Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. М. Цибульский
подпись
«21» июня 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09. 03. 02 «Информационные системы и технологии»

Онтология земель сельскохозяйственного назначения для системы поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве

Руководитель _____ ст. преподаватель каф. СИИ К. В. Раевич
подпись, дата

Выпускник _____ 20.06.17. Д. С. Мощенкова
подпись, дата

Консультант _____ проф. канд. техн. наук Ю. А. Маглинец
подпись, дата

Нормоконтролер _____ 21.06.17 М. А. Аникьева
подпись, дата

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме «Онтология земель сельскохозяйственного назначения для системы поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве»

Замечаний нет

Нормоконтролер _____ 21.06.17. М. А. Аникьева

подпись, дата

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение

высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г. М. Цибульский

подпись

«21» июня 2017 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы

Студентке Мощенковой Дарье Сергеевне

Группа КИ13-14Б, направление 09. 03. 02 «Информационные системы и технологии», профиль 09. 03. 02. 04 «Информационные системы в медиаиндустрии».

Тема выпускной квалификационной работы «Онтология земель сельскохозяйственного назначения для системы поддержки принятий решений в сельскохозяйственном производстве».

Утверждена приказом по университету № 2567/с от 01. 03. 2017

Руководитель ВКР К. В. Раевич старший преподаватель кафедры систем искусственного интеллекта ИКИТ СФУ.

Исходные данные для ВКР: методические указания научного руководителя.

Перечень разделов ВКР: введение; глава 1. Обзорно-аналитическая часть; выводы по главе 1; глава 2. Практическая часть; выводы по главе 2; заключение; список сокращений; список использованных источников; приложение (плакаты презентации); приложение (диплом об участии в конференции).

Руководитель _____ К. В. Раевич
подпись

Задание принял к исполнению _____ Д. С. Мощенкова
подпись

«29» февраля 2017 г.

График

выполнения выпускной квалификационной работы студентом направления 09. 03. 02 «Информационные системы и технологии», профиля 09. 03. 02. 04 «Информационные системы в медиаиндустрии».

График выполнения выпускной квалификационной работы приведен в таблице 1.

Таблица 1 — График выполнения этапов ВКР

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапов	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Ознакомление с целью и задачами работы	07. 03. 2017 по 13. 03. 2017	Краткое эссе по теме ВКР	Выполнено
Сбор литературных источников	14. 03. 2017 по 20. 03. 2017	Список источников литературы	Выполнено
Анализ собранных литературных источников	21. 03. 2017 по 27. 03. 2017	Реферат о проблемно-предметной области	Выполнено
Уточнение и обоснование актуальности цели и задач ВКР	28. 03. 2017 по 3. 04. 2017	Окончательная формулировка цели и задач ВКР	Выполнено
Решение задач ВКР	04. 04. 2017 по 25. 05. 2017	Доклад с презентацией по теме ВКР	Выполнено
Компоновка отчета по результатам решения задач ВКР	26. 05. 2017 по 2. 06. 2017	Отчет по результатам решения задач ВКР	Выполнено
Предварительная защита результатов	7. 06. 2017	Доклад и презентация по проделанной работе	Выполнено

Окончание таблицы 1

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапов	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Нормоконтроль	2. 06. 2017 по 20. 06. 2017	Пояснительная записка	
Защита ВКР	22. 06. 2017	Доклад и презентация по результатам бакалаврской работы	

Руководитель _____ К. В. Раевич
подпись

Задание принял к исполнению _____ Д. С. Мощенкова
подпись

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Глава 1. Обзорно-аналитическая часть 7
1.1 Обзор онтологии для СППР 7
1.2 Использование онтологии в других системах 9
1.3 Система поддержки принятия решений земель сельскохозяйственного назначения 13
1.4 Методы построения онтологий 16
1.4.1 Ручные методы построения онтологий 18
1.4.2 Автоматические методы построения онтологий 19
1.5 Программный продукт для построения онтологий 20
1.6 Вывод по главе 1 21
Глава 2. Практическая часть 23
2.1 Формирование терминологической части и выстраивание иерархии 23
2.2 Создание классов онтологии 26
2.3 Определение атрибутов класса и свойств экземпляра 35
2.4 Создание экземпляров класса 37
2.5 Добавление комментариев 39
2.6 Структура онтологии на основе прецедентов 40
2.7 Вывод по главе 2 45
Заключение 46
Список сокращений 47
Список использованных источников 48
Приложение А Плакаты презентации 52
Приложение Б Диплом об участии в конференции 62

ВВЕДЕНИЕ

Информация характеризуется различными форматами и способами представления, поэтому для того, чтобы накопленные данные приобрели широкую практическую ценность для развития науки и производства, необходимо свести разнообразно представленную информацию к общепонятному виду, что обеспечит возможность ее совместного использования разными системами. Решение этой проблемы связано с задачей извлечения и представления знаний, которая в настоящее время находится в центре внимания многих исследователей.

На сегодняшний день в области искусственного интеллекта разработан ряд средств представления знаний, и к наиболее эффективным из них относится онтология [1].

Онтология — это попытка всеобъемлющей и детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила (теоремы, ограничения), принятые в этой области.

В работе Томаса Грубера [2], рассматривались различные аспекты взаимодействия интеллектуальных систем между собой и с человеком, интеллектуальными системами называются программы, которые моделируют некоторые аспекты интеллектуальной деятельности человека. Онтология представляет собой описание декларативных знаний, предназначенное для чтения человеком и выполненное в виде классов с отношением иерархии между ними.

В настоящее время онтологии используются в процессе программирования как форма представления знаний о реальном мире или его части.

Основными сферами применения онтологий являются: моделирование бизнес-процессов, семантическая паутина, искусственный интеллект.

Чаще всего онтологии используют:

1) для возможности совместного использования людьми или программными агентами;

2) для общего понимания структуры информации;

3) для повторного использования знаний в предметной области;

4) чтобы сделать допущения в предметной области явными;

5) для того, чтобы отделить знаний в предметной области от оперативных знаний;

6) для анализа знаний в предметной области;

7) при использовании онтологий можно достичь преимущества в некоторых областях;

8) в вычислительном плане (для сокращения времени вычислений);

9) в экономическом плане (для сокращения затрат на разработку программного обеспечения, интеграцию данных).

Предметная область земли сельскохозяйственного назначения (ЗСХН) — достаточно обширное поле деятельности. В рамках данной предметной области могут решаться существенно различные задачи, такие как: кадастровая оценка, ранжирование земель в той и ли иной системе критериев, например — с целью определения очередности поэтапной рекультивации залежных земель, оценки степени пригодности земель для той или иной модели использования в аграрном секторе и многое другое.

Для целостного представления об относительно сложном объекте, а также для выявления состава основных компонент, связей и отношений между ними, строится онтология предметной области.

Создание онтологий осуществляется при разработке сред, ориентированных на совместное использование информации несколькими пользователями, при проектировании баз знаний (БЗ), создании экспертных систем (ЭС) и систем поддержки принятия решений (СППР), разработке различных поисковых систем.

В связи с тем, что ЭС принятия решений и во многих случаях поисковые системы используют информацию, накопленную в хранилищах данных, то лучшим решением является создание онтологий уже при проектировании традиционных систем обработки данных на этапе изучения предметной области и анализа требований.

При создании онтологии ЗСХН для СППР в сельскохозяйственном производстве, использовались классификации и понятия из научных статей, учебных пособий и научных книг о сельском хозяйстве и землепользовании.

Именно использование онтологий позволяет сохранить целостность написанной БЗ, а в дальнейшем и всей СППР, а также обеспечить правильный вывод.

Целью работы является создание онтологии ЗСХН для СППР в сельскохозяйственном производстве, как основы для разработки модуля «База знаний».

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1) обзор предметной области;

2) формирование терминологической части и выстраивание иерархии;

3) разработка онтологии предметной области в программной среде Protégé.

Глава 1. Обзорно-аналитическая часть

1.1 Обзор онтологии для СППР

В настоящее время онтология активно применяется в информатике и искусственном интеллекте. В инженерии знаний под онтологией понимается детальное описание некоторой проблемной области, которое используется для формального и декларативного определения ее концептуализации.

Можно сказать, что онтология — это точная спецификация некоторой области, которая включает в себя словарь терминов этой области и множество логических связей (типа «элемент-класс», «часть-целое»), которые описывают, как эти термины соотносятся между собой [3].

В искусственном интеллекте онтологии упоминаются в контексте с такими понятиями как концептуализация, знание, представление знаний, системы, основанные на знаниях. Одни ученые пытаются дать неформальные определения, другие описывают онтологии на основе понятий и конструкций логики и математики. Но, несмотря на то, что построено множество различных онтологий и увеличивается область их применения, до сих пор нет точного определения этого понятия применительно к области искусственного интеллекта [1].

Онтология может составлять каркас БЗ, создавать базис для описания основных понятий предметной области и служить основой для интеграции баз данных, содержащих фактические знания, необходимые для полноценного функционирования ЭС, СППР.

Онтология для ЗСХН создается на базе лаборатории при кафедре систем искусственного интеллекта Института космических и информационных технологий СФУ, и направлена на создание полноценной СППР для принятия управленческих решений в сельскохозяйственном производстве.

СППР — это интерактивная автоматизированная информационно-аналитическая система, которая помогает лицу, принимающему решения, использовать данные и модели для решения его профессиональных слабо формализуемых задач. СППР и ЭС — это системы практически одного класса, часто СППР в своем составе имеет несколько различных ЭС, поэтому все, что было сказано выше про роль онтологии в ЭС, относится и к СППР. Однако имеются аспекты использования онтологий, специфичные для СППР. Так, в виду слабой формализуемости решаемых СППР задач очень важно иметь детальное непротиворечивое описание проблемной области, в рамках которой СППР осуществляет поддержку решения задач лицу, принимающему решения. Онтология является незаменимым инструментом для создания такого описания.

Оператор, работающий на данной системе, может столкнуться с условиями неопределённости при принятии решения. Неопределённости могут быть представлены в виде:

1) недостаток параметров для принятия решений вследствие ограниченного резерва времени и высокой стоимости проведения анализов;

2) неполнота, неточность естественно-языковых инструкций для принятия решений;

3) недостаточность теоретических знаний о предметной области;

4) отсутствие учёта особенностей функционирования конкретной операционной системы;

5) чтобы избежать этих неопределённостей, необходимо создание онтологии для СППР.

Рассматривается предметная область, описывающая земли в сельском хозяйстве, концептуализацией является набор возможных факторов. По мере определения понятий, неявно будут определяться рамки онтологии, а именно, что должно быть включено модель, а что нет.

Получив достаточно полный список терминов, можно будет разделить эти понятия по категориям в зависимости от их функции в онтологии.

Понятия (концепции/термины предметной области), являющиеся объектами, будут представлены в виде классов. Свойства классов могут быть представлены как атрибуты, а ограничения на свойства или отношения между классами как аксиомы.

Онтологии предметных областей строятся как категорийно-понятийный аппарат предметной области на основе исследования учебников, учебных пособий и монографий, таким образом содержащий понятия определенной области знаний [4].

Процесс построения онтологий может быть либо восходящим, либо нисходящим. Однако в связи с тем, что восходящий подход чрезвычайно трудоемок и пока не существует средств, которые позволили бы создать полную систему знаний («модель мира»), применяется в основном нисходящий подход к интеграции частных онтологий, ориентированный на конкретные, часто ограниченные практические задачи. Поэтому при создании онтологии ЗСХН будет применен нисходящий подход, ориентированный на конкретно поставленные задачи.

1.2 Использование онтологии в других системах

При разработке СППР в различных предметных областях, начальным этапом является разработка модуля онтологии.

Использование онтологии позволяет систематизировать предметную область, выделить подмножество понятий, которые используются для решения поставленных задач, повысить достоверность принимаемых решений. Так же создание онтологии позволяет наглядно представить информацию в виде иерархического древа, для более понятной структуризации данных.

Для примера были использованы три модели СППР, в основе которых лежит онтологический подход и использование прецедентов.

Поддержка принятия решений по аудиту информационных систем персональных данных на основе онтологии [5]. При разработке СППР используются следующие модели представления знаний:

1) онтологическая модель;

2) продукционная модель — логический вывод решения определяется по системе правил;

3) модель представления знаний о предыдущих ситуациях (база прецедентов), позволяющая учесть опыт предыдущих решений, повысить производительность работы системы.

Схема СППР представлена на рисунке 1.

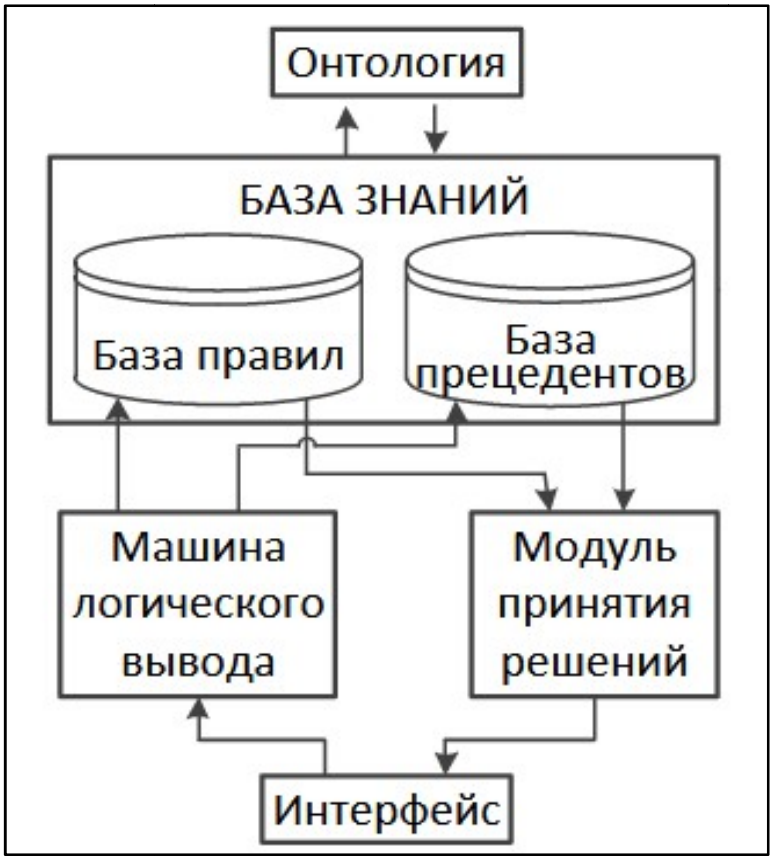


Рисунок 1 — Модель системы поддержки принятия решений по В. В. Сагитовой и В. И. Васильеву

Онтологическая модель системы позволяет описывать необходимые для ее функционирования онтологии разных уровней.

СППР на основе онтологии на примере управления очисткой сточных вод (ОСВ) [6].

Для повышения эффективности принятия решений предложено интегрировать на основе онтологии различные модели представления знаний, что обеспечит управляющих системой необходимой количественной, качественной информацией о процессе ОСВ

Схема СППР представлена на рисунке 2.

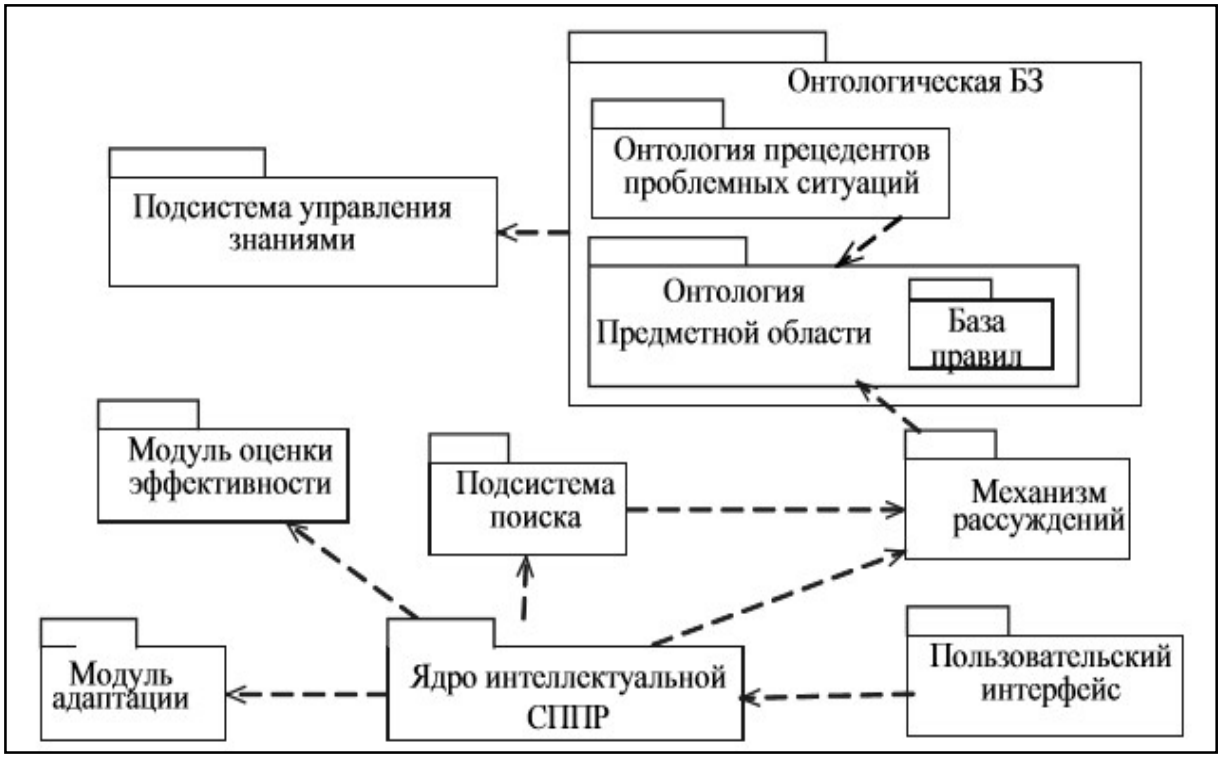


Рисунок 2 — Модель системы поддержки принятия решений по Л. Р. Черняховской, Р. А. Шкундиной, К. Р. Нугаевой

Модель онтологии позволила выявить основные категории онтологии и связи между ними. Для обеспечения семантической связности в соответствии с принятым определением онтологии в форме логической теории, определены отношения между ее элементами в виде продукционных правил. Они формируются с экспертами на основании разработанной модели онтологии и результатов проведенного кластерного анализа.

Поддержка принятия решений в организационном управлении разработкой программных проектов [7]. Схема СППР представлена на рисунке 3.

