

Российский гибридный семинар STEP-2024
по фундаментальным вопросам программной инженерии,
теории и экспериментальному программированию

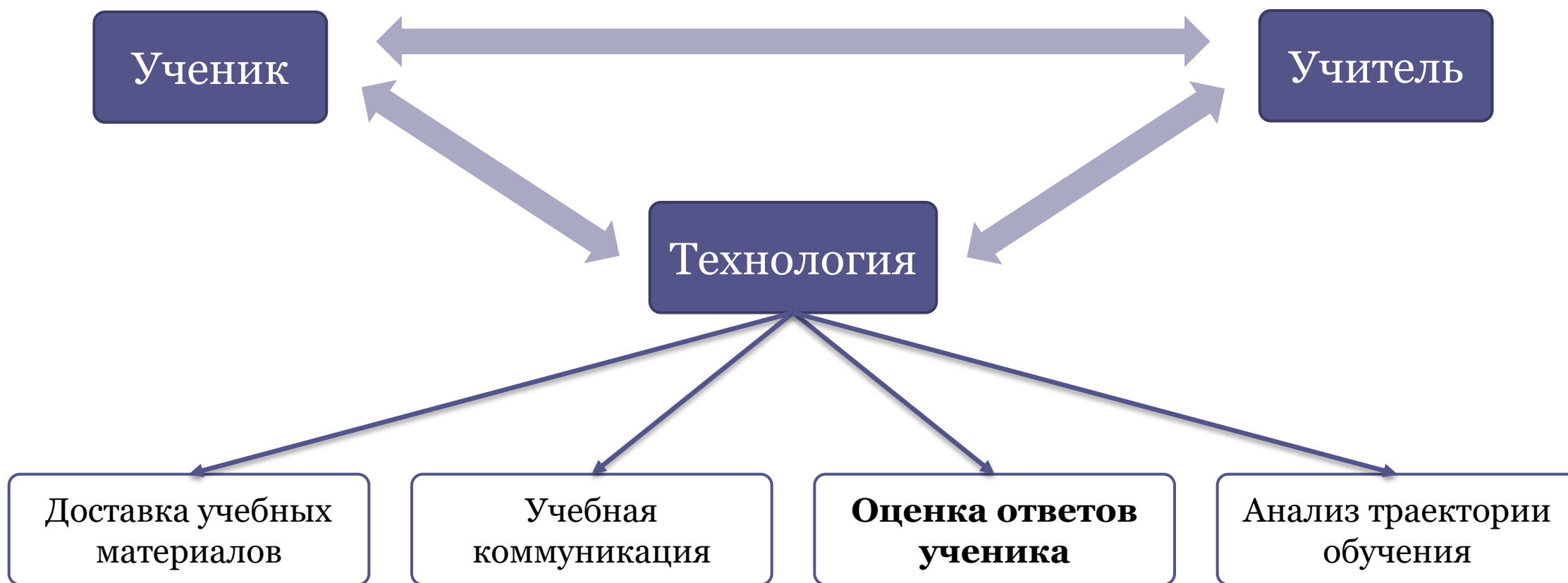
ПРАГМАТИЧЕСКИ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННО-ЯЗЫКОВЫХ ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ ТЕКСТОВ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук
Специальность 2.3.8 «Информатика и информационные процессы»

Соискатель:
Прокопьев Николай Аркадиевич

Научный руководитель:
д.т.н., проф. Сулейманов Джавдет Шевкетович

1. Введение



2. Актуальность

- Необходимость анализа качества усвоения материала обучаемым в условиях гибридного и дистанционного образования
- Существующие образовательные технологии либо не поддерживают ЕЯ ответ, либо при его анализе недостаточно учитывают семантику

3. Цель работы

Построение прагматически-ориентированных моделей и эффективного алгоритма оценки ответа на ЕЯ, в частности, на русском языке, в соответствии с принципами реализации, сформулированными Сулеймановым Д.Ш.

4. Принципы реализации

Построение эффективного прагматически-ориентированного алгоритма оценки ответа на естественном языке возможно за счет следующих факторов:

1. Естественная ограниченность пространства значений ответа и соответствующих лексем по заданному вопросу в учебно-тестовой ситуации
2. Естественная ограниченность типов структур ответа заданным вопросом, описываемых в терминах специальных глубинных грамматик
3. Возможность управления точностью оценки ответа в силу расширяемости и модифицируемости глубинных грамматик как основы прагматически-ориентированного алгоритма оценки
4. Возможность сужения пространства действия алгоритма оценки за счет сравнения ответа обучаемого с заранее заготовленной моделью ответа

5. Результаты и их новизна

1. Разработаны и адаптированы для программной реализации прагматически-ориентированные модели и методы для обработки ЕЯ ВО текстов, построенные на основе ранее не реализованной на практике модели Сулейманова Д.Ш., отвечающие принципам реализации
2. Разработана новая система контроля знаний, использующая прагматически ориентированный алгоритм обработки ЕЯ ответов обучаемых
3. Впервые произведена верификация прагматически-ориентированного подхода к обработке ЕЯ ВО текстов, получены положительные результаты верификации.

Глава 1. Аналитический обзор работ в области обработки естественно-языковых вопросно-ответных текстов

6. История развития подходов - Задача оценки ответов на вопросы

Критерии задачи оценки коротких ответов на вопросы:

