РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мельцов В.Ю., Нечаев А.А.

Разработка и реализация интеллектуальной подсистемы тестового контроля

*Вятский государственный университет
(Россия, Киров)*

doi:10.18411/spc-12-11-2017-04

idsp: 000001:spc-12-11-2017-04

Аннотация

Рассмотрен подход к созданию интеллектуальных тестирующих систем. Предложена структура специализированной подсистемы, содержащая лингвистический процессор, базу знаний и высокопроизводительную машину логического вывода. Применение методов ускоренного логического вывода позволит оценивать ответы пользователя на естественном языке с учётом полноты введённого предложения и релевантности ответа эталонному определению, хранящемуся в базе знаний.

Ключевые слова: тестирующая система, интеллектуальный подход, лингвистический процессор, машина логического вывода, база знаний, логика предикатов.

Abstract

The approach to the creation of intelligent testing systems is considered. The structure of a specialized subsystem containing a linguistic processor, a knowledge base and a high-performance logical inference machine is proposed. The application of accelerated inference methods will allow us to evaluate the user's answers in natural language taking into account the completeness of the introduced sentence and the relevance of the answer to the reference definition stored in the knowledge base.

Keywords: testing system, intellectual approach, linguistic processor, logical inference engine, knowledge base, first-order logic.

С каждым годом выдвигаются все более жёсткие требования к уровню и качеству подготовки специалистов во всех областях деятельности человека. В связи с этим возрастают и требования к контролю знаний, который является обязательным компонентом процесса обучения и применяется на всех стадиях образовательного процесса.

Надо заметить, что к современным системам контроля знаний выдвигаются достаточно противоречивые требования. С одной стороны, они должны быть максимально гибкими и давать возможность отвечать на тестовые задания различного типа и разной степени сложности. С другой стороны, системы для тестирования обязаны быть лёгкими в использовании и надёжными в эксплуатации, вопросы и ответы должны быть четкими и понятными по содержанию. Работа с системой не должна отвлекать от сути опроса и при этом иметь интуитивно понятный интерфейс.

К самим же тестовым заданиям также предъявляются определенные требования. Вопросы, обычно, делятся на два типа: открытой и закрытой формы (рис.1).

В заданиях закрытой формы тестируемому предлагается выбор правильного (правильных) ответа из нескольких готовых вариантов. Тестовые системы такого типа наиболее распространены на данное время. Их главным недостатком является элемент случайности, когда учащийся может «угадать» верный ответ, что иногда приводит к неверной оценке знаний.

Рис.1. Классификация тестовых заданий

Задания открытой формы отличаются тем, что в них нет готовых ответов. Студент должен самостоятельно заполнить недостающий элемент (дополнения) – например, пропущенное слово, словосочетание или математическую формулу. При использовании заданий открытого типа со свободным изложением, когда требуется ввести предложение или текст целиком, возникает проблема оценки правильности ответа, так как возможны верные ответы различной полноты, а так же допустимо использование равноправных синонимов. При этом тестовая система не должна оценивать неполный ответ как неправильный. Следовательно, при проектировании тестовой системы для каждого слова в определении нужно ввести определенный коэффициент «правильности», который будет влиять на конечную оценку. Чем ближе слово к оригиналу-эталону, тем больше коэффициент и тем выше итоговая оценка [1, 28]. К сожалению, большинство современных систем построены так, что верным считается только полное совпадение слов в предложении, и даже их порядок.

С учётом вышесказанного, при реализации автоматизированных систем контроля знаний необходимо решить серьёзную проблему понимания естественного языка компьютером. Несмотря на значительные результаты научных исследований и практических разработок в области компьютерной лингвистики, искусственного интеллекта и нейронных сетей, данная проблема остается ещё чрезвычайно далека от своего решения [2, 4].

Для повышения интеллектуальности автоматизированных систем тестирования (АСТ) предлагается использовать подходы и средства, хорошо зарекомендовавшие себя в других областях применения прикладного искусственного интеллекта [3, 8]. Рассмотрим структуру разрабатываемой интеллектуальной подсистемы для АСТ (рис.2), основными компонентами которой являются:

- машина логического вывода (МЛВ);
- база знаний (БЗ);
- лингвистический процессор (ЛП).

Машина логического вывода играет главную роль в любой системе обработки знаний. Она реализует механизм рассуждений, оперирующий знаниями из базы знаний и данными из рабочей памяти. МЛВ может использовать для рассуждений: дедуктивный вывод (прямой, обратный, двунаправленный); нечёткий вывод;

вероятностный вывод; ассоциативный поиск с использованием нейронных сетей. Машина выполняет две основные функции: просмотр и обработку существующих в базе знаний правил и фактов, а также определение порядка просмотра и применения правил. Соответственно, МЛВ содержит модуль вывода и модуль управления.