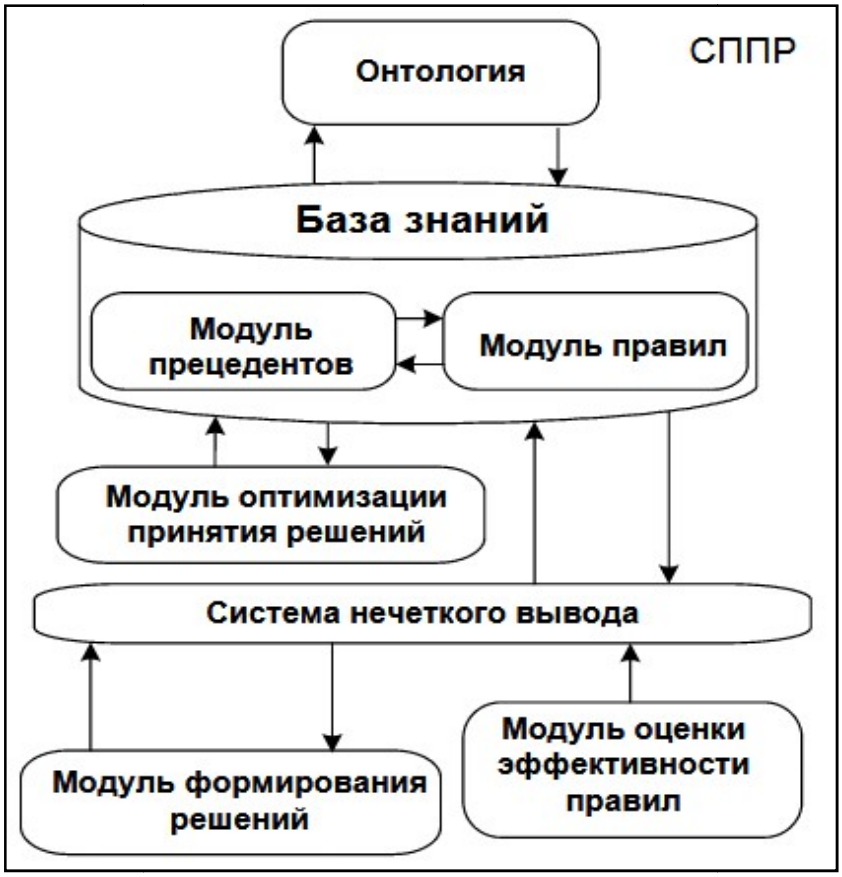


Рисунок 3 — Модель системы поддержки принятия по Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова.

Онтология представляет собой множество понятий БЗ, которое является упорядоченным, а различные виды отношений позволяют организовать сложную иерархическую структуру понятий предметной области. На основе разработанной онтологии становится возможным формирование непосредственно в онтологии правил принятия решений на языке формализации онтологических правил SWRL (Semantic Web Rule Language), которые обеспечат необходимую гибкость процесса принятия решений и взаимодействия территориально удаленных пользователей в процессе управления знаниями.

1.3 Система поддержки принятия решений земель сельскохозяйственного назначения

Сельскохозяйственное производство даже в рамках отдельного предприятия агропромышленного комплекса является достаточно сложной системой.

Развитие методов оценки и управления земельными ресурсами в сельскохозяйственных предприятиях направлено на обеспечение повышения уровня использования земельных ресурсов, с одной стороны, и достижение более высокой экономической эффективности производства — с другой.

Учитывая значительный объем информации о состоянии и динамике развития ЗСНХ, при принятии объективного управленческого решения необходим дополнительный инструментарий — СППР.

При разработке СППР в различных предметных областях использовался онтологический подход, поэтому при создании СППР земель сельскохозяйственного назначения (ЗСХН), имеет смысл разработки модуля «Онтология».

СППР представляет собой инструмент, содержащий регулярно пополняемую и уточняемую систему знаний о ЗСХН, как о сложных многофакторных объектах.

СППР позволяет создавать и накапливать библиотеку схем решения задач многокритериальной оценки состояния ЗСХН, включая возможность динамического наблюдения за их изменением в ходе сезона вегетации и поддержки принятия управленческих решений.

Схемы решения задач создаются на базе экспертных оценок и после отладки на существенном объеме экспериментальных данных могут использоваться как объективный инструмент, масштабируемый на другие территории, обладающие сходной совокупность природно-климатических условий.

Основные компоненты интеллектуальной СППР [8], для которой разрабатывается онтология ЗСХН, представлены на рисунке 4.

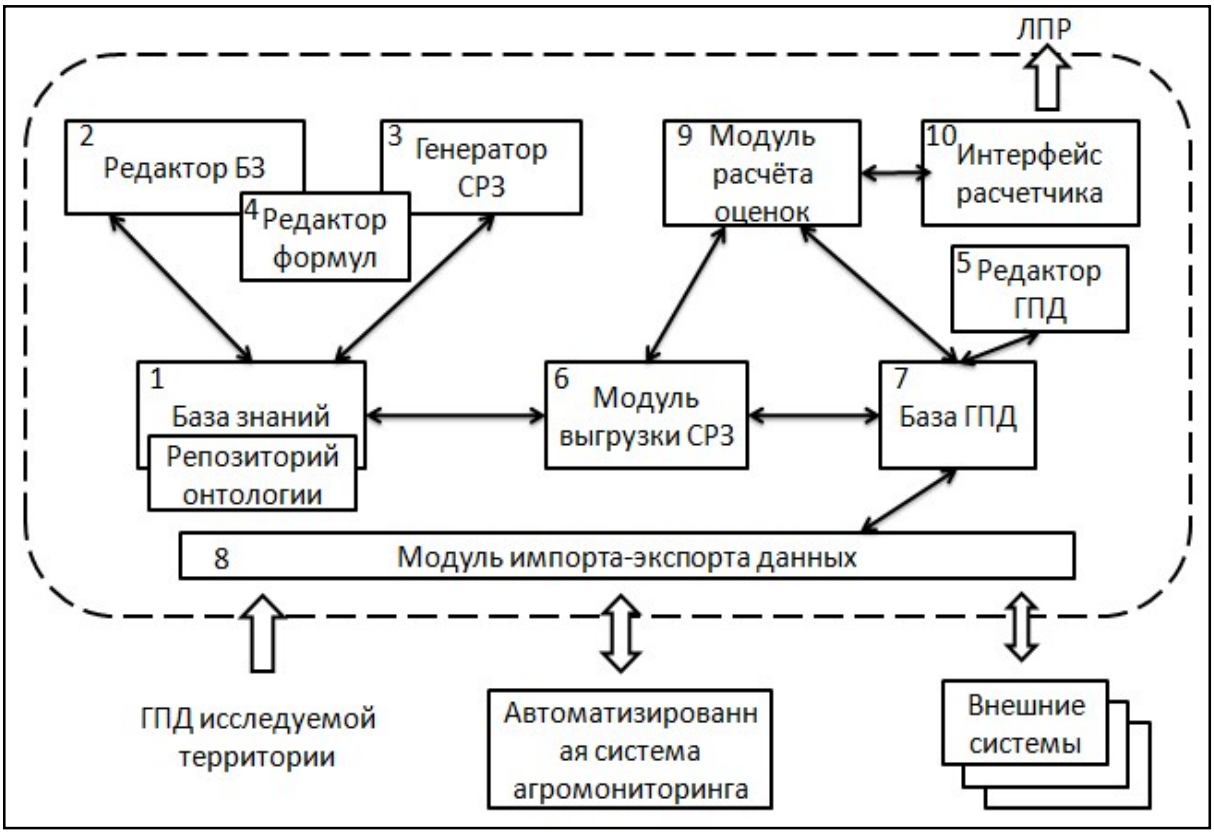


Рисунок 4 — Модель системы поддержки принятия решений земель сельскохозяйственного назначения

СППР состоит из модулей, которые описаны ниже.

1. Оценка ЗСХН — это сложный многофакторный анализ, поскольку необходимо учитывать климатические факторы, характеристики почвенного и растительного покровов, особенности инфраструктуры, геопространственные характеристики оцениваемых участков земной поверхности и др. Взвешенные достоверные оценки базируются на знании экспертов в различных областях: геоботанике, экономике, экологии, сельском хозяйстве. Построение системы оценок специфично для конкретной решаемой задачи и для конкретной территории, что затрудняет непосредственное привлечение экспертов.

Для отчуждения экспертных знаний от их носителей и представления их в формализованном виде, доступном для использования, применяются методы «инженерии знаний». Поэтому БЗ является ключевым блоком системы. Репозиторий онтологий (знания хранятся в системе в форме онтологий), который содержится в БЗ, поддерживает средства обеспечения целостности информации, в том числе средства управления версиями и изменениями.

2. Редактор БЗ позволяет эксперту, ответственному за содержание онтологии, осуществлять диалоговые операции по созданию новой онтологии (версии онтологии) и ее редактированию в части описания таксономии, метрик измерения натурных параметров объектов оценки и вычислительных соотношений.

3. Генератор схемы решения задачи (СРЗ) позволяет эксперту, ответственному за представление задачи, создавать и поддерживать модель описания задачи в рамках определенной версии онтологии, а также осуществлять операции по миграции описания задачи в обновленные версии онтологии.

4. При создании и модификации онтологии возникает процедура описания вычислительных соотношений для метрик оценивания. Данная процедура базируется на использовании редактора формул, который входит как компонента в редактор БЗ и генератор схемы решения задачи. Помимо базовых математических операций генератор формул содержит возможность формирования таблично заданных функций.

5. Редактор геопространственных данных (ГПД) служит для подготовки и оперирования геопространственным описанием экземпляра решаемой задачи.

6. При создании пустого экземпляра решаемой задачи (модуль 5) модуль выгрузки СРЗ порождает шаблон векторного слоя с предопределенным набором атрибутов, заданных в схеме решения задачи, который помещается в базу ГПД.

7. База ГПД представляет собой набор слоев, наполненных данными о пространственных координатах объектов оценки, тем самым формируется векторное представление данных на анализируемую территорию, содержащее множество объектов оценки как геопространственных объектов.

8. Атрибутивная информация содержит значения натурных параметров объектов оценки. Поставка атрибутивной информации – ответственность модуля импорта-экспорта данных. Данный модуль взаимодействует с автоматизированной системой агромониторинга и другими внешними системами, что позволяет получать данные на основе обработки и анализа космоснимков, наземных измерений, данных метеостанций и других источников.

9. Расчет промежуточных и финишных оценок осуществляется модулем расчета оценок.

10. Визуализация оценок осуществляется через интерфейс расчетчика, позволяющий формировать пространственное представление данных в виде векторных слоев с вычисленными атрибутами, а также отображать данные в табличной форме либо средствами деловой графики.

1.4 Методы построения онтологий

В данной части работы исследуются наиболее распространенные методы построения онтологий.

Стоит отметить, что у онтологического подхода существуют определенные преимущества:

1) представление естественно-языкового текста в пригодном для автоматической обработки виде. Потребность в онтологиях связана с некачественной автоматической обработкой текстов такого типа существующими средствами. Необходимо иметь детальное описание проблемной области с множеством логических связей, отражающих отношения между терминами;

2) накопление ценной информации о функционировании сложных систем. Данный анализ начинается с составления словаря понятий и создания системы точных определений этих понятий. Документирование основных логических взаимосвязей между соответственными терминами, понятиями. В результате получается словарь терминов и их точные определения, взаимосвязи;

3) формирование целостного взгляда на предметную область. Способствует возможности восстановления недостающих логических связей онтологии.

Онтологическое моделирование представляет собой процесс построения, развития, обработки и использования онтологии предметной области.

Общий алгоритм создания онтологии, представленный на рисунке 5, выглядит следующим образом: сначала необходимо перечислить классы, обозначающие сущности или явления в моделируемой области, после чего следует связать их с определенными отношениями. На последнем этапе необходимо соотнести с классами набор конкретных экземпляров.

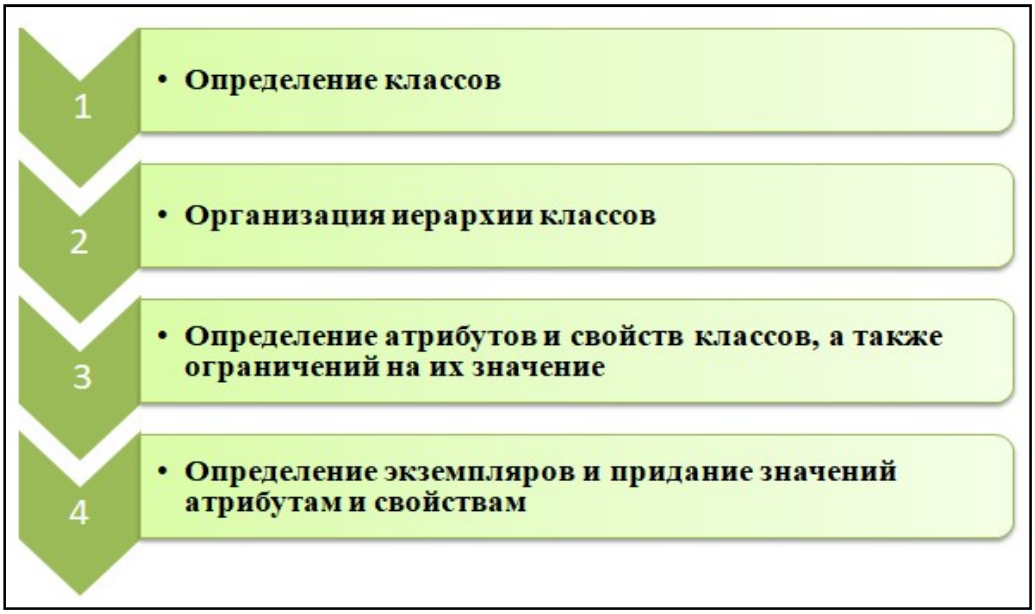


Рисунок 5 — Этапы разработки онтологии

1.4.1 Ручные методы построения онтологий

Один из методов заключается в том, что элементы для онтологии можно собирать напрямую. При таком подходе сначала собираются и классифицируются понятия, а затем происходит добавление соответствий между понятиями и лексиконом. Недостатком данного метода является близкое (но не идентичное) пересечение значений терминов.

Другой метод — использование микротеорий. При данном подходе необходимо понять явление, сформулировать примитив теории, с точки зрения примитивов, определить элементы лексикона. Недостаток данного метода — необходимость создания отдельной теории для каждого комплекса значений.

В качестве примера для данных двух методов рассмотрим несколько трактовок понятия «цвет»: можно напрямую собрать слова, обозначающие цвет и попробовать их классифицировать (первый метод) или можно применить микротеоретизирование и понять, что представляет собой цвет (второй метод). Учитывая, что цвет с точки зрения физики задаётся длиной волны и интенсивностью, с помощью данного знания мы сможем определить все конкретные значения цвета.

В основании онтологии должны лежать понятия, определенные по какому-то способу. Э. Хови предлагает следующий алгоритм [9] для выделения необходимых понятий состоящий из 7 этапов:

1) инициализация. Для рассматриваемого слова собирается несколько десятков предложений его содержащих;
2) значения слова раскладываются в предварительные группы;
3) процесс дифференциации. На данном этапе необходимо построить дерево, расположив все группы в корне;
4) определение наиболее отличной группы;
5) создание в структуре двух новых ветвей, расположение групп;
6) формирование понятий;

По прекращению ветвления, имеем дерево дробных отличительных признаков, перечисленных в явном виде на каждом уровне дерева. Листья дерева представляют собой отдельные понятия, не делимым далее в текущей предметной области. Каждое отличие на данном этапе должно быть формализовано в виде аксиомы, которая срабатывает для ассоциируемой с ней ветви.

7) добавление понятия в онтологию.

Автор данного алгоритма утверждает [9], что понятий обычно оказывается меньше, чем значений-смыслов.

Ещё один метод нахождения новых понятий заключается в том, что можно использовать уже существующие онтологии, словари и тезаурусы.

На данном этапе поможет автоматическое выявление понятий путём кластеризации слов, о котором будет рассказано далее.

1.4.2 Автоматические методы построения онтологий

Для автоматических методов построения онтологий выдвигаются следующие требования:

1) минимальный контроль, т. е. сведение к минимуму или полное исключение участия человека;

2) универсальность, что есть применимость к источникам различного рода, вне зависимости от их размера, области знаний и т.п.;

3) точность: извлеченная информация должна содержать как можно меньше ошибок.

В реальности на данный момент нет идеальной системы автоматического построения онтологий: все ныне существующие системы нуждаются в доработках и улучшениях, либо работают успешно исключительно с замкнутыми областями знаний.

Существуют разве что алгоритмы состыковок уже созданных онтологий. Все они действуют по определенным методам обнаружения связующих звеньев [9], а это:

1) текстовые совпадения, т. е. идентичность имен понятий;
2) совпадения иерархических отношений;
3) совпадения форматов данных.

Системы, работающие на перечисленных выше методах, являются полуавтоматическими, то есть сначала автоматически генерируются варианты соответствий, а потом уже, вручную, в несколько этапов происходит соединение онтологий.

Э. Хови отмечает, что данные процедуры обладают достаточно высокой степенью точности и дают хорошие результаты.

При слиянии онтологий могут возникнуть проблемы, которые сложно решать, используя автоматические методы.

Например, эксперты разных областей могут ссылаться на одно и то же понятие, подразумевая разное. Проблема может также возникнуть, если одно и то же слово используется для обозначения разных понятий. Решением данной проблемы может стать более тесная коммуникация составителей онтологий, а так же использование более широких онтологий, которые могут быть применимы к различным областям знаний.

1.5 Программный продукт для построения онтологий

Для создания онтология было выбрано инструментальное средство Protégé, так как имеет понятный графический интерфейс, для использования пользователем, снабжен справками и примерами. Кроме этого, преимуществом программного средства Protégé является его свободная распространяемость. Инструмент содержит в себе редактор онтологий, позволяющий проектировать онтологии разворачивая иерархическую структуру абстрактных или конкретных классов, слотов.

Инструментальное средство Protégé основано на фреймовой модели представления знания OKBC (Open Knowledge Base Connectivity) и снабжено рядом плагинов, что позволяет его адаптировать для редактирования моделей хранимых в разных форматах (стандартный текстовый, в базе данных JDBC, UML, языков представления знаний XML, XOL, SHOE, RDF и RDFS, DAML+OIL, OWL) [4].

Программа Protégé — Проект «Semantic Web», лаборатории медицинской информатики Университета Стэнфорда.

Программное средство Protégé позволяет строить онтологии на языке представления знаний OWL. Язык OWL — это язык представления онтологий, расширяющий возможности языков XML, RDF, RDF Schema и DAML+OIL. Этот проект предусматривает создание мощного механизма семантического анализа. Язык OWL позволяет описывать классы и отношения между ними, что позволяет использовать в дальнейшем, а именно в БЗ, прецеденты. На основании прецедентов в прошлом БЗ будет использовать онтологию как фундамент для принятия решений. В основе языка — представление действительности в модели данных «объект — свойство». Язык OWL предназначен для описания не только веб-страниц, но и любых объектов действительности.

1.6 Вывод по главе 1

Была выполнена одна из задач выпускной квалификационной работы, а именно: проведен обзор предметной области. В результате выполнения обзора были рассмотрены следующие СППР на основе онтологии: СППР по аудиту информационных систем персональных данных, СППР по управлению ОСВ, СППР в организационном управлении разработкой программных объектов. СППР, представленные выше включали модуль онтологии по прецедентам.

На основании обзора, можно сделать вывод, что модуль «Онтология» необходим при создании СППР для ЗСХН, онтология для этого модуля будет разрабатываться на основе прецедентов.

Описана СППР для ЗСХН, а так же модули составляющие ее функциональную структуру: онтология, БЗ, редактор БЗ, генератор СРЗ, редактор формул, редактор ГПД, Модуль выгрузки СРЗ, база ГПД, модуль импорта-экспорта данных, модуль расчета оценок.

Выполнен обзор и анализ методов построения онтологий таких как: ручной и автоматический. Было принято решение, что онтология будет создана на основе ручного метода, позволяющего собирать ее напрямую. При построении онтологии будет использоваться нисходящий подход.

Рассмотренные СППР включали в себя онтологии, которые были реализованы в инструментальном средстве Protégé. Онтология для ЗСХН, будет построена с использованием этого же средства. В результате чего было выполнено описание программы Protégé, позволяющей построить онтологию на языке OWL.

В следующей главе будет представлен процесс создания онтологии предметной области, включающий в себя формирование терминов онтологии, выстраивание иерархии, и реализация онтологии в программе Protégé, на основе которой будет создана онтология по прецедентам, как основа для БЗ.

