

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Е. Ю. Заболотнова**

## **ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ**

Учебно-методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ для студентов  
бакалавриата по направлению подготовки  
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Калининград,  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 004.891(075)

Рецензент  
кандидат экономических наук,  
заведующий кафедрой прикладной информатики ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет»  
М. В. Соловей

Заболотнова, Е. Ю.

Экспертные системы: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника» / Е. Ю. Заболотнова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 34 с.

В учебно-методическом пособии представлены задания и методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы модуля для направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Табл. 3, рис. 8, список лит. – 5 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой прикладной информатики института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 19 сентября 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала в учебном процессе методической комиссией ИЦТ 20 сентября 2022 г., протокол № 6

УДК 004.891(075)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.

© Заболотнова Е. Ю., 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Идентификация задачи обработки информации и управления .....	6
Лабораторная работа № 2. Методы приобретения знаний. Методы построения модели предметной области. Семантические сети. ....	12
Практическая работа № 3. Механизм логического вывода в ЭС продукционного типа .....	17
Лабораторная работа № 4. Инструментальные средства разработки ЭС ..	27
Заключение.....	32
Литература.....	33

## ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной формы обучения в бакалавриате по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, изучающих дисциплину «Экспертные системы».

**Цель** лабораторного практикума по дисциплине: познакомиться со структурой экспертной системы производственного типа, изучить этапы разработки экспертной системы, познакомиться с моделями представления знаний и выполнить программную реализацию учебной экспертной системы по варианту.

Студент должен:

знать:

- основные виды экспертных систем;
- особенности функционирования статических и динамических экспертных систем;
- области применения систем искусственного интеллекта;
- основные методы построения экспертных систем;

уметь:

- проводить анализ предметной области и определять задачи, для решения которых целесообразно использование технологий экспертных систем;
- формировать требования к предметно-ориентированной экспертной системе и определять возможные пути их выполнения;
- определять назначение, выбирать методы и средства для построения прикладных экспертных систем;

владеть:

- навыками формулировать и решать задачи проектирования профессионально-ориентированных информационных систем с использованием технологий искусственного интеллекта и инженерии знаний.

Лабораторный практикум содержит 4 лабораторные работы.

Студенты очной формы обучения выполняют все восемь лабораторных работ, студенты заочной формы обучения выполняют работы с 5 по 8.

Лабораторные работы проводятся в компьютерных классах, ауд. 261/8, 303 Г или 306 Г.

Материалы, оборудование, программное обеспечение: специальное оборудование не требуется, для оформления отчета можно использовать любой текстовый редактор, программная реализация в лабораторной работе № 4 может быть выполнена на любом языке программирования по желанию студента.

Критерии положительной оценки: работа считается выполненной после представления отчета преподавателю и ее защиты путем ответа на вопросы по теме работы.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

## Общие сведения

*Цель:* целью данного лабораторного практикума является создание студентом оригинальной учебной экспертной системы, в данной работе планируется выполнить постановку задачи на разработку экспертной системы.

*Планируемое время выполнения:* аудиторное время выполнения (под руководством преподавателя) – 4 ч.

Время самостоятельной подготовки: 4 ч.

## Теоретическая часть

На этапе идентификации определяются задачи, участники процесса разработки и их роли, ресурсы и цели. В процессе идентификации задачи инженер по знаниям и эксперт работают в тесном контакте. Начальное, содержательное описание задачи экспертом влечет вопросы инженера по знаниям. Эксперт уточняет описание задачи и раскрывает суть рассуждений, которые лежат в основе решения.

В данной работе студент выполняет как функцию эксперта (при необходимости получения знаний о заданной предметной области можно воспользоваться справочной информацией из Интернета), так и функцию инженера по знаниям (когнитолога).

Идентификация задачи заключается в составлении неформального (вербального, словесного) описания решаемой задачи.

В этом описании указываются:

1. Название задачи управления и обработки информации.
2. Цель решения данной задачи (например, сократить степень риска при принятии управленческих решений, повысить качество принятия решений, сократить время решения задачи и др.).
3. Кто решает данную задачу (должность и ФИО специалиста-эксперта).
4. Кто будет пользователем интеллектуальной информационной системы, решающей данную задачу.

5. В каком подразделении фирмы решается данная задача.

6. Как часто решается данная задача (в реальном масштабе времени, один раз в смену, один раз в сутки, один раз в неделю, один раз в месяц и т. п.).

7. Сколько времени занимает решение задачи у эксперта.