Рисунок 2 – Структура интеллектуальной подсистемы АСТ

В разрабатываемой интеллектуальной подсистеме используется один из наиболее высокопроизводительных методов вывода – метод параллельного дедуктивного логического вывода на основе операции деления дизъюнктов [4, 28]. Основными его особенностями являются: двунаправленная стратегия вывода и массовый параллелизм обработки символьных данных. Все исходные данные должны быть представлены в виде секвенций специального вида:

$1 \mapsto \overline{F_1} \vee \overline{F_2} \vee \dots \vee \overline{F_n} \vee G_1 \vee G_2 \vee \dots \vee G_m$, где правая часть формулы является дизъюнктом, состоящим из предикатов F_i и G_j с отрицанием или без него. Левая часть формулы свидетельствует об истинности правой части на всем наборе значений переменных, входящих в состав предикатов F_i и G_j [5, 848]. В качестве исходных посылок (правил и фактов) выступают эталонные знания, определяемые экспертом по знаниям или преподавателем, обладающим соответствующей квалификацией. Ответ пользователя служит в качестве выводимого правила (заключения), истинность которого требуется доказать исходя из имеющейся в БЗ информации.

Таким образом в базе знаний хранятся «правильные» ответы в виде набора правил и фактов [6, 108]. Под правилом понимается любая секвенция, состоящая более чем из одного предиката. Секвенция, включающая в свой состав только один предикат, называется фактом.

Одной из наиболее сложных задач при разработке интеллектуальной системы тестирования является преобразование знаний из естественного языка в форму, позволяющую представить их в базе знаний. Поскольку в качестве метода обработки знаний выбран метод дедуктивного логического вывода на основе операции деления дизъюнктов, то в качестве модели знаний будем использовать логику предикатов первого порядка. Для перевода ответов пользователя с русского языка в специального вида секвенции логики предикатов необходим лингвистический процессор. Наиболее известный программный компонент подобного рода используется в автоматизированных системах обработки текста ABBYY Compreno [7]. На основе анализа функционирования данной системы, а также пакета iSemNet был разработан алгоритм специализированного семантико-синтаксического парсера. Структурная схема лингвистического процессора содержит три последовательных блока – для морфологического, синтаксического и семантического анализа текста. Для устранения

проблем обработки знаний при оперировании с кванторами существования и всеобщности и областями действия кванторов используется сколемовское преобразование, которое позволяет избавиться от кванторов и представить семантические структуры в виде специализированных секвенций (правил) в БЗ.

В качестве алгоритмической основы разрабатываемого прототипа лингвистического процессора был выбран аппарат искусственных нейронных сетей (НС) [8]. С учётом специфики предметной области, и анализа достоинств и недостатков известных НС, для дальнейших исследований были выбраны многослойный персептрон и LSTM-сеть. Прототип был реализован на языке программирования Java 8. Модули искусственных нейронных сетей реализованы с применением фреймворка Deeplearning4j. По результатам экспериментов многослойный персептрон показал себя гораздо лучше LSTM-сети. Оптимальное количество эпох – 100. Оптимальная топология – один скрытый слой с 20 нейронами, передаточная функция – LEAKYRELU. Для выходного слоя используется SOFTMAX. Во всех случаях точность семантико-синтаксического разбора предложения на русском языке приближалась к 90%.

Для повышения качества оценки ответов на вопросы открытого типа системой учитываются коэффициенты релевантности синонимов[9] и коэффициенты важности слов в предложениях. Определение баллов за выполнение задания открытой формы проводится по следующей формуле:

$$\mu = \frac{\max(K_{\Delta M_1}, K_{\Delta M_2}, \dots, K_{\Delta M_j})}{1 + \sum_{i=1}^j |K_{\max} - K_{\Delta M_i}|},$$

где $K_{\Delta M_j}$ – результирующие коэффициенты соответствия матриц остатков для каждого выводимого правила;

$K_{\max}$ – максимальный коэффициент релевантности синонимов.

Суммарный балл, набранный экзаменуемым за весь тест, может быть переведён в более удобную оценочную шкалу, например, пятибалльную.

Таким образом, применение в тестирующих системах быстродействующих, хорошо зарекомендовавших себя методов прикладного искусственного интеллекта, позволит достичь серьёзных результатов в решении проблемы понимания естественного языка компьютером и значительно повысить объективность оценки уровня освоения теоретического и практического материала обучающимися, расширить область применения автоматизированных систем контроля знаний.

1. Shipitsyna A.A., Meltsov V.Yu. An approach to designing intelligent test systems. В сборнике: European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences 2nd International scientific conference. 2014. – С. 28-33.
2. И. С. Евдокимова. Естественно-языковые системы: курс лекций. // Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. 2006. - 92 с.
3. Meltsov V. Yu. High-performance systems of deductive inference: Monograf. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House. 2014. – 216 p.
4. Страбыкин Д.А. Логический вывод в системах обработки знаний / Под. Ред. Д.В. Пузанкова; СПбГЭТУ. СПб., 1998. – 164с.
5. Мельцов В.Ю., Чистяков Г.А. Формирование базы знаний на основе структуры Крипке и формул темпоральной логики. Фундаментальные исследования. 2013, № 8-4. – С. 847-852.
6. Мельцов В.Ю. Преобразование реляционной модели базы данных в формальную систему логики предикатов первого порядка. В сборнике: Традиции и инновации в современной науке. Сб. материалов XVI Международной научно-практической конференции. 2016. – С. 108-109.
7. АБВУУ – АБВУУCompreno [Электронный ресурс] // URL: <https://www.abbyu.com/ru-ru/infoextractor/compreno>.
8. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. // Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс". 2006. – 1104 с.
9. Абрамов Н. Словарь русских синонимов и сходных по смыслу выражений // М.: Изд. Русские словари. 1999. – 431с.