



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-1-48-56>

Оригинальная статья  
Original paper

УДК 004.89

## ПОДХОД К ПРОВЕРКЕ ОТВЕТОВ НА ОБЪЕКТИВНЫЕ ВОПРОСЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

ВЭНЬЦЗУ ЛИ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

*Поступила в редакцию 25.10.2022*

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2023  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2023

**Аннотация.** Рассмотрен подход к разработке решателя задач для автоматической проверки ответов на объективные вопросы в интеллектуальных обучающих системах, построенных с использованием технологии OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems – открытая семантическая технология проектирования интеллектуальных систем). В рамках OSTIS решатели задач были разработаны на основе мультиагентной технологии. Предлагаемый решатель задач инициирует соответствующий набор sc-агентов согласно типу вопросов и автоматически проверяет правильность и полноту ответа пользователя на семантическом уровне. Проверка ответов на объективные вопросы является лишь одним из основных назначений разработанного решателя задач, который также позволяет вычислять подобие между любыми двумя семантическими графами.

**Ключевые слова:** решатель задач, проверка ответов, технология OSTIS, интеллектуальные обучающие системы, база знаний.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Вэньцзу Ли. Подход к проверке ответов на объективные вопросы в интеллектуальных обучающих системах / Вэньцзу Ли // Цифровая трансформация. 2023. Т. 29, № 1. С. 48–56. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-1-48-56>.

## AN ANSWER VERIFICATION APPROACH TO OBJECTIVE QUESTIONS IN INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS

WENZU LI

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)*

*Submitted 25.10.2022*

**Abstract.** An approach to develop a problem solver for automatic answer verification to objective questions in intelligent tutoring systems constructed using OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems) technology is considered. The problem solver is developed based on multi-agent technology within OSTIS. The proposed problem solver automatically verifies the correctness and completeness of the user's answer at the semantic level by starting the corresponding sc-agent sets according to the type of the questions. The objective question answer verification is one of the main purposes of the developed problem solver, it can also perform the calculation of the similarity between any two semantic graphs.

**Keywords:** problem solver, answer verification, OSTIS technology, intelligent tutoring systems, knowledge base.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

**For citation.** Wenzu Li (2023) An Answer Verification Approach to Objective Questions in Intelligent Tutoring Systems. *Digital Transformation*. 29 (1), 48–56. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-1-48-56> (in Russian).

## Введение

С развитием современных информационных технологий искусственный интеллект широко применяется в сфере образования. А это может не только повысить эффективность обучения учащихся, но и стать важным средством обеспечения справедливости образования. После вспышки COVID-19 в 2020 году была особенно подчеркнута важность и актуальность разработки интеллектуальных обучающих систем (ИОС) [1].

Автоматическая проверка ответов является одной из важнейших функций ИОС, которая позволяет быстро проверить уровень знаний пользователей. В соответствии с типами вопросов автоматическая проверка ответов делится на объективные и субъективные вопросы. К объективным относятся вопросы, имеющие уникальный стандартный ответ. Объективные вопросы включают: вопрос на выбор, вопрос на заполнение пробелов и вопрос суждения. Субъективные вопросы не имеют уникальных ответов, а общие из них включают вопросы на доказательство, на толкование определений и решение задач [2]. По сравнению с проверкой ответов на объективные вопросы, проверка ответов на субъективные значительно сложнее и требует других аспектов знаний, таких как логические рассуждения, логика предикатов и т. д. Рассмотрим реализацию подходов к проверке ответов на объективные вопросы.

В традиционных обучающих системах основной принцип проверки ответов на объективные вопросы заключается в сравнении того, соответствует ли строка стандартного ответа строке ответа пользователя. Однако в ИОС объективные вопросы и соответствующие стандартные ответы хранятся в базе знаний в виде семантических графов, поэтому основой проверки ответов является вычисление подобия между стандартным ответом в виде семантического графа и ответом пользователя в виде семантического графа. Семантический граф – это неориентированный граф (или направленный), который визуально представляет семантические отношения между понятиями [3]. Подобие между семантическими графами – степень семантической близости между двумя любыми семантическими графами в базе знаний. Когда получено подобие между ответами на объективные вопросы, об окончательной полноте и о правильности текущего вопроса можно судить, комбинируя стратегию оценки соответствующего вопроса.