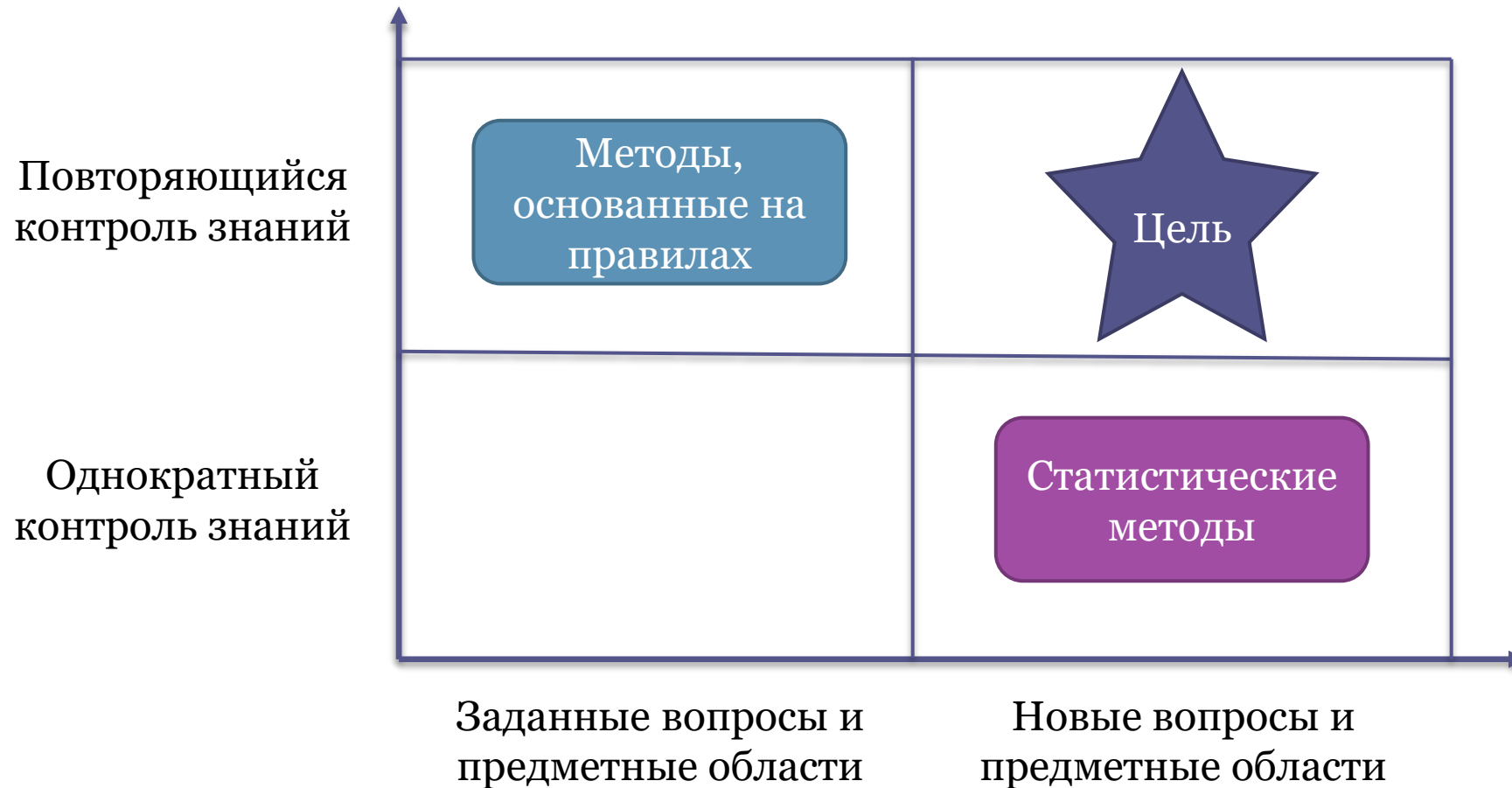
1. Ответ на заданный вопрос невозможно извлечь из самого вопроса
2. Ответ должен выражаться на естественном языке
3. Длина ответа должна быть не более одного абзаца
4. Приоритет извлечения смысла — оцениваться должен, прежде всего, смысл ответа, и в меньшей степени его форма
5. Вариативность ответа должна ограничиваться за счет контекста вопроса

Burrows S. The Eras and Trends of Automatic Short Answer Grading / S. Burrows, I. Gurevych, B. Stein // International Journal of Artificial Intelligence in Education. — 2015. — V. 25. — pp. 60-117.

7. История развития подходов - Эпохи развития подходов к оценке ответов

Название эпохи	Характеристики эпохи
1. Эпоха карты концептов	Модель обработки ответа как неупорядоченного набора концептов естественного языка. Проверка и оценка ответа на основе наличия или отсутствия того или иного концепта. Каждый концепт соответствует одному простому предложению из ответа.
2. Эпоха извлечения информации	Извлечение структурной информации из свободно структурированных ответов (к примеру, анализ по шаблону). Проверка и оценка ответа на основе поиска требуемых моделью структурированных описаний (понятий, фактов) в извлеченной информации.
3. Эпоха корпусных методов	Использование анализа статистико-вероятностных характеристик электронных корпусов в методах обработки ответов (например, для измерения семантической близости ответа обучаемого и эталонного ответа).
4. Эпоха машинного обучения	Использование методов машинного обучения (методы: «мешок слов», «машина на опорных векторах», «метод n-грамм», «деревья принятия решений», нейросетевые методы) для обработки естественно-языковых ответов.
5. Эпоха оценки	Комбинация методов прошлых эпох, их сравнительное исследование. Разработка методов оценки систем обработки естественно-языковых ответов обучаемого. Введение соревновательного формата оценки таких систем (SemEval).

8. История развития подходов - Тенденция развития подходов к оценке ответов



9. Анализ современных подходов - Семантико-синтаксические методы

1. Модель регулярных выражений
2. Грамматика зависимостей
3. Грамматика связей

Проблемы:

1. Требуют **тонкой настройки правил**
2. Чувствительны к **ошибкам ввода**
3. Новые предметные области требуют **построения новых моделей ответов**

10. Анализ современных подходов - Статистико-вероятностные методы

- Латентно-семантический анализ
- Машинное обучение
- Глубокое обучение

Проблемы подходов:

1. Для обучения **необходимы большие наборы данных**, созданные людьми, проверяющими ответы вручную
2. Обученные модели являются **черным ящиком**
3. Оценки имеют **вероятностный характер**

11. Системы контроля знаний - Основные компоненты системы

- Компонент базы знаний (тезаурус учебной дисциплины)
- Компонент настройки вопросно-ответных моделей (с функцией генерации вопросов на основе базы знаний)
- Компонент настройки выборки вопросов для проведения контроля знаний (конструктор теста)
- Компонент проведения контроля знаний

12. Системы контроля знаний - Подходы к верификации

Основным подходом является следующий процесс:

1. Настройка моделей ответа для контроля знаний
2. Проведение контроля знаний и получение набора реальных ответов студентов
3. Анализ результатов работы системы по обработке полученных ответов
4. Исправление моделей ответа и алгоритмов работы системы

Глава 2. Прагматически-ориентированные модели обработки естественно-языковых вопросно-ответных текстов в системе контроля знаний

13. Прагматически-ориентированный подход - Методологические принципы

- 1. Принцип детерминированности контекста.**
Обучаемый по заданному вопросу «погружается» в контекст, который естественным образом накладывает на ответ «рамки» по структуре и содержанию
- 2. Принцип ожидаемости смысла ответа.** По задаваемому вопросу генерируется модель ответа для использования ее при интерпретации

14. Прагматически-ориентированный подход - Принципы реализации

- 1. Выделение системы смыслообразующих единиц** в целях трансформации семантического анализа в проблему синтаксического анализа в условиях детерминирующей роли контекста
- 2. Семантическая классификация ВО текстов** на основе типовых отношений: выделение типов отношений, классов ответов для реализации детерминирующей роли контекста. Разработка индивидуальных концептуальных грамматик для классов ответов
- 3. Сегментация вопросно-ответных текстов** по минимальным смысловым конструкциям для рекурсивного применения правил концептуальной грамматики к выделенным смыслообразующим единицам
- 4. Анализ релевантности представления знаний** (модели проверки ответа) по смысловой структуре и лексическому наполнению
- 5. Принцип открытой системы**, предусматривающий развитие системы путем накопления новых знаний, путем расширения множества обобщённых семантических единиц, введения новых типов вопросов и классов ответов

15. Концептуально-функциональная модель

Концептула — это элементарная смыслообразующая единица текста в вопросно-ответном контексте как обобщенное понятие семантической структуры текста, семантический тип слова.

