

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ В ИОС «ВОЛГА»

THE ORGANIZATION AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS OF ADAPTIVE LEARNING WITHIN ITS «VOLGA»

Смирнова Н.В.¹, Абдулов А.В.¹, Наумов И.С.¹, Шварц А.Ю.²

¹ - ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова

² – Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

Adaptive learning involves adjustment of interaction scenario between a learner and the tutoring system. The latter mainly depends on the results of learner's previous work, which are tracked and saved by the use of a "student model". Adjustment of interaction scenario is usually a selection of the next piece of theory or exercises. The issues of student modeling and the procedure of exercise selection, which were developed within the framework of intelligent tutoring system "Volga", are discussed.

ВВЕДЕНИЕ

В традиционной технологии обучения в классах и аудиториях высших учебных заведений обучаемые занимаются по одному и тому же учебному плану, в едином темпе. В отличие от этого, обучение с использованием интеллектуальных обучающих систем (ИОС), позволяет адаптировать учебный процесс к индивидуальным особенностям студента, не отвергая живого слова учителя, а в дополнение к нему.

В ИПУ РАН в сотрудничестве с КГТУ и другими вузами разрабатывается ИОС «Волга», позволяющая осуществлять углубленную индивидуализацию обучения на основе логико-оптимизационных методов автоматизации планирования действий([1]-[3]) с веб-интерфейсом для удаленных пользователей, разработанным в КГТУ (Сиразетдинов Б.Р.). В данной статье рассматривается подход к сохранению и обработке результатов работы ученика (раздел 1) и процедура подбора упражнений (раздел 2), разработанные в рамках создания этой системы.

1. МОДЕЛЬ ОБУЧАЕМОГО

Результаты работы ученика сохраняются и обрабатываются с помощью *модели обучаемого*. Отметим, что в моделировании обучаемого присутствует неопределенность. Неопределенность может иметь место в силу разных причин. К наиболее часто упоминаемым в зарубежной литературе относят возможности удачных догадок и опечаток при выполнении задания (slips and

lucky guesses) [4]. Предполагается, что знания учеников проверяются с помощью тестов, состоящих из вопросов с вариантами выбора ответа.

В ИОС «Волга» ученик при выполнении упражнения вводит все шаги своего решения (для предметной области «Геометрия» в настоящее время шаг решения ученика соответствует вводу некоторой формулы), тесты с вариантами выбора ответа не используются. Поэтому неопределенность здесь заключается в том, что:

- 1) Невозможно по одному успешному применению формулы в решении конкретной задачи точно судить о том, сможет ли ученик так же успешно применить ее в других задачах. Знания и умения ученика представляют собой латентные (скрытые) величины, о которых можно судить, наблюдая за действиями ученика, лишь с некоторой степенью уверенности, которая будет увеличиваться или уменьшаться при решении им последующих задач.
- 2) По неправильному и/или незавершенному решению ученика нельзя точно определить, какие понятия из предметной области ученик не сумел применить, можно лишь сделать некоторые предположения, рассмотрев известные решения задачи.

Необходимо также учитывать, что характеристики ученика изменяются с течением времени. Подходящим механизмом оценивания, учитывающим вышеперечисленные факторы, являются динамические байесовские сети (ДБС) [5]. Процесс изменения моделируемого объекта в теории ДБС рассматривается как ряд снимков, каждый из которых описывает состояние мира в данный конкретный момент времени. Каждый снимок, или временной срез, содержит множество случайных переменных, при этом часть из них является наблюдаемой, а другая – нет. В рассматриваемом случае наблюдаемые переменные, или переменные свидетельства E_t , представляют действия обучаемого, а ненаблюдаемые переменные X_t - уровень его знаний и умений в момент времени t .

Для предметной области «Геометрия» был разработан состав узлов ДБС:

- 1) узлы, соответствующие типам задач (типы задач будут подробнее рассмотрены в разделе 2),
- 2) узлы, соответствующие понятиям предметной области (определениям, аксиомам, теоремам и т.д.).

Узлы вида 2) соединены в иерархическую структуру. Стрелка, ведущая от одного узла к другому, указывает на связь между порциями учебного материала, соответствующим этим узлам. Как правило, это связь, отображающая отношение вида «прежде чем изучать А, нужно знать В», которая также может быть интерпретирована следующим образом: «если знает А, то знает и В». Учет связей между порциями теоретического материала позволяет минимизировать число упражнений, по результатам выполнения которых выявляется уровень знаний и умений ученика.