Глава 2. Практическая часть

2.1 Формирование терминологической части и выстраивание иерархии

При построении онтологии под объектом оценивания (ОО) будем понимать пространственно локализованный участок земной поверхности, находящийся в сельскохозяйственном обороте в настоящее время, в прошлые временные периоды либо потенциально рассматриваемый в качестве такового. Согласно российскому законодательству в данную категорию попадают ЗСХН. Кроме того, в качестве ОО могут рассматриваться и другие категории земель, относительно которых существуют планы перевода в данную категорию после выполнения мелиоративных мероприятий, например земли промышленности, лесного фонда [8].

Оценка ЗСХН — это сложный многофакторный анализ, поскольку необходимо учитывать климатические факторы, характеристики почвенного и растительного покровов, особенности инфраструктуры, геопространственные характеристики оцениваемых участков земной поверхности и др.

Для оценки ЗСХН актуально использование понятий, удовлетворяющих следующим критериям:

1) актуальность;
2) соответствие предметной области;
3) значимость.

Земля как ОО представляет собой сложную иерархическую многофакторную систему. В научной литературе по данному вопросу множества частично перекрывающихся систем классификации параметров земель, существенных при оценивании. Модель онтологии ЗСХН для СППР представлена в работах [8], [10], [11].

Многофакторная структура ОО представлена на рисунке 6.

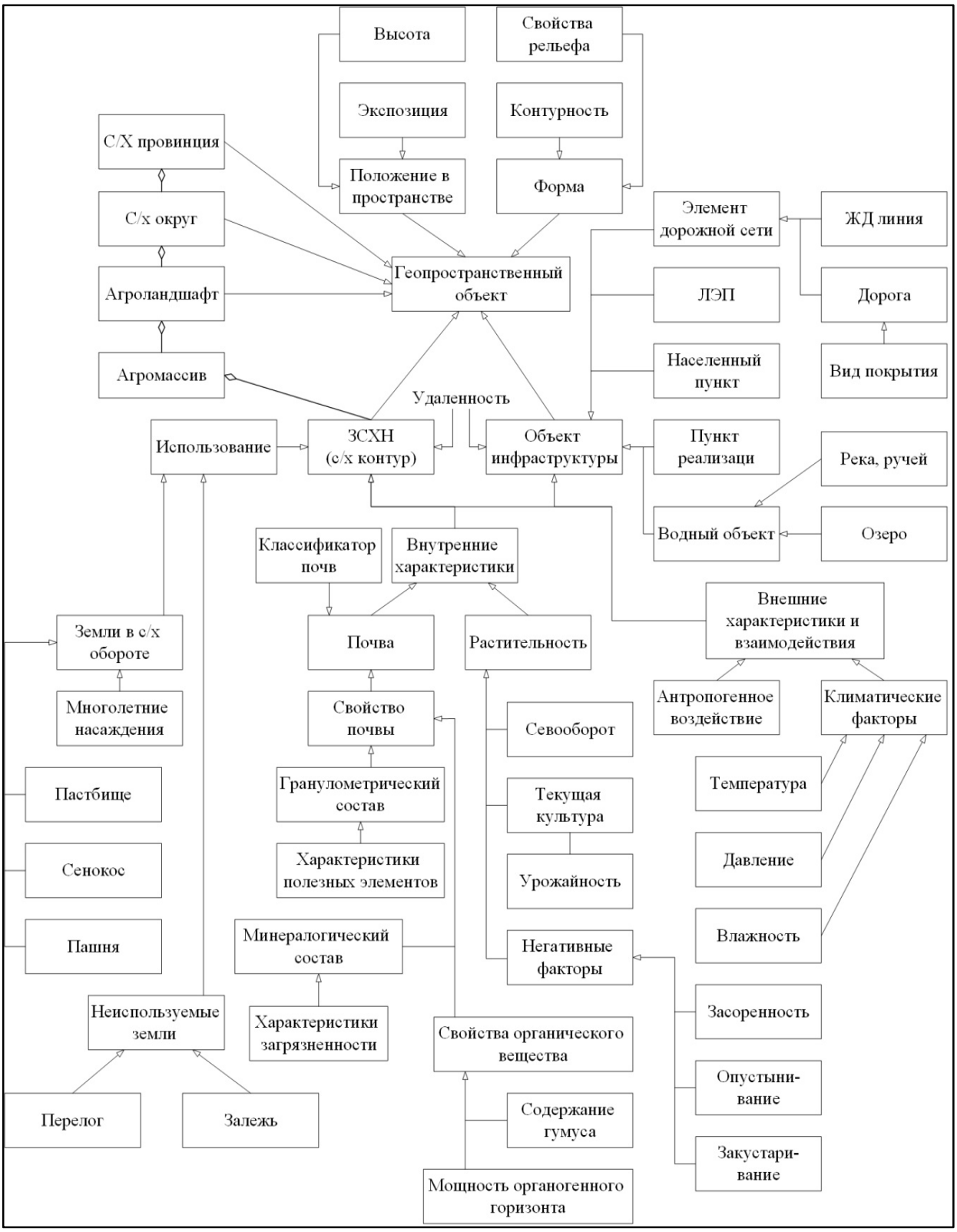


Рисунок 6 — Модель состояния и динамики земель сельскохозяйственного назначения.

Для определения тезауруса важно знать, что данная предметная область осложняется наличием множества объектов, свойств объектов, состояний и условий.

Построение онтологии осложняется уровнем сложности формализации предметной области. В соответствии с данной сложностью, земля, как геопространственный объект, может состоять из объектов разного уровня. Объекты разной сложности могут составлять группы объектов или другие объекты. Иначе говоря, сложный объект может состоять из менее сложных. Таким образом образуется иерархия.

Иерархия определяется следующим образом: на самом верхнем уровне располагаются крупные объекты, они состоят из более мелких и т.д. Такая иерархия называется таксономией.

В таксономию были добавлены показатели, которые могут быть использованы для оценки различных аспектов территорий сельскохозяйственного использования, а также методы их измерения, выделенных на основе источников [12, 13, 14]. В работе М.Е. Комарова [15] представлен ряд признаков, позволяющих осуществлять оценку территории субъекта РФ на примерах Белгородской области. Признаки сгруппированы в следующие 4 группы: климатические факторы, ландшафтно-геоморфологические ресурсы, водные и гидроминеральные ресурсы, биотические рекреационные ресурс.

В работе, О. В Гуреевой [12] выделены следующие показатели, влияющие на оценку земель: свойства почвы (включающий определенный набор почвенных факторов, положительно или отрицательно сказывающихся на общеэкологических и хозяйственных функциях земель), климатические условия (определяют тип и основные направления ведения сельскохозяйственного производства, выбор наилучших или наиболее доходных для определенного района культур), фактор рельефа (влияет на качество и продуктивность почв, как непосредственно, так и косвенно), качество.

В рассматриваемой версии таксономии, верхний уровень, представленный на рисунке 7, задает десять классов признаков, описывающих предметную область.

Рисунок 7 — Структура верхнего уровня таксономии признаков оценивания земель сельскохозяйственного назначения

2.2 Создание классов онтологии

Для разработки онтологии был использован редактор Protégé 5.2. Выбранный редактор предоставляет возможность создания OWL 2 DL предназначеного для пользователей, которым нужна максимальная выразительность при сохранении полноты вычислений (все логические заключения, подразумеваемые той или иной онтологией, будут гарантированно вычислимыми) и разрешаемости (все вычисления завершатся за определенное время).

OWL DL включает все языковые конструкции языка OWL, но они могут использоваться только согласно определенным ограничениям (например, класс может быть подклассом многих классов, но не может сам быть представителем другого класса). OWL DL так назван из-за его соответствия дескрипционной логике — дисциплине, в которой разработаны логики, составляющие формальную основу OWL.

Работа в инструментарии Protégé начинается с заполнения вкладки классов (Classes), представленной на рисунке 8, и пустой онтологии, содержащей единственный класс с именем Thing. Класс Thing — это класс, представляющий набор, содержащий все объекты предметной области. По этой причине все классы являются подклассами Thing [4].

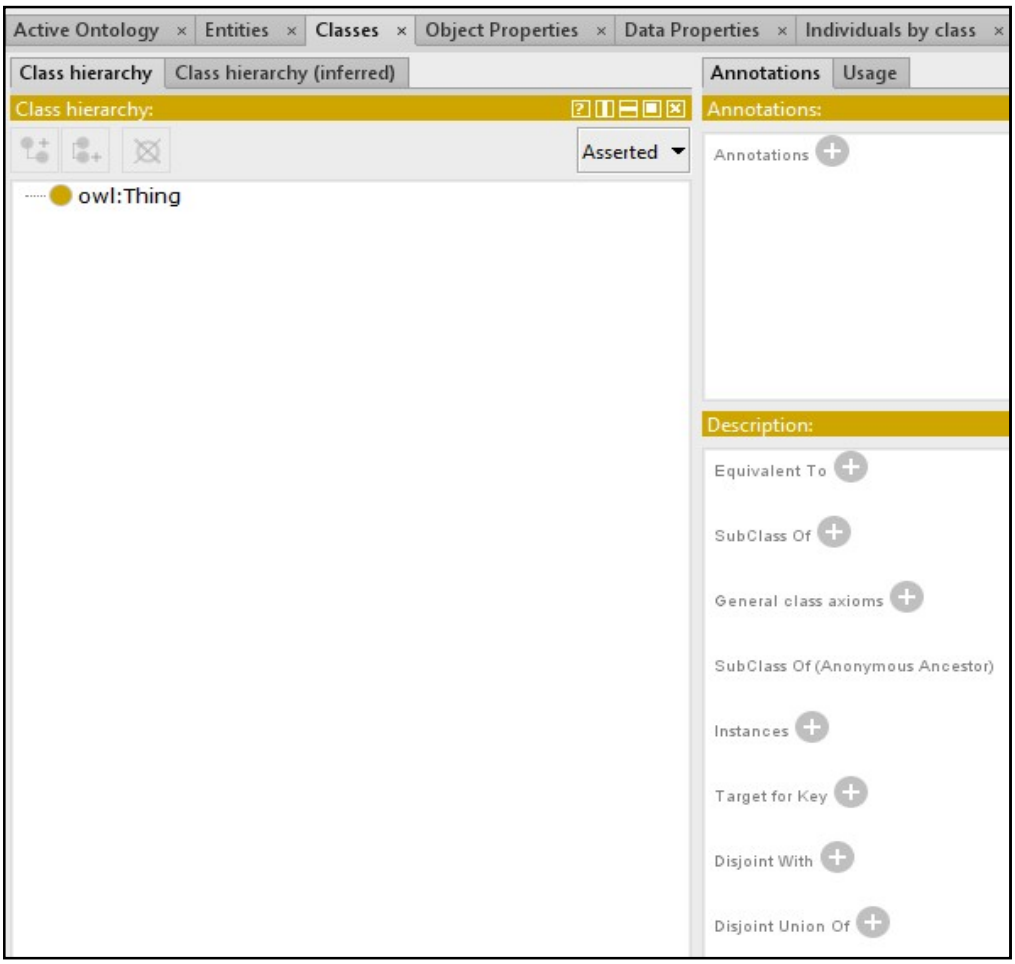


Рисунок 8 — Окно создания классов

В окне иерархии классов присутствуют кнопки, помогающие создать подкласс, родственный класс и удалить выделенный класс, соответственно.

При нажатии на одну из кнопок, всплывает диалоговое окно создания класса, представленное на рисунке 9. Именно здесь создается дерево иерархии объектов.

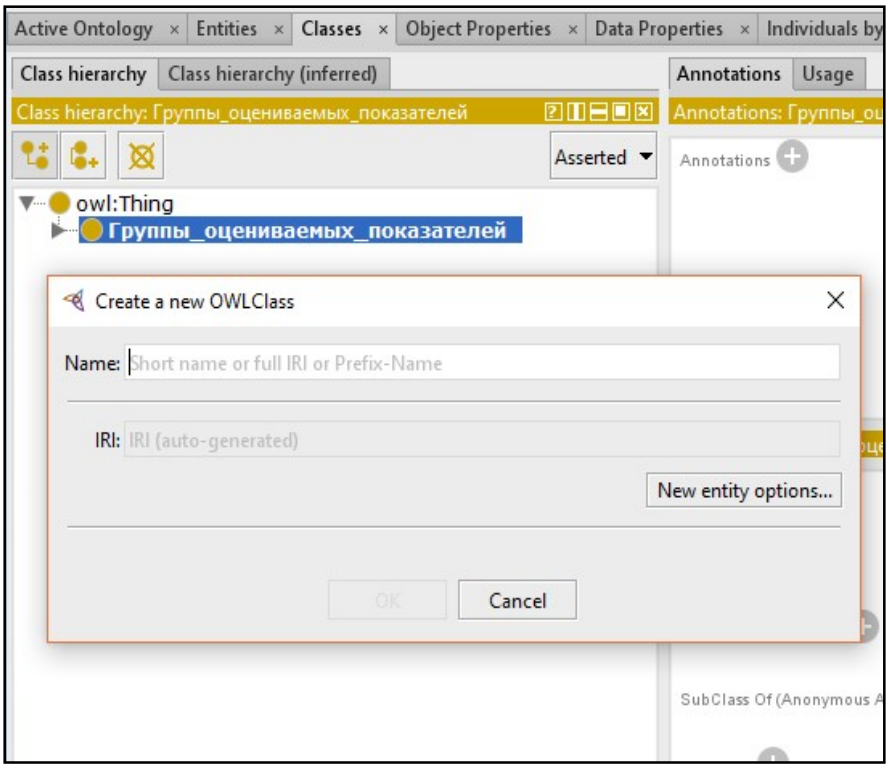


Рисунок 9 — Создание класса при помощи рабочих кнопок

Заполнение онтологии подклассами суперкласса Thing, осуществляется на основе ранее выделенных классов признаков описывающих предметную область.

В системе Protégé сформированные классы можно разделить на две категории: абстрактные и конкретные.

На основе конкретных классов система может создавать готовые экземпляры, у абстрактных классов экземпляров быть не может.

Для начала создается класс «Группа оцениваемых показателей», являющийся абстрактным, затем добавляются подклассы, представленные на рисунке 10, тоже являющиеся абстрактными.

Описание этих классов будет представлено в данной главе: физические факторы рельефа, физические свойства почвы, агроэкономические показатели, качество почвы, климатические условия, почвенный покров, состав почвы, эффективное расстояние до объектов инфраструктуры, вегетационный индекс, агрокультура.

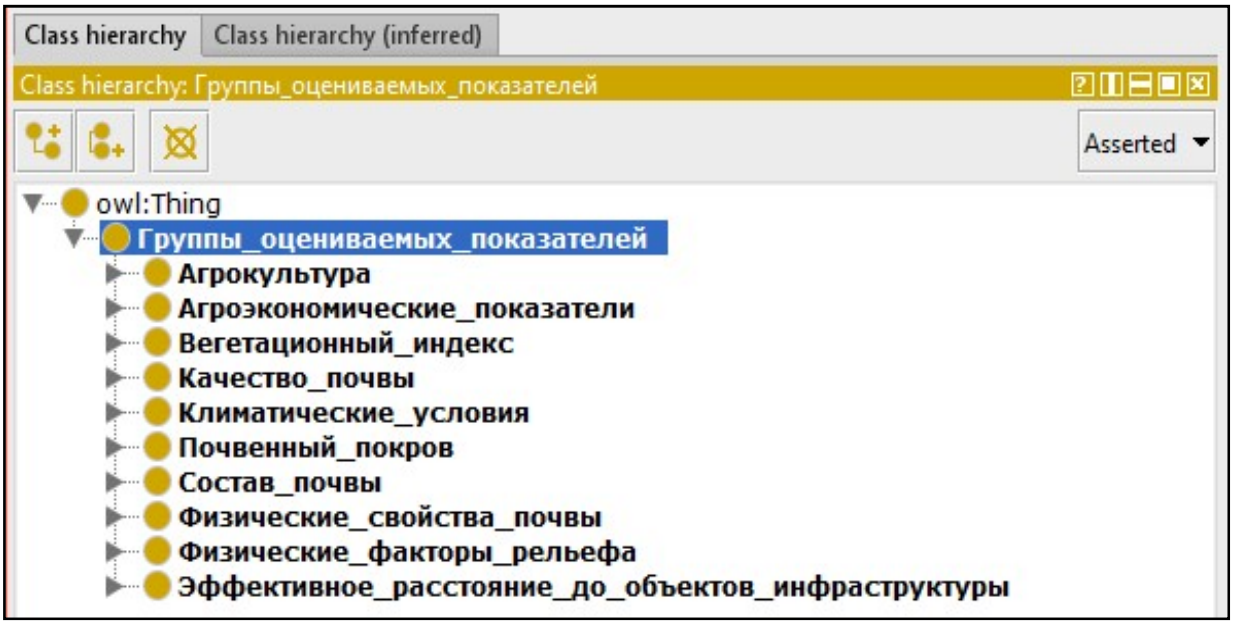


Рисунок 10 — Иерархия класса «Группы оцениваемых показателей»

Далее представлено раскрытие в глубину подклассов класса «Группы оцениваемых показателей».

Класс «Качество почвы» был создан на основе работ Г. С. Фомина, А. Г. Фомина [16], О. С. Гуреевой [12]. Он включает в себя конкретные подклассы: уплотненность, солонцеватость, засоленность (токсичные соли в почвах оказывают прямое негативное воздействие на растения, приводящее к нарушению их питания и обмена веществ, ослаблению фотосинтеза), кислотность, мощность (маломощные почвы не способны в достаточной степени обеспечить растения влагой, питательными веществами), оподзоленность, увлажнение, щебнистость/каменистость, щелочность, эродированность (эрозия почв приводит к непосредственному повреждению растений, особенно корневой системы, к выносу и гибели семян растений).

Класс «Качество почвы», со всеми подклассами представлен на рисунке 11.

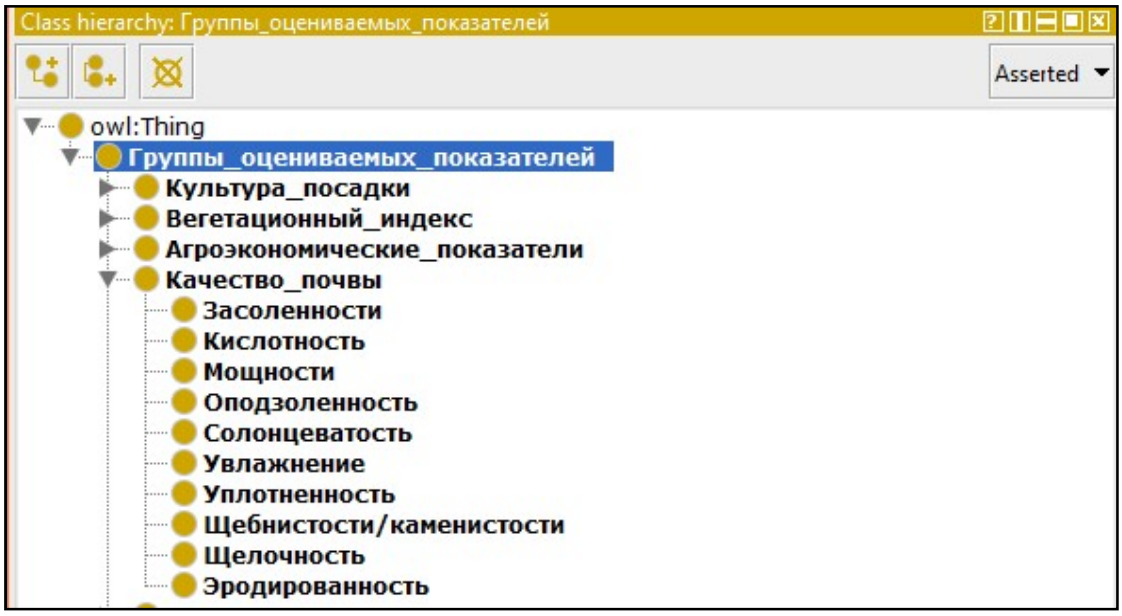


Рисунок 11 — Класс «Качество почвы»

Класс «Климатические условия» включает в себя конкретные подклассы представленные на рисунке 12: Сумма осадков за вегетационный период, сумма осадков за год, среднегодовая температура, сумма положительных температур за вегетационный период, средняя температура за вегетационный период.

