

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автоматизированные системы управления»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов специальности
6-05-0612-03 «Системы управления информацией»
заочной формы обучения*



Могилев 2026

УДК 004.8
ББК 32.973-018
И73

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автоматизированные системы управления»
«24» марта 2026 г., протокол № 8

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. М. Борчик

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине
«Интеллектуальные информационные системы» предназначены для студентов
специальности 6-05-0612-03 «Системы управления информацией» заочной
формы обучения.

Учебное издание

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Ответственный за выпуск

А. И. Якимов

Корректор

А. А. Подошевка

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 21 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2026

Содержание

Введение.....	4
Модуль 1. Подготовительный этап к аудиторной контрольной работе № 1.....	6
Аудиторная контрольная работа № 1. Построение базы знаний.....	8
Модуль 2. Аудиторная контрольная работа № 2. Байесовские сети доверия.....	15
Список литературы.....	20
Приложение А. Практические примеры моделей знаний.....	22
Приложение Б. Проверочная работа.....	42

Введение

Современные промышленные предприятия и организационные структуры всё чаще сталкиваются с необходимостью обработки больших объёмов слабо-структурированной информации, принятия решений в условиях неопределённости и оперативного реагирования на изменения внешней и внутренней среды. Традиционные алгоритмические подходы, основанные на жёстких математических моделях, зачастую оказываются недостаточно гибкими для решения задач диагностики, контроля качества, управления технологическими процессами и распределения ресурсов. В этом контексте ключевую роль приобретают интеллектуальные информационные системы (ИИС), которые позволяют аккумулировать, структурировать и эффективно использовать эмпирические и экспертные знания.

Методические рекомендации предназначены для формирования у студентов системного подхода к построению баз знаний – центрального компонента любой ИИС. В основе лежит принцип «от теории к практике»: детальное изучение моделей представления знаний (продукционные правила, таблицы решений, семантические сети, фреймы, байесовские сети доверия) закрепляется выполнением конкретных заданий, максимально приближенных к реальным производственным задачам.

Особое внимание в рекомендациях уделяется самостоятельной работе, которая включает не только анализ теоретического материала, но и моделирование экспертных мнений, формализацию нечётких эвристик, а также расчёт вероятностных выводов. Такой комплексный подход позволяет студенту не только освоить базовые понятия инженерии знаний, но и приобрести навыки, необходимые для дальнейшей разработки и сопровождения интеллектуальных систем в машиностроении, энергетике, химической, пищевой и других отраслях промышленности.

Методические рекомендации структурированы таким образом, чтобы поэтапно провести обучающегося через все этапы создания базы знаний: от сбора первичных фактов и опроса экспертов до построения формальных моделей и реализации вероятностного вывода. Приводимые в приложениях сквозные примеры (автомобильный сервис, военно-учётная система, распределение стипендий, диагностика банкоматов) демонстрируют универсальность предлагаемых инструментов и их применимость к самым разным предметным областям.

Цели и задачи самостоятельной работы: освоить методы сбора, систематизации и формализации знаний для построения баз знаний в области интеллектуальных информационных систем применительно к промышленным предприятиям; развить навыки анализа экспертных мнений, составления правил и структурирования знаний; подготовиться к выполнению практических заданий и контрольных работ, включая построение таблиц решений, семантических сетей, фреймовых моделей и байесовских сетей доверия.

Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала, выполнение практических заданий и подготовку отчётов. Все отчёты должны иметь чёткую структуру, единый стиль оформления, содержать комментарии и пояснения. При выполнении заданий рекомендуется опираться на материалы лабораторных работ, где детально разобраны аналогичные примеры.

Основные этапы самостоятельной работы.

1 Изучение теоретических сведений – знакомство с базовыми понятиями инженерии знаний (факты, правила, глоссарий); изучение способов формализации знаний: продукционные правила, таблицы решений, семантические сети, фреймы; ознакомление с методами работы с неопределённостью (байесовские сети доверия).

2 Проведение опроса экспертов или моделирование экспертных мнений – выбор предметной области; разработка опросника (не менее 5–7 вопросов); фиксация ответов и выделение ключевых факторов.

3 Анализ полученных данных – формирование глоссария; выделение классов знаний и продукционных правил; подготовка фактографической базы для конкретного производственного инцидента.

4 Построение формальных моделей – таблицы решений (MS Excel); семантические сети (draw.io / Visio); фреймовые структуры (реляционная реализация в MS Access / SQL Server); байесовские сети доверия (расчёт вероятностей).

5 Оформление итоговых отчётов – все результаты должны быть представлены в виде структурированных документов с пояснениями и выводами.

Модуль 1. Подготовительный этап к аудиторной контрольной работе № 1

1 Теоретическая часть.

1.1 Дайте определения следующим понятиям: база знаний, продукционное правило, таблица решений, семантическая сеть, фрейм. Поясните, как эти модели используются в интеллектуальных информационных системах.

1.2 Объясните роль экспертных знаний при создании автоматизированных систем управления производством. Опишите основные этапы инженерии знаний (извлечение, структурирование, формализация, реализация).

1.3 Охарактеризуйте различия между связями АКО (A-Kind-Of) и IS-A (экземпляр класса) в семантических сетях; приведите примеры из промышленной области. Объясните, что такое наследование свойств во фреймовых системах и как оно реализуется в реляционных базах данных.

2 Аналитическая часть.

Выберите одну из предложенных предметных областей промышленного производства (или предложите свою, согласовав с преподавателем):

- управление качеством текстильного волокна;
- диагностика неисправностей лифтового оборудования;
- контроль технологических параметров в химической реакции;
- мониторинг состояния металлорежущего станка;
- оценка рисков при эксплуатации электрооборудования.

Опишите следующее.

1 Каким образом можно собрать экспертные знания по выбранной области?

2 Какие специалисты являются экспертами?

3 Какие источники информации (документация, журналы, показания датчиков) используются?

4 Какие методы извлечения знаний (интервью, анкетирование, анализ журналов) наиболее эффективны?

5 Как можно смоделировать мнения специалистов в учебных целях (например, с использованием чат-ботов или тестовых наборов данных)?

3 Практическая часть.

На основе собранных (или смоделированных) данных выполните следующие действия.

3.1 Сформулируйте не менее пяти продукционных правил (формат «если ..., то ...»), касающихся, например, контроля качества сырья, диагностики неисправностей или принятия решений по корректировке технологических режимов.

3.2 Постройте таблицу решений для конкретной производственной ситуации (например, при возникновении дефекта продукции или сбоя оборудования). Предусмотрите не менее 4-5 столбцов.

3.3 Создайте семантическую сеть, отражающую иерархию понятий и взаимосвязи в вашей предметной области. Используйте узлы (понятия) и дуги с

типами отношений (АКО, IS-A, has, influences и др.). Подготовьте табличное описание всех связей.

3.4 Разработайте фреймовую структуру для одного из ключевых объектов предметной области (например, «Станок», «Технологическая линия», «Дефект»). Опишите слоты, их типы и возможные присоединённые процедуры. Предложите реляционную схему для хранения экземпляров фреймов.

4 Подготовительный этап к контрольной работе (АКР).

Разработайте 25 вопросов-оценок (по пять на каждый из пяти этапов, перечисленных ниже). Вопросы должны быть сформулированы так, чтобы ответы на них позволяли проверить понимание теории и навыки практического применения.

4.1 Сбор знаний – например: «Какие признаки указывают на дефект ткани?», «Какие параметры станка являются критическими для его остановки?».

4.2 Формулировка правил – например: «Что следует делать при обнаружении механической неисправности?», «По каким условиям определяется необходимость внеочередного технического обслуживания?».

4.3 Построение таблиц решений – например: «Как определить причину поломки по комбинации симптомов?», «Какие столбцы таблицы решений могут привести к неоднозначности?».

4.4 Создание семантических сетей – например: «Какие связи существуют между видами дефектов и их последствиями?», «Как наследуются свойства в иерархии объектов?».

4.5 Фреймовое моделирование – например: «Какие слоты необходимы для описания узла оборудования?», «Как присоединённые процедуры помогают поддерживать целостность данных?».

Для каждого вопроса подготовьте краткое описание того, как предполагается получать факты (опрос эксперта, анализ документации, обработка сигналов датчиков и т. п.).

5 Итоговая подготовка.

Составьте конспект (объёмом 2-3 страницы) по методам моделирования знаний и построения баз знаний для промышленных предприятий. В конспекте должны быть отражены:

- основные этапы жизненного цикла базы знаний;
- сравнительная характеристика продукционных правил, таблиц решений, семантических сетей и фреймов;
- подходы к работе с неопределённостью (байесовские сети);
- примеры применения каждого из методов в выбранной вами предметной области.

Аудиторная контрольная работа № 1. Построение базы знаний

Цель: проверить теоретические знания и практические навыки по созданию баз знаний для промышленных предприятий, используя все основные модели представления знаний.

Общая структура работы (15 баллов).

- 1 Определение компонентов базы знаний для заданной системы (3 балла).
- 2 Разработка продукционных правил и таблицы решений для конкретной задачи контроля или диагностики (4 балла).
- 3 Построение семантической сети с использованием связей АКО и IS-A (3 балла).
- 4 Характеристика фреймовой модели или конкретного фрейма, указание преимуществ для автоматизации (2 балла).
- 5 Описание методики экспертного опроса с примерами вопросов и ожидаемых ответов (3 балла).

Пример выполнения

Вариант (демонстрационный). Тема «Контроль качества тканей в текстильной промышленности».

Задание 1. Определите основные компоненты базы знаний для системы диагностики дефектов тканей и их роль в автоматизированной системе.

Ответ. Основные компоненты:

- лексический слой – факты о текущих параметрах ткани (плотность, цвет, наличие дефектов);
- правила – продукционные зависимости, связывающие наблюдаемые признаки с заключениями о качестве;
- метазнания – описание структуры данных, нормативных документов;
- механизм вывода – алгоритм, который по фактам и правилам формирует решение (годен/брак/требуется доработка).

Роль компонентов – обеспечение автоматического контроля, снижение субъективизма, возможность адаптации к новым видам продукции.

Задание 2. Составьте три правила и таблицу решений для контроля качества ткани. Условные объекты – артикулы представлены в таблице 1.

Правила.

- 1 Если обнаружен пробой окраски, то качество считается неудовлетворительным.
- 2 Если механический дефект превышает допустимый порог, то ткань требует дополнительной обработки.
- 3 Если рыхлость превышает норму, то ткань не соответствует стандарту.

Таблица 1 – Таблица решений (условные объекты – артикулы)

Условие / Объект	Артикул 1	Артикул 2	Артикул 3
Пробой окраски	1	0	0
Механический дефект свыше порога	0	1	0
Рыхлость выше нормы	0	0	1
<i>Решение</i>			
Браковать	1	0	0
Отправить на доработку	0	1	0
Не соответствует стандарту	0	0	1

Задание 3. Постройте семантическую сеть для узлов: «Дефект ткани», «Пробой окраски», «Механическая повреждённость», «Рыхлость». Используйте связи АКО, IS-A.

Ответ. Узел «Дефект ткани» – общий класс (АКО). От него стрелками IS-A отходят узлы «Пробой окраски», «Механическая повреждённость», «Рыхлость». Каждый из этих узлов может иметь дополнительные атрибуты (например, «Механическая повреждённость» имеет «размер», «локализация») (рисунок 1).

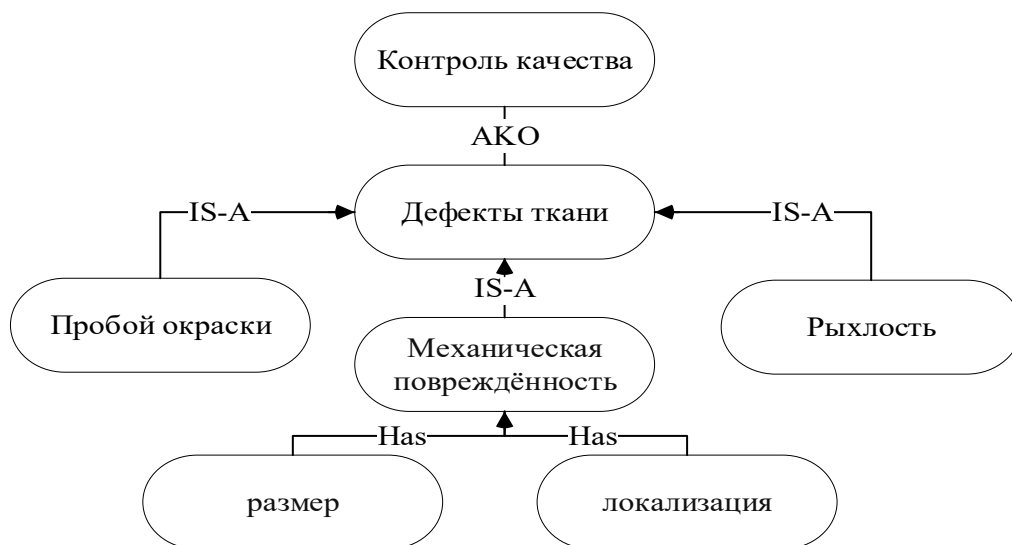


Рисунок 1 – Семантическая сеть для узлов «Дефект ткани», «Пробой окраски», «Механическая повреждённость», «Рыхлость»

Задание 4. Охарактеризуйте фреймовую модель и приведите преимущества её использования в производственной автоматике.

