



УДК 004.89

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ ТЕКСТОВ

Зуенко А.А.* , Кулик Б.А.** , Фридман А.Я.*

**Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН, Анапты, Россия*

zuenko@iimm.kolasc.net.ru

fridman@iimm.kolasc.net.ru

***Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург, Россия*

ba-kulik@yandex.ru

В статье описывается подход к разработке вопросно-ответных обучающих систем на основе контролируемых языков, а также алгебраических моделей представления и обработки вопросно-ответных текстов. Предлагается при построении индивидуальной траектории обучения использовать отношение частичного порядка “вопрос-подвопрос”. Модифицируемые рассуждения, моделирующие стратегию опроса учителя, формализуются с использованием разработанного авторами математического аппарата *QC*-структур.

Ключевые слова: интеллектуальная обучающая система, вопросно-ответный текст, *QC*-структуры, алгебра кортежей.

ВВЕДЕНИЕ

В интеллектуальных обучающих системах (ИОС) можно выделить четыре части: учебный материал, обучающий модуль, модуль контроля и модуль проверки [Таран, 2001]. Рассмотрим лишь две последние составляющие. Модуль контроля знаний проверяет усвоение учеником материала; модуль проверки тестирует знания и умения ученика и выставляет оценку. Отделение модуля контроля знаний от модуля проверки позволяет определить, каких именно знаний не хватает ученику. Однако, часто модуль контроля рассматривают не отдельно, а относят либо к модулю обучения, либо к модулю проверки.

В работах, где встречается термин «обучающие системы», в основном, можно найти идеи по построению проверяющих систем, которые в результате анализа решений определяют умения ученика (см., например, [Денисова, 2012]). Основной целью работы таких систем остается выставление оценки.

В отличие от подобных систем, преподаватель, получив неправильный ответ на задачу, пытается выявить “пробелы” в знаниях ученика, задавая наводящие вопросы и ставя дополнительные задачи. В результате, он либо “наводит” ученика на правильный ответ, либо определяет, какое именно

понятие, правило или теорему ученик не знает или не умеет применять.

По мнению авторов, назначение интеллектуальной системы контроля знаний, в отличие от системы проверки, заключается в том, чтобы, аналогично реальному преподавателю, не просто оценить уровень знаний ученика, а выявить плохо усвоенные знания и выработать рекомендации по дальнейшему закреплению и изучению материала.

Выявление “пробелов” в знаниях ученика осуществляется в процессе вопросно-ответного диалога, управляемого ИОС. Важную роль в таком диалоге играет блок, имитирующий стратегии опроса, применяемые преподавателем, и позволяющий пересматривать накопленные знания об уровне подготовки обучаемого.

Ситуация усложняется, когда вопросно-ответный диалог предполагает общение на естественном языке с возможностью задания ответа в “произвольной” форме. Следует уточнить, что термин “произвольная форма ответа” не вполне корректен, поскольку предполагается, что опрашиваемый знаком с учебным материалом, т.е. погружен в контекст и, в связи с этим, дает осмысленные ответы в терминологии, близкой к терминологии учебного материала.

В настоящее время наиболее перспективным при разработке диалоговых систем, допускающих свободную форму ответов пользователя, считается подход на основе концепции CNL (Controlled Natural Language). Контролируемый язык (упрощенный задачно-методологическим контекстом естественный язык) – это версия естественного языка, созданная для выполнения определенных задач [Pool, 2006]. Оригинальный вариант контролируемого языка вопросно-ответного диалога на основе концептуальных грамматик предложен в [Сулейманов, 2011]. Там же рассмотрена семантическая классификация вопросно-ответных текстов.

В статье предлагается подход к построению интеллектуальных обучающих систем на основе алгебраической интерпретации упомянутой модели вопросно-ответного диалога. В качестве математического аппарата для представления и анализа вопросно-ответных текстов выбраны разработанная авторами алгебра кортежей (АК) [Кулик и др., 2010], [Кулик, 1993], [Зуенко и др., 2010], [Kulik et al., 2010], а также развитие аппарата частично упорядоченных множеств – *QC*-структуры [Кулик, 2001].

Сначала рассмотрим более подробно принципы построения ИОС в рамках концепции контролируемых языков.