8. В чем трудности решения задачи экспертом (неполнота исходных данных, неопределенность ситуации решения, невозможность количественно оценить риск последствий решения задачи, многоцелевой характер, качественно сформулированные критерии, мало времени отведено на решение задачи, огромное множество альтернатив, которые необходимо оценить).

9. Выходные данные, которые должны быть получены в результате решения задачи, их представление (формат).

10. Исходные данные для решения задачи, их представление (формат).

11. Данные, которые должны храниться в базе знаний и будут использоваться при решении задачи (нормативные, справочные и другие данные).

12. Знания, которые необходимы для решения задачи, кто (что) является их носителем (эксперт, монографии, инструкции, техническая и другая документация, баз данных и др. источники).

13. Примеры решения задачи.

В ходе работ по созданию экспертных систем сложилась определенная технология их разработки, включающая шесть следующих этапов: *идентификация, концептуализация, формализация, выполнение, отладка и тестирование, опытная эксплуатация и внедрения*. Эти этапы выполняются не в линейном порядке, т. е. постоянно осуществляется модификация разрабатываемой экспертной системы.

Ниже приведены примеры таблиц идентификации.

Таблица 1 – Пример 1

Название задачи управления и обработки информации	ЭС по обработке входных данных пациента с целью проведения точной диагностики и поддержки врачебного диагноза
Кто решает данную задачу	Эксперты-врачи общей и специализированной практики
Кто будет пользователем интеллектуальной информационной системы, решающей данную задачу	Администрация медучреждения, врачи общей и специализированной практики
В каком подразделении фирмы решается данная задача	Лечебно-диагностическое отделение
Как часто решается данная задача	В реальном масштабе времени, исходя из графика работы медучреждения
Сколько времени занимает решение задачи у эксперта.	В зависимости от проблематики (от 20 минут до часа – сбор данных о пациенте и их анализ)
В чём трудности решения задачи экспертом	Лимитированное количество времени на обследование пациента, неполнота исходных данных (история болезней)
Выходные данные, которые должны быть получены в результате решения задачи, их представление (формат)	Электронный формат, результат о состоянии здоровья пациента в форме отчета с объяснением и коэффициентом уверенности в диагнозе(K)
Исходные данные для решения задачи, их представление (формат)	Опрос пациента и занесение сведений в БД путем опросника или формы вопрос/ответ
Данные, которые должны храниться в ЭВМ (например, в базе данных) и будут использоваться при решении задачи (нормативные, справочные и другие данные)	Справочные (БД с симптомами и болезнями), рекомендательные (прогнозирование состояния пациента) и нормативные данные (оформление документов)
Знания, которые необходимы для решения задачи, кто (что) является их носителем	Носители: врачи общей и узкой практики, базы данных с симптоматикой; необходимые знания в узкоспециализированных областях медицины
Пример решения задачи	Пациент обратился в поликлинику с ощущением инородного тела в глазу, сухостью роговицы, воспаленным веком и общим дискомфортом зрения, эксперт-врач после осмотра и опроса обозначил предварительный диагноз – ячмень, внес симптомы в ЭС, по характеру заболевания, а также образу жизни и больничной карте пациента система подтвердила диагноз врача с вероятностью $K=0,945$ . Врач, основываясь на собственных наблюдениях и решению системы, определяет диагноз