1. Типы понятий
 2. Типы отношений
 3. Грамматические роли слов
 4. Специальные роли слов
- } Семантические единицы

16. Концептуально-функциональная модель - Семантические единицы типов понятий

SS	Главное понятие ответа – это понятие, относительно которого задан вопрос
SS_i	i-е главное понятие ответа
SO	Понятие, состоящее в некотором типовом отношении с главным понятием
SO_i	Понятие, состоящее в некотором i-м типовом отношении с главным понятием в рамках составного отношения
S_{OP}	Понятие, находящееся по отношению к главному на более высоком уровне в иерархии понятий предметной области

17. Концептуально-функциональная модель - Семантические единицы типов отношений

R_{SO}	Отношение понятия SO к SS
R_{OS}	Отношение понятия SS к SO
R_{SO_i}	Отношение понятия SO_i к SS
R_{SO_i}	Отношение понятия SS к SO_i

- Типовые отношения (ТО) отражают однотипный смысл и раскрывают определенный признак понятий предметной области
- Составные отношения (СО) представляют собой устойчивую комбинацию нескольких ТО и обобщают отношения одного главного понятиям к нескольким понятиям

18. Концептуально-функциональная модель - Грамматические и специальные роли слов

GP_i	Предлог перед понятием SO _i
Gm	Грамматический модификатор отношения или понятия в виде лексемы или падежного окончания
Gf₁	Функциональная лексема, обозначающая признак начала причинной части ответа
Gf₂	Функциональная лексема, обозначающая признак начала следственной части ответа
LN	Необязательная лексема, отсутствие или наличие которой в ответе не влияет на смысл ответа
LZ	Запрещенная лексема, наличие которой в ответе недопустимо и рассматривается как ошибка
LNE	Неопределенная лексема, не предусмотренная автором вопроса
LI	Интервальная лексема, которая накладывает некоторое ограничение на понятие или отношение, указывает область действия. Обозначается как LI _S , LI _O , LI _A , LI _P при понятиях SS, SO, SA, SP соответственно. При отношениях обозначается как LI _R

19. Фреймовая семантическая модель

Индивидуальная концептуальная грамматика (ИКГ) – это схема сочетания концептуал в ответе, соответствующая некоторому семантическому классу вопросов

Каждая ИКГ передает **канонический смысл** ответа (эталонный по смыслу ответ), а ответ обучаемого, находящийся на этапе соотнесения с этим смыслом и состоящий из цепочки концептуал, называется **канонизированным ответом**

20. Фреймовая семантическая модель - Вопросы класса I

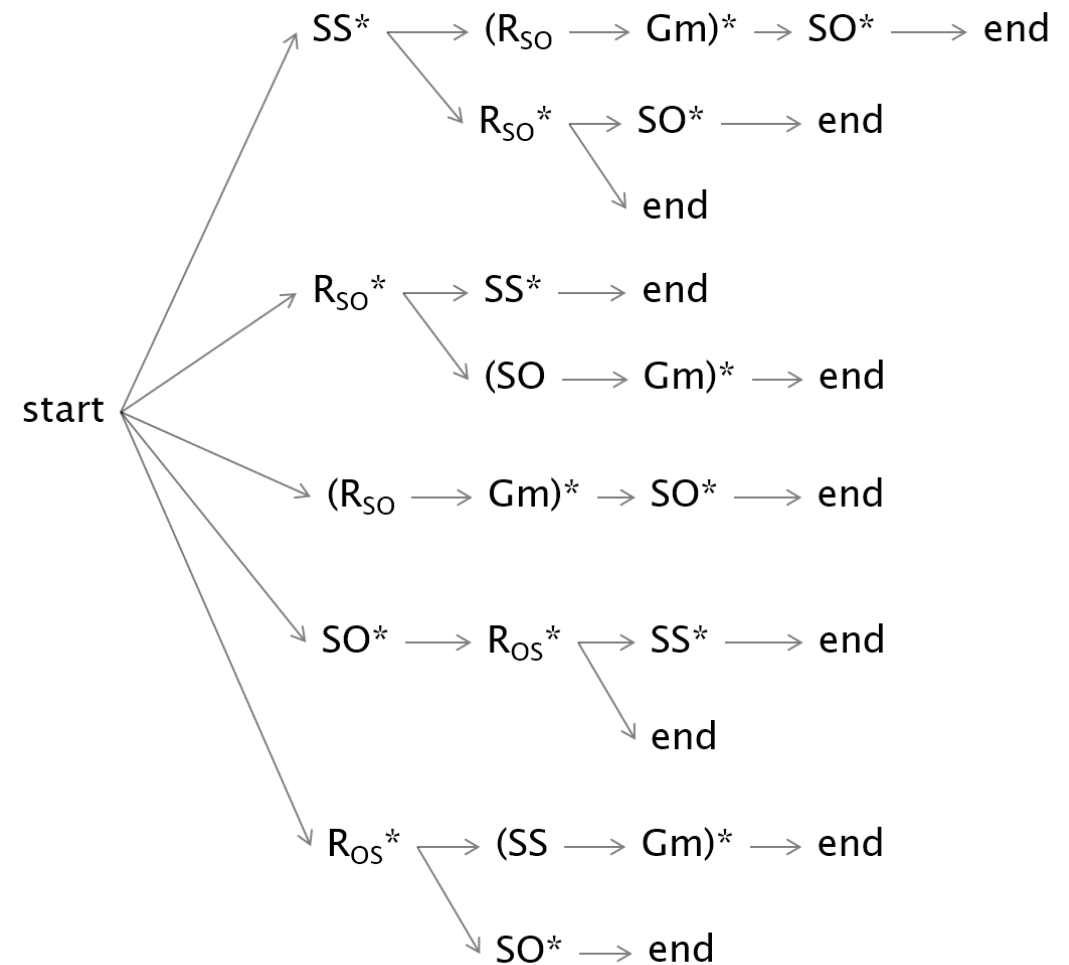
Требуют явного задания в ответе некоторого главного понятия для вопроса

start \longrightarrow **SS*** \longrightarrow **end**

21. Фреймовая семантическая модель -

Вопросы класса II

Требуют раскрытия в
ответе ТО: СОСТАВ,
ВКЛЮЧЕНИЕ,
ДЕЙСТВИЕ,
СОСТОЯНИЕ, ВРО, ПРО,
КЛО и КЧО



