритм формирования набора базовых знаний в рамках новой образовательной модели. Необходима специально разработанная и тщательно продуманная образовательная система навигации по учебному материалу на основе нестандартных сетевых средств и решений. При этом *Internet* представляет важное звено в информационном насыщении образовательной среды. Разнообразные возможности использования учеником вспомогательных средств в виде подсказок, ссылок на дополнительные обучающие материалы, выходы на иные информационные материалы позволяют изменять стратегию обучения. Важный фактор также – наличие разнообразных мотивирующих и информирующих обратных сообщений, приемлемых для восприятия обучающимися, что обеспечивает вариативность множества сообщений обучающей программы. При этом компьютерные обучающие системы и программы должны быть привлекательны для использования в обучении.

Использование автоматного подхода в обучении

В таком подходе учитель и ученик интерпретируются как адаптивные автоматы [2, 3], а процесс обучения состоит в их итеративном взаимодействии. Со стороны *автомата-учителя* на каждом шаге выбирается оптимальная по его усмотрению подача *автомату-ученику* обучающей информации на основе того, как *усвоил* на предыдущих шагах обучения такую информацию автомат-ученик.

В рамках создания обучающей информации важным звеном есть разработка динамических баз данных и знаний, состоящих из больших массивов синтаксической информации со сложной семантикой и нечеткими логическими связями. Разработка признакового пространства описания состояний автоматов-учителя и ученика с указанием функционально-метрических зависимостей между ними позволяет задавать функционирование этих автоматов.

Процесс обучения представляется в виде взаимодействия двух автоматных моделей – управляемого A_0 (ученик) и управляющего A (обучающая программа – учитель). Выходом C автомата A , и соответственно, входом A_0 считается учебный материал – упражнения, пояснения, справочные материалы и т.д. Выходом B автомата A_0 , и соответственно, входом A есть события, соответствующие процессу обучения.

Задача обучающей программы (управляющего автомата A) – управлять с помощью выхода C автоматом A_0 таким образом, чтобы за минимальное время привести его в заданное состояние (достичь заданного учебного результата). Другим вариантом постановки задачи может быть достижение максимального результата за заданное время. Формально это может быть описано как минимизация числа ошибок в выходе B автомата A_0 на некотором отрезке времени T_{fin} , завершающем процесс обучения.

Эта задача управления может быть разбита на следующие подзадачи: предъявление ученику учебного материала, накопление результатов урока, составление протокола обучения, хранящего в сжатой форме историю всех со-

бытий, составляющих выход B автомата A_0 , а также составление на основании протокола обучения моделей ученика (тип ученика) и учебной ситуации.

Анализ ситуации и определение действий целесообразно выполнять в данной учебной ситуации для данного типа ученика, а составление плана следующего урока путем наполнения выбранной стратегии учебным материалом.

В соответствии с этим автомат A может быть представлен в виде суперпозиции автоматов $A_1 - A_4$, как это показано на рисунке.



Рис. Схема работы обучающей программы (управляющего автомата A) по управлению с помощью выхода C автоматом A_0

Автомат A_1 представляет собой преобразователь входов A_5 и B в выходы C и B_1 соответственно. В простейшем случае это может быть автомат с одним состоянием. Множество состояний автомата A_2 может быть представлено как декартово произведение множеств q_1 , q_2 и q_3 , описывающих, соответственно, протокол обучения, модель ученика и модель учебной ситуации.

Для описания неограниченной истории событий элементами конечного множества q_1 целесообразно кодирование динамики события E на протяжении всего обучения тройкой:

$$C_E = (F_E, N_E, R_E), \quad (1)$$

где F_E – тип кривой – описание динамики частоты события на интервале элементами конечного алфавита, N_E – длина кривой – отношение длины протокола к запланированному времени обучения T_0 . Очевидно, что длина кривой, представляющая собой вещественное число из интервала

$$N_E = [0, T_{\max}/T_O], \quad (2)$$

может быть с некоторой точностью описана элементом конечного множества. R_E – вес кривой. Как и длина кривой, вес может кодироваться элементами конечного множества. Таким образом, компонента q_1 состояния автомата A_2 есть набор:

$$q_1 = (C_{E1}, \dots, C_{Ek}) \quad (3)$$

для всех протоколируемых событий E_i . Более подробный протокол обучения может быть получен, если хранить тройки C_{E1} (I_i) для нескольких наиболее важных интервалов I_i : учебная цель, урок, а также временных интервалов – сегодняшнее занятие, последний час и т.д.