С развитием технологии семантических сетей были предложены некоторые подходы к вычислению подобия между семантическими графами, но они могут вычислять подобие только между семантическими графами с очень простыми семантическими структурами [4]. С созданием баз знаний по различным дисциплинам необходимо описывать все больше и больше видов знаний (например, нечеткие знания, темпоральные знания и т. д.), поэтому существующие подходы к вычислению подобия между семантическими графами больше не могут удовлетворять текущим задачам [3]. В статье предложен подход к разработке решателя задач для автоматической проверки ответов на объективные вопросы в обучающих системах, построенных с использованием технологии OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems – открытая семантическая технология проектирования интеллектуальных систем) [3, 5]. Одним из ключевых компонентов каждой OSTIS-системы (семантической компьютерной системы, построенной в соответствии со стандартом технологии OSTIS) является решатель задач, который обеспечивает возможность решения различных задач.

С помощью разработанного решателя задач можно вычислять подобие между любыми двумя семантическими графами в OSTIS-системах. Его также можно использовать для решения других задач в будущем, таких как проверка ответов на субъективные вопросы, интеграция знаний и т. д. Следует подчеркнуть, что текст на естественном языке (ответы пользователей) преобразуется в структуру семантического графа с помощью естественно-языкового интерфейса. В [6] подробно представлен подход к разработке естественно-языкового интерфейса по китайскому языку. В качестве демонстрационной системы выбрана система по дискретной математике, разрабатываемая с помощью технологии OSTIS.

## Существующие подходы и проблемы

С развитием смежных технологий, таких как семантические сети и обработка естественного языка (NLP), вычисление подобия текстов (например, ответы пользователей на естественном языке) на основе семантических сетей стало основным направлением исследований. Главный принцип этого типа подходов заключается в том, чтобы сначала использовать такие инструменты, как деревья синтаксического анализа или естественно-языковые интерфейсы для преобразования текстов на естественном языке в семантические графы, а затем вычислять подобие между семантическими графами, чтобы получить подобие между текстами. Наиболее представительный подход этого типа – SPICE (Semantic Propositional Image Caption Evaluation) [4]. SPICE в основном используется для оценки качества автоматически сгенерированной разметки к изображению. Основным принципом работы этого подхода заключается в вычислении подобия между автоматически сгенерированной разметкой к изображению (candidate caption) и разметкой к изображению, помеченной экспертом вручную (reference caption). Главная особенность SPICE – использование семантического контента для вычисления подобия [4, 7].

Подходы, рассмотренные выше, имеют много недостатков при вычислении подобия между семантическими графами:

- инструменты, используемые для моделирования семантических графов в подходе SPICE (хотя он может вычислять подобие между семантическими графами), поддерживают только описание простых семантических отношений;
- невозможно судить о логической эквивалентности семантических графов. Логическая эквивалентность семантических графов означает, что одна и та же информация может быть описана разными системами понятий (разными по структуре семантическими графами), в этом случае информационные конструкции будут логически эквивалентными, но не семантически (например, определение симметричной разности может быть выражено в двух формах  $C = (A \setminus B) \cup (B \setminus A)$  и  $C = A \Delta B$ ).

Поэтому на основе подхода SPICE предлагается подход к вычислению подобия между любыми двумя семантическими графами с использованием технологии OSTIS. Когда два семантических графа не полностью совпадают (подобие менее 1), можно судить, эквивалентны ли они логически. Проверить ответы на объективные вопросы об их правильности и полноте можно, комбинируя подобие между ответами и стратегией оценки текущего вопроса.