Ответ. Фрейм – это структура, содержащая слоты (атрибуты) со значениями и присоединёнными процедурами. Фреймовая модель позволяет описывать сложные объекты с иерархией и наследованием свойств. Преимущества: модульность, лёгкость расширения, возможность хранения как прототипов, так и экземпляров, удобство интеграции с реляционными базами данных.

Задание 5. Объясните, как можно использовать опрос экспертов для формирования базы знаний по диагностике тканей. Приведите примеры вопросов и ожидаемых ответов.

Ответ. Опрос позволяет выявить неявные эвристики, используемые опытными технологами.

Примеры вопросов.

1 Какие визуальные признаки наиболее достоверно указывают на брак окраски? (ожидаемый ответ: «полосы, пятна, неравномерность тона»).

2 При какой плотности ткани рыхлость становится критичной? (ответ: «менее 120 г/м²»).

Полученные ответы структурируются в правила и таблицы.

Варианты заданий для аудиторной контрольной работы № 1

Ниже приведены 26 вариантов. В каждом варианте формулировка заданий унифицирована и соответствует следующей схеме.

1 Определите основные компоненты базы знаний для системы [конкретная система] и их роль в автоматизированной системе.

2 На основе предметной области [конкретная задача контроля/диагностики] составьте три производственных правила и таблицу решений (не менее четырех столбцов).

3 Постройте мини-схему семантической сети для следующего набора понятий: [перечень понятий]. Используйте связи АКО, IS-A (и, при необходимости, другие).

4 Охарактеризуйте фреймовую модель (или конкретный фрейм) для [объекта], укажите преимущества использования фреймов в системах автоматизации.

5 Объясните, как можно использовать экспертные оценки/опросы для формирования базы знаний по диагностике/управлению [объектом/процессом]. Приведите примеры вопросов и ожидаемых ответов.

Вариант 1. Металлургический завод (управление технологическим процессом выплавки стали).

1 Компоненты базы знаний для системы автоматического управления температурным режимом дуговой печи.

2 Контроль содержания углерода в стали: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Сталь», «Шлак», «Легирующие добавки», «Температура».

4 Фрейм «Плавка» – структура, слоты, наследование.

5 Опрос инженера-металлурга по выявлению причин перегрева печи.

Вариант 2. Машиностроительное предприятие (контроль качества обработки деталей).

1 Компоненты базы знаний для системы контроля геометрических размеров на токарном станке.

2 Контроль шероховатости поверхности: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Дефект обработки», «Царапина», «Задир», «Волнистость».

4 Фрейм «Технологическая операция» – преимущества фреймового описания.

5 Интервью с мастером участка по выявлению причин брака при точении.

Вариант 3. Химическое производство (контроль реакции полимеризации).

1 Компоненты базы знаний для системы управления реактором синтеза.

2 Контроль температуры и давления: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Реактив», «Катализатор», «Полимер», «Побочный продукт».

4 Фрейм «Реактор» – описание слотов и присоединённых процедур.

5 Опрос технолога по предотвращению аварийного повышения давления.

Вариант 4. Нефтепереработка (контроль качества дизельного топлива).

1 Компоненты базы знаний для системы управления процессом ректификации.

2 Контроль температуры вспышки: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Нефтепродукт», «Фракция», «Октановое число», «Сера».

4 Фрейм «Ректификационная колонна» – преимущества для предиктивной аналитики.

5 Экспертный опрос инженера по качеству топлива.

Вариант 5. Автомобилестроение (диагностика трансмиссии карьерного самосвала).

1 Компоненты базы знаний для системы диагностики коробки передач.

2 Контроль износа синхронизаторов: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Трансмиссия», «Шестерня», «Подшипник», «Масло».

4 Фрейм «Узел трансмиссии» – наследование свойств.

5 Опрос механика по выявлению причин повышенного шума в трансмиссии.

Вариант 6. Энергетика (управление нагрузкой в электросети предприятия).

1 Компоненты базы знаний для системы мониторинга перегрузок.

2 Контроль коэффициента мощности: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Энергосистема», «Трансформатор», «ЛЭП», «Нагрузка».

4 Фрейм «Аварийный инцидент» – ограничения (constraints) и их роль.

5 Опрос диспетчера о действиях при каскадном отключении.

Вариант 7. Стекольное производство (контроль качества листового стекла).

1 Компоненты базы знаний для системы управления печью плавления стекломассы.

2 Контроль толщины листа: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Стекло», «Пузырь», «Инородное включение», «Трещина».

4 Фрейм «Листовое стекло» – наследование свойств в иерархии продукции.

5 Опрос технолога по причинам микротрещин на поверхности.

Вариант 8. Текстильное производство (управление качеством пряжи).

1 Компоненты базы знаний для системы контроля ровности нити.

2 Контроль разрывной нагрузки: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Волокно», «Пряжа», «Крутка», «Дефект».

4 Фрейм «Прядильная машина» – слоты для описания состояния оборудования.

5 Опрос инженера по причинам обрыва нити на высоких скоростях.

Вариант 9. Пищевая промышленность (контроль параметров пастеризации молока).

1 Компоненты для системы управления пастеризатором.

2 Контроль бактериальной обсеменённости: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Молоко», «Жирность», «Кислотность», «Сорт».

4 Фрейм «Резервуар для хранения» – присоединённые процедуры для контроля температуры.

5 Опрос технолога по выявлению отклонений в процессе брожения.

Вариант 10. Фармацевтика (контроль стерильности в реакторах).

1 Компоненты базы знаний для системы учёта параметров стерилизации.

2 Контроль концентрации активного вещества: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Препарат», «Субстанция», «Таблетка», «Упаковка».

4 Фрейм «Серия выпуска» – отслеживание партий (traceability).

5 Опрос химика-аналитика по отклонениям pH раствора.

Вариант 11. Мебельное производство (оптимизация раскроя плит).

1 Компоненты базы знаний для системы автоматизированного раскроя.

2 Контроль качества кромки ДСП: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Пиломатериал», «ДСП», «ДВП», «Влажность».

4 Фрейм «Заказ на мебель» – интеграция с ERP-системой.

5 Опрос технолога по причинам деформации древесины.

Вариант 12. Обувная промышленность (контроль качества кожи).

1 Компоненты базы знаний для системы автоматизированного раскроя кожаных материалов.

2 Контроль эластичности кожи: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Обувь», «Кожа», «Подошва», «Фурнитура».

4 Фрейм «Модель обуви» – наследование свойств в иерархии продукции.

5 Опрос эксперта по минимизации отходов при раскрое.

Вариант 13. Цементная промышленность (управление обжигом клинкера).

1 Компоненты базы знаний для системы контроля температуры во вращающейся печи.

- 2 Контроль тонкости помола: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Цемент», «Известняк», «Клинкер», «Гипс».
- 4 Фрейм «Вращающаяся печь» – ограничения по перегреву.
- 5 Опрос механика по причинам износа футеровки печи.

Вариант 14. Лесная промышленность (распиловка брёвен).

- 1 Компоненты базы знаний для системы оптимизации раскроя брёвен.
- 2 Контроль сортности пиломатериалов: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Дерево», «Бревно», «Обзол», «Сучок».
- 4 Фрейм «Пилорама» – слоты для описания состояния оборудования.
- 5 Опрос технолога по причинам снижения выхода товарных досок.

Вариант 15. Кондитерское производство (контроль качества шоколадной массы).

- 1 Компоненты базы знаний для системы темперирования шоколада.
- 2 Контроль вязкости массы: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Шоколад», «Какао-бобы», «Сахар», «Лецитин».
- 4 Фрейм «Технологическая линия» – присоединённые процедуры (демоны).
- 5 Опрос технолога по устранению «поседения» шоколада.

Вариант 16. Производство микроэлектроники (фотолитография).

- 1 Компоненты базы знаний для системы интеллектуального контроля процесса фотолитографии.
- 2 Контроль точности позиционирования пластин: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Технологическая установка», «Фотолитограф», «Лазерный генератор», «Прецизионный узел».
- 4 Фрейм «Оптический блок» – слоты и присоединённые процедуры для юстировки.
- 5 Опрос инженера-конструктора по предотвращению «дрейфа» параметров.

Вариант 17. Производство бытовой техники (герметичность холодильных контуров).

- 1 Компоненты базы знаний для системы тестирования герметичности.
- 2 Контроль уровня хладагента: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Холодильник», «Компрессор», «Хладагент», «Испаритель».
- 4 Фрейм «Цикл охлаждения» – использование слотов-демонов.
- 5 Опрос технолога по неисправностям терморегулятора.

Вариант 18. Пивоварение (контроль процесса брожения).

- 1 Компоненты базы знаний для системы контроля плотности сусла.
- 2 Контроль температуры брожения: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Сырьё», «Солод», «Хмель», «Дрожжи».

4 Фрейм «Бродильный чан» – преимущества фреймов для управления качеством.

5 Экспертный опрос по предотвращению закисания сусла.

Вариант 19. Сахарная промышленность (кристаллизация сахара).

1 Компоненты базы знаний для системы управления центрифугами.

2 Контроль чистоты сиропа: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Сырьё», «Свекла», «Диффузионный сок», «Сахар-песок».

4 Фрейм «Центрифуга» – ограничения (constraints) в автоматике.

5 Опрос технолога по оптимизации энергопотребления при варке сиропа.

Вариант 20. Сельхозтехника (диагностика комбайна).

1 Компоненты базы знаний для системы мониторинга узлов зерно-уборочного комбайна.

2 Контроль забивания соломотряса: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Комбайн», «Двигатель», «Гидросистема», «Жатка».

4 Фрейм «Узел комбайна» – наследование свойств для обслуживания.

5 Опрос механика по признакам перегрева двигателя.

Вариант 21. Полиграфия (цветокоррекция при печати).

Компоненты базы знаний для системы управления цветопередачей.

2 Контроль баланса красок: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Тираж», «Бумага», «Краска», «Печатная форма».

4 Фрейм «Печатная машина» – преимущества для системы планирования (APS).

5 Опрос печатника по предотвращению размытия текста.

Вариант 22. Тракторостроение (контроль сборки трансмиссии).

1 Компоненты базы знаний для системы автоматического контроля затяжки болтовых соединений.

2 Контроль люфта в шестернях: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Трактор», «Двигатель», «Коленвал», «Поршень».

4 Фрейм «Узел сборки» – слоты-демоны для контроля момента затяжки.

5 Опрос конструктора по причинам возникновения люфтов.

Вариант 23. Деревообработка (сушка пиломатериалов).

1 Компоненты базы знаний для системы управления климатической камерой.

2 Контроль влажности древесины: три правила и таблица решений.

3 Семантическая сеть: «Древесина», «Сушка», «Трещина», «Коробление».

4 Фрейм «Сушильная камера» – ограничения по температуре и влажности.

5 Опрос мастера по предотвращению растрескивания при сушке.

Вариант 24. Молочное производство (контроль сырого молока).

- 1 Компоненты базы знаний для системы оценки качества молока при приёмке.
- 2 Контроль содержания жира и белка: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Молоко», «Жирность», «Белковость», «Бактериальная обсеменённость».
- 4 Фрейм «Партия молока» – отслеживание показателей.
- 5 Опрос технолога о причинах отклонения кислотности.

Вариант 25. Шахтное оборудование (мониторинг состояния комбайна).

- 1 Компоненты базы знаний для системы диагностики гидросистемы проходческого комбайна.
- 2 Контроль давления масла: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Руда», «Сильвинит», «Галит», «Примесь» (связи с оборудованием).
- 4 Фрейм «Узел конвейерной ленты» – преимущества для ремонтного планирования.

Вариант 26. Агропром (управление теплицами).

- 1 Компоненты базы знаний для системы автоматического полива и климат-контроля.
- 2 Контроль влажности почвы: три правила и таблица решений.
- 3 Семантическая сеть: «Растение», «Полив», «Удобрение», «Освещённость».
- 4 Фрейм «Тепличный комплекс» – слоты для управления микроклиматом.
- 5 Опрос агронома по профилактике болезней растений.

Оценка за работу – максимально 15 баллов (по 3 балла за каждое задание).

При оценивании учитываются полнота, обоснованность и корректность использования терминов и моделей знаний.

Модуль 2. Аудиторная контрольная работа № 2. Байесовские сети доверия

Это продолжение аудиторной контрольной работы № 1. Выполняется на основе базы знаний, созданной в аудиторной контрольной работе № 1.

Теоретические сведения.