Вышеупомянутая иерархическая структура является достаточно общей. Например, такое понятие, как квадрат, может определяться как прямоугольник, у которого две смежные стороны равны, или как ромб, у которого все углы прямые. Фрагмент структуры (рис. 1) показывает, что учтены оба определения. Данная структура соответствует приближенному к дедуктивному изложению материала. Например, треугольник определяется не с помощью точек и отрезков, а через многоугольник.

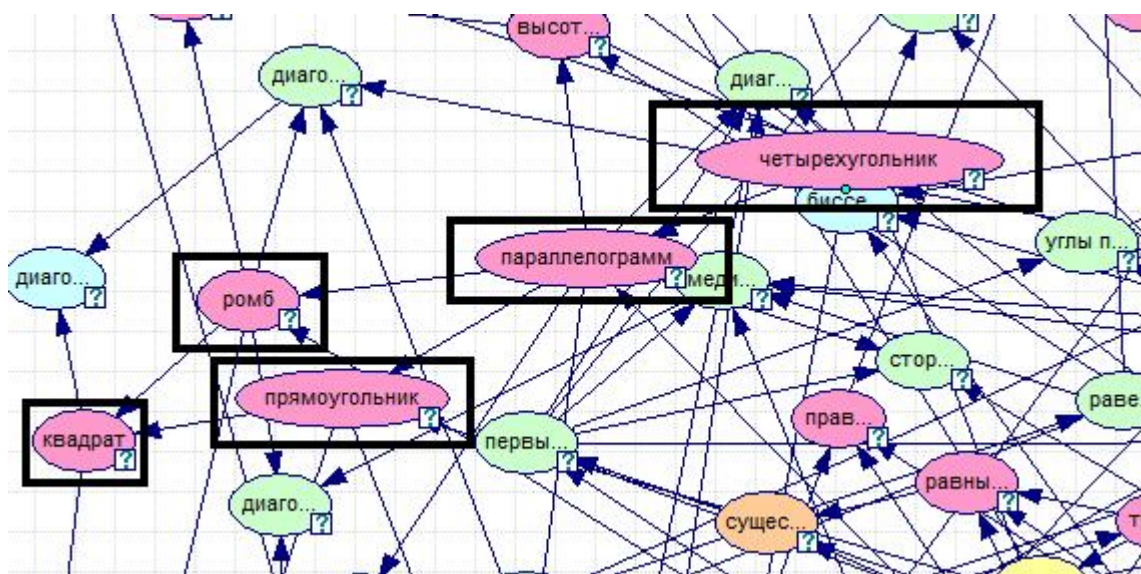


Рис. 1. Фрагмент иерархической структуры понятий из предметной области «Геометрия»

Так как ученику могут предлагаться как задания на воспроизведение теоретического материала (проверяющие его знания), так и на применение теоретического материала (проверяющие его умения и навыки), то каждому узлу вида 2) X'_{i+1} с переменными-предками X'_1, \dots, X'_i соответствуют два набора таблиц условных вероятностей $P_Z(X'_{i+1}), P_Z(X'_{i+1} | X'_1, \dots, X'_i)$ и $P_{U,N}(X'_{i+1}), P_{U,N}(X'_{i+1} | X'_1, \dots, X'_i)$. Все случайные переменные в ДБС – булевские, т.е. принимают значения из множества $\{true, false\}$.

Обновление сети выполняется с учетом следующих предположений:

- 1) установление факта эквивалентности формул, вводимых учеником, формулам, присутствующим в известных решениях задач, всегда реализуемо,
- 2) если решение ученика не совпадет ни с одним из известных решений, но является правильным и законченным, система все же сможет его верифицировать.

Первое предположение следует из того, что ввод формул в систему сильно ограничивается обязательным требованием использования шаблонов. А именно, ввод формул происходит следующим образом:

- 1) выбор шаблона формулы из списка доступных шаблонов и бросание его на рабочее поле с помощью технологии drag-and-drop,

заполнение выбранного шаблона обозначениями функций и переменных, путем перетаскивания их из доступного списка в шаблон с помощью той же технологии (рис. 2).