На основании входа $B_1(t)$ и текущего состояния $q_1(t)$ автомат A_2 вычисляет свое новое состояние $q_1(t+1)$, если необходимо, уточняет тип ученика q_2 и учебной ситуации q_3 :

$$A_2 = q_1(t+1), q_2, q_3. \quad (4)$$

Автомат A_3 занимает центральное место в схеме автомата A . Его задача – принятие решения о действиях, которые целесообразно предпринять в данной учебной ситуации – дополнительные упражнения, повторение, возврат к началу темы и т.д. Для решения этой задачи возможно применение системы продукций, в левой части которых находятся условия на значения входа, а в правой – значения выхода.

В зависимости от своего состояния q_1 автомат A_2 относит A_0 к некоторому подклассу M_i класса M – этот подкласс M_i и представляет собой тип ученика. Характеристиками подкласса M_i есть длина цепочки состояний, функция перехода $\phi(q, D, E)$, определяющая вероятность перехода в следующее состояние при значении D входа автомата A_0 , и функция выхода $\psi(q, D, E)$, определяющая вероятность события E в состоянии q при значении входа D .

Зная значение M_i , автомат A_3 может спланировать последовательность действий, переводящих A_0 в состояние q_{0S} , желательное для данной учебной ситуации [3]. Если предположить, что функция ψ линейно зависит от сложности $L(D)$ упражнения:

$$D, \phi(q, D) = \sum \psi(q, D, E_i), \quad (5)$$

то подкласс M_i будет задаваться несколькими параметрами – длиной N цепочки состояний и коэффициентами линейных функций ϕ и ψ . Таким образом, автору курса достаточно определить набор типов учеников и описать, какое состояние q_{0S} желательно на каждом этапе обучения. После этого автомат A_2 может решать задачу отнесения A_0 к определенному подклассу M_i , и определения его текущего состояния q_{0S} , а автомат A_3 – спланировать последовательность действий, переводящих A_0 в требуемое состояние q_{0S} .

Приведенный формальный фрагмент модели позволяет описывать и строить компьютерные обучающие системы общего вида на основе автоматных моделей.

Сегодня развитие компьютерных систем обучения характеризуется переходом на платформы, хорошо зарекомендовавшие себя для разработки корпоративных информационных систем и порталов. В первую очередь, к таким системам можно отнести *MS Sharepoint*, обеспечивающей разработчику широкие функциональные возможности по созданию инфраструктуры в виде иерархии сайтов, управлению обучающим контентом, а также по организации совместной работы обучаемых [2].

Преподаватель для управления учебным процессом использует неформализованную, но субъективно осознанную модель обучаемого – его знаний и предпочтений по формам обучения и способам подачи учебного материала. При обучении в компьютерных средах можно предложить алгоритм построения соответствующей формализованной модели.

Формализация модели обучаемого

Большинство подходов предполагает использование результатов тестирования знаний студентов, проводимых после изучения каждой темы или раздела учебного курса [4]. В данной статье используется построение модели обучаемого в виде нечеткого недетерминированного автомата вида:

$$A = \langle U, X, s_0, \delta \rangle, \quad (6)$$

где $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ – конечное множество входов, $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ – конечное множе-

ство состояний, $\delta: X \times U \times X \rightarrow [0, 1]$ – функция переходов, s_0 – начальное состояние.

В данном определении функция δ порождает множество нечетких матриц перехода:

$$T_U = \{\delta_{X_i, X_j}(U)\}, 1 \leq i \leq j \leq n. \quad (7)$$

Для реализации функции δ целесообразно использовать функцию σ , порождающую нечеткую матрицу выхода

$$\sigma = \{\sigma_{X_i, X_j}\}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq p. \quad (8)$$

Среди множества состояний автомата необходимо выделить ряд заключительных состояний X_n . Для целей автоматизации обучения наибольший интерес представляет такой тип автомата, для которого каждое состояние

$$X_i, i \in I = \{1, K, n\} \quad (9)$$

зависит от его предыдущего состояния X_{i-1} .

Данный вид зависимости обусловлен приоритетом реализации целей обучения, последовательностью изучения различных тем и разделов курса и т.д.[5]. Такой автомат можно описать нечетким графом:

$$G = \{ \mu_G(X_{i-1}, X_i) \in M \}, \quad (10)$$

где M – множество принадлежностей элементов $X_{i-1} \times X_i$; $\mu_G(X_{i-1}, X_i)$ – нечеткие оценки возможности процесса обучения в состояниях X_i и X_{i-1} при применении способов освоения учебного материала.

При таком рассмотрении цель обучения декомпозируется на i последовательных (по времени освоения материала) подзадач. Будем интерпретировать X_i как множество результатов i -го теста. При этом $Y_j, j \in J = \{1, K, p\}$ как множество интервалов времени на обучение, L – множество, связанное с реализацией выбранного способа обучения (освоения материала) $u \in U$ на интервале времени Y_j .

