

Система анализа формулировок

Шаров Д. А.

Обучение как регулируемый процесс представляет собой управляемый перенос знаний от обучающего (преподавателя, консультанта, эксперта) к обучаемому (ученику, студенту, слушателю). В условиях организации учебного процесса с использованием технических средств обучения, в частности, компьютерных информационных технологий, неизбежно возникает ряд теоретических и практических вопросов, касающихся адекватности этих технологий обучения, а также контроля знаний и навыков. Настоящей статьей автор представляет разработанную методику тестирования обучаемых и программно реализованную тестирующую систему, основанную на стыке технологий информационного поиска и экспертных обучающих систем.

Автор несколько лет занимается преподавательской работой, в ходе которой выявил для себя некоторые закономерности использования профессиональных терминов. Имея постоянное общение с т.н. «специалистами» в области информационных технологий, автор установил, что подавляющее большинство терминов, определений, понятий конкретной предметной области используется людьми только в «приближенном» виде. Т.е., люди, имея достаточно профессиональное представление о сути объекта, предмете разговора, тем не менее пытаются сформулировать свои высказывания, дать определения подручными, известными им терминами. За несколько лет своей преподавательской деятельности я убедился, что от студента в большинстве случаев нужно требовать не столько точную формулировку, определение того или иного термина, данное преподавателем, сколько понимание его сути и умение не исказить смысл термина при формулировании его определения своими словами.

Не секрет, что учебные материалы готовятся преподавателем-экспертом большей частью на основе личного научного и практического опыта, интуиции. При этом составители не всегда используют государственные стандарты, описывающие те или иные понятия предметной области. То же можно сказать и о составителях учебников и учебно-методических пособий. В результате происходит подмена стандартизованного понятия его произвольной, интуитивной формулировкой, по мнению преподавателя адекватно отражающей основной смысл данного понятия, термина. Но и это еще полбеды. В результате нескольких модификаций одного и того же термина в сознании обучаемых складывается свое, отличное от стандартизованного, определение данного термина, понятия. С течением времени отклонения понятий становятся столь значимыми, что например, формулировка понятия АЛГОРИТМ в учебных курсах одного ВУЗа отличается от формулировки того же понятия в учебных курсах других учебных заведений. Кроме того, предлагаемая формулировка термина АЛГОРИТМ становится практически неотличимой от стандартизованной формулировки термина ПРОГРАММА. Таким образом, формируется искаженная инфологическая модель предметной области. Здесь решение видится в повышении качества обучения. Таким образом, можно прийти к выводу о необходимости изучения студентами однотипных формулировок понятий предметных областей, независимо от научной школы, взглядов и мировоззрений преподавателей.

Основой для такого изучения является тезаурус предметной области, представляющий вместе с тематическим словарем своеобразный «толковый словарь», содержащий термины и их классические (экспертные) формулировки. Естественно, главным тезаурусом предметной области должны быть государственные и международные стандарты, а также иные нормативные документы, принятые в данной предметной области (например, The Request for Comments, RFC).

Автором было проведено исследование, рассматривающее обучающие и тестирующие системы. Результаты описаны в различных сборниках статей. Обобщив, можно сделать вывод о недостаточной проработке методологии построения тестирующих систем, реализующих вопросы, ответы на которые должны быть получены в виде ввода текста с клавиатуры. Предположительно, обобщение усилий специалистов в конкретной области знаний, педагогов и методистов приблизит решение данной проблемы.

Автор ставит перед собой следующую задачу – основываясь на уже разработанных и известных методах анализа словограмматических форм и используя эти разработки, построить механизм смыслового (семантического) анализа, пригодный для практического использования в системах профессионального тестирования. Я не буду в своем выступлении проводить анализ или критику существующих подобных систем. Мнение и труд каждого человека, разработчика достойны внимания и уважения. В своем докладе я вкратце остановлюсь лишь на теоретической идее и практической реализации ее, при экспериментальной проверке уже давшей свои положительные результаты.

Работа на стыке наук всегда чревата тем, что автор естественным образом не может быть специалистом в каждой из областей знаний, а это вызывает, как правило, негодование «ученых мужей», на чью «территорию» вторгается разработчик. Не претендуя на глобальные открытия либо принципиальное изменение устоев каждой из наук, автор тем не менее оставляет за собой право использовать те или иные научные постулаты и основания, не занимаясь «ревизионизмом», а придерживаясь принципа использования по моему мнению лучших достижений каждой из наук с целью их практического применения в такой сложной области деятельности, как образование.