Байесовская сеть доверия (БСД) – это графическая вероятностная модель, представляющая переменные и их условные зависимости с помощью направленного ациклического графа. Каждая вершина соответствует случайной величине, дуги отражают причинно-следственные связи. Для каждой вершины задана таблица условных вероятностей (СРТ), определяющая распределение вероятностей данной переменной при всех комбинациях значений её родителей.

Формула Байеса является основой для апостериорного вывода в таких сетях:

$$P(A/B) = (P(B/A) \cdot P(A) / P(B)), \quad (1)$$

где A, B – события;

$P(A)$ – вероятность события A;

$P(B)$ – вероятность события B;

$A|B$ – событие A, произошедшее при условии выполнения B.

Правило (1) для работы в условиях неопределенности представлено в виде

$$P(A/B) = (P(B/A) \cdot P(A) / (P(B/A) \cdot P(A) + P(B/\bar{A}) \cdot P(\bar{A}))). \quad (2)$$

В интеллектуальных системах БСД применяются для диагностики состояний, когда имеются априорные данные (статистика, экспертные оценки) и наблюдения (свидетельства), позволяющие пересчитывать вероятности гипотез.

Пример 1

Рассмотрим переменные: C – «Кредитная история» (состояния: хорошая / плохая), D – «Уровень дохода» (высокий / низкий), E – «Решение банка» (выдать кредит / отказать). Структура: C и D независимы, E зависит от C и D (рисунок 2).

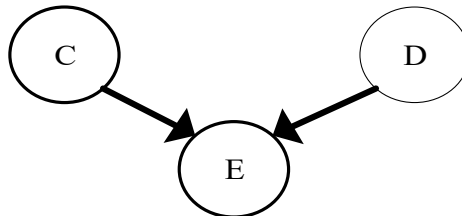


Рисунок 2 – Байесовская сеть доверия

Априорные вероятности (из базы знаний): $P(C = \text{хорошая}) = 0,7$; $P(C = \text{плохая}) = 0,3$; $P(D = \text{высокий}) = 0,6$; $P(D = \text{низкий}) = 0,4$ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – СРТ для E (вероятность выдачи кредита)

C	D	P(E = выдать)
Хорошая	Высокий	0,95
Хорошая	Низкий	0,70
Плохая	Высокий	0,60
Плохая	Низкий	0,10

Требуется найти $P(C = \text{хорошая} | E = \text{выдать}, D = \text{высокий})$.

По формуле Байеса:

$$P(C = \text{хор} \mid E = \text{выд}, D = \text{выс}) = P(E = \text{выд} \mid C = \text{хор}, D = \text{выс}) \cdot P(C = \text{хор}) \times \\ \times P(D = \text{выс}) / [P(E = \text{выд} \mid C = \text{хор}, D = \text{выс}) \cdot P(C = \text{хор}) \cdot P(D = \text{выс}) + \\ + P(E = \text{выд} \mid C = \text{плох}, D = \text{выс}) \cdot P(C = \text{плох}) \cdot P(D = \text{выс})] = (0,95 \cdot 0,7 \times \\ \times 0,6) / (0,95 \cdot 0,7 \cdot 0,6 + 0,60 \cdot 0,3 \cdot 0,6) = 0,399 / (0,399 + 0,108) \approx 0,787.$$

Интерпретация: при высоком доходе и полученном одобрении вероятность того, что у клиента хорошая история, составляет $\approx 78,7\%$.

Пример 2

Примеры байесовских сетей доверия приведены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 3 – Байесовской сеть доверия, содержащая три вершины: «болеет», «засохло» и «облетело»

Каждая вершина байесовской сети доверия на рисунке 3 может принимать два возможных состояний и, как следствие, находится в одном из них (таблица 3).

Таблица 3 – Таблица условных состояний

Вершина (событие) БСД	Состояние 1	Состояние 2
«Болеет»	«Болеет»	«Нет»
«Засохло»	«Засохло»	«Нет»
«Облетело»	«Да»	«Нет»

Ниже приведены таблицы 4–6 условных вероятностей (ТУВ).

Таблица 4 – ТУВ независимой вершины «Болеет»

Априорная вероятность p («болеет»)	
Болеет = «Болеет»	Болеет = «Нет»
0,1	0,9

Применение. В ИИС сети используются для диагностики состояний, когда мы имеем набор априорных данных (база знаний) и хотим вычислить апостериорную вероятность (насколько вероятно, что объект находится в состоянии C , если мы наблюдаем E и D (см. рисунок 2).

Таблица 5 – ТУВ независимой вершины «Засохло»

Априорная вероятность («Засохло»)	
Засохло = «Засохло»	Засохло = «Нет»
0,1	0,9

Таблица 6 – Таблица условных вероятностей вершины «облетело», зависимой от двух независимых вершин

Таблица условных вероятностей р («Облетело» «Болеет», «Засохло»)				
–	Засохло = «Засохло»		Засохло = «Нет»	
–	Болеет = «Болеет»	Болеет = «Нет»	Болеет = «Болеет»	Болеет = «Нет»
Облетело = «Да»	0,95	0,85	0,90	0,02
Облетело = «Нет»	0,05	0,15	0,10	0,98

Пример решения задачи

Дано. Вершины С (Причина 1), D (Причина 2), E (Следствие). Структура байесовской сети изображена на рисунке 2. Требуется найти $P(C|E, D)$.

$P(\text{Болеет} | \text{Облетело} = \text{«да»}) = [(2)] = (0,95 \cdot 0,1) / (0,95 \cdot 0,1 + 0,05 \cdot 0,9) = 0,67$ (если засохло = «засохло»),

$P(\text{Болеет} | \text{Облетело} = \text{«да»}) = [(2)] = (0,90 \cdot 0,1) / (0,90 \cdot 0,1 + 0,10 \cdot 0,9) = 0,50$ (если засохло = «нет»). *Необходимо рассчитать:*

$P(\text{Болеет} | \text{Облетело} = \text{«нет»})$, если засохло = «нет»;

$P(\text{Болеет} | \text{Облетело} = \text{«нет»})$, если засохло = «засохло»;

$P(\text{Засохло} | \text{Облетело} = \text{«да»})$, если болеет = «нет»;

$P(\text{Засохло} | \text{Облетело} = \text{«да»})$, если болеет = «болеет».

Задание на аудиторную контрольную работу № 2

Построить байесовскую сеть доверия на основе базы знаний (таблицы не менее 30 строк), созданной в аудиторной контрольной работе № 1, и выполнить вероятностный вывод.

Общие требования.

1 Использовать таблицу базы знаний из академической контрольной работы № 1 (минимум 30 записей).

2 Выбрать три переменные: С (независимый фактор), D (независимый фактор), E (зависимый от С и D).

3 На основе частотного анализа определить априорные вероятности $P(C)$, $P(D)$ и условные вероятности $P(E|C, D)$.

4 Провести расчёт по формуле Байеса для заданных комбинаций свидетельств.

Варианты (по номеру в списке группы) представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Варианты аудиторной контрольной работы № 2

Вариант	Тема	С (независимый)	D (независимый)	E (зависимый)
1–5	Оценка кредитоспособности	Кредитная история	Доход	Выдача кредита
6–10	Диагностика неисправности	Питание	Программный сбой	Зависание
11–15	Успеваемость	Посещаемость	Самостоятельная работа	Экзамен
16–20	Маркетинг	Реклама	Сезонность	Покупка
21–25	Агросектор	Полив	Удобрения	Урожай
<i>Примечание</i> – Для вариантов 26 и выше использовать тему по согласованию с преподавателем				

Практические шаги.

1 Построить граф БСД – нарисовать направленный ациклический граф с вершинами С, D, E и множеством дуг $\{(C,E), (D,E)\}$.

2 Заполнить таблицы вероятностей (на основе данных БЗ):

– априорные вероятности $P(C)$ и $P(D)$ (два состояния для каждой переменной);

– полная СРТ для E (четыре комбинации состояний C и D).

3 Вывести формулу Байеса для расчёта $P(C | E = 1, D = 1)$ и $P(D | E = 1, C = 1)$ в общем виде применительно к своей задаче.

4 Выполнить численные расчёты:

– $P(C | E = 1, D = 1)$ и $P(C | E = 0, D = 0)$;

– $P(D | E = 1, C = 1)$ и $P(D | E = 0, C = 0)$.

Здесь 1 – «да», «высокий», «хороший» и т. п.; 0 – соответствующее отрицательное состояние.

5 Интерпретировать результаты. Объяснить, как изменяется вероятность причины при появлении нового свидетельства.

Контрольные вопросы

1 Что изменится в расчётах, если вершины C и D станут зависимыми (т. е. появится дуга (C, D))?

2 Почему сумма вероятностей в каждом столбце СРТ должна быть равна 1?

3 Как объём выборки (30 записей) влияет на точность оценок вероятностей?

4 В каких случаях байесовская сеть даёт преимущество перед простым применением формулы Байеса для одной гипотезы?

Примечание – К работе необходимо приложить распечатку (или скриншот) исходной таблицы БЗ из аудиторной контрольной работы № 1, на основании которой производились все расчёты.

Список литературы

- 1 **Гаврилова, Т. А.** Базы знаний интеллектуальных систем : учеб. пособие / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
- 2 **Джексон, П.** Введение в экспертные системы / П. Джексон. – М. : Вильямс, 2001. – 624 с.
- 3 **Рассел, С.** Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1408 с.
- 4 **Хайкин, С.** Нейронные сети. Полный курс / С. Хайкин. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с.
- 5 **Осовский, С.** Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
- 6 **Ярушкина, Н. Г.** Интеллектуальные информационные системы : учеб. пособие / Н. Г. Ярушкина. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 153 с.
- 7 **Люгер, Дж. Ф.** Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Ф. Люгер. – М. : Вильямс, 2003. – 864 с.
- 8 **Уотермен, Д.** Руководство по экспертным системам / Д. Уотермен. – М. : Мир, 1989. – 388 с.
- 9 **Дюк, В. А.** Интеллектуальный анализ данных : учеб. пособие / В. А. Дюк, А. А. Самойленко. – СПб. : Питер, 2001. – 368 с.
- 10 **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – Мн. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
- 11 **Берк, Э.** Современные методы интеллектуального анализа данных : учеб. пособие / Э. Берк, Р. И. Кузьмич, С. В. Мельников. – Мн. : БГУИР, 2008. – 168 с.
- 12 **Рассел, С.** Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 4-е изд. – М. : Вильямс, 2021. – 1408 с.
- 13 **Шолле, Ф.** Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2022. – 576 с.
- 14 **Рашка, С.** Python и машинное обучение: машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow / С. Рашка, В. Мирджалили. – 3-е изд. – М. : ДМК-Пресс, 2021. – 848 с.
- 15 **Вьюгин, В. В.** Машинное обучение : учеб. пособие / В. В. Вьюгин. – М. : Физматлит, 2022. – 384 с.
- 16 **Флах, П.** Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / П. Флах. – М. : ДМК-Пресс, 2021. – 400 с.
- 17 **Келлехер, Дж. Д.** Наука о данных: базовый курс / Дж. Д. Келлехер, Б. Тирни. – М. : Альпина Паблишер, 2023. – 256 с.
- 18 **Саттон, Р. С.** Обучение с подкреплением: введение / Р. С. Саттон, Э. Г. Барто. – 2-е изд. – М. : ДМК-Пресс, 2021. – 456 с.
- 19 Scikit-learn: Machine Learning in Python. – URL: <https://scikit-learn.org> (date of access: 23.03.2026).

20 Python 3 documentation. – URL: <https://docs.python.org> (date of access: 23.03.2026).

21 Microsoft Access SQL reference. – URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/office/client-developer/access/desktop-database-reference/> (date of access: 23.03.2026).

Приложение А (рекомендуемое)

Практические примеры моделей знаний

Практические примеры моделей знаний иллюстрируют применение всех основных моделей представления знаний в законченных прикладных задачах. В отличие от кратких учебных фрагментов основной части, здесь показана полная цепочка: от постановки задачи и выделения сущностей до построения семантических сетей, фреймовых структур, таблиц решений и, в некоторых случаях, байесовских сетей. Эти примеры могут быть использованы как шаблоны при выполнении собственных вариантов контрольных работ, а также как материал для сравнительного анализа эффективности различных моделей в одной предметной области.

Пример 1 – Пример реализации работы базы знаний в ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

Данный пример демонстрирует комплексный подход к автоматизации процесса обслуживания клиентов на СТО. Особый интерес представляет сочетание нескольких уровней семантической сети (от общих классов транспортных средств до конкретных видов неисправностей). Обратите внимание, что фреймовая модель здесь реализована не как абстрактная схема, а как полноценная реляционная структура (ER-диаграмма) с указанием первичных и внешних ключей. Это позволяет проследить переход от теоретического фрейма к практической реализации в СУБД. Таблица решений в данном контексте не вынесена отдельно, однако логика принятия решений о приёме автомобиля или отказе в обслуживании легко формализуется через продукционные правила, которые студентам предлагается вывести самостоятельно на основе приведённой сети.

На рисунке А.1 представлен пользовательский интерфейс ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы.