Решения по выбору необходимых учебных воздействий и состояния обучаемого, изменяющиеся во времени, будем трактовать как нечеткие события на интервале $Y_k, 1 \leq k \leq p$. В этом случае функция переходов может задаваться экспертным путем и отражать уже имеющийся опыт обучения, исходя из практиче-

ского опыта преподавателей в подаче учебного материала. Для учета данного обстоятельства необходимо построить индивидуализированную функцию переходов. С этой целью используется исходная информация от обучаемого, которая включает прогноз применения того или иного способа освоения материала в зависимости от возможных результатов тестирования в виде функции $\mu: X_i \times U_i \rightarrow [0, 1]$, а также прогноз перехода управляемого процесса обучения из исходного состояния s_0 на первом шаге решения в зависимости от ограничений на имеющиеся ресурсы вида [5]. На основе этой информации программируется автоматная модель. Для этого на каждом шаге решается система композиционных уравнений вида:

$$\frac{\mu(X_i)}{U_i} = \frac{\mu(X_{i-1})}{U_{i-1}} \circ \frac{\delta(X_{i-1}, X_i)}{U_i}, \quad (11)$$

$$\mu(U_i) = \mu(X_{i-1}) \circ \delta(X_{i-1}, X_i),$$

где « \circ » – знак операции «композиция»; $\mu(X_i)/U_i, \mu(X_{i-1})/U_{i-1}$ – нечеткие оценки возможности процесса обучения находятся в состояниях X_i и X_{i-1} при применении способов освоения учебного материала U_i и U_{i-1} соответственно; $\mu(U_i)$ – нечеткая оценка выбора обучаемым способа освоения материала U_i . Полученные оценки группируются попарно, исходя из следующего условия:

$$\mu(U_i) \leq \mu(X_i)/U_i. \quad (12)$$

Формирование пар по такому принципу согласуется с реальным выбором решения: результату теста с максимальной оценкой возможности должен соответствовать способ освоения учебного материала с максимальной оценкой применения его обучаемым.

Заключение. Для создания обучающих технологий на основе компьютерных обучающих сред предложены автоматные модели ученика и учителя, способные взаимодействовать между собой через пространство формализованного учебного материала и с использованием интеллектуальных ассистентов–автоматов, помогающих создавать упражнения и решения задач без процедур программирования.

Предложенный подход позволяет использовать инструменты автоматической коррекции индивидуальных стратегий обучаемого и возможности перенесения модели обучаемого, сформированной преподавателем при личных контактах, в образовательную компьютерную среду.

1. Подколзин А.С. Об организации баз знаний, ориентированных на автоматическое решение задач // Дискретная математика. – 1991. – Т. 3, 3. – С. 18–35.
2. Об автоматном моделировании процесса обучения / В.Б. Кудрявцев, К. Вашик, А.С. Строгалов и др. // Там же. – 1996. – Т. 8. – № 4. – С. 3–10.

3. Подколзин А.С. О развитии техники моделирования логических процессов // Интеллектуальные системы. – 2006. – Т. 10, 1–4. – С. 169–188.
4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
5. Борисов Н.А., Борисов А.А. Иерархия моделей базы знаний обучающей системы // Компьютерные технологии в управлении, медицине, образовании: Сб. науч. тр. – Тверь: ТГТУ, 2006. – С. 54–59.

Поступила 09.04.2015

Тел. для справок: +38 044 526-0678 (Киев)

E-mail: nhodak@ukr.net

© Н.И. Ходаковский, Б.В. Кузьменко, 2015

UDC 615.04

N.I. Khodakovskiy, B.V. Kuz'menko

The construction of an automaton model of training in computer-based training environments

Keywords: computer training environment, automaton model of learning, learning technologies, intelligent assistants.

The achievement of high intellectual level for new educational technologies through the use of computer learning environments can be created. Based on a special developed model knowledge representation and procedures for the withdrawal of these new facts solver of mathematical problems that solves them better and faster than a human can be simulated. The carefully selected, filtered and specially organized arsenal of ready-made forms, techniques and methods of solving mathematical problems computer was used.

The offered automata models of student and teacher, are capable to interact with each other through the space formal educational material and using intelligent assistants machines help to create the exercises and solve the problems without the programming procedures.

The tools of automatic correction of the individual strategies and the possibility of transferring student model formed by a teacher at the personal contacts in the educational computing environment approach is proposed.

The construction of educational technology based on the computer learning environments for automata models of student and teacher, who interact with each other through the space of educational material in the form of formalized information marked trees is used. The intelligent assistants in creation the exercises and the problem solving can be used.



Внимание !

Авторы статей **обязательно** должны подать структурированную (*Introduction, Purpose, Methods, Results, Conclusion*) расширенную аннотацию на английском до одной стр. текста через два интервала, информацию об авторах на английском и, кроме пристатейного списка литературы (на языке статьи), список литературы в транслитерации (с указанием в скобках перевода на англ. названия ссылки).