1. Организация вопросно-ответного диалога на основе концепции контролируемых языков

В условиях вопросно-ответного диалога, когда активной стороной является интеллектуальная обучающая система (ИОС), контекст достаточно четко определяет круг ожидаемых возможных ответов. Смысловая типизация вопросов и семантическая классификация ответных текстов дают возможность сопоставить каждому типу вопроса ограниченный набор допустимых, т.е. логически правильных, смысловых конструкций (ответных формул). Соответственно, содержание ответа, его лексикон, форма и отчасти объем предопределены, и пользователь с необходимостью отвечает на вопрос в определенных рамках [Сулейманов, 2011]. Действительно, если вопросы формируются на основе лекционных материалов, с которыми знаком обучаемый, то становится возможным задавать даже наборы ожидаемых лексических единиц при ответе на конкретный заданный вопрос. Этот подход делает возможным построение эффективной системы проверки правильности ответа на вопрос.

Система интерпретации ЕЯ-текстов в контексте, управляемом системой [Сулейманов, 2011], включает базу знаний, базу специфических грамматических конструкций, лексический процессор и семантический интерпретатор. Распознавание текста ответа включает перевод

текста в каноническое представление, выбор семантической схемы эталонного ответа, сопоставление ответа и соответствующей семантической схемы.

Результат формируется в виде некоторого вектора ситуации, представляющего собой набор показателей качества ответа, который используется для управления дальнейшим диалогом.

База знаний представляет собой совокупность моделей обучающего текста, множеств тестирующих вопросов и эталонных ответов. Модель вопросов и ответов строится в автоматизированном режиме специалистом по предметной области. Предложенная в работе [Сулейманов, 2000] классификация вопросов используется для построения шаблонов ответов.

Вопросы, относящиеся к первому типу, требуют явного задания в ответе ключевых параметров без учета отношений. Вопросы второго типа требуют раскрытия в ответе одного отношения, связанного с одним главным понятием. В вопросах третьего типа необходимо указать в ответе композицию фиксированного набора базовых отношений, связанных с главным понятием. Четвертый тип вопросов требует ответа в виде произвольной композиции отношений, связанных с одним понятием. В ответах на вопросы пятого типа допускается указывать несколько понятий, связанных произвольным набором отношений.

Разбиение текстов на семантические классы осуществляется на основе выявления главного (главных) понятия и отношений, связанных с этим главным понятием. Множество конкретных понятий и отношений по определенным признакам можно разбить на конечное число *типов понятий* и *типов отношений*. Согласно терминологии работы [Сулейманов, 2011], такие типы называются *семантическими единицами* или *концептулами*. Каждое осмысленное предложение предметной области можно перевести в текст, составленный из типов понятий и типов отношений, т.е. семантических единиц, без детального учета грамматических признаков лексем, соотнося каждое понятие или отношение с определенным типом. Представленным выше семантическим классам ответов соответствуют присущие им схемы сочетания концептул, передающие характерный (обобщенный) смысл ответов данного класса (значений вопросов). Схемы сочетания концептул, соответствующие правильной передаче ожидаемого смысла, названы *индивидуальными концептуальными грамматиками* (ИКГ).

В данной работе нас интересует, как осуществляется построение модели (шаблона) ответа.

Модель ответа строится на основе задаваемого вопроса и представляет собой пару $\langle F, G \rangle$. G обозначает ИКГ класса ответов, соответствующего

заданному вопросу. $F = \langle L, K \rangle$ представляет собой информационную структуру, содержащую лексемы L , отражающие понятия и отношения, а также их предполагаемые роли K в ответе.

В качестве учебного примера рассмотрим следующий обучающий текст (текст лекций):

"Компилятор – это программа, которая переводит исходный текст на ЯВУ в объектный текст на ЯМК и находится в оперативной памяти. Этап компиляции включает синтаксический, лексический анализы, оптимизацию и генерацию кодов и выполняется раньше этапа загрузки, которая из объектного модуля делает загрузочный и располагает в памяти. Редактор связей записывает загрузочный модуль на диск".

Пусть задан вопрос третьего типа: "Какую функцию выполняет компилятор?". Перечислим некоторые из возможных ответов на данный вопрос [Сулейманов, 2000]:

1. переводит исходный текст на языке высокого уровня в объектный текст в машинных кодах,
2. получает ЯМК из ЯВУ,
3. компилятор переводит ЯВУ в ЯМК.