## Предлагаемый подход

На основе технологии OSTIS, используемой для разработки систем семантического интеллекта и соответствующих платформ, инструментов и подходов, предлагается подход к разработке решателя задач для автоматической проверки ответов на объективные вопросы. Каждая OSTIS-система состоит из не зависящей от платформы унифицированной логико-семантической модели этой системы (sc-модели компьютерной системы) и платформы интерпретации таких моделей. В свою очередь, каждая sc-модель компьютерной системы может быть декомпозирована на sc-модель базы знаний, sc-модель решателя задач, sc-модель интерфейса и абстрактную sc-память, в которой хранятся конструкции SC-кода. В качестве основы представления знаний в рамках технологии OSTIS используется унифицированный вариант кодирования информации любого рода на базе семантических сетей, названный SC-кодом [2, 3, 5]. Использование моделей, прикладных инструментов и подходов, предоставляемых технологией OSTIS, обеспечит следующие возможности:

- разработанный решатель задач может быть легко перенесен в OSTIS-системы, ориентированные на различные области;
- проверку правильности и полноты ответов пользователя на семантическом уровне.

Проверка ответов не зависит от естественного языка (английский, русский, китайский и т. д.). Когда ответы пользователя на естественном языке преобразуются в SC-код, они уже согласованы с существующими знаниями в базе знаний, т. е. sc-узлы, представляющие одно и то же понятие на семантическом уровне, имеют один и тот же основной идентификатор в базе знаний. Процесс выравнивания сущностей заключается в:

1) преобразовании текста на естественном языке в SC-код с использованием естественно-языкового интерфейса. В [6] подробно представлен подход к разработке естественно-языкового интерфейса по китайскому языку;

2) интеграции различных sc-узлов, представляющих одно и то же семантическое содержание в базе знаний, в один и тот же sc-узел и удаление избыточных sc-коннекторов (sc-дуг и sc-ребер). В [8] представлена автоматическая процедура интеграции знаний для OSTIS-систем, включая выравнивание сущностей.

### **Разработка решателя задач**

В OSTIS-системах решатели задач построены на основе мультиагентного подхода, т. е. решатель задач реализован в виде набора агентов, называемых sc-агентами. Все sc-агенты взаимодействуют через общую память [3] (IMS.OSTIS metasystem [Electronic Resource]. Access mode: <https://ims.ostis.net>. Access date: 24.10.2022). В соответствии с требованиями разработанный решатель должен выполнять следующие задачи:

- осуществлять вычисление подобия между любыми двумя семантическими графами; если два семантических графа не совпадают, необходимо узнать, эквивалентны ли они логически;
- проверять не только ответ на объективный вопрос с единственным правильным вариантом, но и ответ на объективный вопрос с несколькими правильными вариантами (вопрос на выбор с несколькими вариантами и частично вопрос на заполнение пробелов).

Решатель задач любой OSTIS-системы представляет собой иерархическую систему sc-агентов обработки знаний в семантической памяти. Для решения перечисленных выше задач разработаны некоторые sc-агенты, которые показаны в SCn-коде (одном из языков внешнего отображения SC-кода) следующим образом:

#### **Решатель задач для автоматической проверки ответов на объективные вопросы**

← *декомпозиция абстрактного sc-агента\**:

- ```
{  
• sc-агент для вычисления подобия семантических графов  
• sc-агент для оценки эквивалентности семантических графов  
• sc-агент для обработки результатов вычисления подобия семантических графов  
}
```

При проверке ответов на объективные вопросы последовательность инициирования sc-агентов выглядит следующим образом:

1) если решатель задач считает, что текущий вопрос является объективным, иницируется sc-агент для вычисления подобия семантических графов, чтобы начать вычислять подобие между семантическим графом стандартного ответа и семантическим графом ответа пользователя;

2) если подобие, вычисленное на первом шаге, не равно 1, решатель задач иницирует sc-агент для оценки эквивалентности семантических графов, этот sc-агент выполняет некоторую обработку семантических графов в соответствии с логическими эквивалентными шаблонами (не все семантические графы имеют соответствующие логические эквивалентные шаблоны), хранящиеся в базе знаний, а затем снова вычисляет подобие между ними;

3) когда подобие между семантическими графами получено, решатель задач автоматически иницирует sc-агент для обработки результатов вычисления подобия семантических графов. Окончательный результат проверки ответа выдается этим sc-агентом в соответствии с типом и характеристиками вопроса, с подобием между ответами.