22. Фреймовая семантическая модель -

Вопросы класса III

Требуют раскрытия в ответе СО, состоящих в свою очередь из ТО:

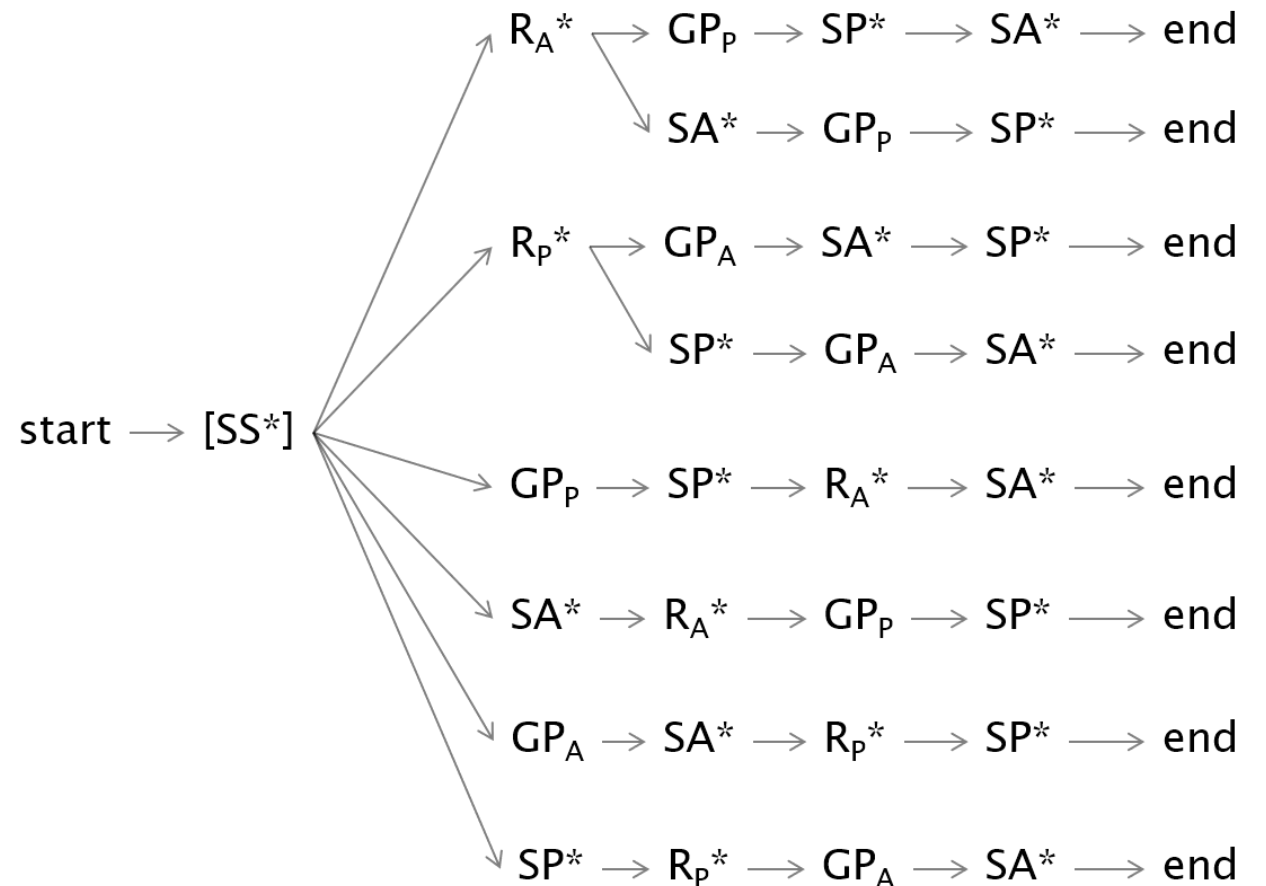
ФУНКЦИЯ

(ДЕЙСТВИЕ-ДЕЙСТВИЕ),

СОСТОЯНИЕ-ПРО,

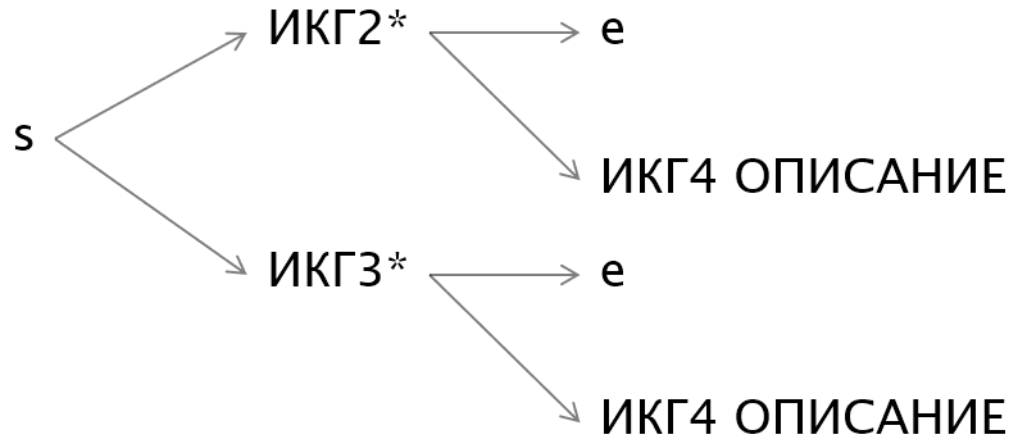
СОСТОЯНИЕ-ВРО,

ПРО-СОСТОЯНИЕ-ВРО



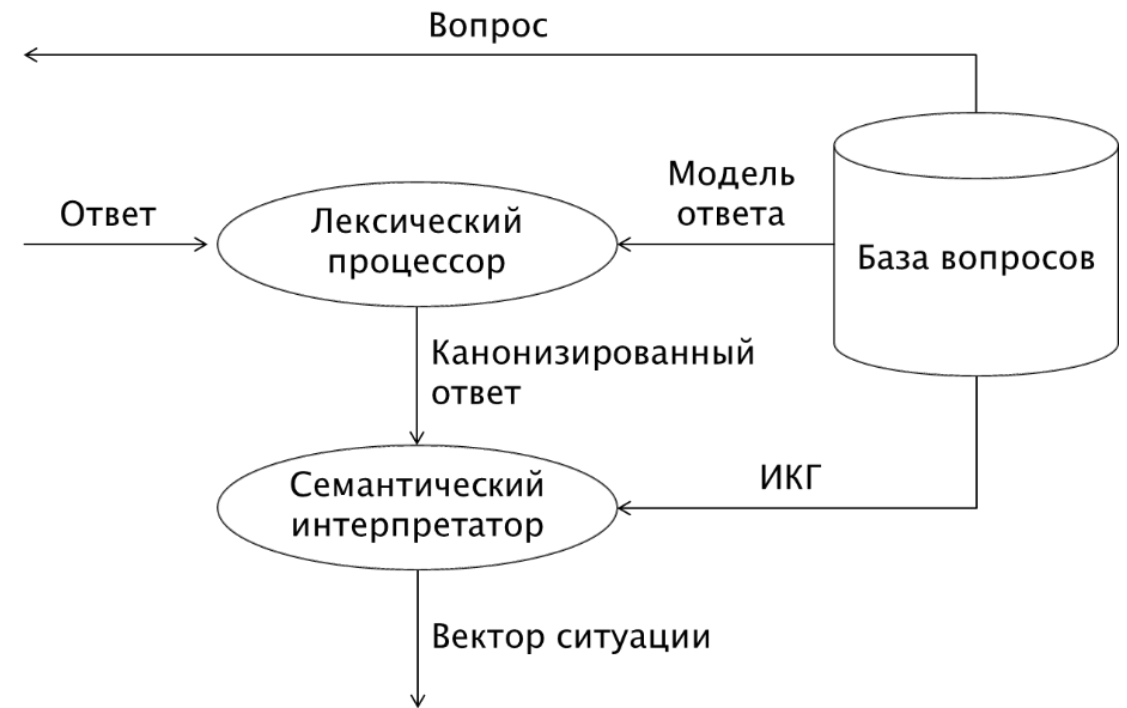
23. Фреймовая семантическая модель - Вопросы класса IV

Требуют раскрытия в ответе ОПИСАНИЯ либо
ОПРЕДЕЛЕНИЯ некоторого понятия или нескольких понятий



24. Двухуровневый алгоритм семантического анализа ответа

- 1. Лексический уровень**, на котором осуществляется анализ используемых лексем и их канонизация — приведение к концептулам в соответствии с моделью ответа
- 2. Семантический уровень**, на котором устанавливается соответствие канонического представления ответа ожидаемому в соответствии с ИКГ

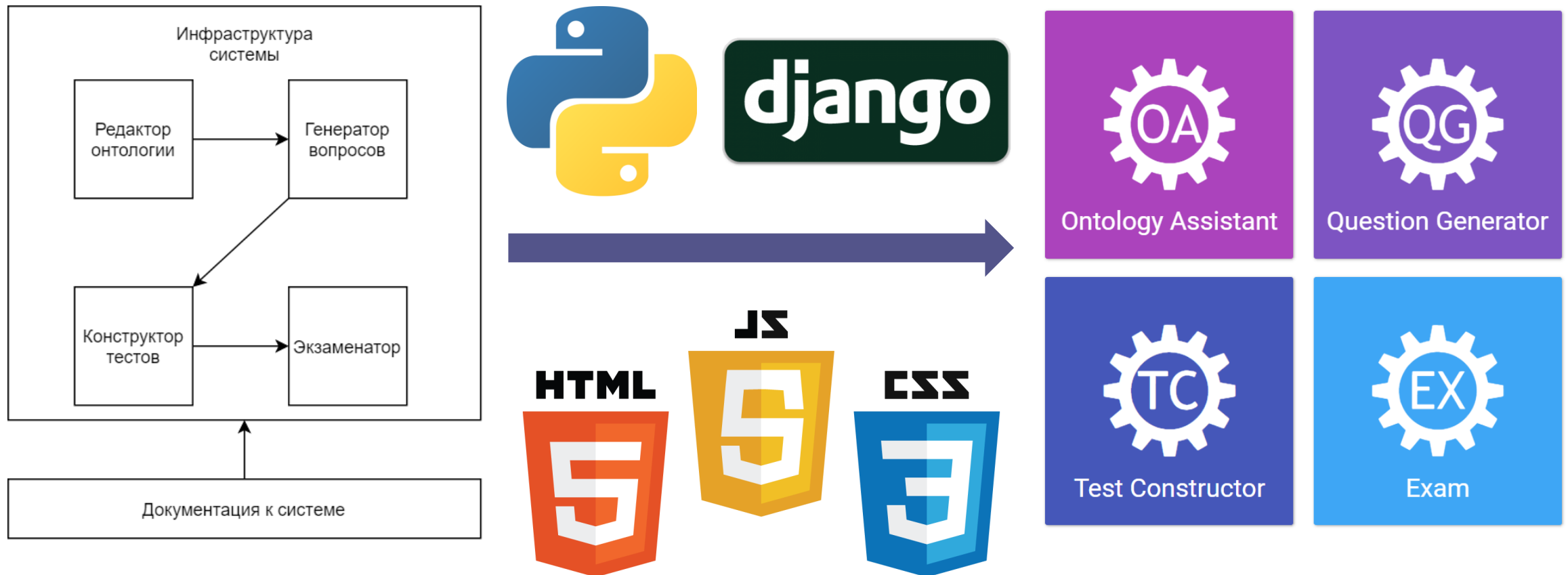


25. Выход алгоритма - вектор ситуации

- S1 — соотношение количества лексем в ответе к количеству лексем, предусмотренных моделью ответа
- S2 — показатель количества запрещенных лексем в ответе
- S3 — показатель количества неопределенных лексем в ответе
- S4 — код, характеризующий модальность ответа
- S5 — код, характеризующий правильность использования интервальных лексем
- S6 — код, характеризующий правильность смысла ответа, то есть его соответствие ИКГ
- S7 — код, характеризующий полноту ответа, то есть соотношение длины канонизированного представления и частично либо полностью соответствующей ей цепочки концептуал из ИКГ