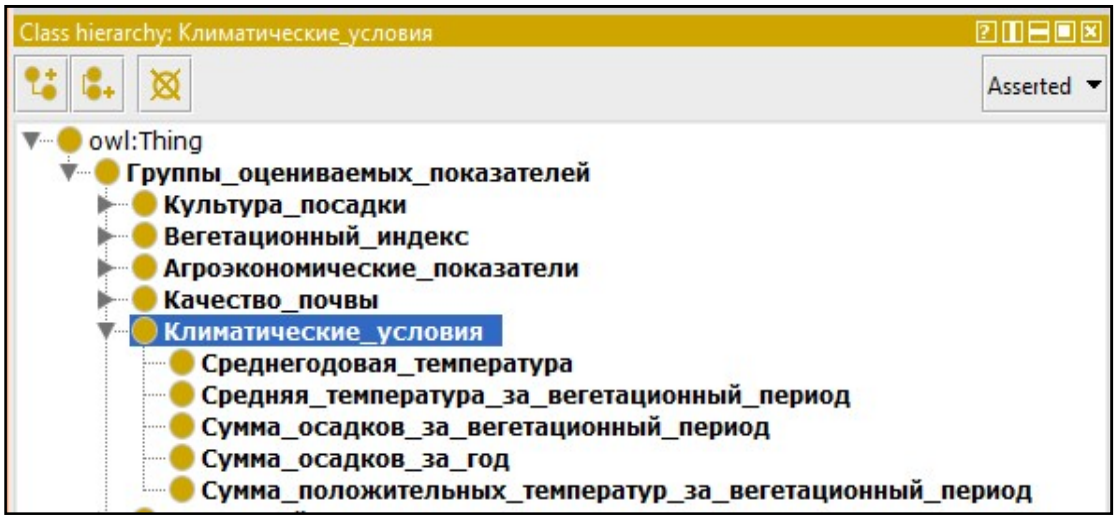


Рисунок 12 — Класс «Климатические условия»

В работе О. А. Скрябина [17] описаны несколько методов для изучения почвенного покрова. Статистико-картометрические методы включают в себя следующие части: коэффициент классификационной дифференциации почвенного покрова КДПП, дробность и сложность почвенного покрова, контрастность почвенного покрова, коэффициент неоднородности почвенного покрова. Основываясь на этой информации была составлена иерархия класса «Почвенный покров».

Класс «Почвенный покров» включает в себя конкретные подклассы представленные на рисунке 13: индекс дробности, контрастность, коэффициент классификации деформации почвенного покрова, коэффициент неоднородности, расчлененности элементарного почвенного ареала, сложность.

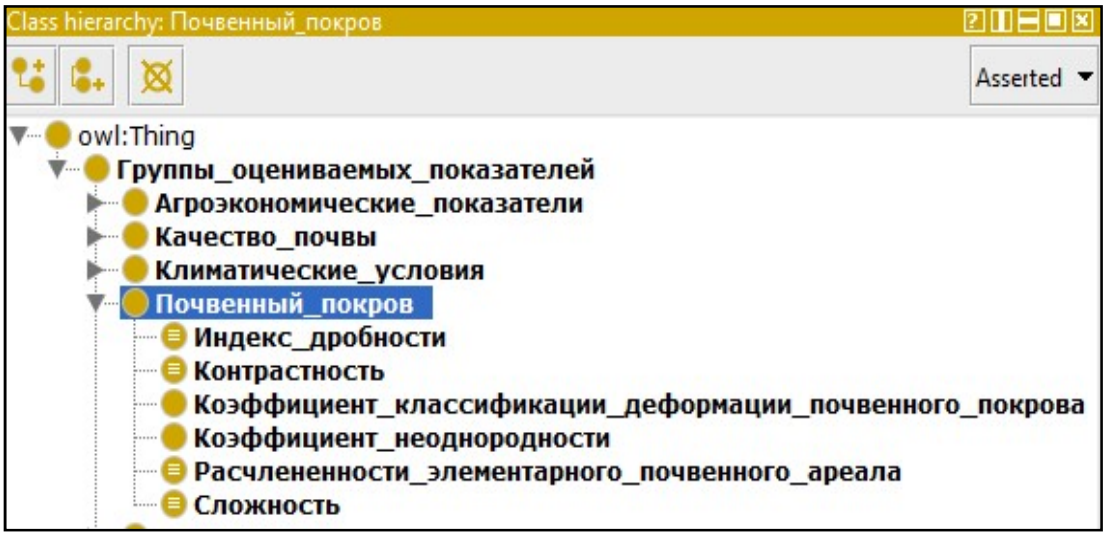


Рисунок 13 — Класс «Почвенный покров»

В данном случае подклассы почвенного покрова оказываются взаимосвязаны между собой таким образом, что для определения одного показателя, необходимо знать другой. Например, что бы определить коэффициент неоднородности, необходимо знать контрастность и сложность, но для определения сложности, необходимо знать индекс дробности и коэффициент расчлененности.

Отношения между классами представлены на рисунке 14 в виде графа.

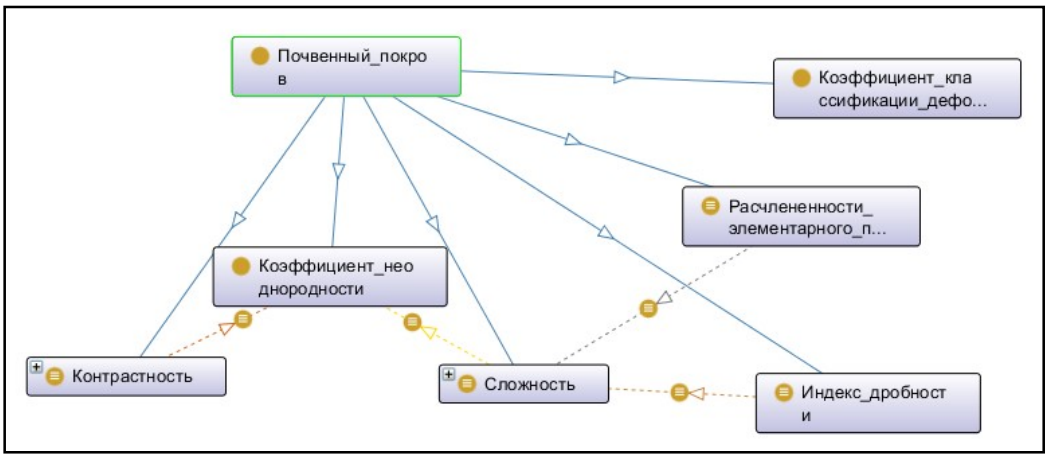


Рисунок 14 — Граф класса «Почвенный покров»

В своей работе о свойствах почвы Н. А. Качинский [18] классифицировал ее физические свойства на две группы: основные и функциональные. В основные свойства почвы входят: плодородие (главное основное свойство почвы, которое зависит от ряда других свойств), клейкость (способность почвы прилипать во влажном состоянии к рабочим органам почвообрабатывающих орудий), пластичность (способность изменять и сохранять приобретенную форму при обработке орудиями без распадания на мелкие комочки), поглотительная способность (на прямую зависит от содержания в почве минеральных, органических и органо-минеральных веществ), порозность (свойство, отвечающее за сложение почв), связность (способность почв препятствовать механическому воздействию), удельный вес (средний вес всех составных элементов в единице объема твердой фазы). В функциональные свойства почвы входят: водные свойства почвы (это совокупность свойств почвы, определяющих поведение почвенной влаги в ее профиле), воздушные свойства почвы (характеризуются рядом показателей, главными из которых являются воздухопроницаемость и воздухоемкость), тепловые свойства почвы (тепловой режим влияет на интенсивность происходящих в почве процессов, на рост и развитие растений).

Данная классификация была добавлена в иерархию онтологии, класс «Физические свойства почвы». Класс «Физические свойства почвы» включает в себя конкретные и абстрактные подклассы представленные на рисунке 15.

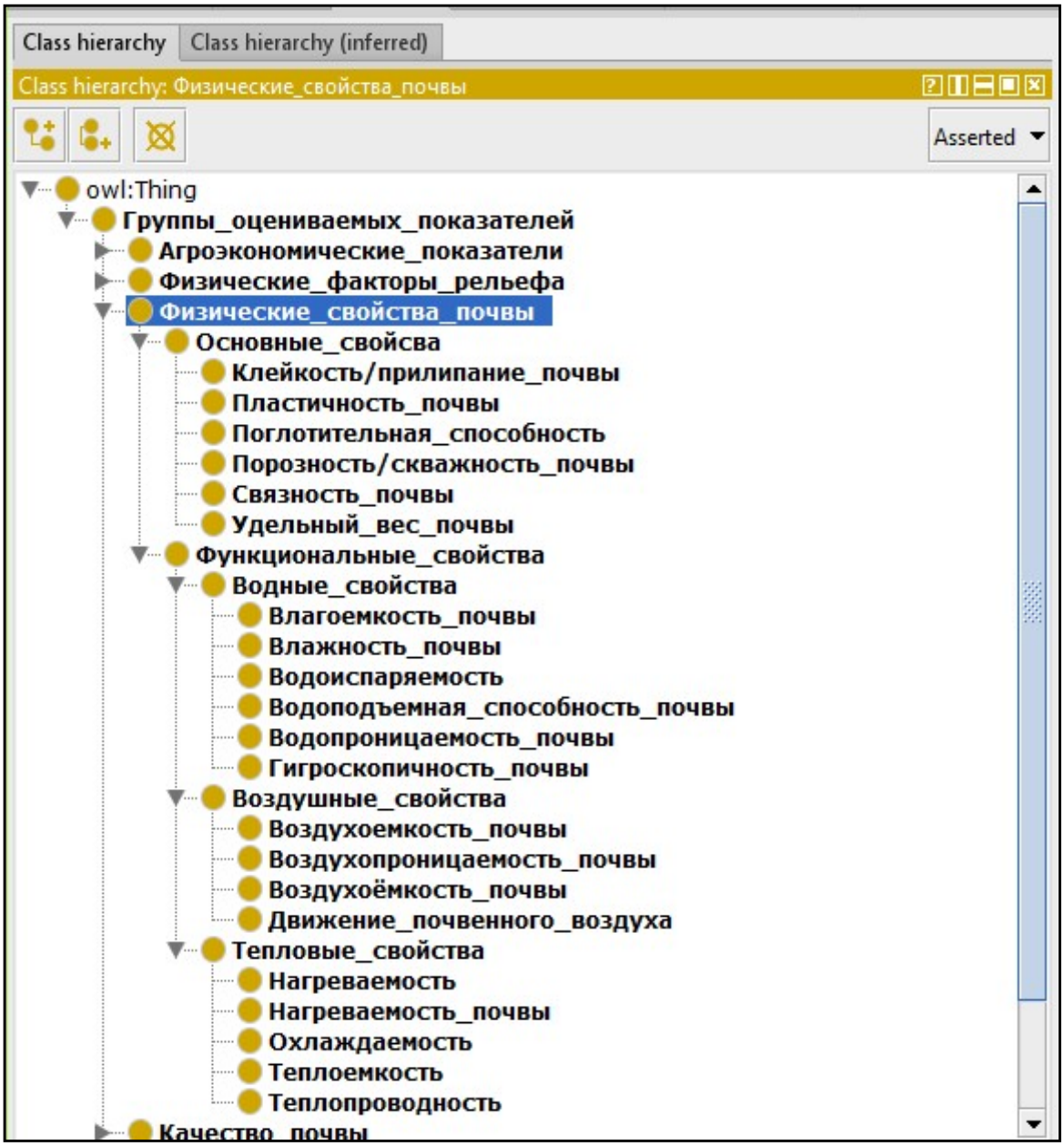


Рисунок 15 — Класс «Физические свойства почвы»

Для создания подклассов «Тепловые свойства», «Воздушные свойства» и «Водные свойства», необходимо для начала создать класс «Функциональные свойства».

Класс «Агроэкономические показатели», созданный с использованием источника [19], включает в себя абстрактные подклассы представленные на рисунке 16.

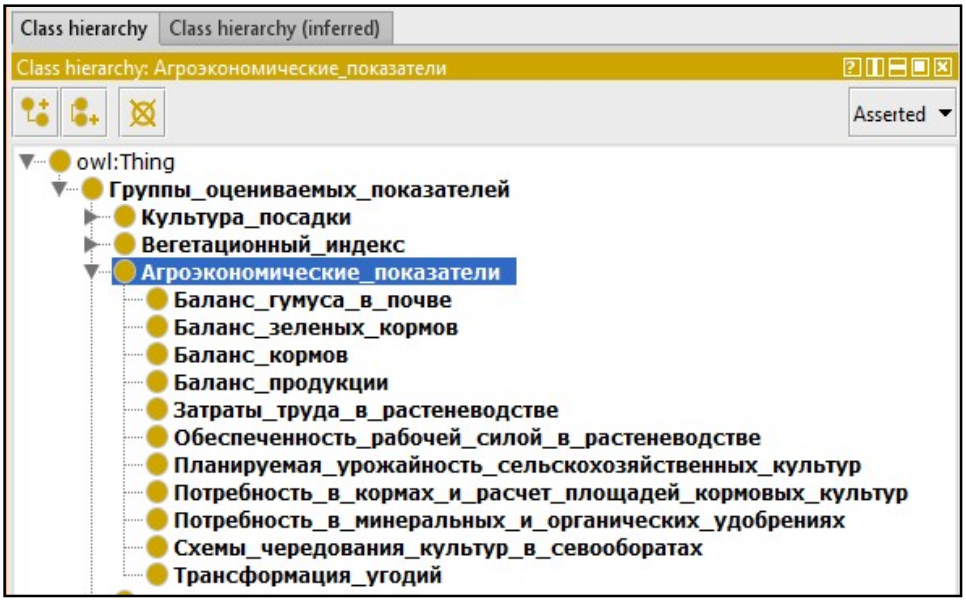


Рисунок 16 — Класс «Агроэкономические показатели»

Аналогичным способом были заполнены «Физические факторы рельефа», «Эффективное расстояние до объектов инфраструктуры» и «Состав почвы».

Также полученный результат, представленный на рисунке 17, можно построить в виде графа во вкладке «OntoGraf».

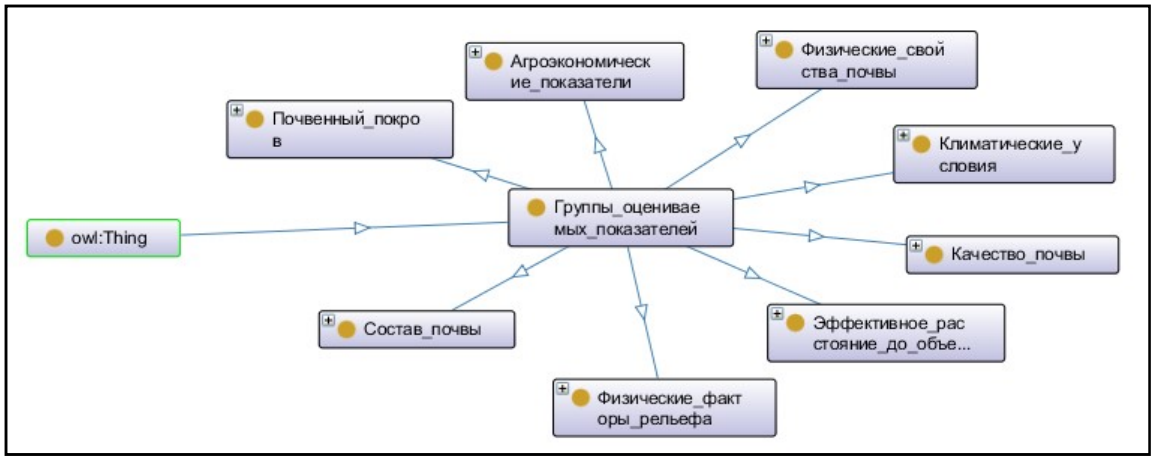


Рисунок 17 — Дерево классов

2.3 Определение атрибутов класса и свойств экземпляра

В инструментальном средстве Protégé 5.2 существует два основных типа свойств: свойства объекта (Object Properties) и свойства типов данных (Data Properties) [4]. Свойствами объекта являются отношения между двумя экземплярами.

В системе Protégé 5.2 по умолчанию автоматически создаются свойства объектов верхнего уровня (topObjectProperties) и свойства типов данных верхнего уровня (topDataProperties), по аналогии с классом Thing.

Свойства типов данных (атрибуты класса) — описывают связи между индивидом и значения данных. Для создания свойств типов данных необходимо перейти во вкладку «Data Properties», представленную на рисунке 18.

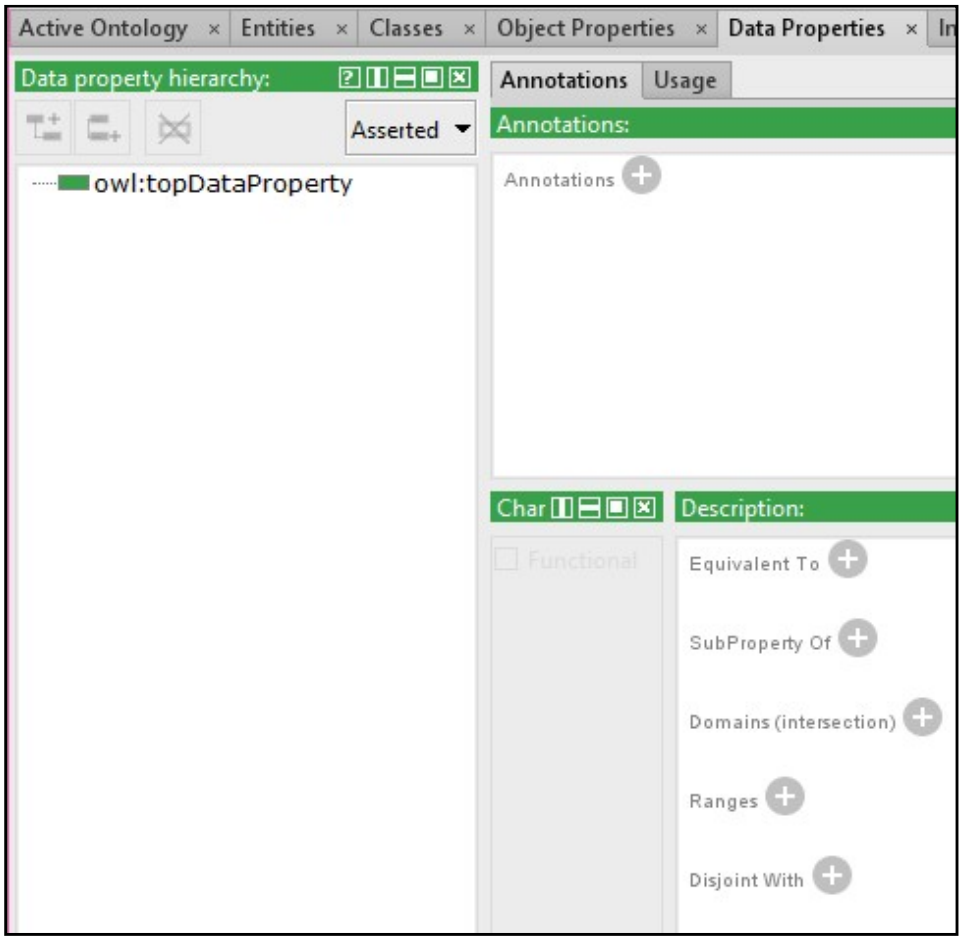


Рисунок 18 — Вкладка «Data Properties»

Во вкладке свойств типов данных присутствуют кнопки, помогающие создать и удалить выделенное свойство, аналогично принципу создания и удаления классов. При нажатии на одну из кнопок, всплывает диалоговое окно создания свойства, представленное на рисунке 19, где создается дерево свойств типов данных.