Таблица 2– Пример 2

Название задачи управления и обработки информации	Учебная экспертная система помощи выбора автомобиля в компании «Автохаб»
Кто решает данную задачу	Специалисты по подбору автомобиля в компании «Автохаб»
Кто будет пользователем интеллектуальной информационной системы, решающей данную задачу.	Потенциальный покупатель автомобиля
В каком подразделении фирмы решается данная задача.	Подразделение «Отдел по подбору автомобиля»
Как часто решается данная задача.	По мере необходимости, не реже одного раза в день
Сколько времени занимает решение задачи у эксперта.	В зависимости от предпочтений клиента на выбор автомобиля. 30 минут – пару дней
В чём трудности решения задачи экспертом	Неопределенность ситуации решения, невозможность количественно оценить риск последствий решения задачи, большое количество альтернатив, которые необходимо оценить. Многообразие рынка автомобилей. Большое количество "похожих" автомобилей. Невозможность заранее узнать техническое состояние автомобиля в выбранном бюджете
Выходные данные, которые должны быть получены в результате решения задачи, их представление (формат)	Название автомобиля, марка автомобиля, цена автомобиля, технические характеристики автомобиля, цена его дальнейшего обслуживания, цвет (по желанию клиента), тип кузова
Исходные данные для решения задачи, их представление (формат)	Ответы на вопросы пользователем (количество посадочных мест, тип кузова, цвет, мощность и объем двигателя, стоимость обслуживания, транспортный налог, бюджет клиента, цель использования автомобиля и т.д.)
Данные, которые должны храниться в ЭВМ (например, в базе данных) и будут использоваться при решении задачи (нормативные, справочные и другие данные)	Совокупность правил "ЕСЛИ > ТО"
Знания, которые необходимы для решения задачи, кто (что) является их носителем	Знание цен на тот или иной автомобиль, их технические характеристики. База данных имеющихся в наличии автомобилей, сайты по продаже автомобилей
Пример решения задачи	Для молодого парня для поездки на учебу с бюджетом не более 2000000 руб. рекомендован автомобиль Mercedes-benz C,E класса – седан, купе стоимостью 1,5–1,8 млн руб. черного цвета с автоматической коробкой передач, с расходом до 10 л/100 км, небольшим налогом, пробегом до 100к км, год выпуска – от 2012, количество владельцев – не более 3

## Методические рекомендации по выполнению работы

При заполнении таблицы обратите внимание на раздел «Исходные данные» для решения задачи, в нем указываются показатели, на основании которых будет принято экспертное решение. Таких показателей должно быть определено не менее 10–15. В разделе пример решения задачи словесно описывается поиск решения на основании значений тех показателей, которые были определены в разделе Исходные данные. Так как это учебная экспертная система, количество вариантов решения можно ограничить (не более 10).

### Задание к лабораторной работе

Составить идентификационное описание решаемой задачи по представленному плану.

Название разрабатываемой экспертной системы студент может выбрать самостоятельно или предложить преподавателю свой оригинальный вариант. Выбранные темы не могут повторяться, каждый студент разрабатывает свою оригинальную ЭС самостоятельно.

Таблица 3. Варианты заданий

№ варианта	Название экспертной системы
1	ЭС, рекомендующая распределение времени при подготовке к экзаменам
2	ЭС по выбору темы для бакалаврской работы
3	ЭС по диагностике состояния здоровья пациента
4	ЭС по выбору вуза и специальности для абитуриента
5	ЭС, определяющая тип темперамента человека
6	ЭС по выбору маршрута и способа передвижения из одного населенного пункта в другой
7	ЭС по принятию финансовых решений в области малого предпринимательства
8	ЭС по выбору места работы после окончания университета
9	ЭС определяющая неисправность автомобиля и дающая рекомендации по ее устранению
10	ЭС по выбору автомобиля при покупке

№ варианта	Название экспертной системы
11	ЭС для принятия решения о приеме на работу в компьютерную фирму нового сотрудника
12	ЭС поиска неисправностей в компьютере
13	ЭС по выбору стиральной машины
14	ЭС, рекомендующая конфигурацию персонального компьютера
15	ЭС, прогнозирующая исход футбольного матча
16	ЭС по выбору системы защиты информации
17	ЭС оценки качества программного обеспечения
18	ЭС, принимающая решения о формировании бюджета семьи
19	ЭС по определению оптимального маршрута движения автомобиля “Скорой помощи” по вызовам
20	ЭС по определению типа геологической породы
21	ЭС, рекомендующая конфигурацию сервера локальной вычислительной сети
22	ЭС по выбору инструментальных средств для создания web-сайтов

### **Требования к отчету и защите**

Отчет должен содержать:

- Тему и задание на лабораторную работу.
- Описание решаемой задачи по представленному плану в виде таблицы или текста.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение экспертной системе.
2. Назовите этапы разработки экспертной системы.
3. Какие специалисты являются разработчиками экспертной системы?
4. Какие задачи решаются на этапе идентификации задачи?
5. Что такое прототип экспертной системы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. МЕТОДЫ ПРИОБРЕТЕНИЯ ЗНАНИЙ. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ. СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ.

### Общие сведения

*Цель:* познакомиться с основными методами приобретения знаний и моделями построения модели предметной области.

*Планируемое время выполнения:* аудиторное время выполнения (под руководством преподавателя): 4 ч.

Время самостоятельной подготовки: 4 ч.