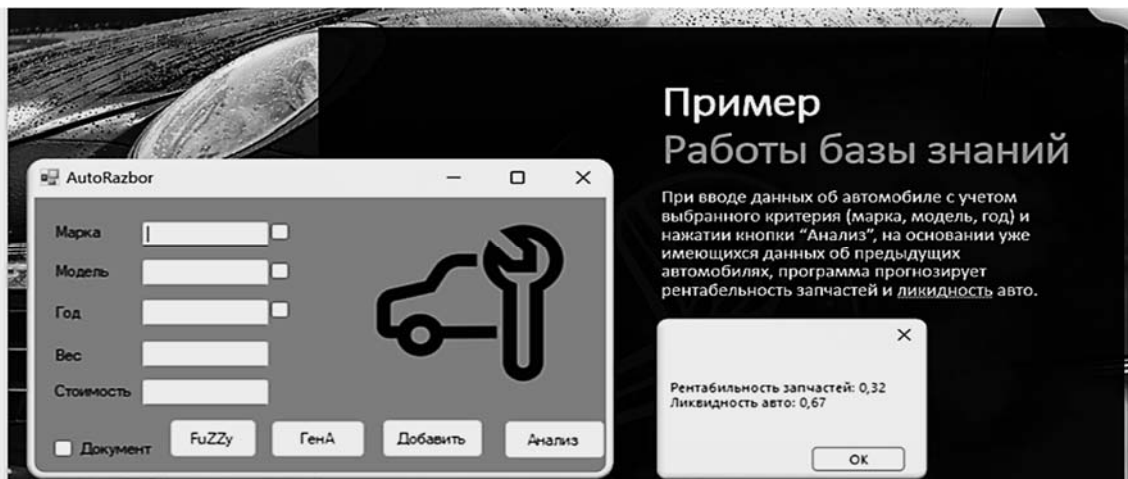


Рисунок А.1 – Интерфейс пользователя ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

Семантические сети ИИС представлены на рисунках А.2–А.5.

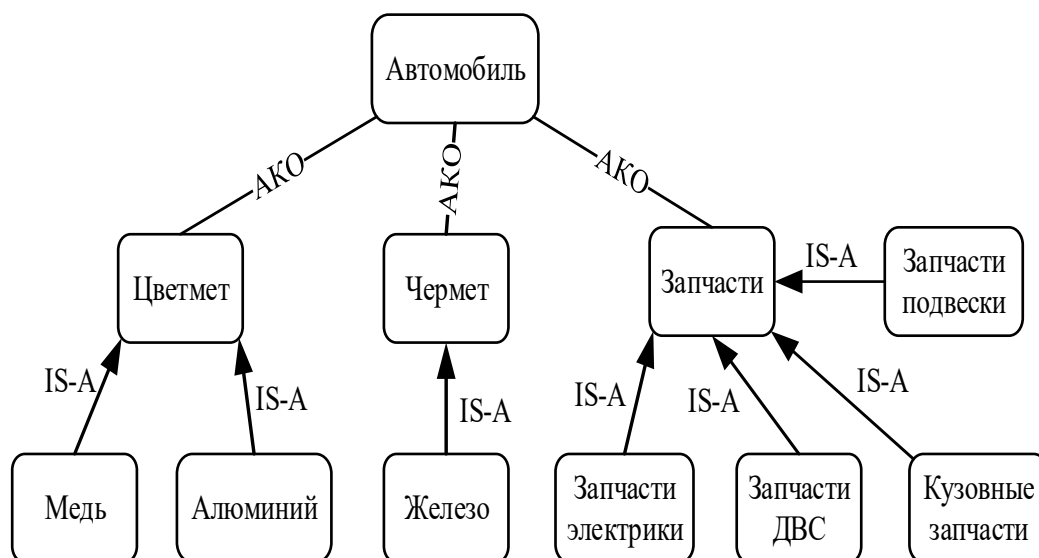


Рисунок А.2 – Семантическая сеть 1 ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

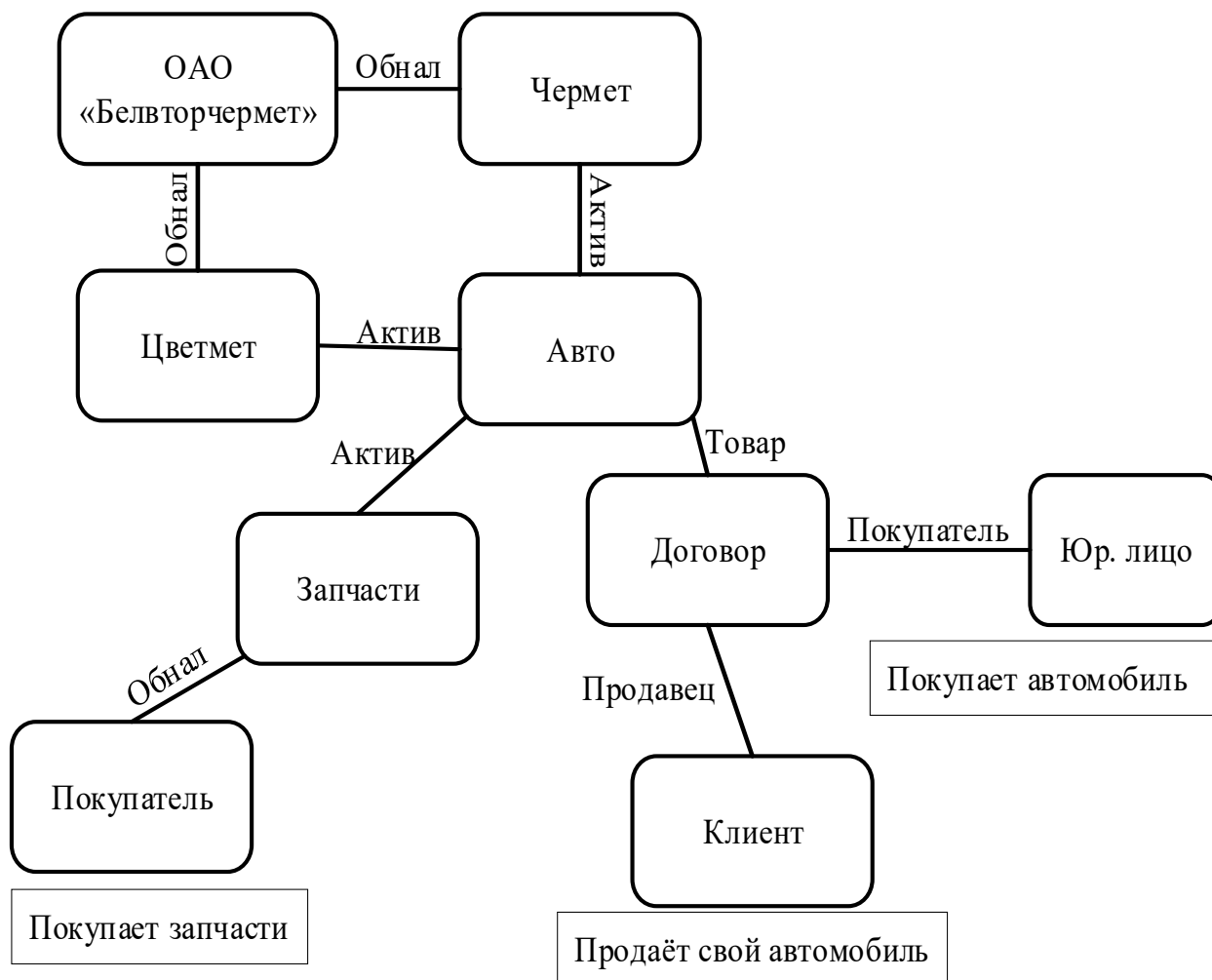


Рисунок А.3 – Семантическая сеть 2 ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

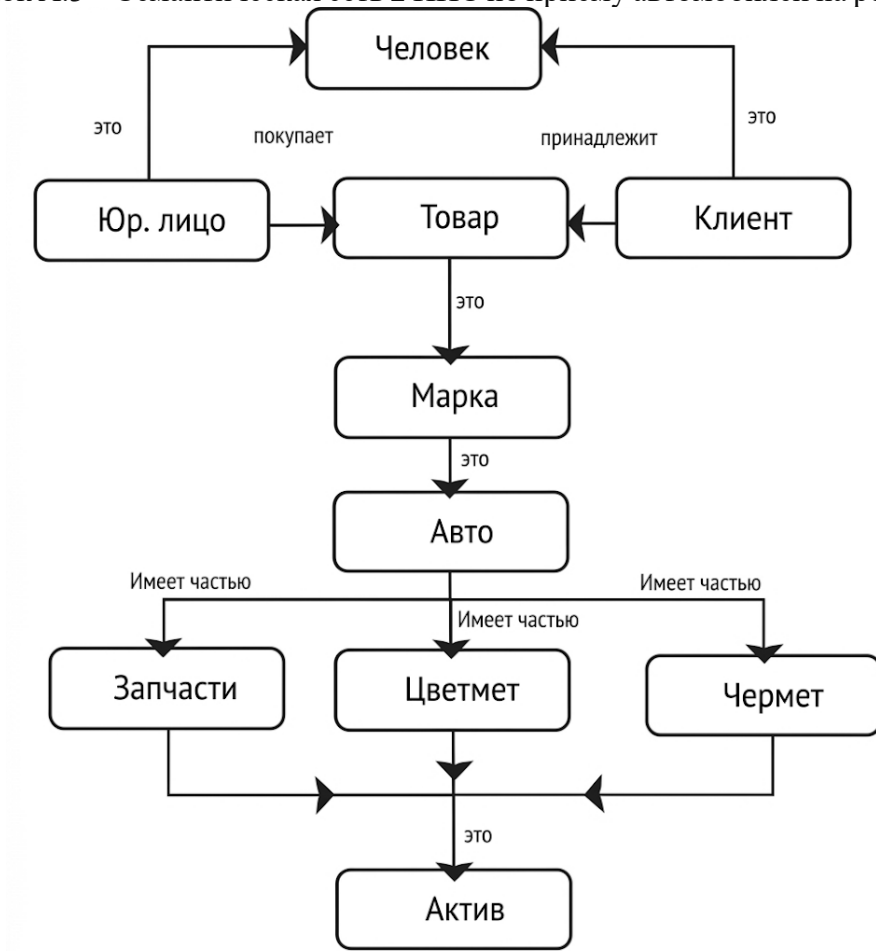


Рисунок А.4 – Семантическая сеть 3 ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы



Рисунок А.5 – Семантическая сеть 4 ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

Пример фрейма для ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы приведен на рисунке А.6.

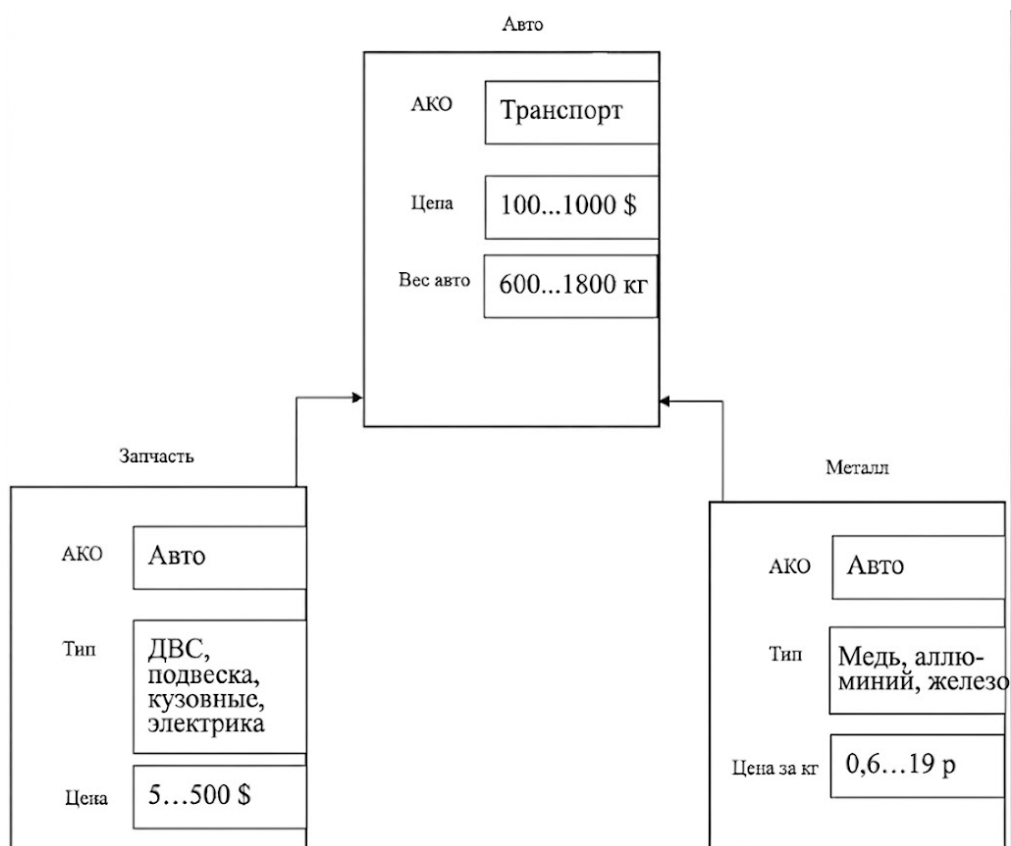


Рисунок А.6 – Пример фрейма для ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

ER-диаграмма базы знаний приведена на рисунке А.7.