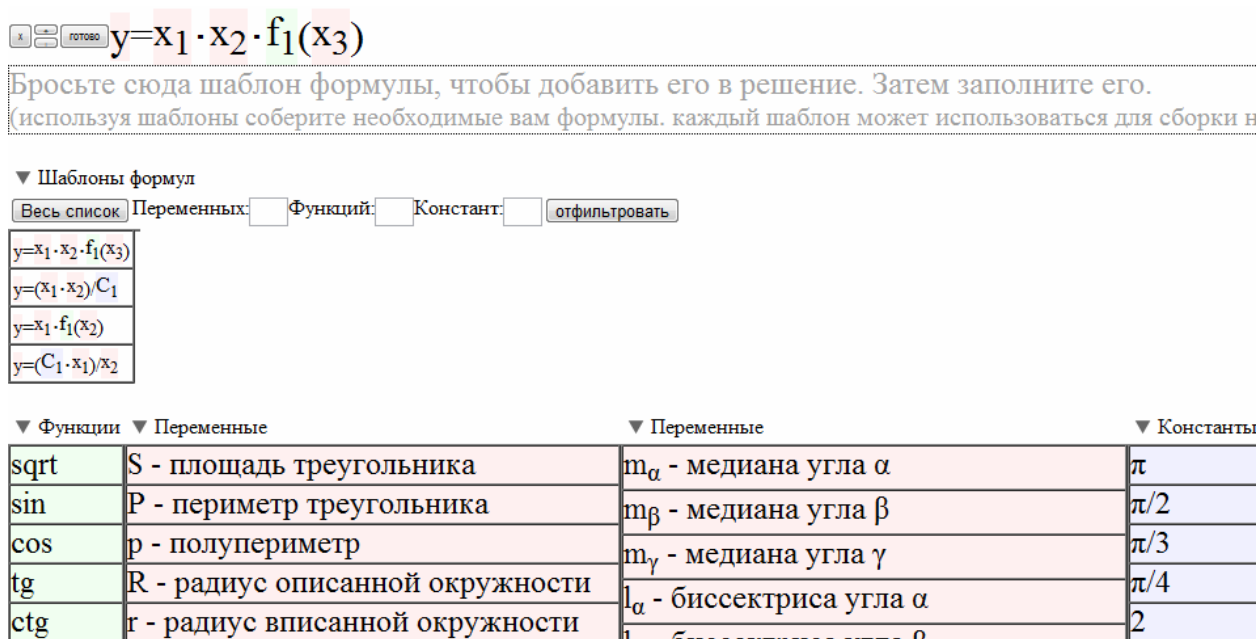


Рис. 2. Ввод формул в ИОС «Волга»

Обновление сети происходит после каждой законченной попытки решения задачи обучаемым (попытка считается законченной, если он нажимает на кнопку «готово» и ждет ответной реакции системы, или очищает все формулы, введенные в рабочем поле и начинает решать заново). Отметим, что узлы свидетельства, прикрепленные к узлам вида 2), говорят о фактах успешного или неуспешного применения формул, соответствующих этим узлам.

Если решение ученика правильное и законченное (даже если оно не совпадает ни с одним из решений, известных системе), то всем узлам свидетельства, прикрепленным к узлам, соответствующим формулам, которые были задействованы в решении ученика, присваиваются значения «истина». Если решение ученика неправильное и/или незаконченное, то среди решений, известных системе, находится наиболее близкое к решению ученика. Далее, тем узлам свидетельства формул, которые присутствуют как в решении ученика, так и в решении системы, присваиваются значения «истина» (за исключением случая, когда формула была введена учеником после подсказки системы). Узлам свидетельства формул, которые присутствуют в решении системы, но отсутствуют в решении ученика, присваиваются значения «ложь».

1. ПРОЦЕДУРА ПОДБОРА ЗАДАНИЙ

По соотношению между условиями и требованиями задачи подразделяются на несколько видов [6]: 1) недоопределенные (недостаток данных), 2) определенные, 3) противоречивые, 4) переопределенные (избыток данных). По форме представления – на формальные и неформальные. По характеру требования: 1) нахождение искомым объектов, 2) установление отношения между объектами, 3) преобразование объекта, 4) построение объекта с заданными свойствами, 5) доказательство некоторого суждения относительно заданных объектов.

Считается, что определенные задачи легче, чем недоопределенные, противоречивые и переопределенные задачи, поскольку последние могут сбивать с толку учеников, привыкших решать задачи «по образцу». Также полагают, что задачи в формальной постановке легче, чем в неформальной, задачи на вычисление легче, чем на доказательство и т.д.

В [7] предлагается перед решением задач на применение определенного правила/системы правил давать ученикам общую схему, которая применима ко всем случаям действия этих правил. Эта схема рассматривается как надежное орудие, которое снимает требование постепенности (идти от легкого к трудному), поскольку все задачи, которые будут предъявлены ученику, решаемы при наличии данной схемы. Здесь на передний план выходит принцип контрастности, который все время держит ученика в состоянии интеллектуальной бодрости и бдительности. Определенные задачи рекомендуется чередовать с недоопределенными, противоречивыми и переопределенными задачами.