### Теоретическое введение

#### Часть 1. Методы приобретения знаний

Под приобретением знаний в ЭС понимают процесс получения знаний от эксперта (или каких-либо источников знаний) и передачи их ЭС. Сам процесс приобретения знаний важен и сложен. Его важность заключается в том, что эффективность работы ЭС целиком и полностью зависит от качества приобретения знаний и правильности их представления. Сложность же обуславливается большим объемом используемых знаний, которые не всегда осознаются самим экспертом или расплывчато представлены каким-либо источником знаний. Все методы работы с экспертами делятся на две группы: пассивные или активные. Классификация методов приведена на рисунке 1.



Рисунок 1. Классификация методов приобретения знаний

## Часть 2. Методы построения модели предметной области

В основе проектирования экспертной системы лежит моделирование предметной области. Для того чтобы получить адекватный предметной области проект ЭС в виде системы правильно работающих программ, необходимо иметь целостное, системное представление модели, которое отражает все аспекты функционирования будущей информационной системы. При этом под моделью предметной области понимается некоторая система, имитирующая структуру или функционирование исследуемой предметной области и отвечающая основному требованию – быть адекватной этой области.

Часть 3. Представление данных о предметной области в виде семантической сети

Семантическая сеть – информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними.

Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы. Таким образом, семантическая сеть является одним из способов представления знаний. В названии соединены термины из двух наук: семантика в языкознании изучает смысл единиц языка, а сеть в математике представляет собой разновидность графа – набора вершин, соединённых дугами (рёбрами), которым присвоено некоторое число. В семантической сети роль вершин выполняют понятия базы знаний, а дуги (причем направленные) задают отношения между ними. Таким образом, семантическая сеть отражает семантику предметной области в виде понятий и отношений.

Семантические сети систематизируют функции отношений между понятиями с помощью следующих признаков:

### Отношения в семантических сетях

Отношения	Разновидности отношений	Примеры
логические		дизъюнкция конъюнкция отрицание импликация
теоретико-множественные		часть – целое множество – подмножество класс – элемент класса
функциональные	количественные	больше... меньше...
	временные	раньше... позже... в течение...
	пространственные	далеко от... за... под...
	атрибутивные	объект – свойство свойство – значение
квантификационные	логические кванторы	всеобщность существование
	нелогические кванторы	много... несколько...

Рисунок 2. Виды отношений в семантических сетях

При построении семантической сети отсутствуют ограничения на число элементов и связей. Поэтому систематизация отношений между объектами в сети необходима для дальнейшей формализации. Примеры семантических сетей представлены на рисунках 3 и 4.

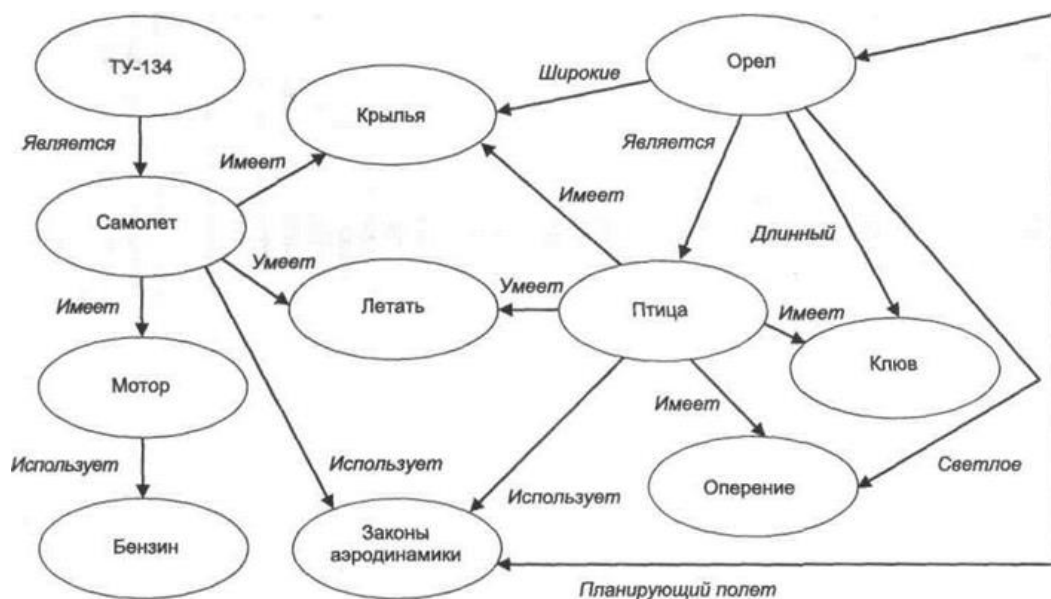


Рисунок 3. Пример семантической сети



Рисунок 4. Пример семантической сети

### Задание к лабораторной работе

**Часть 1:** Опишите технологию реализации любого из методов получения знаний (1–3 стр.), укажите ссылку на источник данных.