Глава 3. Реализация программного прототипа естественно-языковой системы контроля знаний и описание экспериментальной верификации алгоритма обработки естественно-языковых вопросно-ответных текстов

26. Обзор разработанной системы



27. Редактор баз знаний

- Позволяет создавать базы знаний предметных областей (учебных дисциплин) в формате баз данных SQLite, представляет интерфейс для их заполнения
- К базе знаний можно прикрепить учебные материалы, являющиеся источниками знаний о предметной области
- Текстовые материалы доступны для предпросмотра при заполнении баз знаний данными

The screenshot shows the interface of the Knowledge Base Editor. At the top, there is a navigation bar with a gear icon, 'Wiki', 'Форум', 'Пользователь', 'Поиск', 'Список тезаурусов', 'Данные тезауруса', 'Словари', and 'Отношения'. Below the navigation bar, there is a section titled 'Материалы' with a dropdown menu showing 'Архитектура приложений баз данных.txt'. The main content area displays the text of this material, which describes the architecture of database applications. Below the text, there is a table titled 'Классы сущностей' (Classes of entities) with columns 'Сущность-класс' (Entity-class) and 'Сущность-экземпляр' (Entity-instance). The table lists various database systems and their corresponding instance types. A 'ДОБАВИТЬ' (ADD) button is located at the bottom right of the table. Below the table, there are several dropdown menus for 'Состав сущностей', 'Свойства объектов', 'Классы функций', 'Простые функции', and 'Сложные функции'.