Любой (национальный, литературный) язык как совокупность термов представляет собой полное замкнутое множество элементов. Это подразумевает, что любое понятие языка можно выразить через другие элементы этого же множества. Термины и определения какой-либо предметной области представляют собой подмножество общего языка. Задача состоит в том, чтобы выбрать такое подмножество, в котором сохранялось бы свойство общего языка – любое понятие предметной области должно выражаться через другие элементы этого же подмножества. Иными словами, терминологическое подмножество языка предметной области наследует все признаки породившего его множества – общего национального языка.

Предлагаемый подход основан на предположении, что знание предметной области определяется ее тематическим словарем, умением «правильно расставить слова», то есть дать корректную формулировку понятий предметной области, имеющую именно смысловое совпадение или семантически близкое значение с толкованием данного понятия в тезаурусе предметной области. При этом учитывается, что фактическая формулировка термина предметной области может быть дана тестируемым не в виде однозначной

последовательности терминов языка предметной области (т.н. «жесткой формулировки»), а с использованием синонимически близких понятий и терминов (т.е. формулировки, отвечающей инфологической модели изучаемого термина в сознании обучаемого). Теоретические вопросы правомочности такого подхода более подробно освещены в соответствующей научно-педагогической литературе, в том числе и в форме учебных пособий.

Изучаемый в любой предметной области материал состоит в основном из терминов и определений, постулатов (аксиом) и теорем, формул и выражений, понятий и формулировок и т.д. Все эти составляющие достаточно просто формулируются (и легко формализуются) на различных предметных языках описаний – языках предметной области. Именно смысловой, семантический компонент тезауруса стал предметом моего изучения. В результате автором была теоретически проработана основа для создания системы анализа формулировок терминов предметной области, сформированных в сознании обучаемых (студентов), т.е. фактическая инфологическая модель предметной области. Результатом работы явилось создание прикладной тестирующей системы, основанной на принципах информационного поиска, используемого в настоящее время в Интернет. Коренным отличием от существующих механизмов поиска современных поисковых сервисов Интернет является иная методология использования одних и тех же принципов: векторной модели текста, алгоритма Портера (стемминг), ранжирование (оценка) мер близости запроса к рубрикам, и др. Структурная схема данной тестирующей системы представлена на рисунке 1.

Если информационный поиск в системах Интернет имеет природу контекстного анализа ключевых слов, то предлагаемый автором механизм семантической оценки корректности формулировок, используя при экспертном заполнении баз знаний те же механизмы, в процессе работы использует механизм смысловой (а не контекстной) конкатенации термов. В результате механизм приобретает черты аналитической машины, производящей не только анализ входной фразы, но также и синтез (воссоздание, восстановление) образа формулируемого термина. Мера близости семантического значения фактической формулировки термина к его эталонному значению является выходным результатом работы практически реализованной тестирующей системы.

Впервые разработка была представлена на конкурсе – конференции «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» (март 2004 г., С-Пб) в секции «Приложения и инструменты», где была удостоена третьего места. Если ранее автором анонсировался лишь теоретический аппарат и программный эмулятор, то на данной конференции был представлен действующий образец (экспериментальный, неполнофункциональный), реализующий свое основное назначение – тестирование. Кроме того, разработан комплект документации, включающий в себя требования к программному продукту, эскизно-технический проект и документацию пользователя.

Тестирование может быть построено по следующему принципу:

- Тестируемому задается вопрос, требующий вполне однозначного ответа в виде набираемого на клавиатуре текста (например, к-л определение, формулировка термина).

- Программный агент производит проверку корректности введенного письменного ответа на правописание (грамматика, синтаксис).
- Вычисляется мера близости ответа к эталонной формулировке того же термина, определения, хранящейся в базе знаний предметной области тестирующей системы.
- По значению вектора ответа (мере близости) делается вывод об успешности и корректности ответа тестируемого.