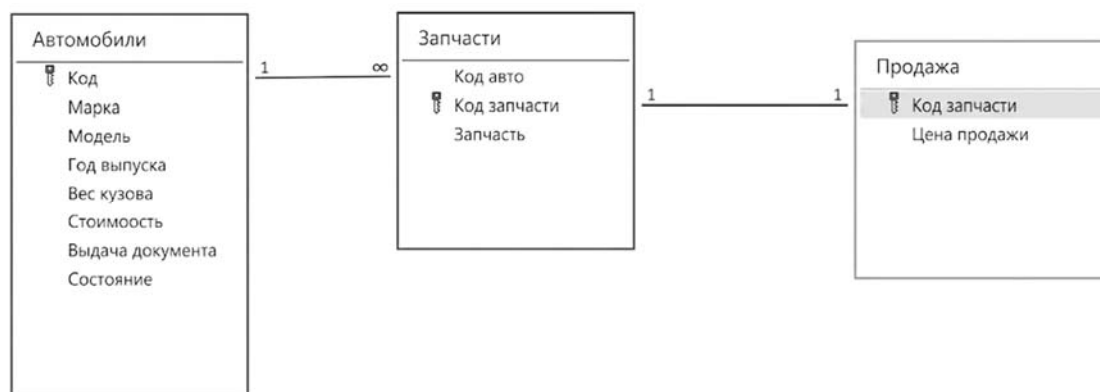


Рисунок А.7 – ER-диаграммы базы знаний ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

Структура таблиц базы знаний ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы приведены на рисунке рисунках А.8 и А.9.

Запчасть			
Имя слота	Тип слота	Значение слота	Присоединенная процедура
Тип	Текстовый(50)	Тип запчастей	FK Авто
Цена	денежный	Цена запчастей	FK Авто

Рисунок А.8 – Структура таблицы «Запчасть»

Запчасть			
Имя слота	Тип слота	Значение слота	Присоединенная процедура
Тип	Текстовый(50)	Тип запчастей	FK Авто
Цена	денежный	Цена запчастей	FK Авто

Металл			
Имя слота	Тип слота	Значение слота	Присоединенная процедура
Тип	Текстовый(20)	Тип металла	FK Авто
Цена за кг	денежный	Цена металла за кг	FK Авто

Авто			
Имя слота	Тип слота	Значение слота	Присоединенная процедура
Цена	денежный	Цена автомобиля	PK Авто
Вес авто	числовой	Вес автомобиля	PK Авто

Рисунок А.9 – Структура таблиц базы знаний ИИС по приему автомобилей на ремонтные работы

Пример 2 – Интеллектуальная система для автоматизации процесса классификации годности призывников и их распределения в воинские части

Данный пример является классическим для задач медицинской экспертизы и административного распределения. Он наглядно показывает, как жёсткие нормативные документы (расписание болезней, семейные льготы) преобразуются в формальные правила. Обратите внимание на таблицу решений – она построена не для одной ситуации, а для целого набора различных комбинаций

диагнозов, что позволяет обучающимся увидеть масштаб реальной базы знаний. Семантическая сеть здесь структурирует не только медицинские сущности, но и организационные (воинские части, специальности), что делает систему пригодной не только для диагностики, но и для распределения ресурсов. Для выполнения аналогичных заданий по другим вариантам рекомендуется использовать подобный принцип: объединять в одной сети как объекты предметной области, так и объекты процесса управления.

Цель создания системы – повышение объективности и скорости обработки персональных данных призывников при определении категории годности и назначении в воинские части.

На текущий момент процесс классификации включает значительную долю рутинных операций по сверке медицинских показателей с нормативной базой (расписание болезней). Это создаёт риски ошибок, замедляет документооборот и приводит к неоптимальному распределению человеческого ресурса по военно-учётным специальностям.

Решаемая задача состоит в разработке инструмента, который на основе формализованных медицинских и анкетных данных автоматически определяет итоговую категорию годности; подбирает совместимые воинские части; формирует результат в структурированном виде, готовом для утверждения комиссией.

Ключевая логика системы состоит в сопоставлении входных параметров призывника с жесткими правилами и справочниками. Алгоритм не принимает решений вместо человека, а выполняет расчетную и проверочную функцию.

Примеры решающих правил рассматриваемой ИИС

Примеры решающих правил ИИС представлены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Примеры решающих правил ИИС автоматизации процесса классификации годности призывников и их распределения в воинские части

Правило 1. Категория Д – не годен. Причина – серьезное заболевание или критически низкое зрение	ЕСЛИ диагнозы содержат «язва» ИЛИ «гепатит» ИЛИ «туберкулез» ИЛИ Острота зрения левого глаза $< 0,2$ ИЛИ Острота зрения правого глаза $< 0,2$), ТО Категория годности = «Д (Не годен к военной службе)»
Правило 2. Категория В – ограниченно годен. Причина – заболевание, дающее право на освобождение	ЕСЛИ диагнозы содержат «плоскостопие 3» ИЛИ «сколиоз 3» ИЛИ «бронхиальная астма»), ТО Категория годности = «В (Ограниченно годен, освобождение от призыва в мирное время)»
Правило 3. Отсрочка по семейным обстоятельствам. Причина – право на отсрочку по семейным обстоятельствам	ЕСЛИ (Семья содержит «ребенок-инвалид») ИЛИ (Семья содержит «одинокая мать») ИЛИ (Семья содержит «двое детей»), ТО Решение = «Предоставить отсрочку»

Примеры таблицы решений для ИИС автоматизации процесса классификации годности призывников и их распределения в воинские части (рисунок А.10).

Примеры семантической сети для ИИС автоматизации процесса классификации годности призывников и их распределения в воинские части (рисунок А.11).

УСЛОВИЯ	Правило 1	Правило 2	Правило 3	Правило 4
Тяжелые болезни (язва/гепатит/туб.)	1			
Острота зрения < 0.2	1			
Болезни для "В" (астма/пл.стоп.3)		1		
Семейные льготы			1	
Отсутствие болезней				1
Острота зрения ≥ 0.8				1
Псих. устойчивость = "устойчив"				1
Острота зрения < 0.8 и > 0.2				
Болезни ОДА (пл.стоп/сколиоз 1-2)				
Не выполнены условия для А, В, Д				
Специальность = водитель/спорт				
Специальность = программист				
Специальность = другая/нет				
РЕШЕНИЯ	Правило 1	Правило 2	Правило 3	Правило 4
Категория Д	1	0	0	0
Категория В	0	1	0	0
Отсрочка	0	0	1	0

Рисунок А.10 – Пример структуры таблиц решений базы знаний ИИС по автоматизации процесса классификации годности призывников и их распределения в воинские части



Рисунок А.11 – Пример семантической сети ИИС классификации годности призывников и их распределения в воинские части

Примеры фреймов для ИИС автоматизации процесса классификации годности призывников и их распределения в воинские части.

Схема данных ИИС классификации годности призывников и их распределения в воинские части представлена на рисунке А.12.

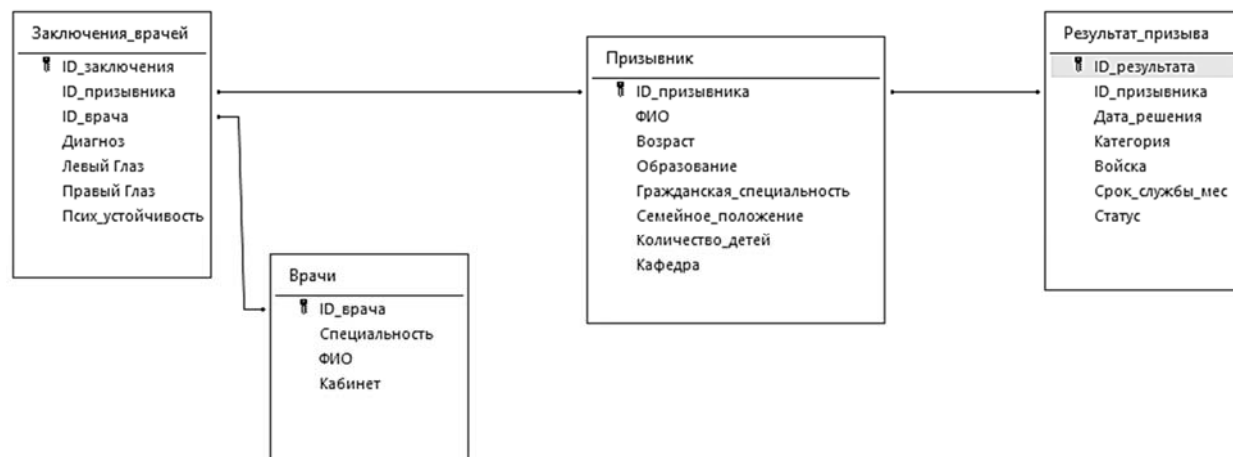


Рисунок А.12 – Пример схемы данных ИИС классификации годности призывников и их распределения в воинские части

Пример заполнения одной из таблиц базы знаний ИИС классификации годности призывников и их распределения в воинские части показан на рисунке А.13.

ID_результата	ID_призывника	Дата_решения	Категория	Войска	Срок_службы_мес	Статус
69	1	03.05.2026	Б-2	Технические	12	Призван
70	2	03.05.2026	Б-2	Технические	18	Призван
71	3	03.05.2026	А	Кибернетические операции	0	Зачислен в запас
72	4	03.05.2026	А	Элитные	12	Призван
73	5	03.05.2026	В		18	Отсрочка
74	6	03.05.2026	Б-2	Технические	6	Призван
75	7	03.05.2026	Б-3	Специальные	18	Призван
76	8	03.05.2026	А	Кибернетические операции	12	Призван
77	9	03.05.2026	Д		12	Не годен
78	10	03.05.2026	Б-3	Специальные	18	Призван
91	24	05.05.2026	Д	Не присвоены	0	Не годен

Рисунок А.13 – Таблица «Результат призыва»

Пример 3 – Распределение стипендии студентам

Этот пример особенно поучителен с методической точки зрения, т. к. в нём намеренно допущены логические погрешности (пересекающиеся диапазоны оценок, отсутствие чёткого приоритета правил). В тексте указано, что диапазоны «>5» и «>7» конфликтуют. Студентам рекомендуется не просто скопировать приведённую структуру, а провести её рефакторинг: исправить условия, упорядочить правила по приоритету, преобразовать исходную «горизонтальную» таблицу в «колоночное» хранилище с явным выделением условий и решений. Данный пример также хорошо иллюстрирует, как одна и та же таблица решений может быть использована как для прямого вывода (какая стипендия полагается),

так и для обратного анализа (почему конкретному студенту назначена именно эта сумма).

На рисунках А.14 и А.15 приведены примеры семантических сетей ИИС распределения стипендии студентам. Пример содержит погрешности, которые заключаются в логике выделения диапазонов данных. Так, например, диапазон «>5» включает и диапазоны «>7» и «>9». Аналогично диапазон «>7» включает и диапазон «>9».