Следует подчеркнуть, что проверка ответов является лишь одним из основных применений решателя задач. Решатель задач также позволяет вычислять подобие между произвольными семантическими фрагментами, построенными с использованием SC-кода, путем инициирования соответствующих sc-агентов. Структура семантических графов, используемая для описания ответов на объективные вопросы в OSTIS-системах, относительно проста, поэтому sc-агент для оценки эквивалентности семантических графов обычно полностью выполнен не будет (поскольку логического эквивалентного шаблона не существует).

#### **Sc-агент для вычисления подобия семантических графов**

Основная функция sc-агента для вычисления подобия семантических графов заключается в вычислении подобия между любыми двумя семантическими графами, описанными SC-кодом

(например, семантический граф стандартного ответа и семантический граф ответа пользователя). Подобие между ответами является основой для проверки ответов на объективные вопросы. Когда ответы пользователей на естественном языке преобразуются в SC-код, они уже согласуются с существующими знаниями в базе знаний (например, разрешение кореференции и т. д.) [6]. Поэтому в статье подобие между семантическими графами вычисляется на основе семантики и структур представления знаний.

Основной принцип работы sc-агента для вычисления подобия семантических графов заключается в следующем:

- в соответствии с правилами представления знаний стандартные ответы и ответы пользователей в виде семантических графов разделяются на подструктуры;
- в использовании формул для вычисления точности, полноты и подобия между семантическими графами:

$$P_{sc}(u, s) = \frac{|T_{sc}(u) \otimes T_{sc}(s)|}{|T_{sc}(u)|}, \quad (1)$$

$$R_{sc}(u, s) = \frac{|T_{sc}(u) \otimes T_{sc}(s)|}{|T_{sc}(s)|}, \quad (2)$$

$$F_{sc}(u, s) = \frac{2P_{sc}(u, s)R_{sc}(u, s)}{P_{sc}(u, s) + R_{sc}(u, s)}, \quad (3)$$

где  $\otimes$  – бинарный оператор сопоставления;  $T_{sc}(s)$  – множество, все разложенные подструктуры стандартного ответа  $s$ ;  $T_{sc}(u)$  – множество, все разложенные подструктуры ответа пользователя  $u$ .

Алгоритмы работы этого sc-агента приведены далее.

#### **Алгоритм 1. Алгоритм работы sc-агента для вычисления подобия семантических графов**

**Ввод:** конкретный объективный вопрос и соответствующий семантический граф стандартного ответа, семантический граф ответа пользователя.

**Выход:** точность, полнота и подобие между ответами, а также sc-узел, используемый для записи состояния соответствия подструктур:

- 1) проверка того, существуют ли стандартный ответ и ответ пользователя одновременно, если существуют, то переходим к шагу 2, в противном случае – к шагу 7;
- 2) в соответствии с правилами представления знаний семантический граф стандартного ответа и ответа пользователя разбивается на подструктуры (различные типы sc-конструкций);
- 3) итеративно проходится каждая подструктура стандартного ответа и ответа пользователя, классифицируя их в соответствии с типом подструктуры (трехэлементная sc-конструкция, пятиэлементная sc-конструкция и т. д.) и подсчитывая их количество;
- 4) в соответствии с классификационным набором подструктур итеративно вычисляется количество совпадающих подструктур между ответами и одновременно записываются совпадающие подструктуры;
- 5) использование формул (1)–(3) для вычисления точности, полноты и подобия и генерации семантических фрагментов для записи результатов работы sc-агента;
- 6) удаление всех временных sc-элементов, созданных во время работы sc-агента;
- 7) выход из программы.