#### Часть 2:

1. Представьте модель предметной области для разрабатываемой экспертной системы в виде таблицы из 15–20 троек: объект – атрибут-значение.

Например:

Кошка–кличка–Мурка

Кошка-окрас–рыжий

Кошка–порода-сибирская

**Часть 3:** Нарисуйте семантическую сеть – модель предметной области для разрабатываемой экспертной системы.

#### Методические указания и порядок выполнения работы

Все четыре лабораторные работы посвящены разработке учебной экспертной системы продукционного типа, тема которой выбирается из таблицы в разделе 2.5. Перед выполнением работы рекомендуется повторить материалы лекций по теме лабораторной работы или познакомиться с разделами учебника. Выше приведены примеры, которые помогут Вам успешно справиться с заданием. При построении семантической сети используйте объекты и их атрибуты из второй части задания. Обязательно укажите виды отношений на семантической сети.

## **Требования к отчету и защите**

Отчет должен содержать:

- Тему и задание на лабораторную работу.
  - Описание одного из методов приобретения знаний (1–3 страницы).
  - Описание предметной области учебной экспертной системы в виде триад: объект – атрибут-значение (15–20 троек).
  - Семантическую сеть предметной области учебной экспертной системы.
- Защита проходит путем собеседования с преподавателем.

## **Литература**

Малышева, Е. Н. Экспертные системы. Учебное пособие по специальности 080801 «Прикладная информатика (в информационной сфере)» / Е. Н. Малышева. – Кемерово: Кемеровский государственный университет культуры и искусств (КемГУКИ), 2010. – 86 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227739> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный. – Раздел 1.3 – стр. 22.

## **Контрольные вопросы для самопроверки**

1. В чем достоинства и недостатки продукционной модели представления знаний?
2. Нарисуйте структуру фрейма. Что такое демон?
3. В чем достоинства и недостатки фреймовой структуры представления знаний?
4. Какие виды отношений могут присутствовать в семантической сети?
5. Перечислите методы преодоления конфликта при выводе в продукционных моделях?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. МЕХАНИЗМ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА В ЭС ПРОДУКЦИОННОГО ТИПА

### Общие сведения

*Цель:* познакомиться с моделями построения предметной области и механизмами прямого и обратного вывода, а также методами разрешения конфликтов в системах продукционного типа.

*Планируемое время выполнения:* аудиторное время выполнения (под руководством преподавателя): 6 ч.

Время самостоятельной подготовки: 4 ч.

### Теоретическое введение

Часть 1. Механизм логического вывода – неотъемлемая часть системы, основанной на знаниях (ЭС), реализующая функции вывода (формирования) умозаключений (новых суждений) на основе информации из базы знаний и рабочей памяти.

Как следует из определения, для работы механизма логического вывода необходима как «долговременная» информация, содержащаяся в базе знаний в выбранном при разработке ЭС виде, так и «текущая» оперативная информация, поступающая в рабочую память после обработки в лингвистическом процессоре запроса пользователя. Таким образом, база знаний отражает основные (долговременные) закономерности, присущие предметной области. Запрос пользователя, как правило, связан с появлением каких-либо новых фактов и/или с возникновением потребности в их толковании.

Перед рассмотрением конкретных механизмов логического вывода подчеркнем несколько важных обстоятельств:

- – единого механизма логического вывода для произвольных систем, основанных на знаниях (ЭС), не существует;
- – механизм логического вывода полностью определяется моделью представления знаний, принятой в данной системе;

· – существующие механизмы логического вывода не являются строго фиксированными («узаконенными») для каждого типа систем, основанных на знаниях (ЭС).

Из всех известных механизмов вывода механизм логического вывода является наиболее формализованным (предопределенным). Различают два типа логического вывода:

- – прямой вывод (прямая цепочка рассуждений);
- – обратный вывод (обратная цепочка рассуждений).

Сущность прямого логического вывода в продукционных ЭС состоит в построении цепочки выводов (продукций или правил), связывающих начальные факты с результатом вывода.

В терминах «факты – правила» формирование цепочки вывода заключается в многократном повторении элементарных шагов «сопоставить – выполнить».