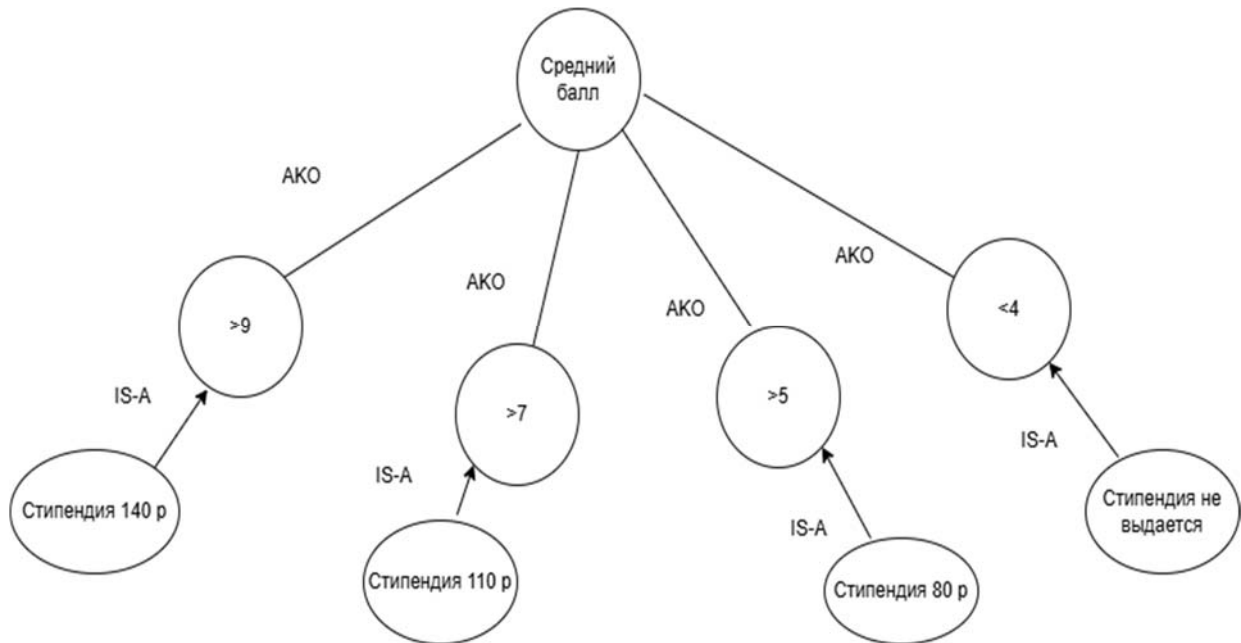


Рисунок А.14 – Пример 1 семантической сети ИИС распределения стипендии студентам

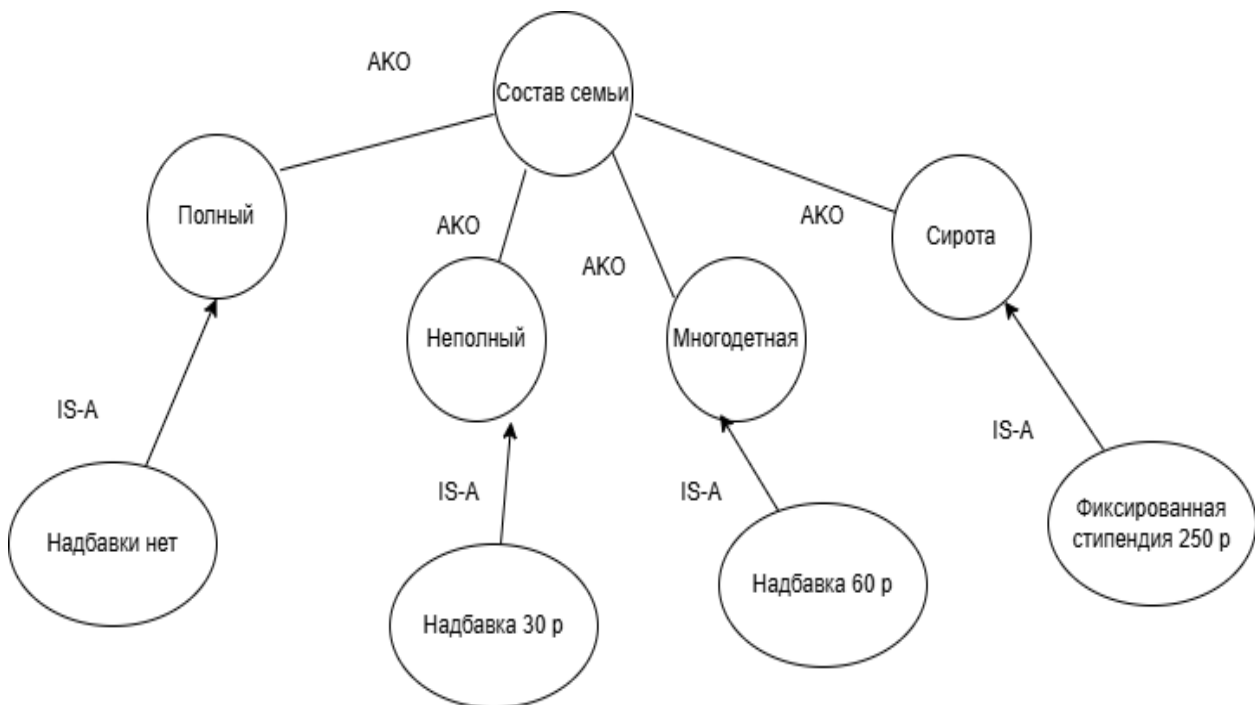


Рисунок А.15 – Пример 2 семантической сети ИИС распределения стипендии студентам

Решающие правила.

- 1 Если Средний балл < 4 , то стипендия не выдается.
- 2 Если Средний балл > 5 , то стипендия равна 80 р.
- 3 Если Средний балл > 7 , то стипендия равна 110 р.
- 4 Если Средний балл > 9 , то стипендия равна 140 р.
- 5 Если Участие в мероприятиях = 1, то надбавка к стипендии 30 р.
- 6 Если Состав семьи = полный, то надбавки нет.
- 7 Если Состав семьи = не полный, то надбавка 30 р.
- 8 Если Состав семьи = многодетная, то надбавка 60 р.
- 9 Если Состав семьи = сирота, то стипендия 250 р.

На рисунках А.16 и А.17 приведены примеры части таблицы решений из студенческого отчета ИИС распределения стипендии студентам.

ФИО	Средний балл	Состав семьи	Участие в мероприятиях	С.Б.>9	С.Б.>7	С.Б.>5	С.Б.<4
Игнатович О.А.	9,4	полный	1	1	0	0	0
Заблоцкий С.С.	7,5	многодетная	0	0	1	0	0
Березкин А.А.	5,1	полный	0	0	0	1	0
Лобанов Н.А.	7,5	сирота	1	0	1	0	0
Осина П.В.	3,5	полный	0	0	0	0	1
Петрович П.П.	5,5	не полная	0	0	0	0	0
Самсонов Н.А.	9,3	многодетная	0	1	0	0	0
Германов Г.Г.	6,3	полный	1	0	0	1	0
Марчук М.С.	3,7	сирота	1	0	0	0	1
Макаров С.А.	7	не полная	0	0	1	0	0

Рисунок А.16 – Пример части таблицы с исходными данными ИИС распределения стипендии студентам

ФИО	Сост.с=полный	Сост.с= не полный	Сост.с=многодетная	Сост.с=сирота
Игнатович О.А.	1	0	0	0
Заблоцкий С.С.	0	0	1	0
Березкин А.А.	1	0	0	0
Лобанов Н.А.	0	0	0	1
Осина П.В.	1	0	0	0
Петрович П.П.	0	1	0	0
Самсонов Н.А.	0	0	1	0
Германов Г.Г.	1	0	0	0
Марчук М.С.	0	0	0	1
Макаров С.А.	0	1	0	0

Рисунок А.17 – Пример продолжения таблицы с исходными данными ИИС распределения стипендии студентам

Данную таблицу из двух частей решений (представлены на рисунках А.16 и А.17) целесообразно транспонировать, превратив в колоночное хранилище, и выделить явно Условия и Решения. Данное преобразование приведено на рисунке А.18.

	Объекты							
Условия	01	02	03	04	05	06	07	08
С.б.>9	1	0	0	0	0	0	1	0
С.б.>7	0	1	0	1	0	0	0	0
С.б.>5	0	0	1	0	0	1	0	1
С.б.<4	0	0	0	0	1	0	0	0
Участие в мероприятиях	1	0	0	1	0	0	0	1
Сост.с = полный	1	0	1	0	1	0	0	1
Сост.с = не полный	0	0	0	0	0	1	0	0
Сост.с = многодетная	0	1	0	0	0	0	1	0
Сост.с = сирота	0	0	0	1	0	0	0	0
Действия								
Выдача стипендии 170 р.	1	1	0	0	0	0	0	0
Выдача стипендии 140 р.	0	0	0	0	0	0	0	0
Выдача стипендии 110 р.	0	0	0	0	0	1	0	1
Выдача стипендии 200 р.	0	0	0	0	0	0	1	0
Выдача стипендии 250 р.	0	0	0	0	0	0	0	0
Выдача стипендии 80 р.	0	0	1	0	0	0	0	0
Выдача стипендии 280 р.	0	0	0	1	0	0	0	0
Стипендия не выдается	0	0	0	0	1	0	0	0

Рисунок А.18 – Таблица решений ИИС распределения стипендии студентам

Пример формул, на основании которых рассчитываются действия в таблице решений.

1 Выдача стипендии 170 р. = (Средний балл > 9 И Состав семьи = полный И Участие в мероприятиях = 1).

2 Выдача стипендии 170 р. = (Средний балл > 7 И Состав семьи = многодетная И Участие в мероприятиях = 0).

3 Выдача стипендии 80 р. = (Средний балл > 5 И Состав семьи = полный И Участие в мероприятиях = 0).

4 Выдача стипендии 280 р. = (Средний балл > 7 И Состав семьи = сирота И Участие в мероприятиях = 1).

5 Стипендия не выдается = (Средний балл < 4 И Состав семьи = полный И Участие в мероприятиях = 0).

6 Выдача стипендии 110 р. = (Средний балл > 5 И Состав семьи = не полный И Участие в мероприятиях = 0).

7 Выдача стипендии 200 р. = (Средний балл > 9 И Состав семьи = многодетная И Участие в мероприятиях = 0).

8 Выдача стипендии 110 р. = (Средний балл > 5 И Состав семьи = полный И Участие в мероприятиях = 1).

9 Выдача стипендии 280 р. = (Средний балл < 4 И Состав семьи = сирота И Участие в мероприятиях = 1).

10 Выдача стипендии 140 р. = (Средний балл > 7 И Состав семьи = не полный И Участие в мероприятиях = 0).

Пример 4 – Распределение слушателей на курсы

Этот пример ориентирован на многокритериальную классификацию и рекомендательную логику. В отличие от предыдущих задач, здесь отсутствует жёсткий иерархический приоритет правил – наоборот, один человек может подходить под несколько курсов, и система должна выбрать наиболее релевантный или предложить список. Таблица решений в данном случае позволяет формализовать пересекающиеся условия и избежать конфликтов. Рекомендуется обратить внимание на типы данных: возраст, опыт работы, интересы – это разнородные шкалы, что требует аккуратного подхода при построении семантической сети и определении связей между узлами.

На рисунке А.19 приведены данные соискателей обучающих курсов.

ID	ФИО	Возраст	Уровень образования	Опыт работы (лет)	Текущая профессия	Интересы	Уровень владения компьютером	Знание иностранных языков
1	Иванов Алексей Сергеевич	24	Высшее	2	Программист	Технологии	Высокий	Да
2	Петрова Марина Ивановна	35	Среднее специальное	10	Продавец-консультант	Реклама	Средний	Нет
3	Сидоров Виктор Павлович	29	Высшее	3	Администратор	Бизнес	Средний	Да
4	Орлова Анна Владимировна	40	Среднее специальное	15	Менеджер по продажам	Коммуникации	Средний	Нет
5	Фёдоров Михаил Николаевич	18	Среднее	0	Студент	Творчество	Начальный	Нет
6	Григорьев Олег Васильевич	50	Высшее	25	Руководитель отдела	Управление	Высокий	Да
7	Никитина Ирина Олеговна	30	Среднее специальное	5	Графический дизайнер	Технологии	Высокий	Да
8	Васильев Константин Петрович	22	Высшее	1	Оператор call-центра	Коммуникации	Средний	Нет
9	Морозова Елена Андреевна	45	Среднее специальное	20	Бухгалтер	Бизнес	Средний	Да
10	Захарова Наталья Викторовна	28	Высшее	4	Маркетолог	Реклама, творчество	Высокий	Да

Рисунок А.19 – Данные соискателей обучающих курсов

Решающие правила ИИС.

1 Если уровень образования = «Среднее» и уровень владения компьютером = «Начальный», то рекомендовать базовые курсы владения компьютером.

2 Если текущая профессия связана с продажами, то рекомендовать курсы маркетинга.

3 Если возраст < 30 и интересы включают «Технологии», то рекомендовать

курсы программирования.

4 Если опыт работы ≥ 5 лет в управлении, рекомендовать курсы менеджмента.

5 Если знание иностранных языков = «Нет», то рекомендовать языковые курсы.

6 Если интересы включают «Творчество», то рекомендовать курсы графического дизайна.

7 Если интересы включают «Бизнес» и опыт работы ≥ 3 лет, то рекомендовать курсы основ предпринимательства.

На основании решающих правил ИИС построена таблица решений (рисунок А.20).

Условие	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10
Если уровень образования = "Среднее" и уровень владения компьютером = "Начальный"	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Если профессия связана с продажами	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Если возраст < 30 и интересы = "Технологии"	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Если опыт работы ≥ 5 лет и профессия = управление	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Если знание иностранных языков = "Нет"	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
Если интересы включают "Творчество"	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Если интересы включают "Бизнес" и опыт работы ≥ 3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Действия	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8	o9	o10
Базовые курсы владения компьютером	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Курсы маркетинга	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Курсы программирования	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Курсы менеджмента	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Языковые курсы	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
Курсы графического дизайна	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Курсы основ предпринимательства	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Рисунок А.20 – Таблица решений ИИС

Пример 5 – Выявление наличия проблем с весом по индексам массы тела

Рассматриваемая база знаний будет содержать факты о различных индексах массы тела, а также правила, позволяющие определить наличие проблем с весом. Это позволит системе, работающей с базой знаний, делать выводы и принимать решения на основе имеющейся информации.