Представленные ответы относятся к классу ФУНКЦИЯ. При описании грамматик ответов класса ФУНКЦИЯ используются следующие концептулы:

- SS – концептула, отражающая главное понятие;
- SA – концептула, отражающая понятие-аргумент;
- SP – концептула, отражающая понятие-результат;
- GP_A – предлог перед SA ;
- GP_P – предлог перед SP ;
- RA – концептула, отражающая отношение SS к SA ;
- RP – концептула, отражающая отношение SS к SP .

Формализованное представление перечисленных ответов, соответственно, имеет вид:

- 1) $RA \rightarrow SA \rightarrow GP_P \rightarrow SP$
- 2) $RP \rightarrow SP \rightarrow GP_A \rightarrow SA$
- 3) $SS \rightarrow RA \rightarrow SA \rightarrow GP_P \rightarrow SP$

Здесь отношение "переводит" есть RA , отношение "получает" – RP , понятия "текст на языке высокого уровня", "ЯВУ" – SA , "текст в машинных кодах", "ЯМК" – SP , предлог "из" – GP_A ; предлог "в" – GP_P , понятие "компилятор" – SS . Стрелки отображают цепочку следования концептул в предложении.

Множество подобных формул, описывающих
Таблица 1.

ОТВЕТ: КЛАСС = ФУНКЦИЯ{

SS	RA	RP	SA	SP
{компилятор, транслятор}	{переводит, преобразует}	{получает}	{текст на языке высокого уровня, ЯВУ}	{текст в машинных кодах, программа на ЯМК, ЯМК}

// КОНЕЦ ОТВЕТ КЛАСС = ФУНКЦИЯ

порядок следования и роли лексем, образуют ИКГ. Информационная структура F представляется в следующем виде:

ОТВЕТ: КЛАСС = ФУНКЦИЯ

F : $SS =$ компилятор, транслятор; $RA =$ переводит, преобразует; $RP =$ получает; $SA =$ текст на языке высокого уровня, ЯВУ; $SP =$ текст в машинных кодах, программа на ЯМК, ЯМК.

Здесь перечислены лексемы (L), например "компилятор", и их семантические роли в предложении (K), например, концептула "SS".

Далее для удобства представления подобные структуры будем записывать в виде таблиц (таб. 1).

В данном случае информационная структура F представима в виде декартова произведения множеств значений концептул. В более общем случае, когда требуется учесть еще и сочетаемость лексем, выступающих в качестве значений концептул, информационная структура F может быть записана в виде системы многоместных отношений.

Для моделирования и обработки типовых структур знаний, используемых в вопросно-ответных компонентах ИОС, предлагается применить алгебру кортежей [Кулик и др., 2010], [Kulik et al., 2012]. В частности, шаблоны ответов компактно записываются в виде S -систем.

Далее приводится решение задачи автоматизации контроля знаний обучаемого.

2. Алгебраическая модель вопросно-ответного диалога

Система, осуществляющая контроль знаний, относится к открытым системам, способным пополнять свои знания и изменять построенные ранее выводы при изменении ситуации, реально отражая картину обучения. Для формализации рассуждений в системах такого типа применяют аргументацию.

Учитель, опрашивая ученика, обычно имеет некоторую последовательность вопросов, в случае неправильного ответа на один из них задаются подвопросы, помогающие выявить пробелы в знаниях обучаемого. Опрос длится до тех пор, пока учитель не получит достаточно аргументов для обоснования своего решения об уровне знаний обучаемого и/или выработки рекомендаций по дополнительному изучению материала.

Введем на множестве вопросов отношение подчинения S , смысл которого заключается в следующем: x подчинен y , если для правильного ответа на вопрос y требуется знание верного ответа на вопрос x . Допустим, имеются вопросы с введенным на них отношением подчинения:

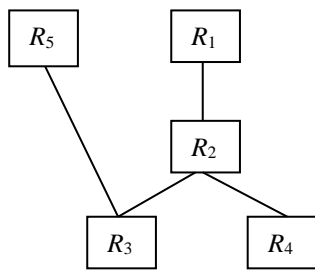


Рисунок 1 – Графическое представление множества вопросов

- R_1 . Что Вы знаете о компиляторе и процессе компиляции? (Вопрос 5 типа)
 R_2 . Дайте определение компилятора? (Вопрос 4 типа)
 R_3 . Где находится компилятор? (Вопрос 2 типа)
 R_4 . Какую функцию выполняет компилятор? (Вопрос 3 типа)
 R_5 . Для чего служит оперативная память ПК? (Вопрос 3 типа)