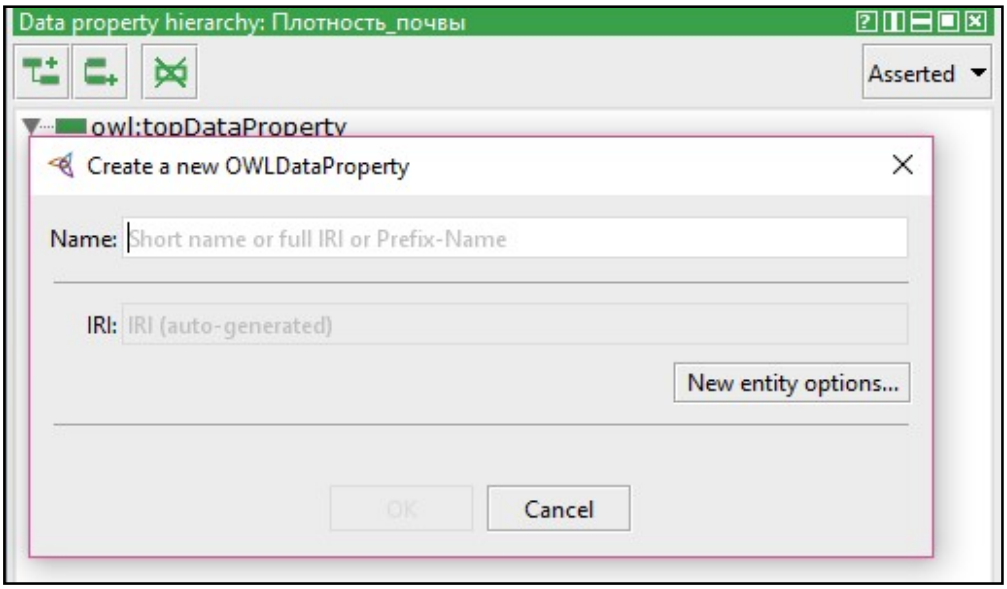


Рисунок 19 — Создание свойства типа данных при помощи рабочих кнопок

В качестве свойств типов данных, в создаваемой онтологии ЗСХН будут служить следующие Data Properties, представленные на рисунке 20.

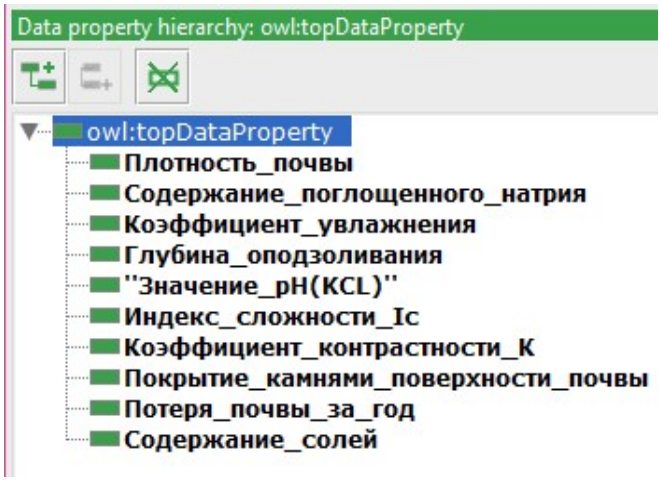


Рисунок 20 — Иерархия свойств типов данных

2.4 Создание экземпляров класса

Последним этапом создание онтологии является заполнения классов экземплярами. Для создания экземпляров в программном средстве Protégé 5.2 необходимо перейти во вкладку «Individuals by class», представленную на рисунке 21, нажать на иконку «Add individuals» и задать имя экземпляра.

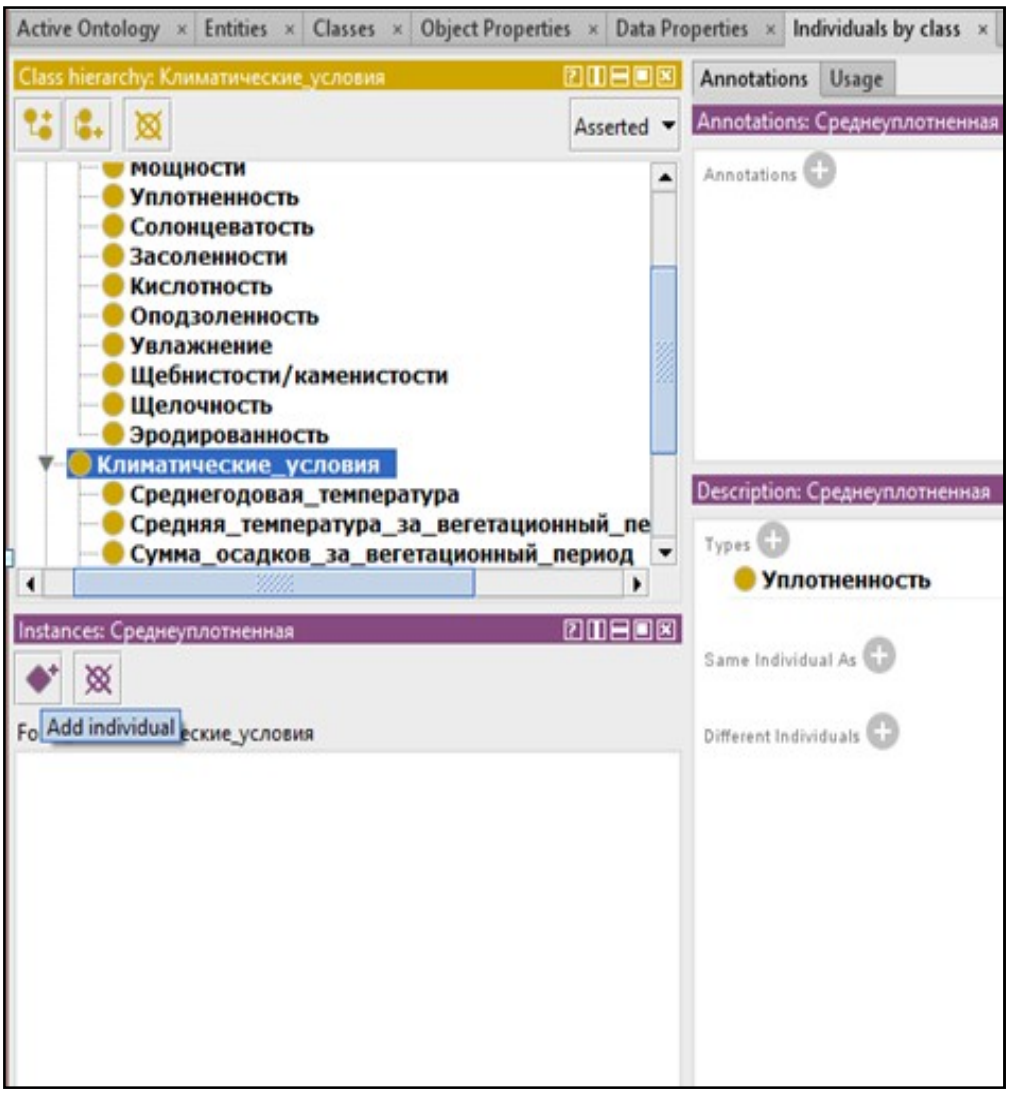


Рисунок 21 — Вкладка «Individuals by class»

В рамках данной преддипломной практики было создано 92 экземпляра. С полным списком экземпляров каждого класса можно ознакомиться открыв файл онтологии в программе Protégé 5.2.

Пример заполнения экземпляров представлен на рисунке 22.

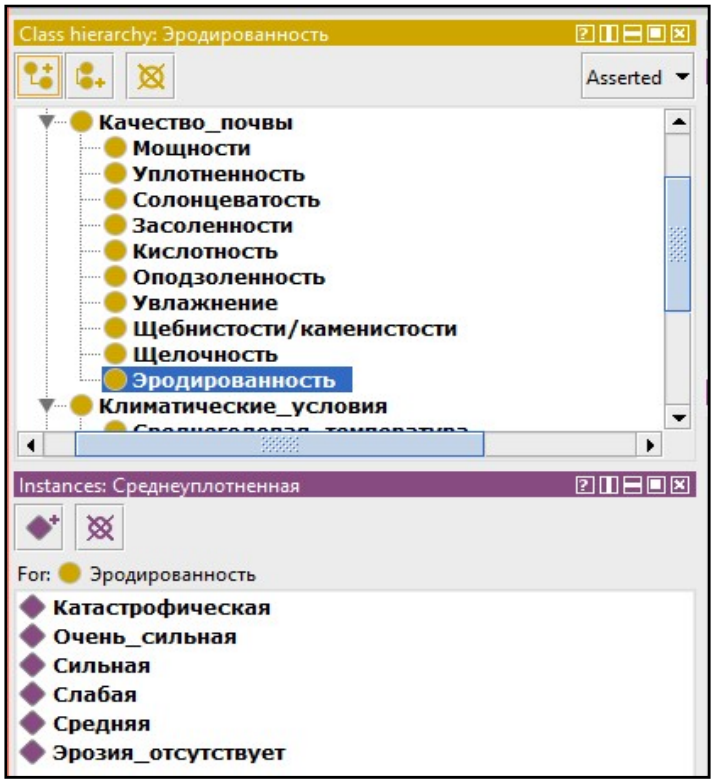


Рисунок 22 — Пример заполнения экземплярами класса

Помимо создания экземпляров, необходимо заполнить свойства типов данных для каждого экземпляра. Заполнение атрибутов представлено на рисунке 23.

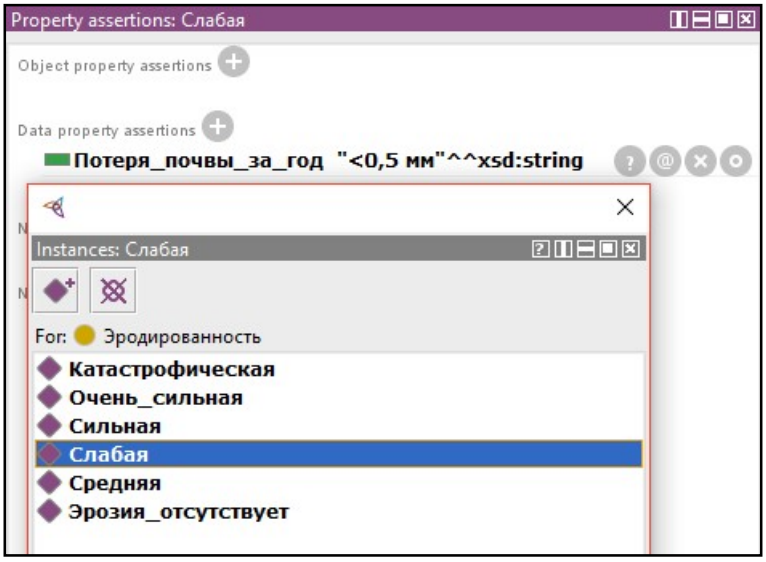


Рисунок 23 — Заполнение атрибутов для экземпляра «Слабая»

При заполнении атрибутов класса необходимо указывать тип данных, для данной онтологии для каждого атрибута используется тип данных «String», так как это универсальный тип данных.

2.5 Добавление комментариев

Добавить комментарий возможно непосредственно для самой онтологии в окне «Active ontology», представленном на рисунке 24, для описания назначения онтологии, а так же для удобства работы с онтологией нескольким пользователям.

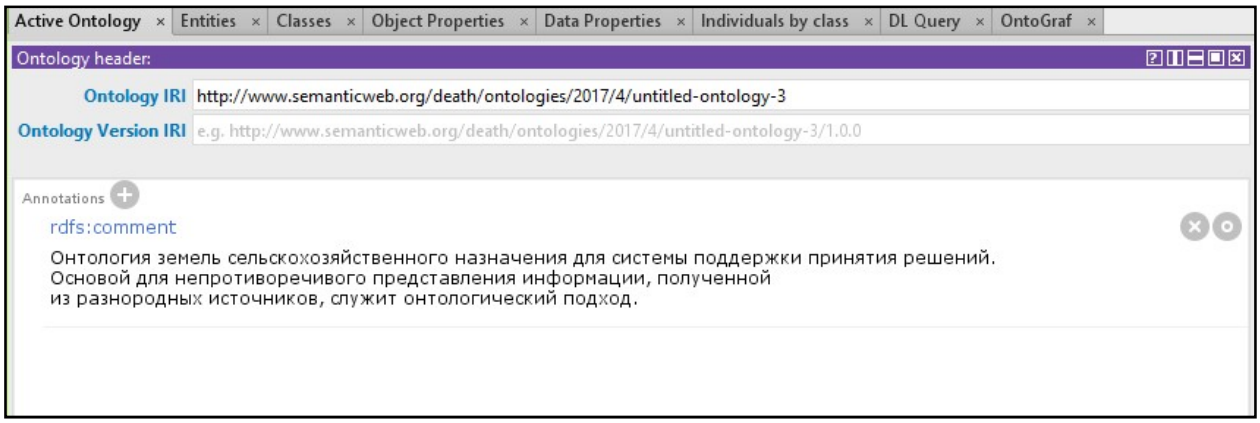


Рисунок 24 — Добавление комментария в окне «Active ontology»

Помимо «Active ontology», комментарии можно добавлять в «Entities», «Classes», «Object Properties», «Data Properties», «Individuals by class».

Информация о данных, которые невозможно представить в программе Protégé в удобной и используемой форме, была добавлена к «Classes», «Object Properties» и «Data Properties» в виде комментария в соответствующий блок «Annotations». В этих окнах содержатся формулы для расчета показателей, составляющих иерархию классов. За счет этих формул можно проследить зависимость одно класса (показателя) от другого.

Добавленные комментарии представлены на рисунке 25.

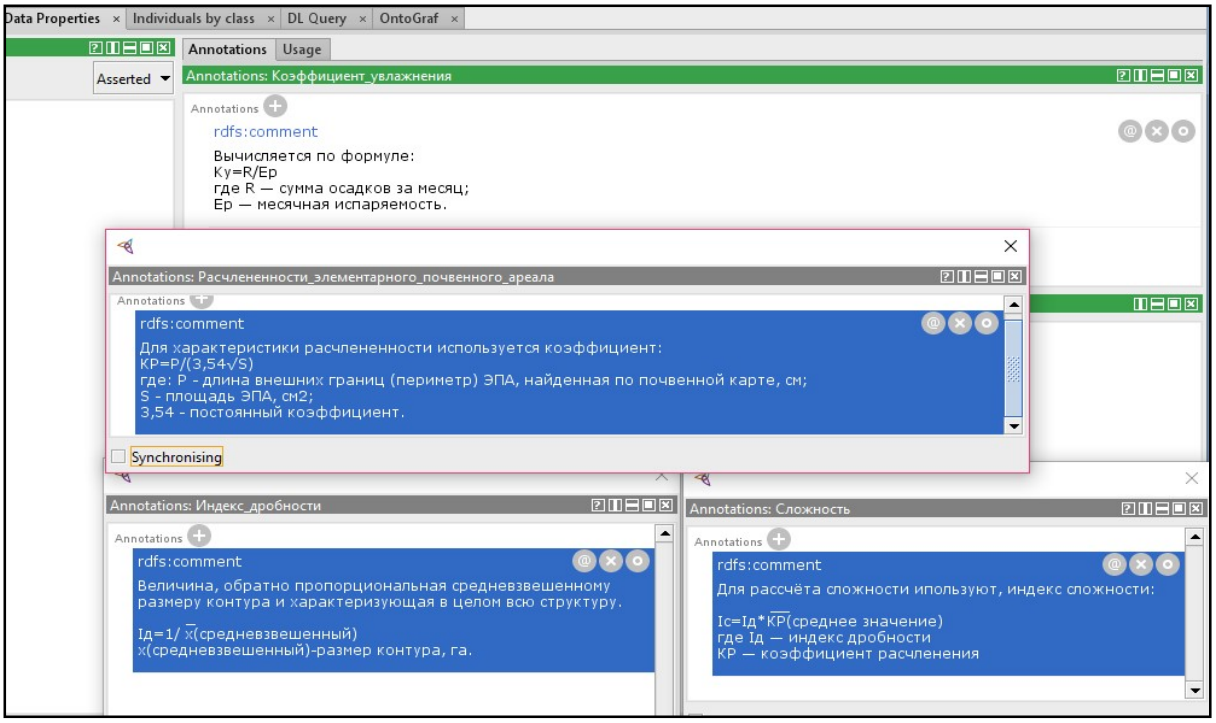


Рисунок 25 — Добавление комментария в «Classes» и «Data Properties»

Онтологию можно расширять, добавлять нерассмотренные разделы предметной области, добавлять новые связи между объектами и увеличить количество характеристик каждого экземпляра.

2.6 Структура онтологии на основе прецедентов

На основе онтологии, описанной выше, строится онтология по прецедентам, которая служит основой для БЗ.

Для суперкласса owl:Thing существует три непересекающихся подкласса верхнего уровня, представленные на рисунке 26.

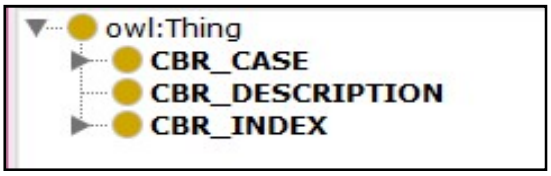


Рисунок 26 — Подклассы верхнего уровня

1) CBR_DESCRIPTION — описывает ограничения;

2) CBR_INDEX — класс, который включает в себя параметры прецедентов;

3) CBR_CASE — класс, содержащий экземпляры прецедентов.

На верхнем уровне концепты не пересекаются, являются непересекающимися классами (англ. class disjoint) и на языке дескрипционных логик [16] это выглядят, например, так:

$CBR\_DESCRIPTION \sqsubseteq \neg CBR\_INDEX$

$CBR\_DESCRIPTION \sqsubseteq \neg CBR\_CASE$

$CBR\_INDEX \sqsubseteq \neg CBR\_CASE$

У класса «CBR_INDEX» создано 10 подклассов, представленные на рисунке 27, которые были взяты из предыдущей онтологии: агрокультура, вегетационный показатель, агроэкономические показатели, качество почвы, климатические условия, почвенный покров, состав почвы, физические свойства почвы, физические факторы рельефа, эффективное расстояние до объектов инфраструктуры.