Материалы

Архитектура приложений баз данных.txt

Архитектура приложений баз данных

Приложение баз данных, как следует уже из его названия, предназначено для взаимодействия с некоторым источником данных – базой данных (БД). Взаимодействие подразумевает получение данных, их представление в определенном формате для просмотра пользователем, редактирование в соответствии с реализованными в программе бизнес-алгоритмами и возврат обработанных данных обратно в базу данных.

В качестве источника данных могут выступать как собственно базы данных, так и обычные файлы – текстовые, электронные таблицы и т. д. Но здесь мы будем рассматривать приложения, работающие с базами данных.

Как известно, базы данных обслуживаются специальными программами – системами управления базами данных (СУБД), которые делятся на локальные, преимущественно однопользовательские, предназначенные для настольных приложений, и серверные – сетевые (часто удаленные), многопользовательские, функционирующие на выделенных компьютерах – серверах. Главный критерий такой классификации – объем базы данных и средняя нагрузка на СУБД.

Тем не менее, несмотря на разнообразие реализаций, общая архитектура приложения баз данных остается неизменной.

Само приложение включает механизм получения и отправки данных, механизм внутреннего представления данных в том или ином

Сущность-класс	Сущность-экземпляр	
Система управления базами данных	Реляционная СУБД	✘
Система управления базами данных	Объектная СУБД	✘
Реляционная СУБД	Объектно-реляционная СУБД	✘
Объектная СУБД	Объектно-реляционная СУБД	✘
Объектно-реляционная СУБД	СУБД PostgreSQL	✘
Система управления базами данных	Система управления базами данных	

ДОБАВИТЬ

Состав сущностей

Свойства объектов

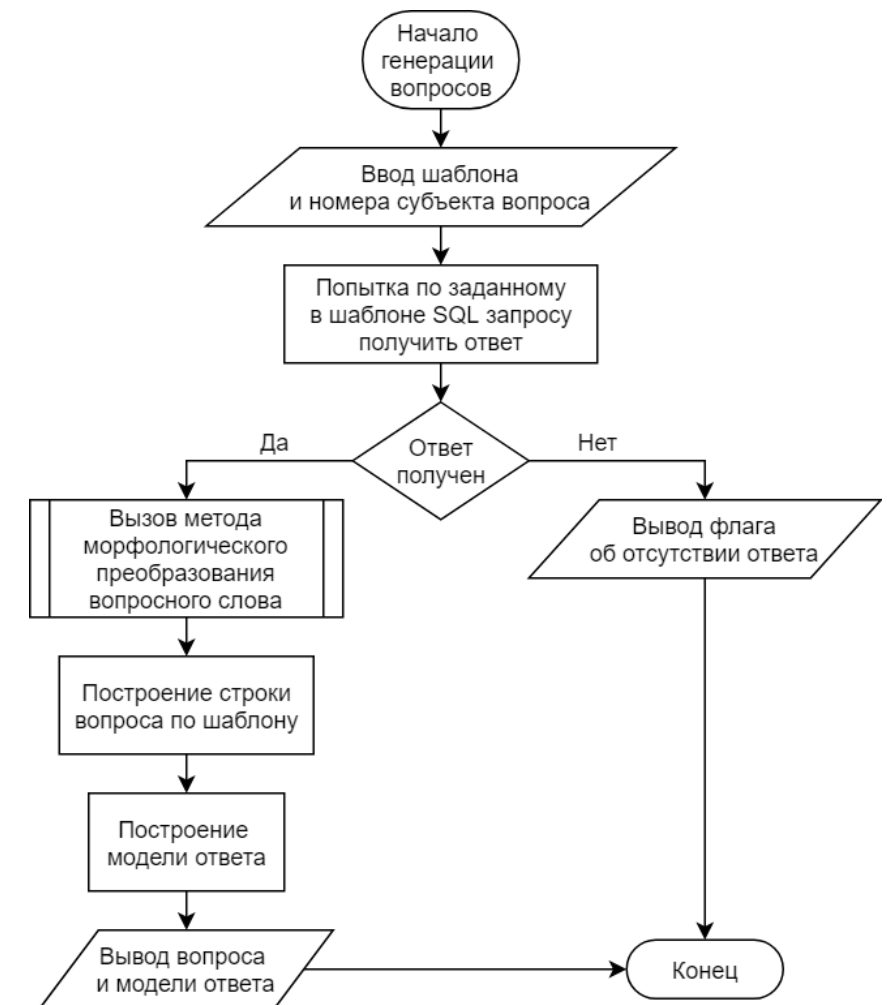
Классы функций

Простые функции

Сложные функции

28. Генератор вопросов

- Задаёт шаблонный алгоритм генерации вопросов, где каждый шаблон относится к классу вопроса фреймовой семантической модели
- Определяет характеристики вопросов: класс, принадлежность к предметной области, семантическую сложность, статистическую сложность
- Предоставляет интерфейс генерации, просмотра, редактирования и создания вопросов вручную



29. Конструктор тестов

- **Задаёт варианты структуры теста: линейный, ветвящийся, пул-тест, комбинированный**
- **Задаёт метод подсчета сложности теста на основе структуры и входящих вопросов**
- **Предоставляет удобный визуальный интерфейс для конструирования дерева теста и настройки вероятностей появления вопросов**

Wiki Форум Пользователь Поиск

Список тестов Данные теста Конструирование

Вопросы

Разработка приложений баз данных (4 курса)

Текст вопроса

Статистическая сложность

Онтологическая сложность

НАЙТИ

Вопрос	о. с.	с. с.		
Какие бывают системы управления базами данных?	A2	2.2	+	×
К какому классу систем управления базами данных относится PostgreSQL?	A1	1.5	+	×
Что такое SQL?	B1	2.4	+	×
Какие существуют архитектурные паттерны?	A2	6.9	+	×
Что такое объектно-реляционная СУБД?	B1	4.5	+	×
Какие свойства есть у поля таблицы?	A2	5.6	+	×
Что такое внешний ключ?	B1	3.9	+	×

Дерево теста

```
graph LR; A(( )) ---|1| B(( )); A ---|0.3| C(( )); A ---|0.5| D(( ))
```