Из рисунка 1 видно, что вопросы, чей тип сложнее, доминируют над вопросами более простых типов. Например, вопрос R_2 четвертого типа доминирует над вопросом R_4 третьего типа. Другими словами, принятая нами классификация вопросно-ответных текстов позволяет естественным образом упорядочивать множество вопросов, предполагающих в ответе наличие общих понятий и отношений. Согласно [Сулейманов, 2011], каждому вопросу сопоставляется модель ответа, из которой нас далее будет интересовать информационная структура F . Модели ответов для подвопросов содержат лишь часть отношений, предусмотренных самими вопросами. Это можно увидеть, сравнивая модели ответов на вопросы R_2 и R_4 .

Таблица 2.

ОТВЕТ КЛАСС = ОПРЕДЕЛЕНИЕ{

SS (главное понятие)	$Soп$ (более общее понятие, чем главное)
{компилятор, транслятор}	{программа}

КЛАСС = ФУНКЦИЯ

R_A	R_P	SA	SP
{переводит, преобразует}	{получает}	{текст на языке высокого уровня, ЯВУ}	{текст в машинных кодах, программа на ЯМК, ЯМК}

КЛАСС = ПРО

SO	R_{so}	R_{os}
{оперативная память}	{находится, содержится}	{содержит}

// КОНЕЦ ОТВЕТ КЛАСС = ОПРЕДЕЛЕНИЕ.

Модель ответа для вопроса R_4 мы уже рассмотрели в предыдущем разделе. Вопросу R_2 на основе приведенного выше текста лекций может быть сопоставлена такая модель ответа (таблица 2).

Соединение всех трех отношений, записанных в виде таблиц, и формирует АК-объект [Аюпов и др., 2012], [Зуенко и др., 2011], задающий модель ответа на вопрос R_2 .

Основными процедурами аргументации являются процедуры определения истинностных оценок утверждений по соответствующим им множествам аргументов. Множество высказываний и соответствующих аргументов задается как контекст $K=(V, A, I)$, где V – множество высказываний, A – множество аргументов, I – отношение на множестве $V \times A$, такое что pIa^σ , где $p \in V, a^\sigma \in A, \sigma \in \{+, -\}$, тогда и только тогда, когда a^σ есть аргумент высказывания p [Таран, 2001].

В качестве элементарных высказываний при построении логики аргументации рассматриваются утверждения вида: “учащийся знает ответ на данный вопрос”. Если правильные ответы трактовать как аргументы “за” подобные утверждения, а неправильные как аргументы “против”, то отношение S на множестве вопросов позволяет строить логику аргументации с упорядоченным множеством аргументов [Вагин и др., 2008].

Пусть с вопросом R_i связано высказывание p_i (“учащийся знает ответ на i -ый вопрос”), а Q_j вопросу сопоставлено высказывание q_j (“учащийся знает ответ j -ый вопрос”). Тогда при выполнении соотношения $A_i \subseteq_G A_j$ (согласно принятой сегментации вопросно-ответного текста, данное соотношение всегда выполняется, если для вопросов R_i и Q_j верно, что R_i доминирует Q_j) можно утверждать, что $\forall [p_i \rightarrow q_j] = 1$ (V – функция оценивания).

Если модель ответа включает не только образцы правильных ответов, но запрещает некоторые ответы или отдельные лексемы, то каждому утверждению p_i , помимо АК-объекта A_i , может быть сопоставлен АК-объект B_i , описывающий запрещенные ответы. В терминологии работы [Финн, 1991] АК-объект A_i для высказывания p_i задает область значений функции g^+ , а АК-объект B_i – область значений функции g^- .

Анализ множеств аргументов позволяет выявлять причинно-следственные связи предметной области. Эта возможность обусловлена определением импликации в логике аргументации. Достаточным условием истинности импликаций является выполнение следующих условий [Финн, 1991]:

Если

$$g^+(p) \subseteq g^+(q) \text{ и } g^-(q) \subseteq g^-(p), \text{ то } V[(p \rightarrow q)] = 1$$

$$g^+(p) \subseteq g^-(q) \text{ и } g^+(q) \subseteq g^-(p), \text{ то } V[(p \rightarrow \neg q)] = 1$$

На основе анализа множества аргументов можно получать два вида утверждений $p \rightarrow q$ и $p \rightarrow \neg q$. Выявление и устранение коллизий (понятие коллизия здесь используется как обобщение понятий атака аргумента, подрыв аргумента и т.п.) в системах рассуждений такого типа предлагается выполнять на основе разработанного авторами аппарата QC -структур [Кулик, 2001].