Данный пример является простейшим, но показательным с точки зрения «пограничных» условий. Здесь правила полностью покрывают весь числовой диапазон без пропусков, но при этом используют неравенства, что типично для задач мониторинга физических параметров. Семантические сети в этом примере разделены на две независимые ветви («Человек – Возраст» и «Человек – ИМТ»), что позволяет обучающимся увидеть возможность декомпозиции сложной системы на подзадачи. В дальнейшем эту структуру можно усложнить, добавив зависимости между возрастом и нормами ИМТ, а также внедрив байесовский вывод для оценки вероятности развития заболеваний на основе этих параметров.

Решающие правила ИИС.

1 Если индекс массы тела меньше 16, то у человека выраженный дефицит массы тела.

2 Если индекс массы тела меньше 18,5, но больше 16, то у человека недостаток веса.

3 Если индекс массы тела больше 18,5, но меньше 25, то у человека нормальный вес.

4 Если индекс массы тела больше 25, но меньше 30, то у человека избыточный вес.

5 Если индекс массы тела больше 30, но меньше 35, то у человека ожирение первой степени.

6 Если индекс массы тела больше 35, но меньше 40, то у человека ожирение второй степени.

7 Если индекс массы тела больше 40, то у человека ожирение третьей степени.

На рисунке А.21 приведены исходные данные пациентов, участвующих в измерениях. На рисунке А.22 представлена таблица решений.

	Рост	Вес	Возраст	Пол	Индекс
Человек 1	167	97	19	ж	34.78074
Человек 2	170	105	53	м	36.33218
Человек 3	133	148	56	м	83.66782
Человек 4	160	130	29	м	50.781125
Человек 5	195	145	57	м	38.13281
Человек 6	174	117	27	ж	38.64447
Человек 7	182	127	79	ж	38.34078
Человек 8	190	67	59	м	18.55956
Человек 9	144	98	19	м	47.2608
Человек 10	187	45	48	ж	12.86854

Рисунок А.21 – Исходные данные 10 пациентов, участвующих в измерениях

Общая схема зависимости «Человек – Возраст» представлена на рисунке А.23, схема зависимости «Человек – ИМТ» – на рисунке А.24.

Пример 6 – Распределение доходов и расходов студентов

Этот пример интегрирует все основные модели и доводит их до уровня байесовского вывода. Особого внимания заслуживает критика, приведённая в тексте: указано на типичные ошибки при построении семантических сетей (неправильное направление стрелок для связей IS–A, некорректное использование АКО). Студентам предлагается самостоятельно исправить эти недочёты. Байесовская сеть в этом примере демонстрирует, как даже на основе небольшой выборки (статистика по студентам) можно вычислить апостериорные вероят-

ности и принять управленческое решение (например, о перераспределении расходов). ER-диаграмма и интерфейс системы показывают, как теория вероятностного вывода интегрируется с практической базой данных и пользовательским приложением.

		Человек1	Человек2	Человек3	Человек4	Человек5	Человек6	Человек7	Человек8	Человек9	Человек10
	<16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	>=16 & < 18.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	>=18.5 & < 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>=25 & < 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>=30 & < 35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>=35 & < 40	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
	>40	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Возраст	19-24	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	25-34	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	35-44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	45-54	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	55+	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0
Пол	М	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
	Ж	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Результат	дефицит массы тела	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	недостаток массы тела	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	нормальный вес	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	избыточная масса тела	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ожирение 1 степени	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	ожирение 2 степени	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ожирение 3 степени	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Рекомендации		НС	НС	СТС	СТС	НС	ТС	НС	НН	СТС	ТН
	ТН - требуется набрать										
	НН - нужно набрать										
	НВ - нормальный вес										
	НС - нужно сбросить										
	ТС - требуется сбросить										
	СТС - срочно требуется сбросить										

Рисунок А.22 – Таблица решений с рекомендациями пациентам, участвующим в измерениях

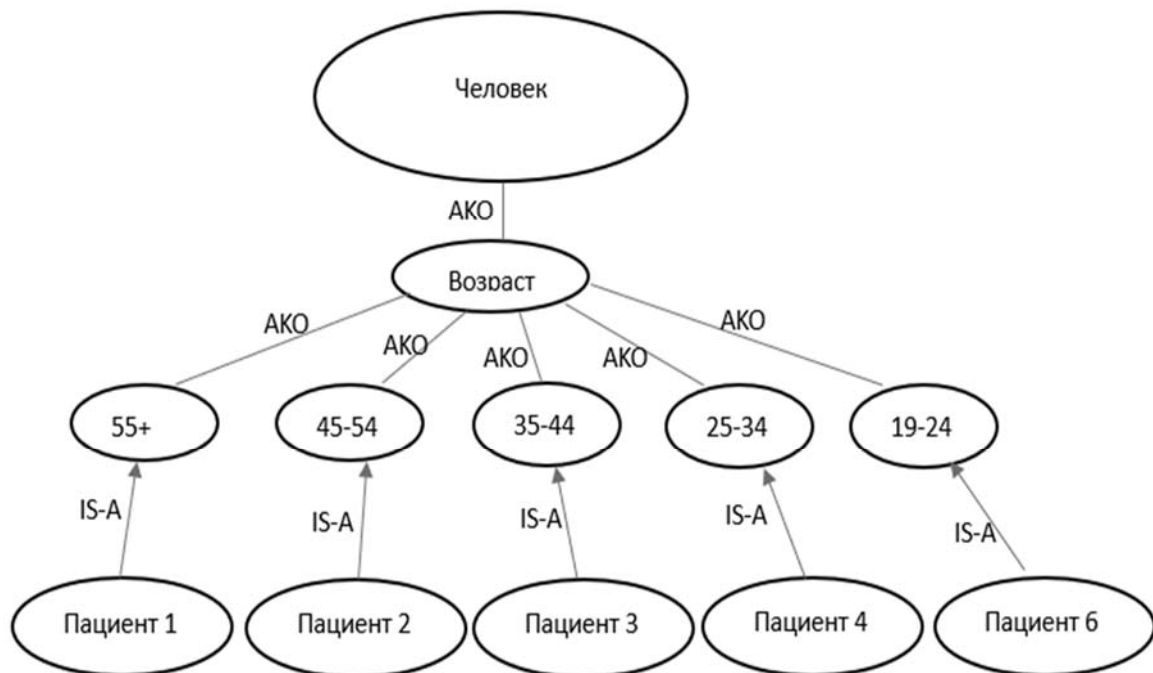


Рисунок А.23 – Семантическая сеть 1 для рассматриваемой ИИС – общая схема зависимости «Человек – Возраст»

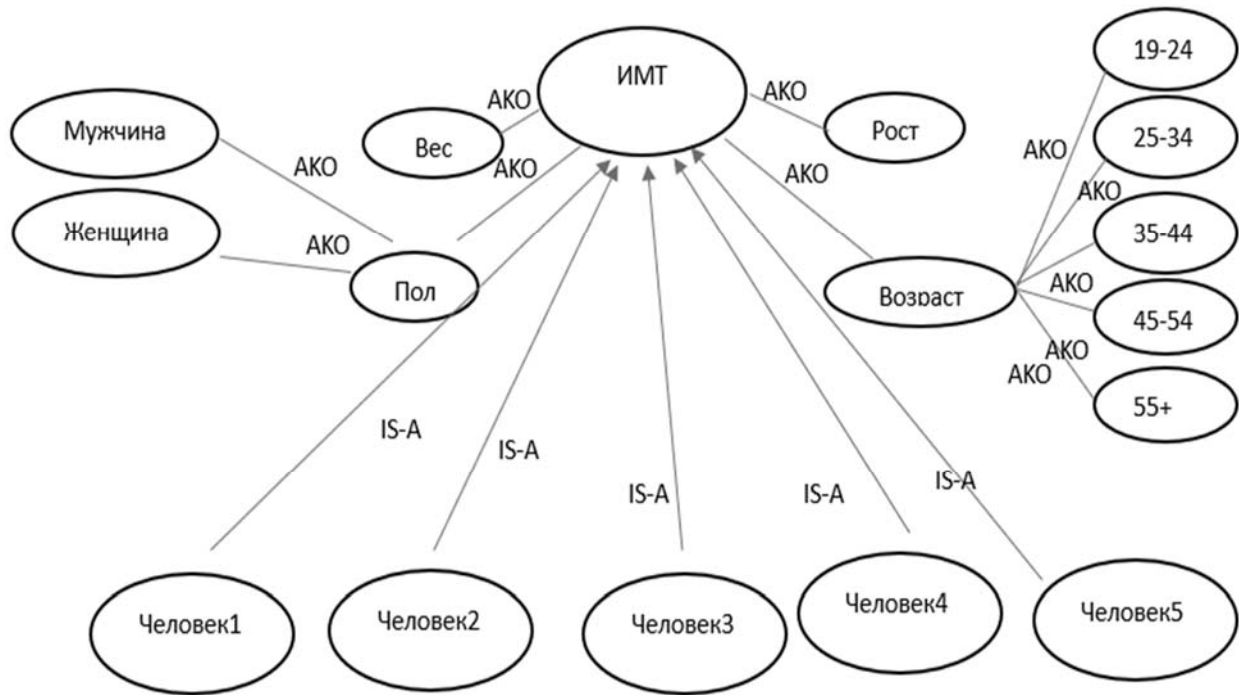


Рисунок А.24 – Семантическая сеть 2 для рассматриваемой ИИС – общая схема зависимости «Человек – ИМТ»

Семантические сети рассматриваемой ИИС.

Рисунки А.25–А.28 (примеры из студенческих лабораторных работ) содержат небольшие погрешности – связи АКО целесообразно перестроить, исключив стрелки, в связях IS–A целесообразно развернуть направление стрелок в противоположную сторону к узлам групп АКО.



Рисунок А.25 – Семантическая сеть 1 для ИИС распределения доходов и расходов студентов



Рисунок А.26 – Семантическая сеть 2 для ИИС распределения доходов и расходов студентов

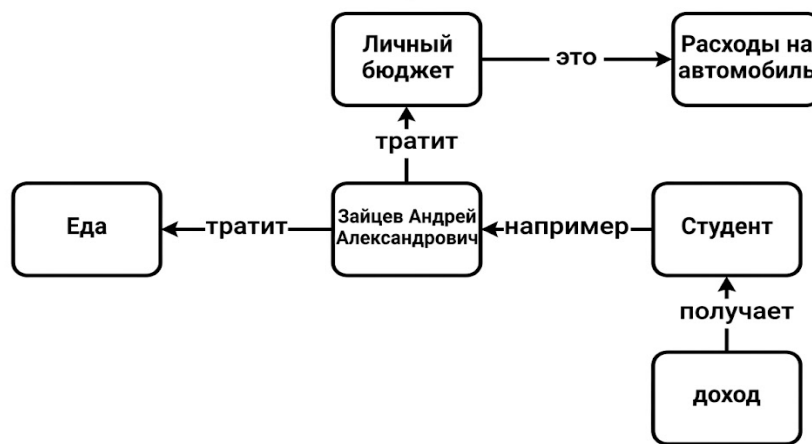


Рисунок А.27 – Семантическая сеть 3 для ИИС распределения доходов и расходов студентов

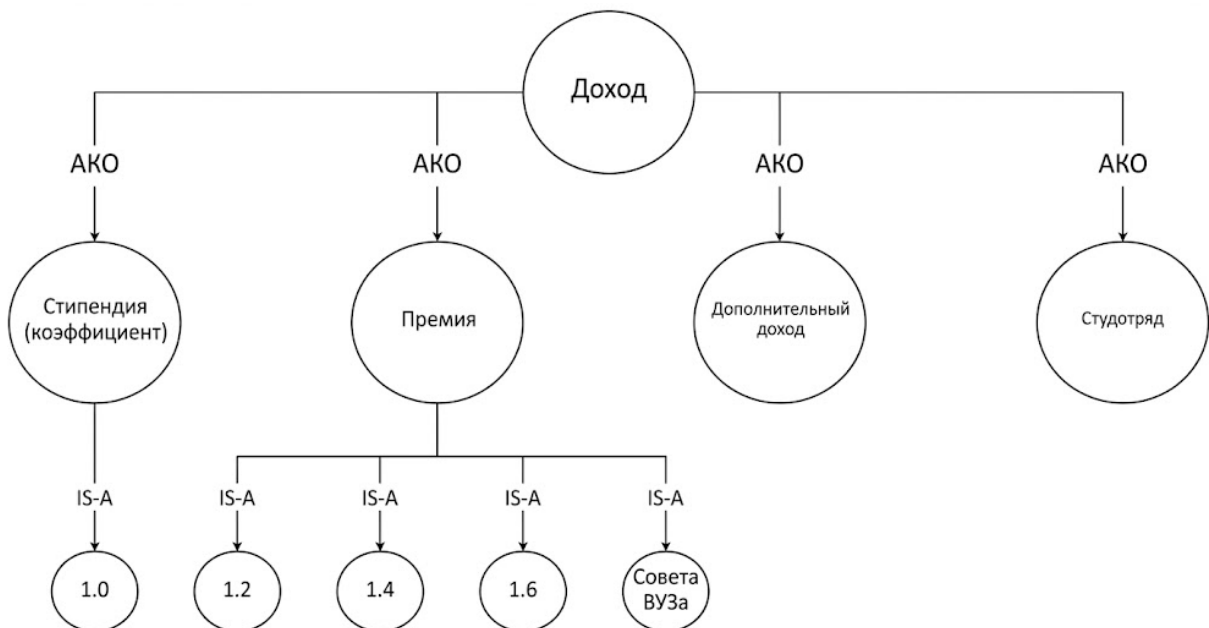


Рисунок А.28 – Семантическая сеть 4 для ИИС распределения доходов и расходов студентов

На рисунке А.29 показана байесовская сеть доверия для данной ИИС.