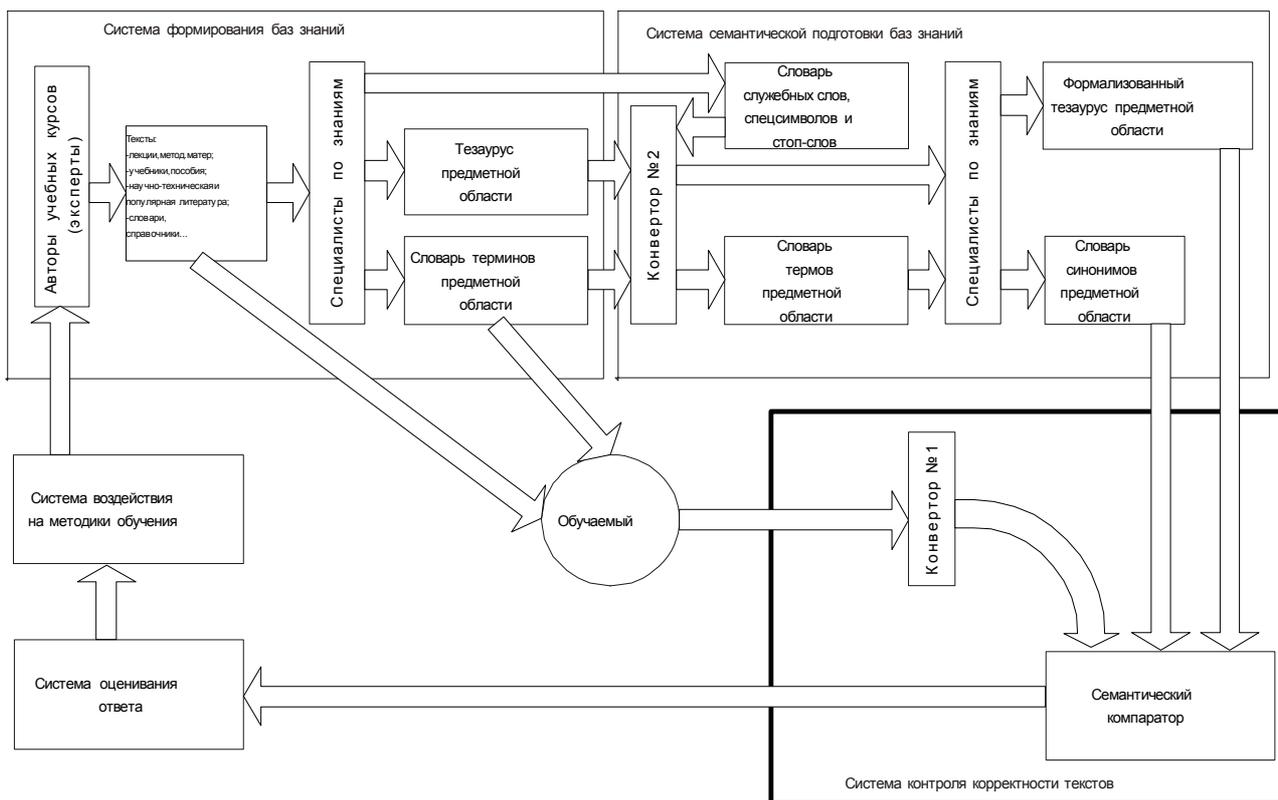


Рисунок 1 - Структурная схема тестирующей системы

В качестве основного звена системы используется семантический компаратор, реализованный в виде программного модуля, эмулирующего работу нейроподобной решающей структуры (эмулятора искусственной нейронной сети) с динамически ассоциированными связями и весами. Наиболее близкими нейронными структурами являются сети Хэмминга и сети динамической ассоциативной памяти. Принципиальное отличие от существующих моделей заключается в использовании архитектуры сети с открытыми входами внутреннего слоя (при тестировании), что позволяет выполнять параллельную обработку данных одновременно по всей коллекции терминов.

Разрабатываемая тестирующая система не является полностью автоматической, а предоставляет экспертам–экзаменаторам лишь средство для компьютерного контроля усвоения студентами терминологии

конкретной предметной области. Кроме того, в плане разработок предусмотрена автоматизированная процедура изменения как самой предметной области, так и некоторая корректировка (адаптация) базы знаний.

В состав тестирующей системы входят следующие словари:

- Тезаурус предметной области – толковый словарь терминов и их эталонных формулировок;
- Словарь синонимов терминов предметной области;
- Словарь термов;
- Словарь служебных слов, специальных символов и стоп-слов (предлоги, частицы, сокращения, аббревиатуры, знаки препинания, символы формул, общеупотребительные слова, не влияющие на семантику текста).