На рис. 1 приведен пример использования этого sc-агента для вычисления подобия между семантическими графами на SCg-коде (SCg-код – графический вариант внешнего визуального представления SC-кода) [3].

#### **Sc-агент для оценки эквивалентности семантических графов**

Основная функция sc-агента для оценки эквивалентности семантических графов состоит в том, чтобы судить, являются ли два семантических графа логически эквивалентными. Процесс работы sc-агента для оценки эквивалентности семантических графов, заключается в следующем:

- 1) если подобие, вычисленное sc-агентом для вычисления подобия семантических графов, меньше 1, инициируется sc-агент для оценки эквивалентности семантических графов;

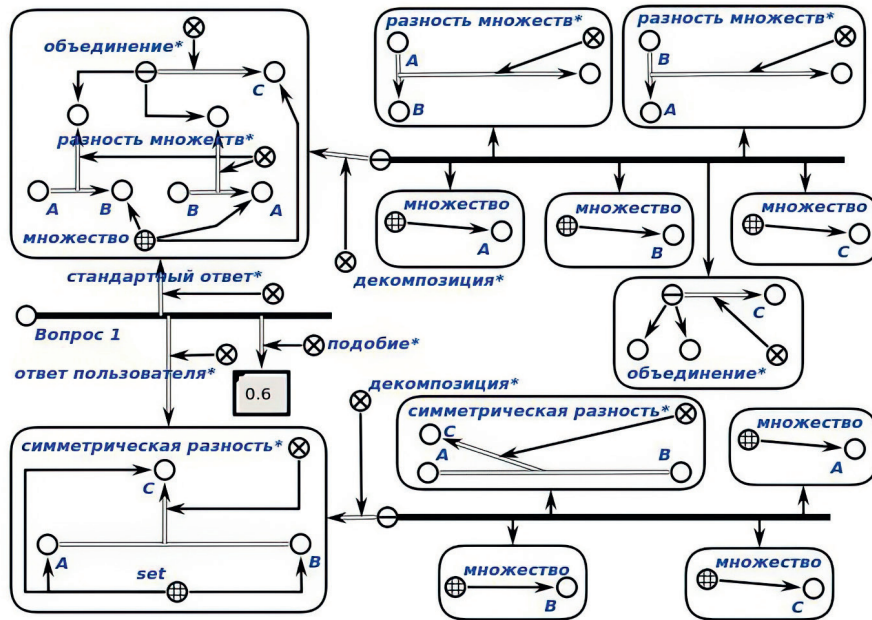


Рис. 1. Пример вычисления подобия между семантическими графами  
Fig. 1. An example of calculating similarity between semantic graphs

2) этот sc-агент найдет все sc-узлы в семантическом графе стандартного ответа и все sc-узлы в семантическом графе ответа пользователя соответственно. Затем проверяется, существует ли пара sc-узлов между sc-узлами стандартного ответа и sc-узлами ответа пользователя, и ее два sc-узла соответственно включены в шаблон, связанный с использованием отношения «эквиваленция\*». Если такая пара sc-узлов существует, то sc-агент продолжает выполнять следующий шаг, в противном случае sc-агент прекращает выполнение. На рис. 2 приведена пара шаблонов, удовлетворяющих логической эквивалентности на SCg-коде;