30. Экзаменатор

- Использует реализованный прагматически-ориентированный алгоритм обработки ЕЯ ответов
- Определяет генетический алгоритм адаптации теста к способностям тестируемого и позволяет задавать уровень адаптации сложности теста
- Содержит модуль сбора ответов на вопросы, отвечающий за вычисление карты знаний тестируемого и статистической сложности вопросов

Контрольный тест по РПБД4

Тест по всему курсу разработки приложений баз данных для 4 курса:

- 1) Разновидности СУБД
- 2) Архитектура приложений баз данных
- 3) Веб-приложения
- 4) Понятия RESTful API

Максимальный балл за прохождение: 20

Относительная сложность: 5.3

Уровень адаптации:

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5

НАЧАТЬ ТЕСТ

Промежуточный тест по РПБД4

Контрольный тест по РПБД4 5.8/10 (+1)

1 2 3

Вопрос 3: Какие бывают системы управления базами данных? 1.8/10

Реляционная

Объектная

Объектно-реляционная

ДОБАВИТЬ ОТВЕТ

ПОДТВЕРДИТЬ ОТВЕТ

31. Экспериментальный прототип

- «Редактор вопроса», позволяющий создавать и редактировать вопрос, настраивать модель ответа
- «Инструмент тестирования», позволяющий в диалоговом режиме дать ответ на вопрос и проанализировать результаты работы алгоритма

Редактирование вопроса

Текст вопроса

Что выполняется раньше: программа компиляции или загрузки?

Эталонный ответ

Программа компиляции выполняется раньше чем программа загрузки

Необходимая длина ответа

4

Индивидуальная концептуальная грамматика

ИКГ 2

Тестирование вопроса

Что выполняется раньше: программа компиляции или загрузки?

Ответ

Программа компиляции выполняется раньше программы загрузки

Эталонный ответ: Программа компиляции выполняется раньше чем программа загрузки

Каноническое представление	$SS(\text{Программа компиляции}) \rightarrow R_{S0}(\text{выполняется раньше}) \rightarrow S0(\text{программы загрузки})$
Неопределенные лексемы	
Запрещенные лексемы	
Вектор ситуации	$S1 = 0,8; S2 = 0; S3 = 0; S4 = 1; S5 = 0; S6 = 0; S7 = 1;$

32. Пример вопросно-ответной модели

Вопрос	Какие функции выполняет СУБД?
Класс	II
Модель ответа	
SS	субд, систем*+управления+базами+данных
SO	данны&+во+внешней+памяти, внешни&+данны& данны&+в+оперативной+памяти данны& язы&+баз+данных, язы&+бд, язы&+sql резервн&+копировани&+данных, резервн&+копировани&
R_{SO}	управля*т, осуществля*т+управление, управление работа& поддержива*т, осуществля*т+поддержку, поддержка
R_{OS}	управля*тся обрабатыва*тся
Gm	с

33. Пример результата работы алгоритма

Ответ	СУБД управляет данными во внешней памяти, данными в оперативной памяти, языками баз данных, резервным копированием.
Канонизированное представление ответа	SS (СУБД) → R_{SO} (управляет) → SO (данными во внешней памяти) → SO (данными в оперативной памяти) → SO (языками баз данных) → SO (резервным копированием)
Вектор ситуации	S1 = 1,0; S2 = 0; S3 = 0; S4 = 1; S5 = 0; S6 = 0; S7 = 0;

34. Эксперимент 1 - Исходные данные

- Вопросы: набор из 10 вопросов по предметной области «Базы данных» с соответствующими моделями ответов типа ИКГ2, предполагающих описание типовых отношений
- Участники: 13 студентов бакалавриата по направлению «Программная инженерия» Казанского Федерального Университета
- Банк ответов: получено 220 ответов от студентов

35. Эксперимент 1 - Результаты

Большая часть лексем (больше 80%) не была корректно разобрана алгоритмом (формирование LNE). Основные группы проблемных ситуаций:

1. Формулировка ответа в виде определения для объекта вопроса, а не в виде перечисления его типовых отношений;
2. Использование жаргонной профессиональной лексики;
3. Лишняя информация в ответе, изменяющая его структуру;
4. Ответ содержит орфографические ошибки либо опечатки.

36. Эксперимент 2 - Исходные данные

- Тот же банк вопросов что и в Эксперименте 1
- Были внесены исправления в реализацию алгоритма, расширены модели ответов для решения некоторых проблемных ситуаций

37. Эксперимент 2 - Результаты

- 55% лексем из ответов были распознаны. Полностью распознанных ответов 27%
- Остались ситуации некорректного функционирования с формулировкой ответа в виде определения для объекта вопроса, а не в виде перечисления его функций, с использованием жаргонной лексики в ответе, наличием избыточной информации в ответе, наличием орфографических ошибок или опечаток

38. Эксперимент 3 - Исходные данные

- Реализована ИКГ4 ОПИСАНИЕ и ИКГ4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ.
Реализована процедура сегментации ответа
- Подготовлены вопросы соответствующего типа IV
- Проведено тестирование со сбором ответов обучаемых.
Получено 20 ответов

39. Эксперимент 3 - Результаты

Проблемные ситуации:

1. Весь ответ, согласно полученному вектору ситуации, отмечен как неправильный, в случае, когда его часть не была распознана алгоритмом (содержала лексеммы, не соответствующие модели ответа).
2. Формулировка ответов в виде ОПРЕДЕЛЕНИЯ для вопросов типа ОПИСАНИЕ

40. Выводы из экспериментов

Наиболее важным выводом из проведенных экспериментов является положительный результат верификации прагматически-ориентированного алгоритма обработки ЕЯ ВО текстов в ситуации контроля знаний

Обозначенные проблемные ситуации могут быть разрешены без изменения алгоритма или лежащих в его основе моделей, путями, не противоречащим принципам реализации:

- Корректной настройки моделей ответа
- Выделения новых классов ответов и расширения ИКГ
- Предобработки текста ответа (например, орфо корректором)

41. Заключение (1 / 3)

1. Разработана концептуально-функциональная модель данных ответа, являющаяся системой смыслообразующих единиц ВО текста
2. Разработана фреймовая семантическая модель проверки ответа, являющаяся семантической классификацией ВО текстов
3. Выполнена программная реализация двухуровневого прагматически-ориентированного алгоритма обработки ЕЯ ВО текстов на основе разработанных моделей и методов
4. Сформулирован и применен метод экспериментальной верификации алгоритма обработки ЕЯ ВО текстов для исследования корректности разработанных моделей и методов

42. Заключение (2/3)