Настоящая тестирующая система построена на использовании таблицы количественных характеристик значений синонимичности различных терминов языка предметной области. Построение таких таблиц, естественно, процесс трудоемкий, однако необходимый для развития методологии тестирующих систем. По данным открытых публикаций, такая работа уже проводится. Для их формирования необходимо объединение усилий специалистов по знаниям и лингвистов. Эта работа должна, в основном, закончиться разработкой словаря синонимов русского языка новой структуры, включающего количественные характеристики уровня синонимичности слов как семантической сущности понятий языка.

Внимательное рассмотрение словаря предметной области позволяет сделать однозначный вывод об использовании как экспертами при формулировании эталонных определений, так и обучаемыми при ответе, термов-синонимов. При этом необходимо учитывать, что не все термы находятся в прямом синонимическом отношении друг к другу, а отстоят один от другого на определенном расстоянии, теоретически называемым мерой синонимической близости. Существующие в настоящее время словари синонимов и антонимов представляют нам определенные синонимические ряды термов, последовательность расположения слов в которых отображает качественно такую меру синонимической близости.

На рисунке 2 приведена однотипная процедура обработки текстов при формализации тезауруса, построении синонимических рядов и при анализе ответа обучаемого.

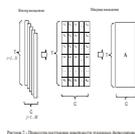


Рисунок 2. Формализация тезауруса предметной области

Это необходимо для того, чтобы связать поверхность эталонных формулировок с поверхностью фактических формулировок через поверхность синонимов (рисунок 3).

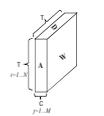


Рисунок 3. Связь эталонных формулировок с фактическими формулировками через синонимы

Формальное описание предлагаемой модели состоит из следующих частей:

T – множество используемых термов - словарь предметной области, подмножество естественного языка, словарь основ (одномерный массив);

N – Число термов в словаре предметной области;

C – множество терминов предметной области - коллекция, тезаурус (одномерный массив);

M – число терминов в коллекции C (тезаурусе).

B – множество последовательностей номеров вхождений термов в эталонные формулировки терминов (семейство многомерных поверхностей, 3-х мерный массив «термин–терм–эксперт», экспертная БЗ);

D – множество фактических формулировок-ответов (семейство многомерных поверхностей, 4-х мерный массив «термин–терм–студент–время»);

W – множество значений весов термов–синонимов (синонимических весов) (2-х мерный массив, плоская поверхность, квадратная матрица «терм–на–терм», матрица синонимичности, экспертная БЗ);

R (d, c_i) – функция ранжирования, которая паре ответ/эталон сопоставляет некоторое вещественное число (мера близости).

Разработанная система позволяет решить задачу вычисления числовых показателей мер близости формулировки, данной обучаемым (фактическая формулировка) формулировке, данной экспертом-преподавателем (эталонная формулировка). Для этого система решает ряд подзадач:

- кластеризация терминов тезауруса по семантическим группам;
- кластеризация текстовых ответов по семантическим группам;
- компарация семантики ответа с семантикой вопроса;
- определение ряда мер близости ответа к семантическим группам предметной области;
- передача ряда мер близости в подсистему оценивания экспертной обучающей системы.

Каждая из этих частных подзадач является технологически самостоятельной, и может быть решена отличным от предлагаемого автором способом. В то же время, предложенные в настоящей работе способы реализации этих подзадач, с моей точки зрения, имеют методологическую общность. Это позволяет сконструировать тестирующую систему (и экспертную обучающую систему в целом) с надлежащими свойствами на базе единой программной оболочки, используя небольшой набор процедур и базы знаний, соответствующие выбранной в тот или иной период времени какой-либо предметной области.

Необходимо перечислить основные результаты данного проекта:

- Разработана методика использования синонимических рядов терминов предметной области при тестировании обучаемых.
- Разработана программа, позволяющая использовать при компьютерном тестировании вопросы, ответы на которые должны быть получены путем клавиатурного набора текста. При этом учтена возможность вариативности текстовых формулировок.
- Выявлена необходимость разработки словаря синонимов.
- Проводится формирование баз знаний (тезаурусов, содержащих эталонные формулировки терминов предметных областей) на основе экспертных опросов.
- Выявлена возможность изменения природы вводимого текста – речь, машинописный либо рукописный текст.

Данная разработка может найти практическое применение в офисных приложениях в части анализа текстов для корректировки часто встречающихся терминов их синонимически близкими значениями. Кроме того, этот же механизм можно использовать и при построении поисковой машины для формирования рубрик не только по прямому совпадению текстов, но также и по синонимической близости составляющих его (текст) слов. И, конечно же, данный аппарат можно с успехом использовать при профессиональном тестировании.