В [8] говорится о том, что в том случае, когда в процессе обучения, помимо типовых задач, решаются много развивающих задач, такой метод обучения помогает только школьникам, обладающим хорошими природными способностями, а слабых учащихся – демотивирует. Также упоминается тот факт, что общие эвристические схемы процесса решения или поиска решения задач обычно являются настолько общими и абстрактными, что их использование приносит пользу опять же лишь наиболее развитым учащимся, а остальные практически не умеют их применять.

Из вышеизложенного следует, что процедуры подбора упражнений для учеников, принадлежащих к разным типологическим группам, должны различаться, т.е. для каждой типологической группы должны быть отдельно заданы состав и последовательность типов предлагаемых задач.

Так как для самостоятельного решения необходимо давать задачи, требующие от учащегося максимальных усилий, но, тем не менее, посильные для него [9], то для организации процедуры подбора необходимо наличие знаний о *максимальной* оценке *трудности* задачи, приемлемой для каждого конкретного учащегося. Для количественной оценки трудности задач используют различные показатели [10]. В данной статье излагается подход к оценке трудности через определение вероятности решения задачи обучаемым. Чем выше вероятность решения задачи, тем более легкой она будет для обучаемого. Отметим, что уровень трудности конкретной задачи зависит от того способа, которым она решается. Поэтому следует рассматривать все известные способы решения задачи, оценивать вероятность реализации обучаемым каждого способа, а затем выбирать наибольшую из оценок, предполагая, что если ученик будет решать рассматриваемую задачу, то он будет реализовывать наименее трудный для себя способ.

Первоначально был предложен способ оценки, опирающийся на предположение о том, что выполнение обучаемым i -го шага решения задачи (при том условии, что обучаемый будет реализовывать именно его), зависит от следующих факторов:

- 1) умение ученика применять понятие из предметной области, необходимое для выполнения шага,
- 2) факт выполнения учеником предыдущих шагов (конкретнее, шага с номером $i - 1$).

Формула, описывающая вероятность решения задачи обучаемым, имеет вид:

$$P(S_1 = true, \dots, S_n = true, X'_1, \dots, X'_n) = P_{U,N}(X'_1) * \dots * P_{U,N}(X'_n) *$$

$$P(S_n = true | S_{n-1} = true, X'_n) * P(S_{n-1} = true | S_{n-2} = true, X'_{n-1}) * \dots *$$

$$P(S_1 = true | X'_1),$$

где S_i - «выполнит шаг с номером i », X'_i - «умеет применять понятие из предметной области, необходимое для выполнения шага с номером i ». Значения вида $P_{U,N}(X'_i)$ получают из модели обучаемого.

В процессе разработки данного способа оценки трудности был поднят вопрос о том, может ли обучаемый успешно реализовать некоторое решение, если он не знает или плохо умеет применять некоторые понятия из предметной области, соответствующие шагам данного решения. Т.е. возможно ли завершённое, правильное решение с пропусками шагов?

Существует такое понятие, как свернутость мышления [11]. Свертывание происходит таким образом: человек вначале воспринимает полное рассуждение (определение, теорему и т.д.), постепенно в процессе упражнений для быстрого применения он его сокращает для себя. В ходе сокращения выпадают отдельные звенья. Они записываются в мозгу человека и при необходимости объяснения материала воспроизводятся вслух. Если же человек не запоминает полное рассуждение, а запоминает сразу сокращённое, то эти звенья в память вообще не записываются. В этом случае он уже не сможет как положено объяснять свои действия.

В процессе исследования математических способностей школьников, в том числе способности к свертыванию процесса рассуждения, отмечалось следующее. Способных учеников отличает довольно ярко выраженная тенденция к быстрому и радикальному свертыванию процесса рассуждения. Средние ученики обобщают после многократных упражнений, свертывание рассуждения у них наблюдается после решения известного количества однотипных задач. У неспособных учеников не замечается сколько-нибудь заметного свертывания даже в результате многих упражнений. Рассуждения неспособных всегда отличаются излишней развернутостью, подробностью, ненужной деятельностью. Если у них и есть пропуски отдельных звеньев, то совершенно неразумные и немотивированные.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что пропуски шагов решения могут наблюдаться как у сильных, так и слабых учеников. Для сильных учеников наличие пропусков шагов в решении говорит о том, что отдельные его части были легко реализуемы, для слабых наличие пропусков характеризует «выпавшие звенья» в усвоенном материале. Если в решении слабого ученика присутствуют пропуски, и он все же успешно его завершил, то они, скорее всего, состоят не более чем из одного - двух шагов, далеко отстоящих друг от друга. Если в известной системе решения подряд присутствует несколько понятий из предметной области, которые ученик не знает или плохо умеет применять, то это решение он уже реализовать не сможет (рис. 3). Поэтому А.Ю.Шварц (психологический факультет МГУ) было предложено при оценке трудности решения принимать во внимание лишь наименьшее значение $P_{U,N}(X'_i)$. Таким образом, оценка трудности задачи принимает вид:

$$Diff = 1 - \max_{j=1,\dots,l} \min_{i=1,\dots,n} P_{U,N}^j(X'_i),$$

где l - количество известных способов решения задачи, а n - количество шагов в j -м способе решения.