Очевидно, что обратная цепочка рассуждений предъявляет к квалификации пользователя ЭС определенные требования – он должен уметь формулировать «правдоподобные» гипотезы.

В экспертных системах, основанных на правилах, знания о решении задачи представляются в виде правил «Если...то...». Этот подход, являясь одним из старейших методов представления знаний о предметной области в экспертной системе, широко применяется в коммерческих и экспериментальных экспертных системах.

Общий вид продукционного правила представлен ниже:

*<Идентификатор правила> <приоритет правила>*

*Если <Условие> то <Действие>*

*Идентификатор правила* – это уникальное наименование продукционного правила, выделяющее его из множества других правил в базе знаний.

*Приоритет правила* – число показывающее «важность» правила в рассуждениях. Если два и более правил будут иметь истинными условия в левой части, то продолжит рассуждения правило с большим приоритетом.

*Условие* – это левая часть продукционного правила, совокупность элементарных фактов, связанных знаками конъюнкции (И), дизъюнкции (ИЛИ) и отрицания (НЕ). В качестве примера рассмотрим следующее условие:

*Время года = «зима» И температура в комнате градусов по Цельсию < 15 И состояние форточки = «открыто»*

Очевидно, что данное условие соответствует ниже приведенной фразе на естественном языке:

«Зимой, при открытой форточке температура в комнате ниже 15 градусов по Цельсию».

В целом, условие представляет собой составной (сложный) факт, состоящий из трех других, элементарных фактов: «Время года = «зима», «температура в комнате <15 градусов по Цельсию», «состояние форточки = «открыто». Каждый элементарный факт может принимать два значения «истина» или «ложь». Если все три элементарных факта истинны, т. е. имеют место в базе фактов, то считается истинным и составной факт. Таким образом, в целом и условие становится истинным, удовлетворяется.

*Действие* – это правая часть продукционного правила, в буквальном смысле действие (или действия), которое должна выполнить экспертная система, если условие в левой части примет истинное значение.

Примеры схемы принятия решений экспертных систем:

Пример 1. Определитель болезней. Планируемая ЭС должна по симптомам определить вид заболевания собаки.

Сформулируем знания по указанному вопросу:

– если собака явно похудела, во рту появились язвы, десны кровоточат, то в сочетании с температурой и вялостью лептоспироз;

– если собака явно похудела, во рту нет язв и десны не кровоточат, кожа не зудит и собака не чешется, но на шкуре пятна круглой формы, то демодекоз или стригущий лишай;

– если собака явно похудела, во рту нет язв, десны не кровоточат, кожа не зудит и собака не чешется, животное не «спит на ходу», реакции не заторможены, то стресс или недостаток общения;

– если собака явно похудела, во рту нет язв, десны не кровоточат, кожа не зудит и собака не чешется, но животное как будто спит на ходу, реакции заторможены, то нужно сделать анализ крови и проверить сердце;

– если собака явно похудела, во рту нет язв, десны не кровоточат, но кожа зудит и собака чешется, однако одышки нет, то трахеобронхит;

– если собака явно похудела, во рту нет язв, десны не кровоточат, но зудит кожа и собака чешется, есть одышка и рвота или рвотные позывы, десны бледные, живот вздутый, то высока вероятность заворота кишок;

– если собака явно похудела, во рту нет язв, десны не кровоточат, но зудит кожа и собака чешется, у нее одышка, но рвоты или рвотных позывов нет, то проблема с органами дыхания;

– если собака явно похудела, во рту нет язв, десны не кровоточат, но зудит кожа и собака чешется, наблюдается одышка и рвота или рвотные позывы, но десны не бледные и живот не вздут, то в сочетании с сильным сердцебиением парвовироз;

– если собака явно не похудела, но не подходит к миске с едой, глаза и нос гноятся, высокая температура, то так начинается чумка;

– если собака явно не похудела, но не подходит к миске с едой, глаза и нос гноятся и нет высокой температуры, собака не игнорирует воду, то собака просто капризничает;

– если собака явно не похудела, но не подходит к миске с едой, глаза и нос не гноятся, нет высокой температуры, но собака игнорирует воду, то отравление;

– если собака явно не похудела и подходит к миске с едой, поноса, судорог, припадков, пены у рта нет, то собака совершенно здорова.