Рассмотрим один из возможных сценариев реализации процесса контроля с использованием упомянутых средств логического анализа, когда проверка начинается с самого сложного вопроса (см. рисунок 1). Предположим, ученик неправильно ответил на вопрос R_1 . В этом случае система задает ему вопрос R_2 . Если на него обучающийся ответил неправильно, то система задает вопрос R_3 . Если на вопрос R_4 получен правильный ответ, то ученику повторно задается вопрос R_3 . Если на вопрос R_3 получен правильный ответ, то предлагается снова ответить на вопрос R_2 , а также предлагается вопрос R_5 . В случае правильных ответов на данные вопросы предлагается снова ответить на вопрос R_1 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторами предложены алгебраические модели представления и обработки вопросно-ответных текстов, предназначенные для решения задачи контроля знаний обучаемого. Разработанные модели открыты для пополнения знаний. Они позволяют осуществлять контроль и формировать индивидуальную траекторию обучения с помощью процедур аргументации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 12-07-006689-а и № 12-07-000550-а), Президиума РАН (проект 4.3 Программы № 15), ОНИТ РАН (проект 2.3 в рамках текущей Программы фундаментальных научных исследований).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Аюпов и др., 2012] Аюпов, М.М. Подход к построению вопросно-ответных обучающих систем на базе сетей многоместных отношений / М.М. Аюпов, Б.А. Кулик, О.А. Невзорова, Д.Ш. Сулейманов, А.Я. Фридман // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (16-20 октября 2012г., г. Белгород, Россия): Труды конференции. Т. 2.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – С.152-160
- [Вагин и др., 2008] Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Вагин В.Н. [и др.]; – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
- [Денисова, 2012] Денисова, И.Ю. Математические модели онтологии базы данных информационной обучающей системы / И.Ю. Денисова, П.П. Макарычев // Онтология проектирования. – 2012. – № 3. – С.62-78.
- [Зуенко и др., 2010] Зуенко, А.А. Унификация обработки данных и знаний на основе общей теории многоместных отношений / А.А. Зуенко, Б.А. Кулик, А.Я. Фридман // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2010. – № 3. – С.52-62.
- [Зуенко и др., 2011] Зуенко, А.А. Интеграция баз данных и знаний интеллектуальных систем на основе алгебраического подхода / А.А. Зуенко, Б.А. Кулик, А.Я. Фридман // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2011): материалы Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 10-12 февраля 2011 г.) – Минск: БГУИР, 2011. – С.59-70.
- [Кулик, 1993] Кулик, Б.А. Система логического программирования на основе алгебры кортежей / Б.А. Кулик // Известия РАН. Техническая кибернетика. – 1993. – № 3. – С. 226-239.
- [Кулик, 2001] Кулик, Б.А. Логика естественных рассуждений / Б.А. Кулик // – СПб.: Политехника. 1997.
- [Кулик и др., 2010] Кулик, Б.А. Алгебраический подход к интеллектуальной обработке данных и знаний / Б.А. Кулик, А.А. Зуенко, А.Я. Фридман // – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. 235 с.
- [Сулейманов, 2000] Сулейманов Д.Ш. Системы и информационные технологии обработки естественно-языковых текстов на основе прагматически-ориентированных лингвистических моделей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Казань, 2000.
- [Сулейманов, 2011] Сулейманов, Д.Ш. Двухуровневый лингвистический процессор ответных текстов на естественном языке / Д.Ш. Сулейманов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2011): материалы Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 10-12 февраля 2011 г.) – Минск: БГУИР, 2011. – С. 311-322.
- [Таран, 2001] Таран, Т.А. Аргументационная система контроля знаний / Т.А. Таран, А.И. Ривкинд // Новости искусственного интеллекта. 2001. № 5-6, с. 12-18.
- [Финн, 1991] Финн, В.К. Об одном варианте логики аргументации // В.К. Финн/ НТИ: Сер.2. – 1996 – № 5-6 – С. 3-19.
- [Kulik et al., 2010] Kulik, B. Logical Analysis of Intelligence Systems by Algebraic Method / Boris Kulik, Alexander Fridman, Alexander Zuenko // Cybernetics and Systems 2010: Proceedings of Twentieth European Meeting on Cybernetics and Systems Research (EMCSR 2010), Vienna, Austria, 2010. – pp. 198-203.
- [Kulik et al., 2012] Boris Kulik, Alexander Fridman, Alexander Zuenko. Logical Inference and Defeasible Reasoning in N-tuple Algebra. In: “Diagnostic Test Approaches to Machine Learning and Commonsense Reasoning Systems”, IGI Global, P 102-128.
- [Pool, 2006] Jonathan Pool. Can controlled languages scale to the Web? // In Proceedings of the 5th International Workshop on Controlled Language Applications (CLAW 2006), 2006.