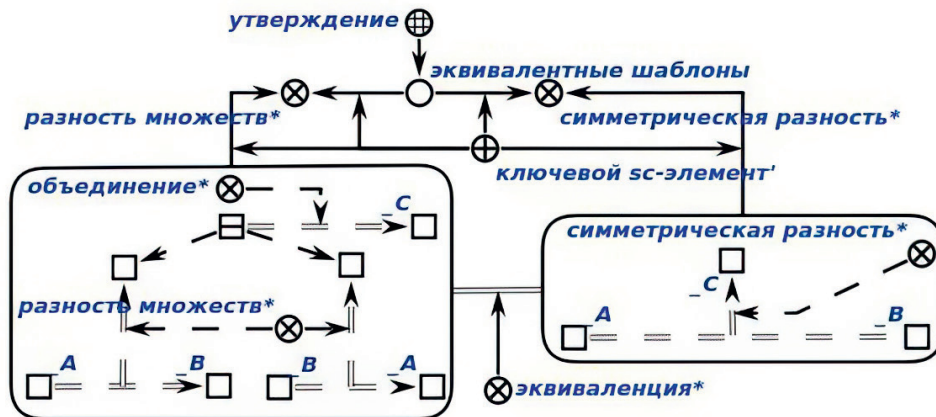


Рис. 2. Пара шаблонов, удовлетворяющих логической эквивалентности  
Fig. 2. A pair of templates satisfying logical equivalence

3) использование двух шаблонов, найденных на шаге 2, для поиска всех соответствующих семантических фрагментов в базе знаний и проверка наличия двух семантических фрагментов в этих найденных семантических фрагментах, которые соответственно включены в стандартный ответ и ответ пользователя. Если существуют такие два семантических фрагмента (соответствие различным шаблонам), то sc-агент продолжает выполнять следующий шаг, в противном случае sc-агент прекращает выполнение;

4) итеративно проходятся разложенные подструктуры стандартного ответа и разложенные подструктуры ответа пользователя, и каждая подструктура сравнивается с соответствующим

семантическим фрагментом, найденным на шаге 3. Если каждый sc-элемент в подструктуре содержится в соответствующем семантическом фрагменте, подструктура удаляется;

5) использование формул (1)–(3) для вычисления подобия между семантическими графами в соответствии с остальными подструктурами. Если подобие равно 1, то два семантических графа полностью совпадают.

Подобие между семантическими графами на рис. 1, пересчитанное с помощью этого sc-агента, равно 1, т. е. два семантических графа логически эквивалентны.

### Sc-агент для обработки результатов вычисления подобия семантических графов

Поскольку некоторые объективные вопросы имеют несколько правильных вариантов, необходимо всесторонне рассмотреть точность, полноту и подобие, чтобы полностью оценить правильность вопроса. Таким образом, функция sc-агента для обработки результатов вычисления подобия семантических графов состоит в том, чтобы дополнительно оценить правильность и полноту текущего вопроса на основе трех параметров измерения информатики, рассчитанных на предыдущем шаге, и стратегии оценки правильности объективных вопросов [5]. Стратегия оценки правильности и полноты объективных вопросов в основном заключается в следующем:

– если текущий вопрос имеет единственно правильный вариант (вопрос на выбор с одним правильным вариантом, вопрос суждения и частичный вопрос на заполнение пробелов), то только стандартный ответ и ответ пользователя точно совпадают, т. е. если подобие равно 1, вопрос считается правильным, в противном случае вопрос неверен;

– если текущий вопрос имеет несколько правильных вариантов (вопрос на выбор с несколькими правильными вариантами и частичный вопрос на заполнение пробелов), его можно разделить на следующие ситуации для суждения:

- пока ответ пользователя содержит неправильный вариант, вопрос считается неправильным; в таком случае подобие и точность менее 1;

- все варианты, включенные в ответ пользователя, являются правильными, но количество правильных вариантов меньше, чем количество правильных вариантов в стандартном ответе, тогда вопрос считается частично правильным и неполным; в этом случае точность равна 1, подобие – менее 1;

- если варианты в стандартном ответе точно соответствуют вариантам в ответе пользователя, вопрос полностью правильный и полный; тогда подобие равно 1.

Далее мы подробно представим алгоритм работы этого sc-агента.