Реализуемо:



Нереализуемо:



Рис. 3. Реализуемость различных решений для обучаемого

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если обратиться к исследованиям по дифференциации школьного обучения, то можно увидеть, что обучаемых, как правило, делят на типологические группы согласно некоторой совокупности признаков и затем дают педагогические рекомендации отдельно для каждой из введенных групп. Наиболее целесообразным представляется разделение, в котором основаниями образования групп служат уровни сформированности мотивационного, операционно-действенного и волевого компонентов личности [12].

В данной статье представлены результаты, учитывающие лишь операционно-действенный компонент. Между тем, один и тот же способ решения конкретной задачи может иметь различную вероятность реализации для двух учеников, обладающих одинаковыми значениями операционно-действенного, но различными значениями других компонентов. Более волевой и мотивированный ученик, предприняв больше попыток решения задачи и будучи более сконцентрированным в процессе ее решения, с большей вероятностью ее решит. Поэтому следующими шагами для улучшения процедуры подбора упражнений должны стать способы оценки мотивационного и волевого компонентов.

Авторы благодарят к.ф.м.н., д.ф.н., с.н.с Кричевца Анатолия Николаевича (факультет нейропсихологии МГУ) за плодотворное обсуждение затрагиваемых в статье вопросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vassilyev S. (et al.) Adaptive Approach to Developing Advanced Distributed E-learning Management System for Manufacturing / S.N.Vassilyev, G.L. Degtyarev, V.V.Kozlov, N.N.Malivanov, S.R.Sabitov, R.A.Sabitov, R.D.Sirazetdinov // Preprints of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing. (FR-C86). Moscow. 2009. pp. 2198-2203.
2. Васильев С.Н. Интеллектуальная обучающая система / С.Н.Васильев // Материалы X Международной научно-технической конференции. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. 2009. 294 с.
3. Смирнова Н.В. Следящие интеллектуальные обучающие системы: состояние и перспективы / Н.В. Смирнова // Интеллектуальные системы управления. Под ред. Васильева С.Н. изд-во «Машиностроение».
4. Reye J. Student Modelling based on Belief Networks / J.Reye // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2004. №14. pp 63-96.
5. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход / С.Рассел, П.Норвиг // 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1408 с.: ил.
6. Фридман Л.М. Логико-педагогический анализ школьных учебных задач / Л.М. Фридман // М.: Педагогика. 1977. 208 с.

7. Гальперин П.Я. Лекции по психологии: Учебное пособие для студентов вузов / П.Я. Гальперин // М.: Книжный дом «Университет»: Высшая школа, 2002. 400 с.
8. Фридман Л.М. Методика обучения решению математических задач / Л.М.Фридман // Математика в школе. 1991. № 5.
9. Фурман А.В. Уровни решения проблемных задач учащимися / А.В. Фурман // Вопросы психологии. 1985. №2.
10. Балл Г.А. Теория учебных задач. Психолого-педагогический аспект / Г.А.Балл // М.: Педагогика, 1990. 184 с.
11. Ахметгалиев А.А. Развиваем математические способности / А.А. Ахметгалиев // [Электронный ресурс] URL: <http://www.metodmat.narod.ru/> (Дата обращения: 28.06.2010)
12. Цит по: Кильдяева Л.Г. Дифференцированный подход к обучению геометрии учащихся основной школы / Л.Г. Кильдяева // дисс. на соиск. уч. степ. канд. пед. наук. ГОУ ВПО «МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Е.В.Евсевьева». Саранск, 2006.

Смирнова Н.В. (и др.) К организации индивидуализированного обучения в ИОС "Волга" / Н.В.Смирнова, А.В.Абдулов, И.С.Наумов, А.Ю.Шварц // Современные технологии и материалы - ключевое звено в возрождении отечественного авиастроения: Сборник докладов международной научно-практической конференции. Т. IV. Казань: Изд-во "Вертолет". 2010. 480 с.