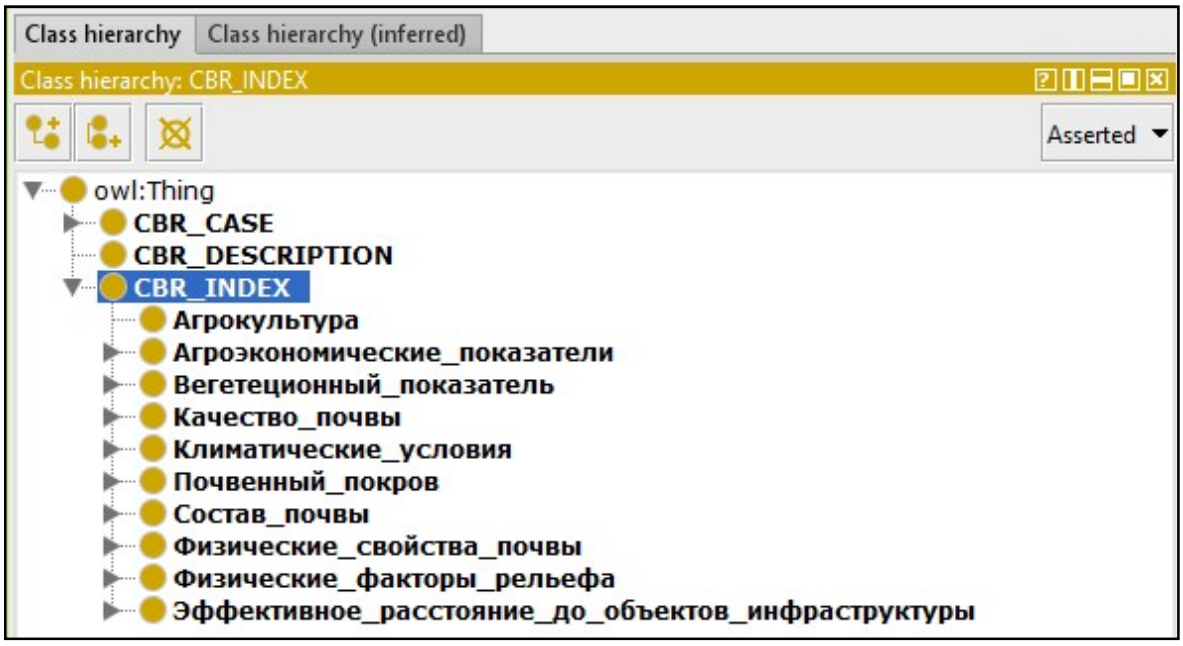


Рисунок 27 — Подклассы CBR_INDEX

Заполнение подклассов класса «CBR_INDEX», осуществляется на сновании данных из онтологии созданной ранее.

Например, класс «Климатические условия», представленный на рисунке 28, содержит подклассы, которые соответствуют параметрам, присущим тому или иному климату:

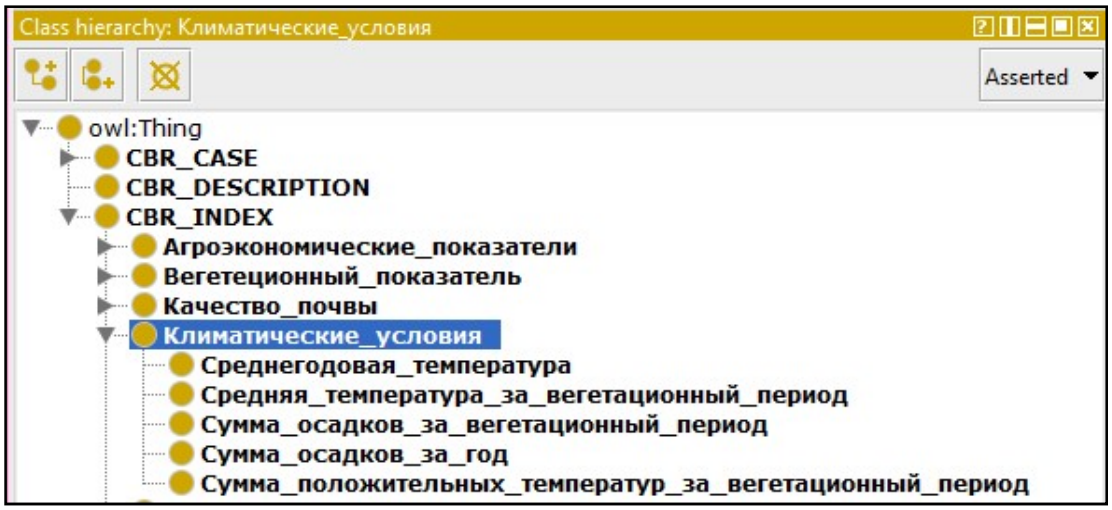


Рисунок 28 — Подклассы класса «Климатические условия»

Заполнение подклассов класса «CBR_CASE», осуществляется на сновании данных из предыдущей онтологии. В результате «CBR_CASE» был заполнен следующими классами представленными на рисунке 29:

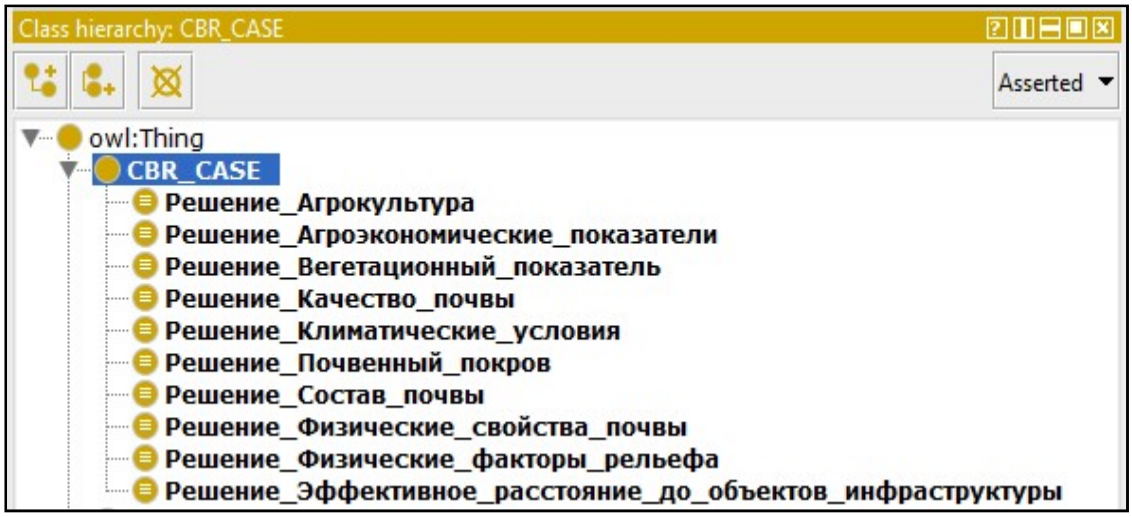


Рисунок 29 — Подклассы CBR_CASE

В окне «Object Properties» были добавлены свойства. Свойств столько же, сколько и классов в «CBR_INDEX», называются они аналогичным образом. Созданные свойства, являются связями между непересекающимися классами CBR, представленные на рисунке 30.

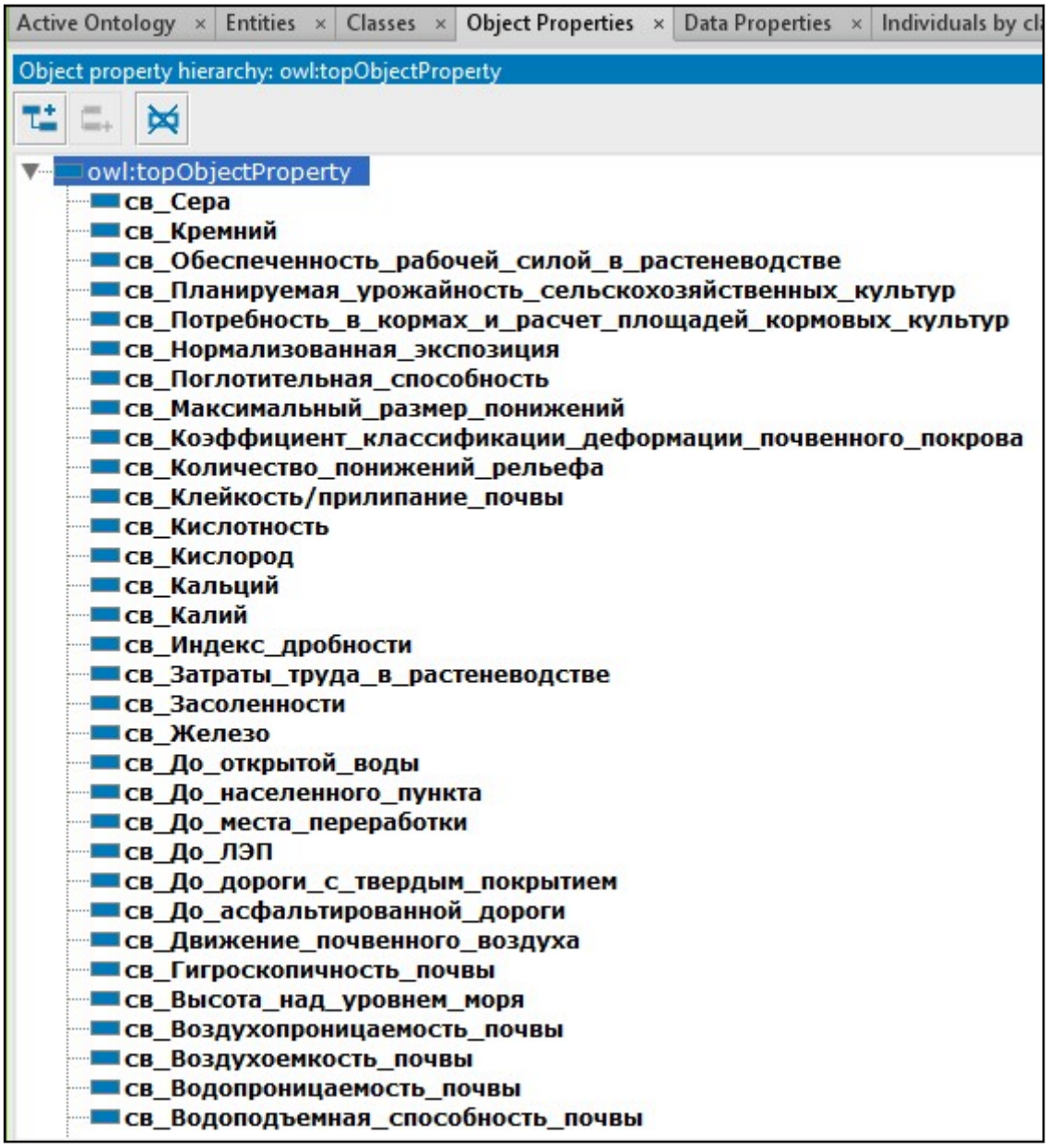


Рисунок 30 — Свойства классов

Для связи свойств с классом «CBR_CASE» необходимо перейти во вкладку Classes, и справа в «Descrition» нажать на кнопку «Equivalent to».

Таким образом связываются свойства с классами из «CBR_INDEX». Пример связей представлен на рисунке 31.

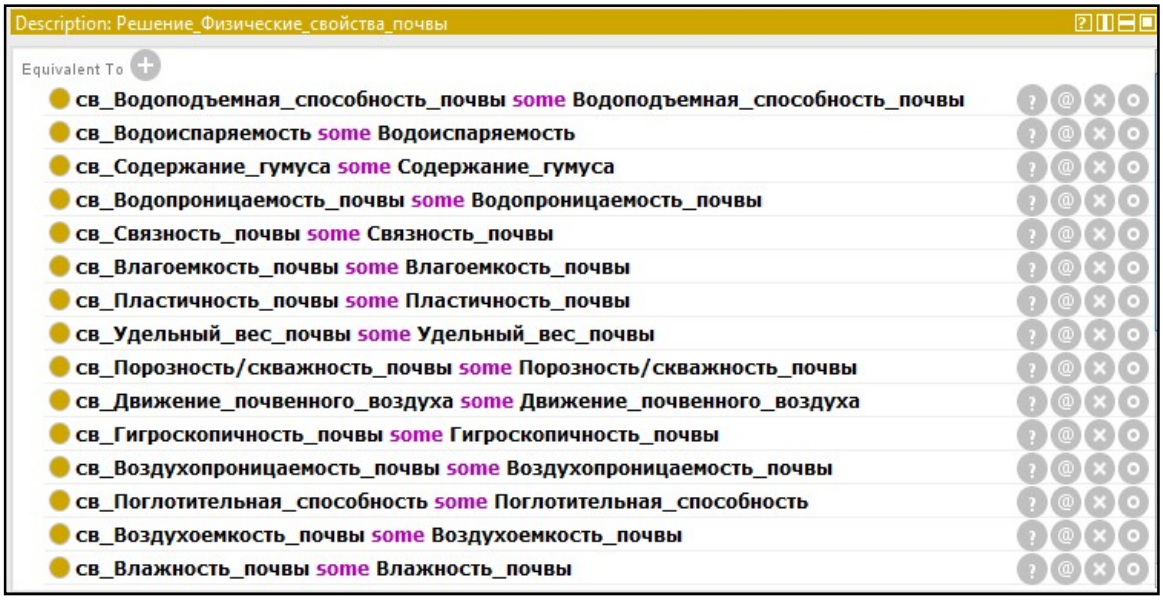


Рисунок 31 — Связи свойств с подклассом «Решение Физические свойства»

Для создания экземпляров класса «CBR_INDEX» необходимо перейти во вкладку «Individuals by class», нажать на иконку «Add individuals» и задать имя экземпляра, основываясь на данных онтологии созданной ранее. Пример заполнения экземплярами класса «Агрокультура» представлен на рисунке 32.

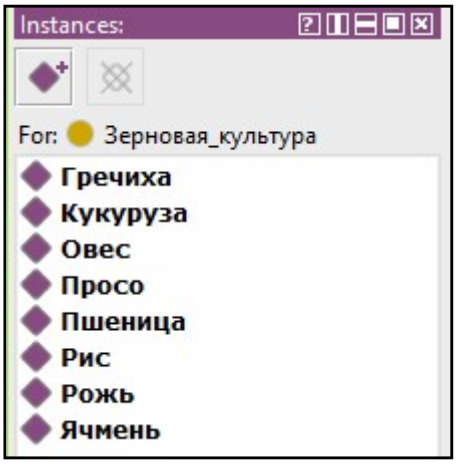


Рисунок 32 — Экземпляры класса «Агрокультура»

2.7 Вывод по главе 2

Были выполнены поставленные задачи для достижения цели, а именно: сформирована терминология онтологии предметной области, основанная на научной информации. Выстроена иерархия онтологии предметной области, в виде таксономии. Разработана онтология предметной области, с использованием нисходящего подхода, включающая 10 классов верхнего уровня: физические факторы рельефа, физические свойства почвы, агроэкономические показатели, качество почвы, климатические условия, почвенный покров, состав почвы, эффективное расстояние до объектов инфраструктуры, вегетационный индекс, агрокультура. В разработанную онтологию входят 89 классов, из которых 8 классов верхнего уровня (подклассов суперкласса Thing), 92 экземпляра, 10 атрибутов класса. исходя из потребностей их применения.

Созданная онтология использовалась, как справочная информация для создания онтологии на основе прецедентов, которая включает в себя три класса верхнего уровня: «CBR_DESCRIPTION» — описывает ограничения; «CBR_INDEX» — класс, который включает в себя параметры прецедентов; «CBR_CASE» — класс, содержащий экземпляры прецедентов. Разработанная онтология является фундаментом для модуля «База знаний», основываясь на которой будут сформированы решения для БЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является разработанная онтология земель сельскохозяйственного назначения для СППР в сельскохозяйственном производстве.

Для достижения поставленной цели был проведен обзор предметной области, позволивший определить метод для разработки онтологии и инструментальное средство для ее реализации. При таком методе создания онтологии, сначала собираются и классифицируются понятия, а затем происходит добавление соответствий между понятиями. Для разработки был выбрано инструментально средство Protégé, которое содержит в себе редактор онтологий, позволяющий проектировать онтологии, разворачивая иерархическую структуру абстрактных или конкретных классов, имеет удобный графический интерфейс, свободно распространяем, позволяет создавать онтологии на языке OWL.

Разработанная онтология будет в дальнейшем применяться в НИЛ «ИПКМ» Института космических и информационных технологий на кафедре систем искусственного интеллекта СФУ.

Статья по теме данной выпускной квалификационной работы опубликована в Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проспект Свободный — 2017», посвященная Году экологии в Российской Федерации.

Онтология ЗСХН для СППР в сельскохозяйственном производстве разработана при выполнении бакалаврской работы по направлению 09. 03. 02 «Информационные системы и технологии», по профилю подготовки 09. 03. 02. 04 «Информационные системы в медиаиндустрии».

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БЗ — База знаний, с. 5.

ГПД — Геопространственные данные, с. 15.

ЗСХН — Земля сельскохозяйственного назначения, с. 5.

ОСВ — Очистка сточных вод, с. 11.

ОО — Объект оценивания, с. 23.

СППР — Система поддержки принятия решений, с. 5.

СРЗ — Схема решения задач, с. 15.

ЭС — Экспертная система, с. 5.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1) Овдей, О. М. Обзор инструментов инженерии онтологий / О.М. Овдей, Г.Ю. Проскудина // Электронные библиотеки. – 2004. – Т. 7, вып. 4. – С. 3-19.

2) Gruber, T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J. A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann, 1991, 601-602.

3) Бачурина, Е. П. Методические указания по обеспечению самостоятельной работы и выполнению практических работ «Онтологии и построение экспертных систем» / Е.П. Бачурина. – Красноярск: ИПК СФУ, 2013. – 50 стр.

4) Добров, Б. В. Руководство по Protégé 4.2 beta разделы 4.1-Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения // Добров Б. В., Иванов В. В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д.

5) Сагитова, В.В.Интелектуальная поддержка принятия решений по аудиту информационных систем персональных данных на основе построения онтологий / Сагитова В. В., Васильев В. И. // Журнал Известия ЮФУ, Технические науки. 2015. № 5. С. 6–17.

6) Шкундина, Р. А. Интелектуальная система поддержки принятия решений на основе онтологии (на примере управления очисткой сточных вод). : автореф. дис. кондидат технических наук: 05.13.01 / Шкундина Роза Александровна. — Уфа, 2006. – 20 с.

7) Черняховская, Л. Р. Интеллектуальная поддержка принятия решений в организационном управлении разработкой программных проектов // Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова // Журнал Вестник УГАТУ. 2013. № 5 С. 195-199.

8) Раевич, К. В. Интеллектуальная система поддержки принятия управленческих решений в задачах оценки земель сельскохозяйственного назначения / Раевич К. В., Зеньков И. В. // Журнал Информатика, вычислительная техника и управление. 2016. № 5. С. 95-104.

9) Константинова, Н. С. Онтологии как системы хранения знаний // Н. С. Константинова, О. А. Митрофанова // Санкт-Петербургский государственный университет, Факультет филологии и искусств, Кафедра математической лингвистики

10) Раевич, К. В. Интеллектуальная информационная система оценивания земель сельскохозяйственного назначения / К.В. Раевич, Ю.А. Маглинец, Г.М. Цибульский // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2016, 9(7), 1025-1034

11) Раевич, К. В. Система поддержки принятия решений по оцениванию сельскохозяйственных угодий / К. В.Раевич, Ю. А. Маглинец // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сб. тезисов XII открытой Всерос. конф. (Москва, 10–14 ноября 2014 г.). М.: Изд-во ИКИ РАН, 2014. С. 394.

12) Гуреева, О. В. Особенности земель сельскохозяйственного назначения как объекта оценки // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2008. No 4. С. 78–81.

13) Кривоконева, Е. Ю. Мониторинг земель с применением ГИС-технологий / Е. Ю. Кривоконева, И. Ю. Гончарова// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4(04), 2011 г.