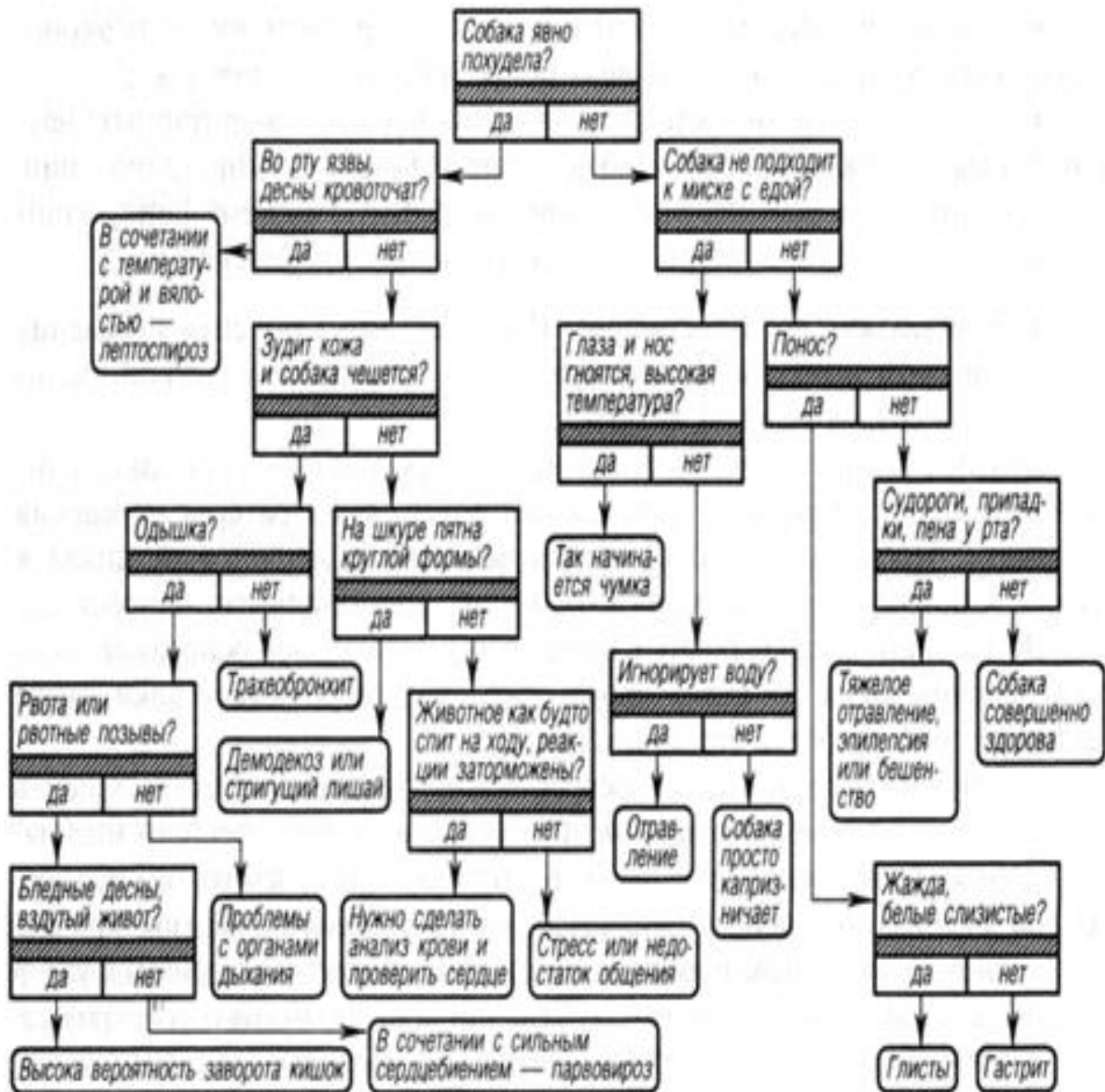


Рисунок 5. Пример дерева принятия решений для ЭС по определению заболевания собаки

Пример 2. Создание простой экспертной системы «Правило».

Рассмотрим задачу, иллюстрирующую основные принципы разработки ЭС. Создадим систему, которая будет помогать студенту (или изучающему русский язык иностранцу) правильно писать такие слова, как КАСАТЬСЯ и КОСНУТЬСЯ, БЛЕСТЕТЬ и БЛИСТАТЬ и т. п., где мы имеем дело с чередованием гласных «А» и «О» или «Е» и «И» в корнях слов.

Представим знания эксперта, в качестве которого будет выступать учебник русского языка, в виде системы правил и набора фактов, на основании которых будет выбираться тот или иной вариант решения проблемы.