### Алгоритм 2. Алгоритм работы sc-агента для обработки результатов вычисления подобия семантических графов

**Ввод:** семантические графы конкретного объективного вопроса, а также точность, полнота и подобие между ответами.

**Выход:** окончательный результат проверки ответа конкретного объективного вопроса и необходимые семантические фрагменты, используемые для отображения результата проверки ответа:

1) проверка соответствия всех входных параметров, используемых для работы sc-агента, условиям: если да, переходим к шагу 2, в противном случае – к шагу 5;

2) в соответствии со стратегиями оценки правильности и полноты объективных вопросов в сочетании с точностью, полнотой и подобием ответов проверить правильность и полноту конкретного объективного вопроса;

3) генерация семантических фрагментов, используемых для записи результатов выполнения sc-агента;

4) удаление всех временных sc-элементов, созданных во время работы sc-агента;

5) выход из программы.

Объединение трех sc-агентов, представленных выше, позволяет проверить правильность и полноту ответов пользователей на любые объективные вопросы. На рис. 3 показан пример использования решателя задач для автоматической проверки правильности и полноты ответов на вопрос на выбор на SCg-коде.

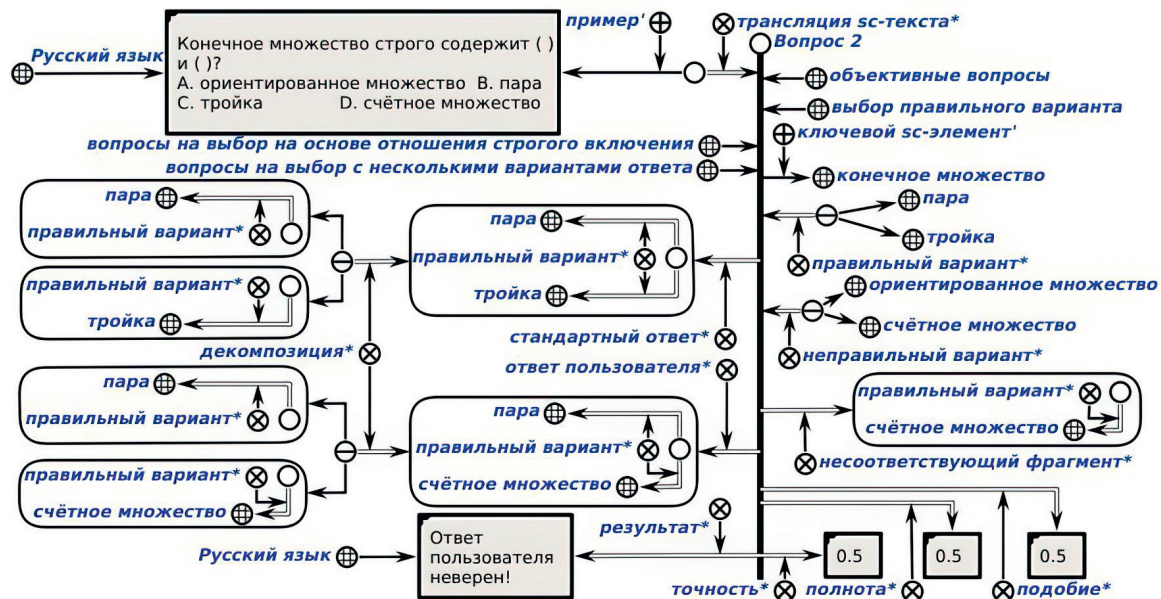


Рис. 3. Пример автоматической проверки ответов на вопрос на выбор  
Fig. 3. An example of automatic verification of answers to a multiple-choice question

## Заключение

Представлен подход к разработке решателя задач для автоматической проверки ответов на объективные вопросы в интеллектуальных обучающих системах, разработанных с использованием технологии OSTIS. Поскольку решатель задач разработан на основе мультиагентной технологии, он состоит из соответствующего набора sc-агентов: для вычисления подобия семантических графов, для оценки эквивалентности семантических графов и обработки результатов вычисления подобия семантических графов. Предлагаемый решатель задач использует различные комбинации sc-агентов для проверки ответов на объективные вопросы.