1. Реализован прототип ЕЯ системы контроля знаний, использующей прагматически-ориентированные модели и методы для обработки ответов.
2. Сформирован банк реальных ответов обучающихся с помощью проведения аутентичного контроля знаний.
3. Реализован модуль для экспериментальной верификации, позволяющий проводить анализ результатов применения алгоритма обработки ЕЯ ВО текстов к реальным ответам обучающихся на всех его этапах.
4. Произведена верификация прагматически-ориентированного подхода к обработке ЕЯ ВО текстов путем проведения трех экспериментов

43. Заключение (3/3)

Дальнейшее развитие результатов работы:

1. Адаптация представленных методов обработки ЕЯ ВО текстов для их использования с семантическими моделями наподобие WordNet и FrameNet
2. Реализация новых моделей обработки ЕЯ ВО текстов для других языков народов РФ для автоматизации контроля знаний в процессе обучения на этих языках
3. Разработка и внедрение рабочей системы контроля знаний в виде Интернет-платформы для её массового применения в электронном образовании

Сведения о диссертационной работе

Соответствие специальности 2.3.8

Направление исследований по 2.3.8	Результаты работы
<p>5. Лингвистическое обеспечение информационных систем и процессов. Методы и средства проектирования словарей данных, словарей индексирования и поиска информации, тезаурусов и иных лексических комплексов. Методы семантического, синтаксического и прагматического анализа текстовой информации для представления в базах данных и организации интерфейсов информационных систем с пользователями</p>	<p>Разработанная система контроля знаний, включает в себя компоненты для задания онтологических баз знаний предметных областей, генерации вопросов на их основе, конструирования тестов и прохождения контроля знаний. Реализован алгоритм автоматизированной машинной обработки естественно-языковых ответов обучаемого на вопросы контроля знаний.</p>
<p>16. Автоматизированные информационные системы, ресурсы и технологии по областям применения (научные, технические, экономические, образовательные, гуманитарные сферы деятельности), форматам обрабатываемой, хранимой информации. Системы принятия групповых решений, системы проектирования объектов и процессов, экспертные системы и др.</p>	<p>Разработана интегрированная система контроля знаний, включающая в себя взаимодействующие компоненты для задания баз знаний предметных областей, генерации вопросов, конструирования тестов и прохождения контроля знаний.</p>

Апробация

1. Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2017), Казань, 2017;
2. Пятая Международная конференция по компьютерной обработке тюркских языков «TurkLang 2017», Казань, 2017;
3. 2018 IEEE East-West Design and Test Symposium, «EWDTS 2018», Казань, 2018;
4. Международная конференция по компьютерной и когнитивной лингвистике «TEL 2018», Казань, 2018;
5. 12th annual International Conference on Education and New Learning Technologies «EDULEARN 2020», Испания, 2020
6. Первый Национальный конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике, Восемнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту «КИИ-2020», Москва, 2020;
7. Международная конференция по компьютерной и когнитивной лингвистике «TEL 2020», Казань, 2020;
8. 13th annual International Conference on Education and New Learning Technologies «EDULEARN 2021», Испания, 2021;
9. Международный форум Kazan Digital Week 2023, Казань, 2023;

Свидетельство о регистрации

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022683743 «Естественно-языковая система контроля знаний на основе прагматически-ориентированного подхода «Artificial Examiner», авторы: Прокопьев Н.А., Сулейманов Д.Ш., Гильмуллин Р.А., правообладатель: Академия наук Республики Татарстан.



Публикации (1 / 3)

1. Гатиатуллин А.Р. Модель лингвистического графа знаний «Turklang» как база для создания инструментов обучения тюркским языкам / А.Р. Гатиатуллин, **Н.А. Прокопьев** // Электронные библиотеки. – 2024. – Т. 27, № 3. – С. 251–265 (ВАК)
2. **Prokopyev N.** Usage of Genetic Algorithms for Educational Tests Adaptation // Proceedings of 2018 IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2018. – Kazan, 2018. – P. 1–4 (Web of Science)
3. Suleymanov D. Development of Prototype of Natural Language Answer Processor for e-Learning / D. Suleymanov, **N. Prokopyev** // Artificial Intelligence. RCAI 2020. Lecture Notes in Computer Science. – Springer, Cham, 2020. – V. 12412. – P. 448–459 (Scopus, Web of Science)
4. **Прокопьев Н.А.** Автоматизированная оценка ответов контроля знаний для вопросов типа "Определение" и "Описание" // Ученые записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. – 2024. – Т. 166, № 4 (Scopus)

Публикации (2/3)

5. **Прокопьев Н.А.** Использование шаблонного анализа ограниченных естественно-языковых ответов на вопросы в системе электронного тестирования // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2017): материалы XVI Международной конференции имени А.Ф. Терпугова. – Томск, 2017. – Ч. 2. – С. 218–222 (РИНЦ)
6. **Прокопьев Н.А.** Автоматизированный анализ естественно-языковых вопросно-ответных текстов в системе электронного тестирования / Н.А. Прокопьев, Д.Ш. Сулейманов // V Международная конференция по компьютерной обработке тюркских языков «TurkLang 2017». Труды конференции. – Казань, 2017. – Т. 1. – С. 92–98 (РИНЦ)
7. **Прокопьев Н.А.** Экспериментальная проверка алгоритма анализа естественно-языковых вопросно-ответных текстов в системе электронного тестирования // Труды международной конференции по компьютерной и когнитивной лингвистике TEL-2018. – Казань, 2018. – Т. 1. – С. 293–305 (РИНЦ)
8. **Прокопьев Н.А.** Прототип системы автоматической оценки естественно-языковых ответов обучающихся / Н.А. Прокопьев, Д.Ш. Сулейманов // Труды международной конференции по компьютерной и когнитивной лингвистике TEL-2020. – Казань, 2020. – С. 182–191 (РИНЦ)

Публикации (3/3)

9. **Прокопьев Н.А.** Естественно-языковая система контроля знаний Artificial Examiner // Kazan Digital Week 2023, сборник материалов международного форума. – Казань, 2023. – С. 906–911. (РИНЦ)
10. Аюпов М.М. Семантические технологии генерации учебных вопросов / М.М. Аюпов, О.А. Невзорова, **Н.А. Прокопьев**, Д.Ш. Сулейманов // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014: Труды конференции. – Казань, 2014. – Т. 3. – С. 84–93 (Иные издания)
11. **Prokopyev N.** Experimental Prototype of the Pragmatically Oriented E-Assessment Algorithm for Automatic Natural Language Answer Grading / N. Prokopyev, Dzh. Suleymanov // EDULEARN20 Proceedings. – 2020. – P. 1917–1924 (Иные издания)
12. **Prokopyev N.** Automatic Answer Grading for the Knowledge Control on “Definition” and “Description” Question Types / N. Prokopyev, D. Suleymanov // EDULEARN21 Proceedings. – 2021. – P. 5213–5222 (Иные издания)