INTELLIGENT TEACHING SYSTEMS BASED ON ALGEBRAIC REPRESENTATION OF QUESTION-AND-ANSWER TEXTS

Zuenko A.A.*, Kulik B.A.***, Fridman A.Ya.*

**Institute for Informatics and Mathematical Modelling, Kola Science Centre of RAS*

zuenko@iimm.kolasc.net.ru

fridman@iimm.kolasc.net.ru

***Institute of Problems in Machine Science of RAS*

ba-kulik@yandex.ru

The paper introduces an approach to development of question-and-answer teaching systems using controlled natural languages and algebraic models to represent and process question-and-answer texts. We propose to build a personal teaching trajectory by means of a partial order relation "question-subquestion". A mathematical apparatus developed by the authors and called *QC*-structures allows to formalize defeasible reasoning that models examination strategy of a teacher.

INTRODUCTION

Unlike a testing system, an intelligent system checking somebody's knowledge is to work as a real teacher who does not simply check the knowledge level of a student, but reveal poorly digested knowledge and recommend how to acquire and consolidate it.

Lately, approaches based on the concept of CNL (Controlled Natural Language) are considered most popular ones for development of interactive systems admitting plain-text form of answers. A CNL that is a natural language simplified by using a problem methodology context is a version of the natural language composed to solve certain problems. An original modification of CNLs as well as a classification of question-and-answer texts we use was proposed by D.Sh. Suleymanov.

In this paper, we discuss constructing of teaching systems based on an algebraic interpretation of the above-mentioned model of a question-and-answer dialog. The interpretation uses our earlier developed *n*-tuple algebra (NTA) and *QC*-structures, which are a modification of partially ordered sets, as a mathematical ground for our research.

MAIN PART

Knowledge checking systems relate to open systems capable to replenish it's knowledge and change some earlier inferred conclusions to correspond with a real situation in learning when it changes. To formalize reasoning in such systems, logic of argumentation is applicable. Argumentation-based proof procedures have to model examination strategy of a teacher.

A teacher examining a student usually uses a certain sequence of questions. If a question is answered wrong, the teacher asks some subquestions to reveal deficiencies in the student's knowledge. To model this, we define a owner-member relationship *S* on the set of questions. xSy if you need to know the right answer to the question *x* in order to give the right answer to the question *y*.

The proposed classification of question-and-answer texts allows to naturally order a set of questions implying answers with common concepts and relations. Every question R_i corresponds to a pattern of answer that describes a set of right answers and can be formalized as a structure A_i within our NTA. If this pattern comprises not only samples of right answers but forbids certain answers and/or separate tokens, then we can connect any question R_i not only with an NTA object A_i , but also with another NTA object B_i describing forbidden answers. To build an logic of argumentation, we use the statements like "a student knows the right answer to the given question" as elementary propositions. If we consider right answers as arguments "pro" and wrong answers as arguments "contra", the relation *S* provides building an logic of argumentation with an ordered set of arguments.

We propose to construct reasoning itself, namely analysis of hypotheses, detection and elimination of collisions, which are generalizations of concepts like "rebutting," "argument undercutting," "counter-evidence (attack) etc., on the basis of *QC*-structures.

CONCLUSION

To check knowledge of a student, we develop algebraic models for representation and processing of question-and-answer texts. The models are open for replenishing of included knowledge. They allow for checking and forming a personal teaching trajectory by means of argumentation-based proof procedures.

The authors would like to thank the Russian Foundation for Basic Research (grants 12-07-00302, 11-08-00641, 12-07-00550, 12-07-689), the Department for Nanotechnologies and Information Technologies of RAS (project 2.11 of the current Programme of Basic Scientific Researches), and the Chair of RAS (project 4.3 of the Program # 16) for their help in partial funding of this research.