## Список литературы

- Xu, G. P. Research on Intelligent Tutoring System / G. P. Xu, W. H. Zeng, C. L. Huang // Application Research of Computers. 2009. Vol. 26, No 11. P. 4020–4030.
- Li, W. Ontological Approach for Question Generation and Knowledge Control / W. Li, N. Grakova, L. Qian // Communications in Computer and Information Science. 2020. Vol. 1282. P. 161–175.
- Голенков, В. В. Проект открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Ч. 1. Принципы создания / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // Онтология проектирования. 2014. № 4. С. 42–64.
- SPICE: Semantic Propositional Image Caption Evaluation / P. Anderson [et al.] // Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV). 2016. Vol. 9909. P. 382–398. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.08822>.
- Li, W. Development of a Problem Solver for Automatic Answer Verification in the Intelligent Tutoring Systems / W. Li, L. Qian // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS–2021). Minsk, 2021. P. 169–178.
- Qian, L. Ontological Approach for Chinese Language Interface Design / L. Qian, M. Sadowski, W. Li // Open Semantic Technologies for Intelligent System: 10<sup>th</sup> International Conference OSTIS 2020, Minsk, 19–22 Feb. 2015 / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; eds.: V. Golenkov [et al.]. Minsk: BSUIR, 2015. P. 146–160. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9_9).
- Li, X. J. Realization of Automatic Scoring Algorithm for Subjective Questions Based on Artificial Intelligence / X. J. Li // Journal of Jiangnan University (Natural Science Edition). 2009. Vol. 8. P. 292–295. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9_9).
- Ивашенко, В. П. Модели и алгоритмы интеграции знаний на основе однородных семантических сетей / В. П. Ивашенко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS–2015). Минск: БГУИР, 2015. С. 111–132.



## References

1. Xu G. P., Zeng W. H., Huang C. L. (2009) Research on Intelligent Tutoring System. *Application Research of Computers*. 26 (11), 4020–4030.
2. Li W., Grakova N., Qian L. (2020) Ontological Approach for Question Generation and Knowledge Control. *Communications in Computer and Information Science*. 1282, 161–175.
3. Golenkov V. V., Guliakina N. A. (2014) Project of Open Semantic Technology of the Componental Design of Intelligent Systems. Part 1. The Principles of Creation. *Ontology Designing*. (4), 42–64 (in Russian).
4. Anderson P., Fernando B., Johnson M., Gould S. (2016) SPICE: Semantic Propositional Image Caption Evaluation. *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV)*. 9909, 382–398. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.08822>.
5. Li W., Qian L. (2021) Development of a Problem Solver for Automatic Answer Verification in the Intelligent Tutoring Systems. *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS–2021)*. Minsk. 169–178.
6. Qian L., Sadouski M., Li W. (2020) Ontological Approach for Chinese Language Interface Design. *Open Semantic Technologies for Intelligent System: 10<sup>th</sup> International Conference OSTIS–2020, Minsk, 19–22 Feb. 2020, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*. Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 146–160. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9_9).
7. Li X. J. (2009) Realization of Automatic Scoring Algorithm for Subjective Questions Based on Artificial Intelligence. *Journal of Jiangnan University (Natural Science Edition)*. 8, 292–295. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-03060447-9_9).
8. Ivashenko V. P. (2015) Models and Algorithms of Integration of Knowledge Based on Homogeneous Semantic Networks. *Otkrytye Semanticheskie Tekhnologii Proektirovaniya Intellektual'nyh Sistem = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS–2015)*. Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 111–132 (in Russian).

## Сведения об авторе

**Вэньцзу Ли**, аспирант кафедры интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

## Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
Тел.: +375 29 851-60-84  
E-mail: lwzzggml@gmail.com  
Вэньцзу Ли

## Information about the author

**Wenzu Li**, Postgraduate at the Department of Intelligent Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

## Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,  
Minsk, P. Brovki St., 6  
Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics  
Tel.: +375 29 851-60-84  
E-mail: lwzzggml@gmail.com  
Wenzu Li