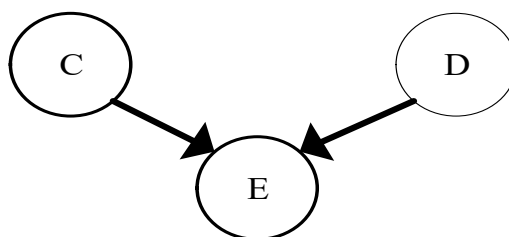


Рисунок А.29 – Байесовская сеть доверия

Вершины байесовской сети доверия: С – доход превышает 1000 р.; D – студент бюджетник; E – перераспределить расходы. С, D – независимые вершины, E – вершина, зависящая от вершин С, D.

На рисунках А.30–А.33 показаны: анализ количества учащихся студентов в Белорусско-Российском университете, количественные представления вероятностей совпадения, перекрестные совпадения, таблица условных вероятностей.

БРУ	Год							
	2020		2021		2022		2023	
	Бюджет	Платное	Бюджет	Платное	Бюджет	Платное	Бюджет	Платное
План приёма (кол-во зачисленных)	780	520	660	440	570	430	478	327
Итого(бюджетников):	2488	59%						
Итого(платников)	1717	41%						

Рисунок А.30 – Анализ количества учащихся студентов в БРУ

Доход превышает 1000 рублей		Студент бюджетник	
да	нет	да	нет
0,43	0,57	0,59	0,41

Рисунок А.31 – Количественные представления вероятностей совпадения

		Студент бюджетник	
		да	нет
	Доход превышает 1000 рублей	0,2537	0,1763
	да	0,2537	0,1763
	нет	0,3363	0,2337

Рисунок А.32 – Перекрестные совпадения

		Доход превышает 1000 рублей			
		да		нет	
		Студент бюджетник		Студент бюджетник	
		да	нет	да	нет
Перераспределить расходы	да	0,2537	0,1763	0,3363	0,2337
	нет	0,7463	0,8237	0,6637	0,7663
Сумма		1	1	1	1

Рисунок А.33 – Таблица условных вероятностей

Вероятность того, что доход студента превышает 1000 р. в месяц при условии, что он является бюджетником и ему необходимо перераспределить расходы, следующая:

$$P(C|E, D) = P(E|C) P(C) / (P(E|C) P(C) + P(E|\bar{C}) P(\bar{C})) =$$

$$= 0,25 \cdot 0,43 / (0,25 \cdot 0,43 + 0,43 \cdot 0,57) = 0,36 < 0,50.$$

Таким образом, рассмотренная необходимость перераспределения расходов маловероятна.

На рисунке А.34 приведен пример интерфейса ИИС, на рисунке А.35 – ER-диаграмма базы знаний рассматриваемой ИИС.

AddStudentForm

Лучший друг студента

Номер зачетки:

ФИО:

Возраст:

Обучение:

Студотряд ☒ Премия ☒ Доп.доход ☒ Стипендия ☒

Место трудоустройства:

Основание:

Источник:

Коэффициент:

Еда ☒ Транспорт ☒

Место трапезы:

Вид транспорта:

Гру

Рисунок А.34 – Пример интерфейса ИИС

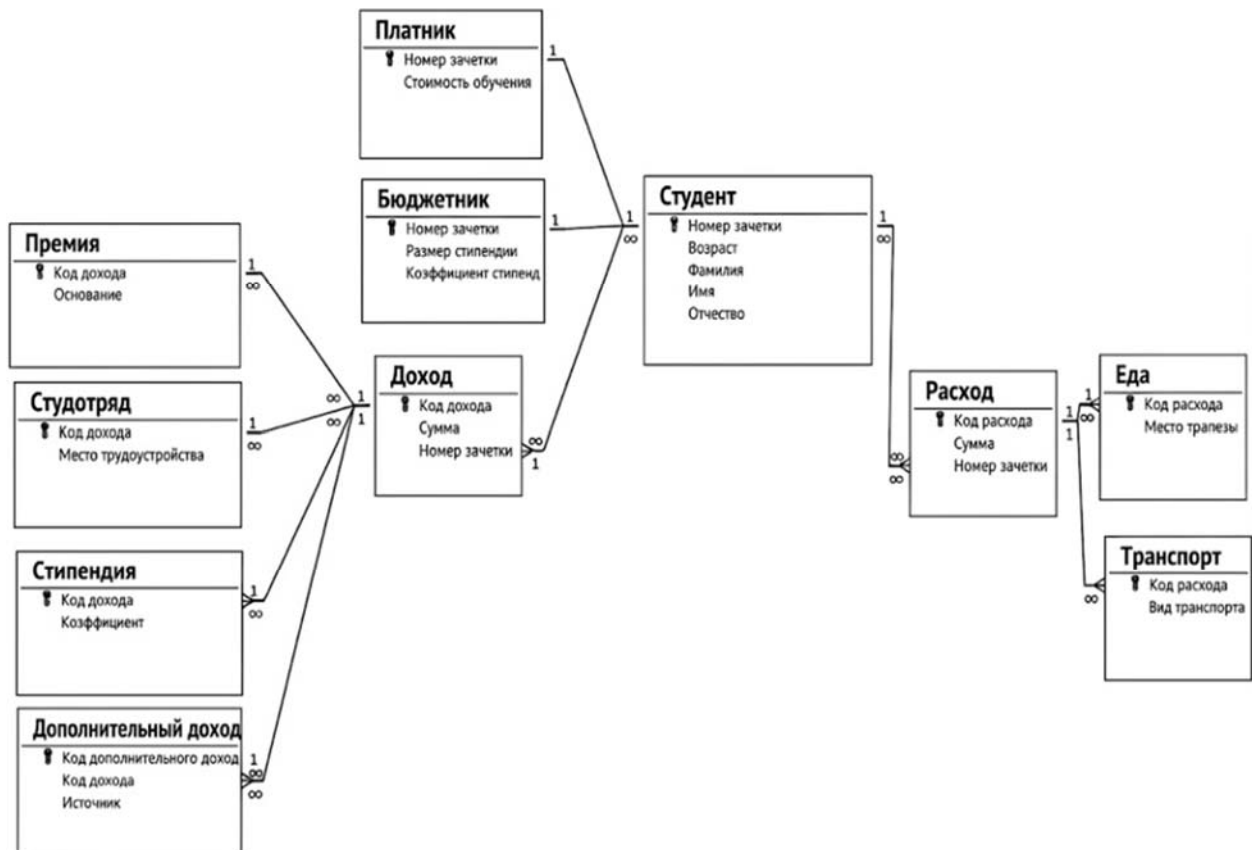


Рисунок А.35 – ER-диаграмма базы знаний рассматриваемой ИИС

Таким образом, примеры охватывают различные отрасли (автосервис, военное дело, образование, здравоохранение, финансы) и демонстрируют гибкость инструментов инженерии знаний. При выполнении собственных вариантов контрольных работ студентам рекомендуется опираться на структуру одного из приведённых примеров, но адаптировать её под свою предметную область, изменяя сущности, правила и вероятности в соответствии с условиями задания.

Приложение Б (рекомендуемое)

Проверочная работа

Тема: модели представления знаний и вывод в условиях неопределённости.

Время выполнения: 90 мин.

Форма выполнения: письменно на листах бумаги. Разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Задание 1. Таблица решений (20 баллов)

Опишите процесс принятия банкоматом решения о выдаче наличных денег с помощью таблицы решений.

Исходные условия.

- 1 Карта действительна (Да / Нет).
- 2 ПИН-код введён верно (Да / Нет).
- 3 Достаточно средств на счёте (Да / Нет).
- 4 Не превышен суточный лимит выдачи (Да / Нет).

Возможные действия.

- 1 Выдать деньги.
- 2 Отказать в выдаче (с пояснением на экране).
- 3 Заблокировать карту (после трёх неверных попыток ПИН-кода).

Требуется: построить классическую таблицу решений с секциями условий (верхняя часть) и действий (нижняя часть). Каждый столбец соответствует одному правилу. Минимизируйте количество правил, используя прочерки для безразличных условий. Учтите, что блокировка карты происходит только при неверном ПИН, а при нехватке средств или превышении лимита – отказ без блокировки. Если карта недействительна, отказ без дальнейших проверок.

Задание 2. Семантическая сеть (25 баллов)

Постройте семантическую сеть, описывающую взаимодействие основных сущностей в процессе выдачи наличных банкоматом.

Включите следующие понятия (узлы): Банкомат, Клиент, Банковская карта, Счёт, ПИН-код, Транзакция, Наличные, Чек.

Используйте отношения (дуги с надписями):

- 1) has (имеет);
- 2) performs (выполняет);
- 3) authorizes (авторизует);
- 4) prints (печатает);
- 5) dispenses (выдаёт);
- 6) a-kind-of (разновидность, если нужно).

Логика: клиент вставляет карту в банкомат. Карта привязана к счёту. Банкомат проверяет ПИН-код. Банкомат выполняет транзакцию. Транзакция может быть выдачей наличных. Банкомат выдаёт наличные и печатает чек.

Изобразите сеть в виде ориентированного графа, подписав каждую дугу соответствующим отношением.

Задание 3. Фреймы (20 баллов)

Разработайте фреймовую модель для понятия «Транзакция в банкомате», используя прототипы и наследование.

1 Фрейм-прототип «Транзакция» должен содержать слоты.

1.1 ID-транзакции (число).

1.2 Тип (строка: «выдача наличных» или «запрос баланса»).

1.3 Сумма (число, по умолчанию 0).

1.4 Дата/время (дата).

1.5 Карта (ссылка на фрейм «Карта»).

1.6 Результат (строка: «успешно», «отказ»).

2 Фрейм-наследник «Выдача наличных» добавляет слот.

2.1 Выданная сумма (число).

2.2 Ограничение: значение слота «Сумма» должно быть кратно 10.

3 Фрейм «Карта» содержит слоты.

3.1 Номер карты (строка).

3.2 Срок действия (дата).

3.3 Владелец (строка).

3.4 Счёт (ссылка на фрейм «Счёт»).

Покажите иерархию фреймов, перечислите все слоты для каждого фрейма, укажите наследование (стрелкой от наследника к прототипу). Допускается табличная форма записи.

Задание 4. Байесовская сеть доверия (35 баллов)

Постройте простую байесовскую сеть для диагностики причин отказа банкомата в выдаче денег.

Узлы сети.

A – «Неверный ПИН» (состояния: да, нет).

B – «Недостаточно средств» (состояния: да, нет).

C – «Отказ в выдаче» (состояния: да, нет).

Считаем, что A и B независимы и обе являются причинами для C.

Даны вероятности: $P(A = \text{да}) = 0,1$, $P(B = \text{да}) = 0,15$. В таблице Б.1 рассчитаны условные вероятностей $P(C | A, B)$.

Таблица Б.1 – Таблица условных вероятностей $P(C | A, B)$

A	B	$P(C = \text{да})$	$P(C = \text{нет})$
Да	Да	0,99	0,01
Да	Нет	0,95	0,05
Нет	Да	0,90	0,10

Выполните следующие пункты:

а) нарисуйте структуру сети (узлы и направленные дуги);
 б) вычислите полную вероятность отказа $P(C = \text{да})$. Покажите все шаги расчёта;

в) клиент получил отказ. Какова вероятность того, что ПИН был введён неверно?

Вычислите $P(A = \text{да} \mid C = \text{да})$ с помощью формулы Байеса. Приведите все промежуточные выкладки;

г) допустим, стало известно, что средств на счёте достаточно ($B = \text{нет}$). Найдите $P(A = \text{да} \mid C = \text{да}, B = \text{нет})$.

Объясните, почему результат отличается от пункта в.

Все вычисления выполняйте с точностью до трёх знаков после запятой.

Критерии оценивания.

1 Задание 1 – 20 баллов (правильная структура таблицы, учёт всех условий, минимизация).

2 Задание 2 – 25 баллов (полнота сети, корректность отношений, отсутствие лишних связей).

3 Задание 3 – 20 баллов (наличие прототипов, правильные слоты и наследование).

4 Задание 4 – 35 баллов (правильная структура сети, верный расчёт полной вероятности, применение формулы Байеса, анализ апостериорной вероятности).

Итого: 100 баллов.