14) Анохин, Е. И. Понятие, принципы и методы оценки земель сельскохозяйственного назначения. Проблемы современной экономики, 3 (35), 2010 [Anokhin E. I. Concept, principlesand methods of evaluation of agricultural land.J.Problems of modern Economics,3 (35), 2010 (inRussian)].

15) Комаров, М. Е. Анализ состояния и дифференциальная рекреационнаяоценка природно-ландшафтного потенциала Белгородской области /М. Е. Комаров // Научные ведомости. Серия Естественные науки.— 2011.—No 21 (116).—Вып. 17.—С. 191–202.

16) Фомин, Г. С. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. // Фомин Г. С., Фомин А. Г. // Справочник / Москва 2001. С. 305

17) Скрябина, О. А. Структура почвенного покрова, методы её изучения // Учебное пособие Пермской государственной сельскохозяйственн ой академии имени Д. Н. Пряшникова. 2007

18) Качинский, Н. А. Почва, ее свойства и жизнь // Н. А. Качинский // Учебное пособие академии наук СССР. Серия «Настоящее и будущее Земли и человечества» / Москва 1975

19) Барсукова, Г. Н. Экономика землеустройства // Г. Н. Барсукова, Д. К. Деревенец // Учебное пособие Кубанский государственный аграрный университет / 2013

20) Якушев, В. В. Система поддержки принятия решений в земледелии. Принципы построения и функциональные возможности. // Журнал известия российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2009. С. 110-114.

21) Тузовский, А. Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) // Учебное пособие Томского «кибернетического центра» ТПУ // А. Ф. Тузовский, С. В. Чириков, В. З. Ямпольский / Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с

22) Волков, С. Н. Землеустройство. Теоретические основы землеустройства. Т . 1 / С. Н. Волков. — М.: Колос, 2001. — 496 с.

23) Земельный кодекс Российской Федерации. 2001 г. No 136 - ФЗ. Ред. от 01.01.2017 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016) [Электронный ресурс]. / Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/.

24) Методические указания по проведению комплексно го мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Л. М. Державин, Д. С. Булгаков и др. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. — 240 с.

25) Раевич, К. В. Методы поддержки принятия решений при оценке земельных ресурсов лицом, принимающим решение в задачах управления сельскохозяйственным производством (на примере земледельческой части Сухобуземского района Красноярского края) // К. В. Раевич, И. В. Зенков // Диссертация СФУ 2016г.

26) Раевич, К. В. Управление использованием продуктивных земель агропромышленного комплекса Красноярского края на основе показателей агроэкономического потенциала / К. В. Раевич, И. В. Зеньков, Ю. А. Маглинец //Вестник Иркутского гос. техн. ун-та.—2016.—No 3.—С. 57–66

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Плакаты презентации

ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта
09. 03. 02 «Информационные системы и технологии»

Бакалаврская работа

Создание онтологии земель сельскохозяйственного назначения для системы поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве

Выпускник: Д. С. Мощенкова

Руководитель: К. В. Раевич

Красноярск 2017

Рисунок А. 1 — Слайд презентации № 1

Цель:

Создание онтологии земель сельскохозяйственного назначения для системы поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве.

Задачи:

- обзор предметной области;
- формирование терминологической части и выстраивание иерархии;
- разработка онтологии предметной области в программной среде Protégé.

2

Рисунок А. 2 — Слайд презентации № 2

Рисунок А. 3 — Слайд презентации № 3

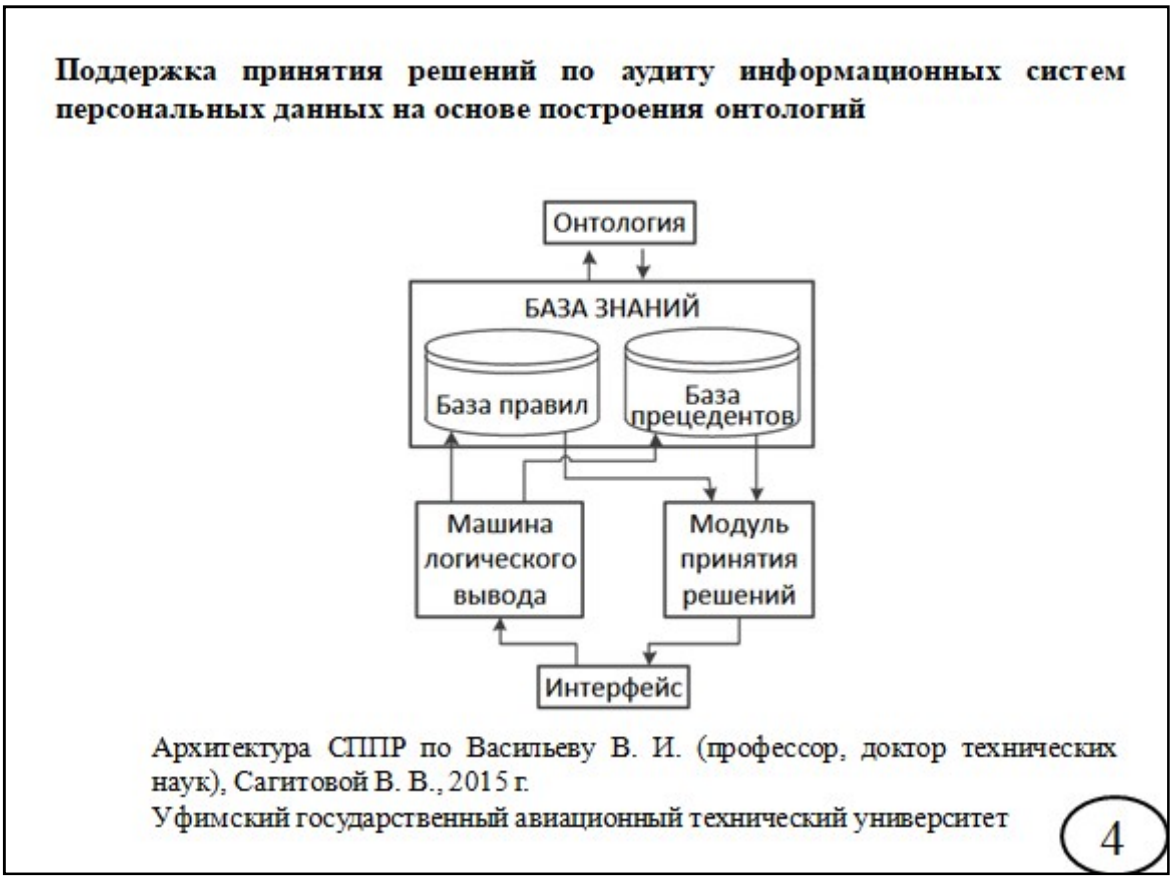


Рисунок А. 4 — Слайд презентации № 4

Рисунок А. 5 — Слайд презентации № 5

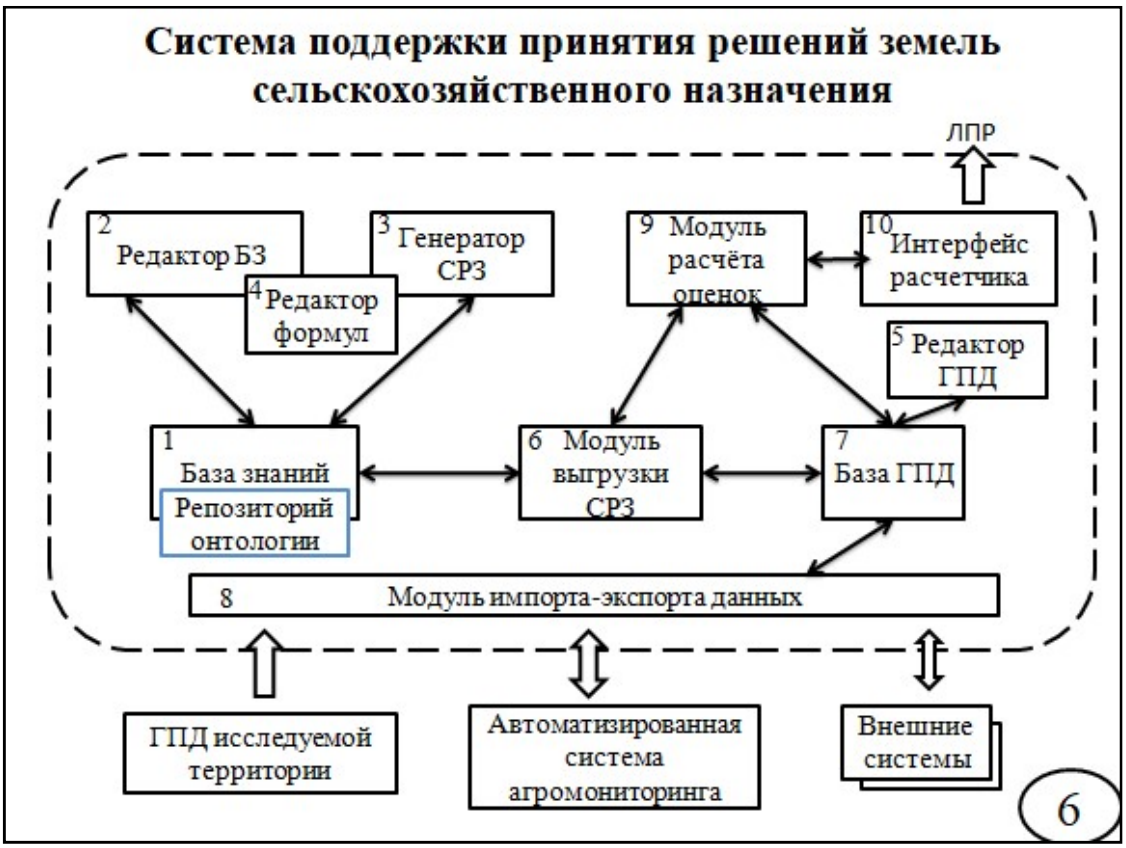


Рисунок А. 6 — Слайд презентации № 6

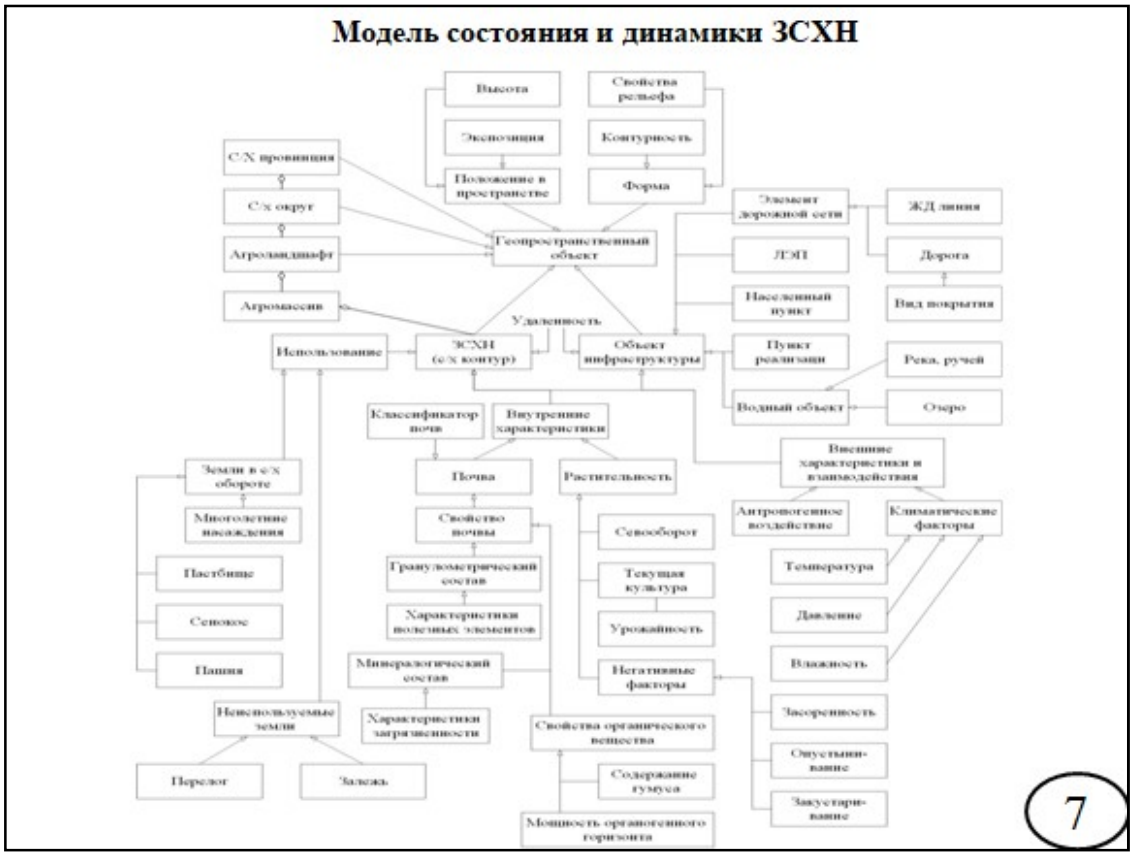


Рисунок А. 7 — Слайд презентации № 7

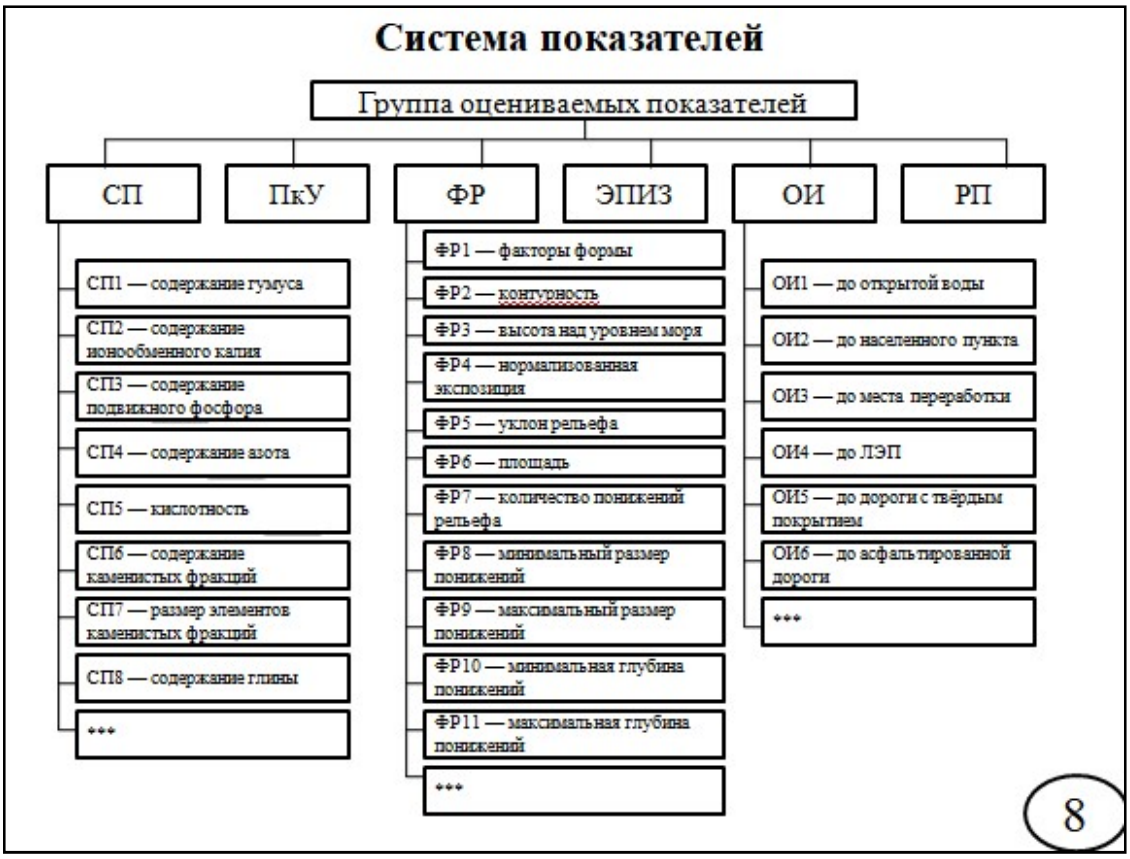


Рисунок А. 8 — Слайд презентации № 8

Рисунок А. 9 — Слайд презентации № 9

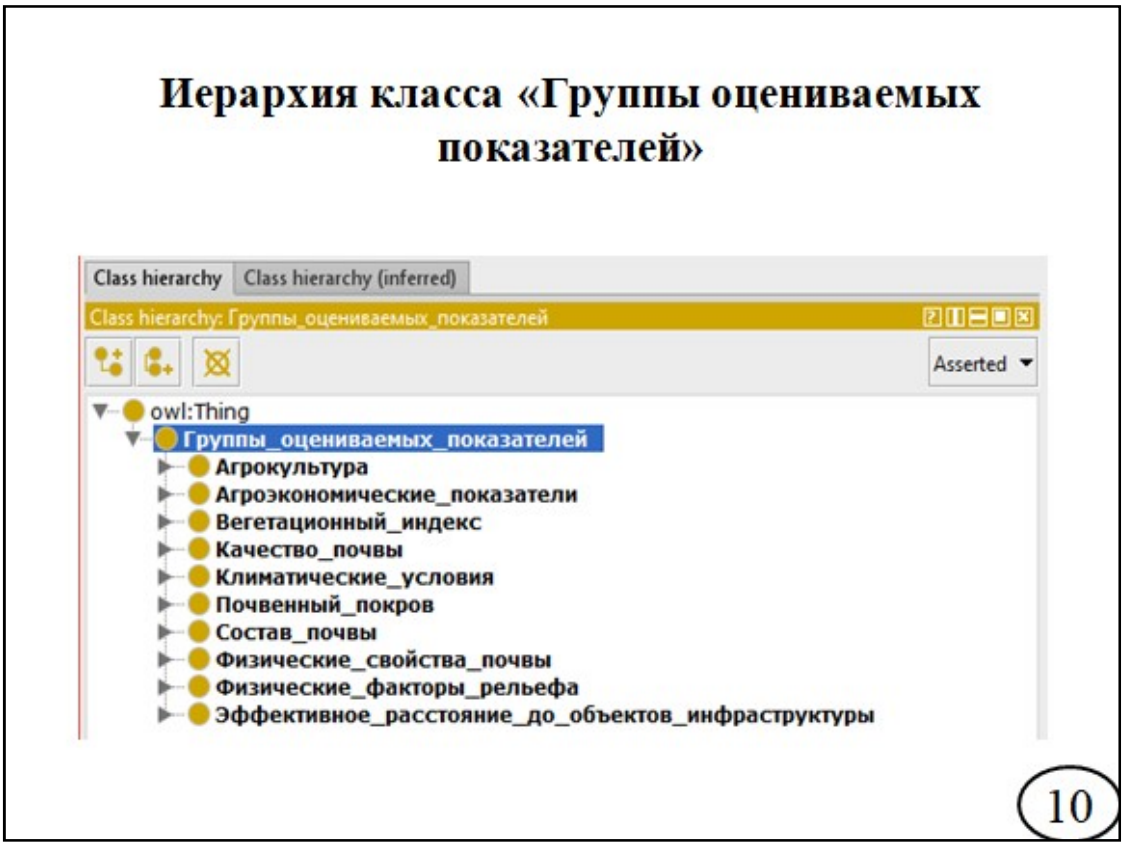


Рисунок А. 10 — Слайд презентации № 10

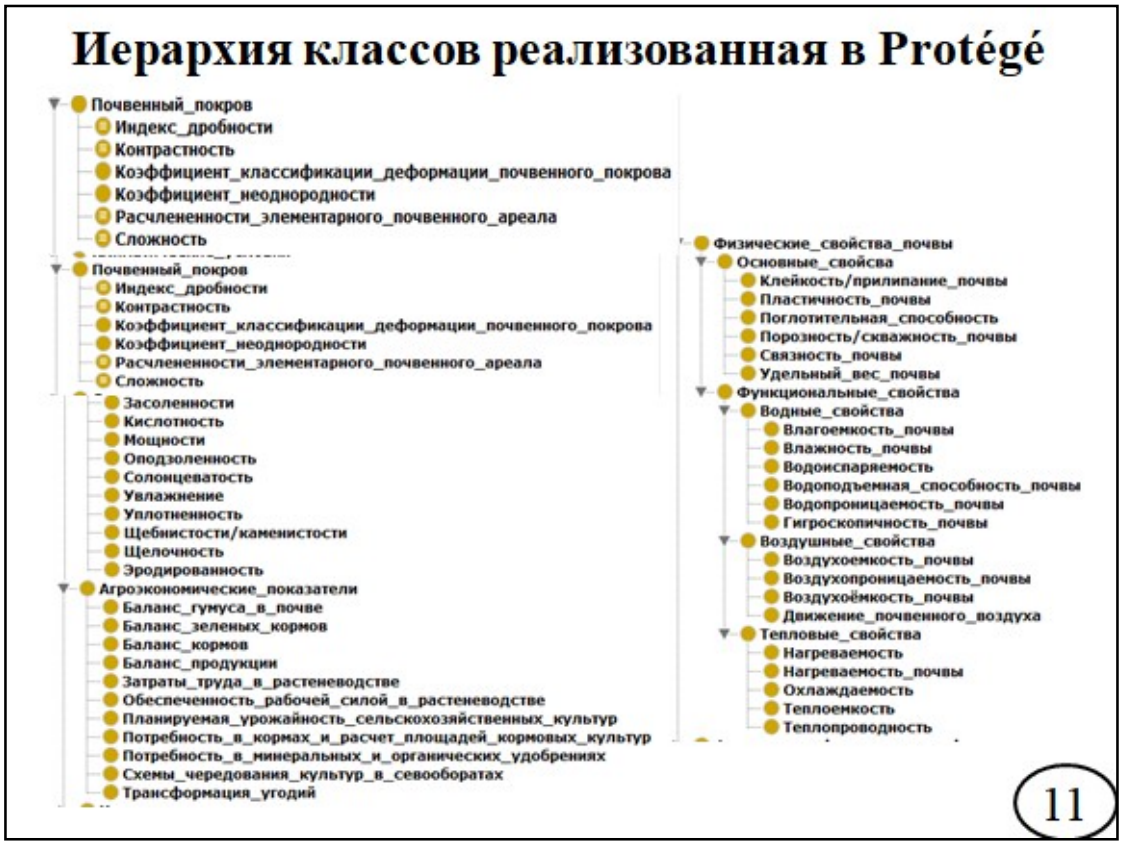


Рисунок А. 11 — Слайд презентации № 11

Рисунок А. 12 — Слайд презентации № 12

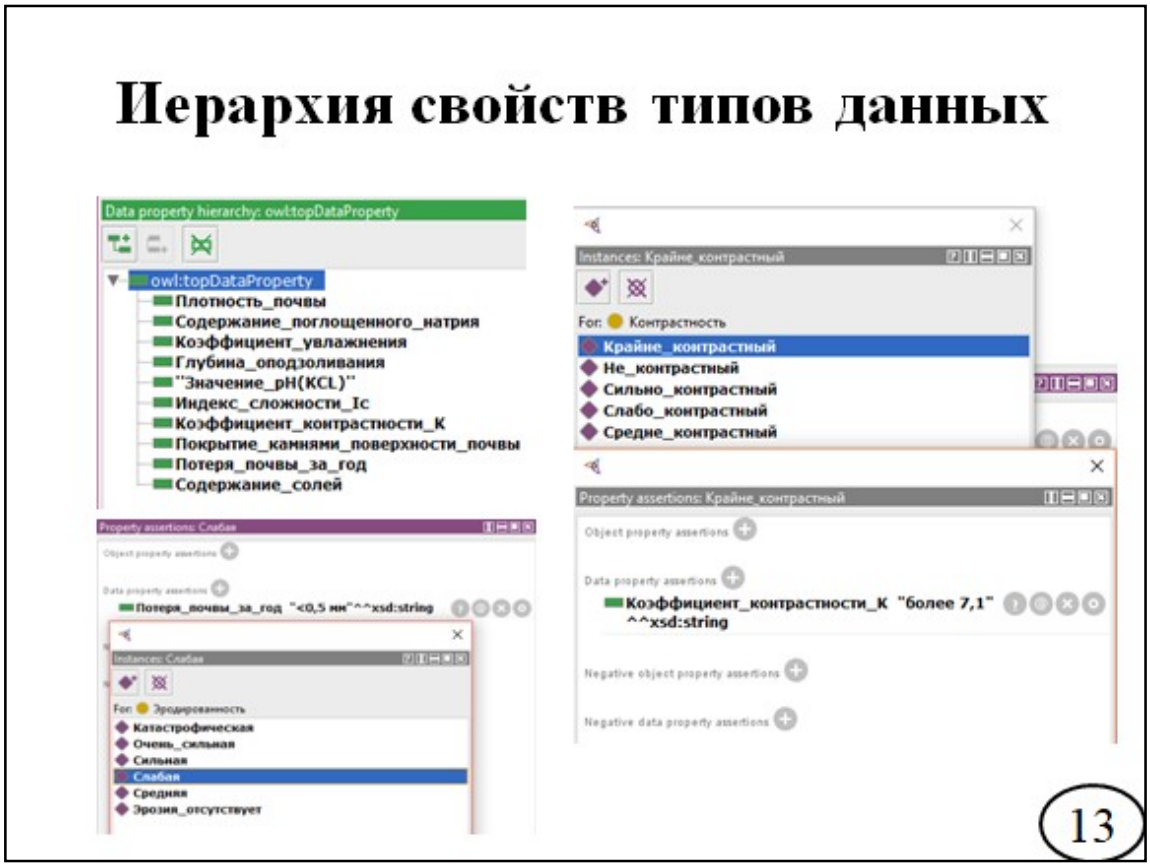


Рисунок А. 13 — Слайд презентации № 13

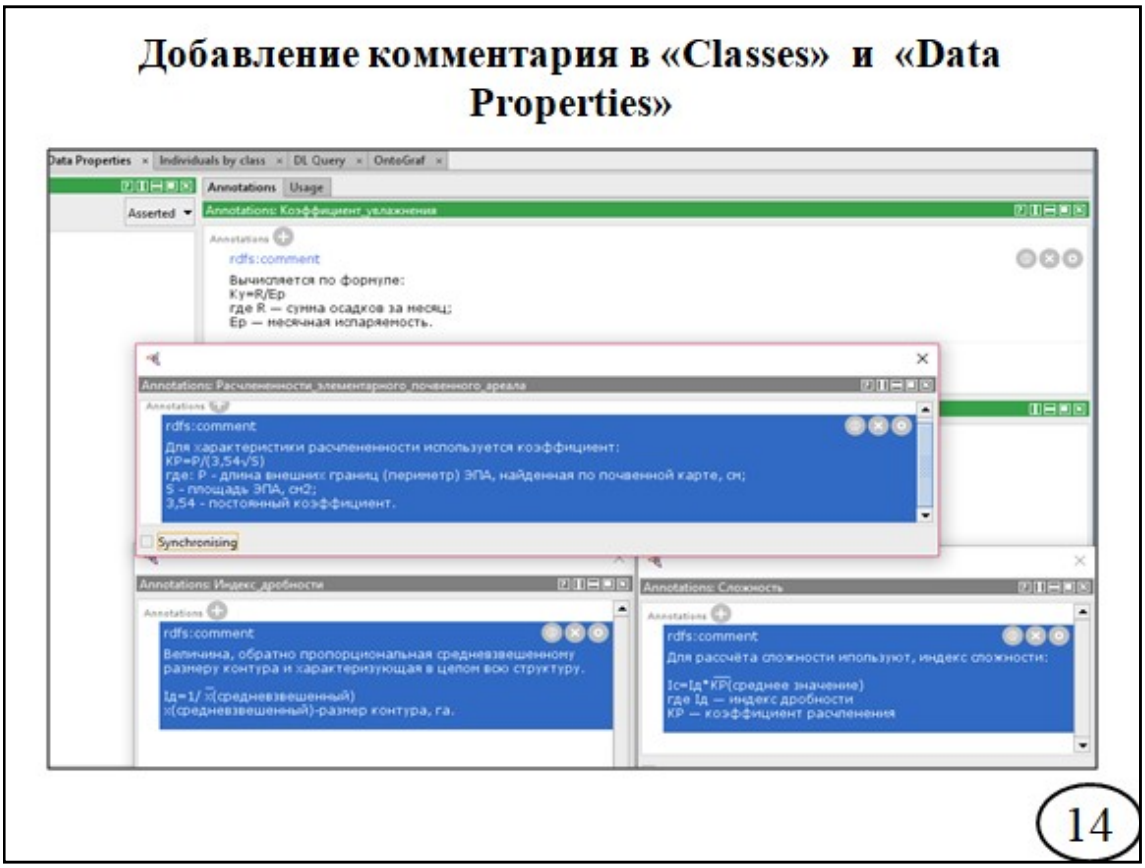
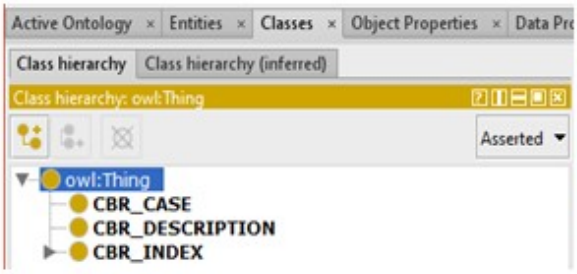


Рисунок А. 14 — Слайд презентации № 14

Непересекающихся подкласса верхнего уровня



CBR_DESCRIPTION — описывает ограничения;
CBR_INDEX — класс, который включает в себя параметры прецедентов;
CBR_CASE — класс, содержащий экземпляры прецедентов.

На верхнем уровне классы не пересекаются, являются и на языке дескрипционных логик это выглядят, например, так:

$$CBR\_DESCRIPTION \sqsubseteq \neg\, CBR\_INDEX$$

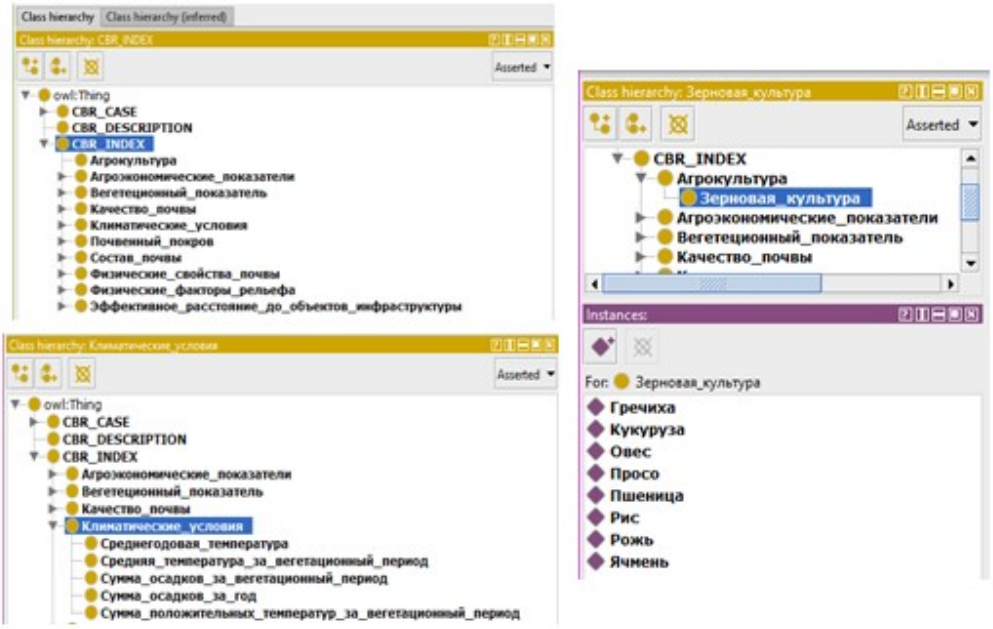
$$CBR\_DESCRIPTION \sqsubseteq \neg\, CBR\_CASE$$

$$CBR\_INDEX \sqsubseteq \neg\, CBR\_CASE$$

15

Рисунок А. 15 — Слайд презентации № 15

Созданные классы и экземпляры



16

Рисунок А. 16 — Слайд презентации № 16

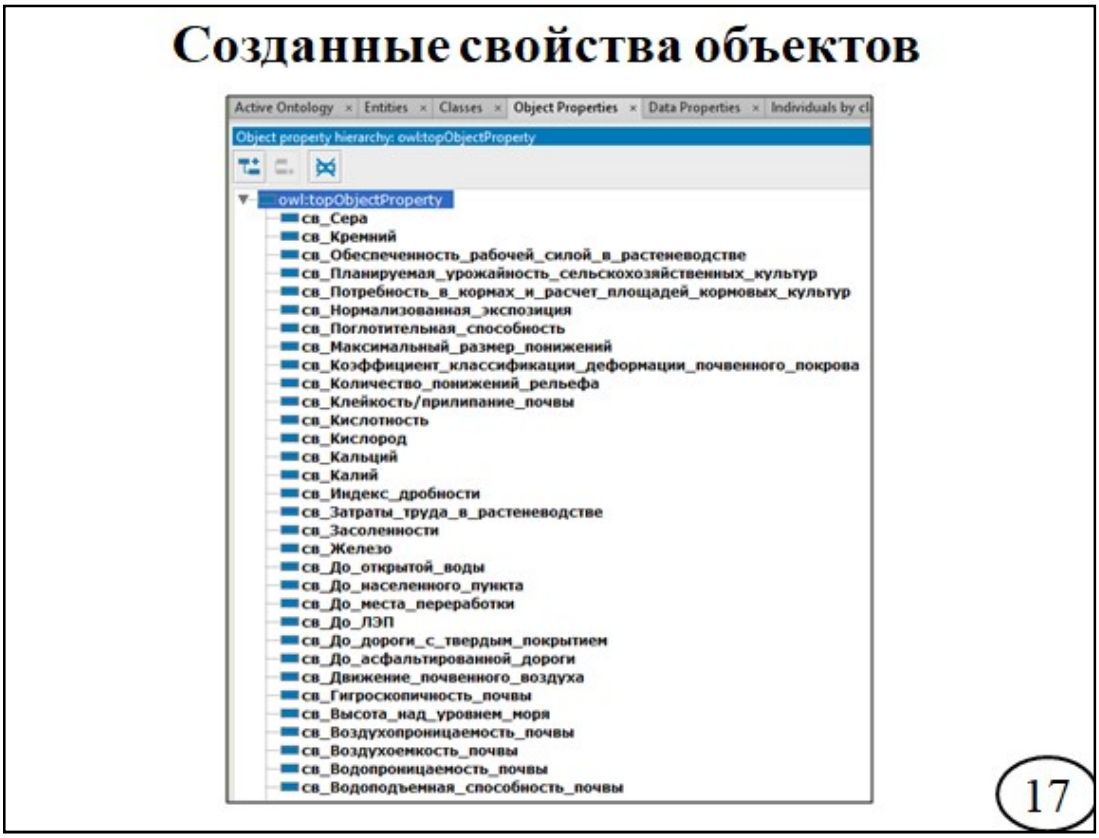


Рисунок А. 17 — Слайд презентации № 17

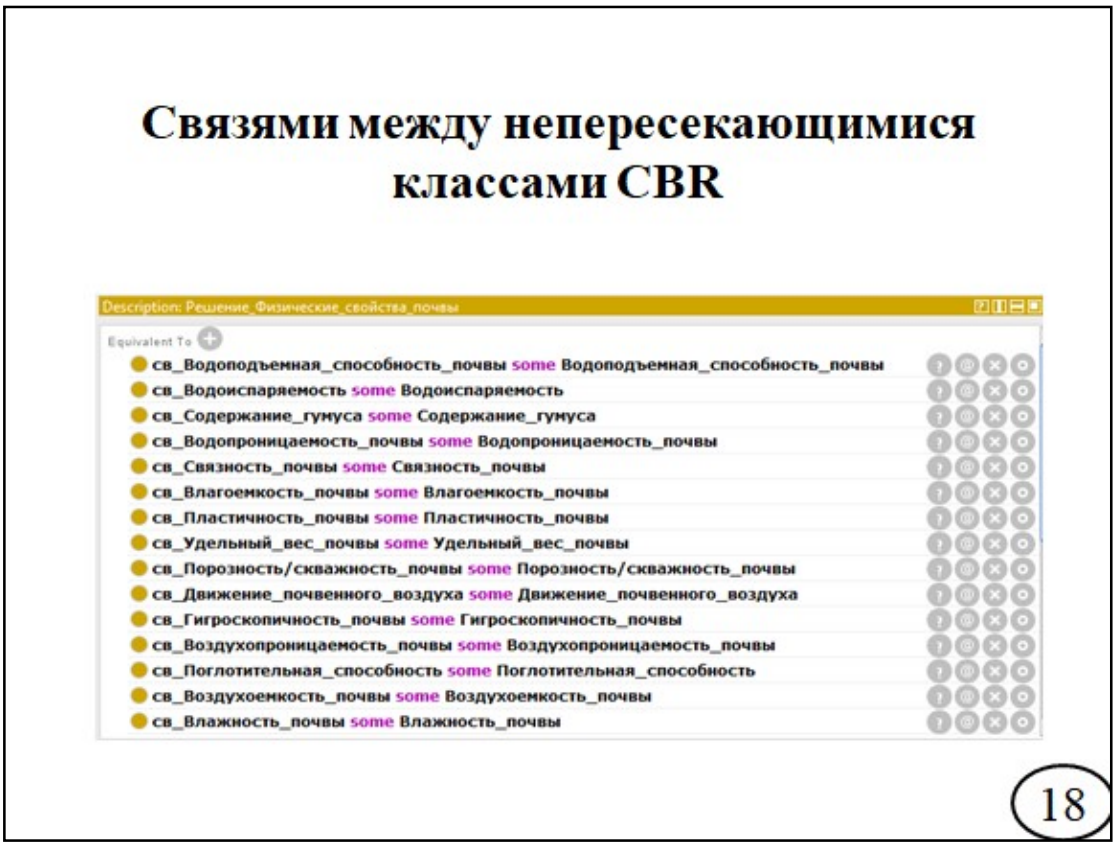


Рисунок А. 18 — Слайд презентации № 18

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Проведен обзор предметной области.
- Сформирована терминологическая часть и выстроена иерархия.
- Создан модуль «Онтология» для системы поддержки принятия решений, как основа для базы знаний.

19

Рисунок А. 19 — Слайд презентации № 19

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Диплом об участии в конференции

SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

ДИПЛОМ

II СТЕПЕНИ

Н А Г Р А Ж Д А Е Т С Я

Гульцев Роман Евгеньевич

Мощенкова Дарья Сергеевна

Черкасов Станислав Игоревич

студенты Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета

за доклад, успешно представленный на Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных *«Проспект Свободный-2017»*

(научный руководитель – ст. преподаватель К.В. Раевич)

Председатель оргкомитета, проректор по науке и международному сотрудничеству

С.В. Верховец

Красноярск 2017 г.

Рисунок Б. 1 — Диплом участника конференции II степени