Вот что сказано в учебнике русского языка:

В корнях -БЕР-/-БИР-, -ДЕР-/-ДИР-, -МЕР-/-МИР-, -ПЕР-/ -ПИР-, -БЛЕСТ-/-БЛИСТ-, -ЖЕГ-/-ЖИГ-, -СТЕЛ-/-СТИЛ-, -ЧЕТ-/ -ЧИТ – пишется И, если за корнем следует суффикс -А-. В других случаях пишется Е. Исключения: СОЧЕТАТЬ, СОЧЕТАНИЕ, ЧЕТА.

В корнях -ГАР-/-ГОР – под ударением пишется А, без ударения – О. Исключение: ПРИГАРЬ.

В корнях -ЗАР-/-ЗОР – под ударением пишется та буква, которая слышится, без ударения – буква А; Исключения: ЗОРЯНКА, ЗОРЕВАТЬ.

В корнях -КАС-/-КОС – пишется А, если за корнем следует суффикс -А-. В других случаях пишется О.

В корнях -ЛАГ-/-ЛОЖ – перед Г пишется А, перед Ж – О.

В корнях -РАСТ-/-РАЩ-/-РОСТ – А пишется перед СТ и Щ. Исключения: РОСТОК, РОСТОВЩИК, ОТРАСЛЬ.

В корнях -МАК-/-МОК – в значении «погружать во что-то» пишется А, в значении «пропускать влагу» – О.

В корнях -КЛАН-/-КЛОН – под ударением пишется та буква, которая слышится, без ударения – О.

В корнях -ТВАР-/-ТВОР – под ударением пишется та буква, которая слышится, без ударения – буква О. Исключение: УТВАРЬ.

Это и есть те знания, которыми должна обладать экспертная система по интересующему нас вопросу. Для создания ЭС нужно подготовить вопросы, которые система будет задавать пользователю, и варианты ответов. Кроме того, установить порядок следования вопросов, т. е. определить ход рассуждений эксперта. А также перечислить варианты решений, которые ЭС предлагает пользователю. Для данного примера варианты решений перечислить нетрудно:

ответ ясен из вопроса (этот вариант предусмотрен для удобства, он позволяет объединить все исключения в одном вопросе);

- пишется так, как слышится (правила 3, 8, 9);
- пишется И или А (их целесообразно объединить);
- пишется Е или О;
- пишется О;
- пишется А.

Сформулируем вопросы, которые будет задавать система.

1. К какой группе относится корень слова?

Варианты ответов: 1.1. -БЕР-/-БИР-, -ДЕР-/-ДИР-, -МЕР-/-МИР-, -ПЕР-/-ПИР-, -БЛЕСТ-/-БЛИСТ-, -ЖЕГ-/-ЖИГ-, -СТЕЛ-/-СТИЛ-, -ЧЕТ-/-ЧИТ-, -КАС-/-КОС-; 1.2. -ГАР-/-ГОР-, -КЛАН-/-КЛОН-, -ТВОР-/-ТВАР-; 1.3. -ЗАР-/-ЗОР-; 1.4. -ЛАГ-/-ЛОЖ-; 1.5. -РАСТ-/-РАЩ-/-РОС-; 1.6. -МАК-/-МОК-.

2. Гласная в корне ударная или безударная?

Варианты ответов: 2.1. ударная; 2.2. безударная.

3. Является ли слово одним из слов-исключений: СОЧЕТАТЬ, СОЧЕТАНИЕ, ЧЕТА, ПРИГАРЬ, ЗОРЯНКА, ЗОРЕВАТЬ, РОСТОК, РОСТОВЩИК, ОТРАСЛЬ, УТВАРЬ?

Варианты ответов: 3.1. да; 3.2. нет.

4. Следует ли за корнем суффикс -А-?

Варианты ответов: 4.1. да; 4.2. нет.

5. Корень оканчивается на -Г- или на -Ж-?

Варианты ответов: 5.1. на -Г-; 5.2. на -Ж-.

6. Корень оканчивается на -СТ-, на -Щ- или на -С-?

Варианты ответов: 6.1. на -СТ-; 6.2. на -Щ-; 6.3. на -С-.

7. Что означает слово?

Варианты ответов: 7.1. погружать во что-то (обмакнуть в сметану);

7.2. пропускать влагу (ноги промокают).

Наконец, представим ход рассуждений при выборе правильного варианта написания гласной буквы в корне слова в виде дерева решений:

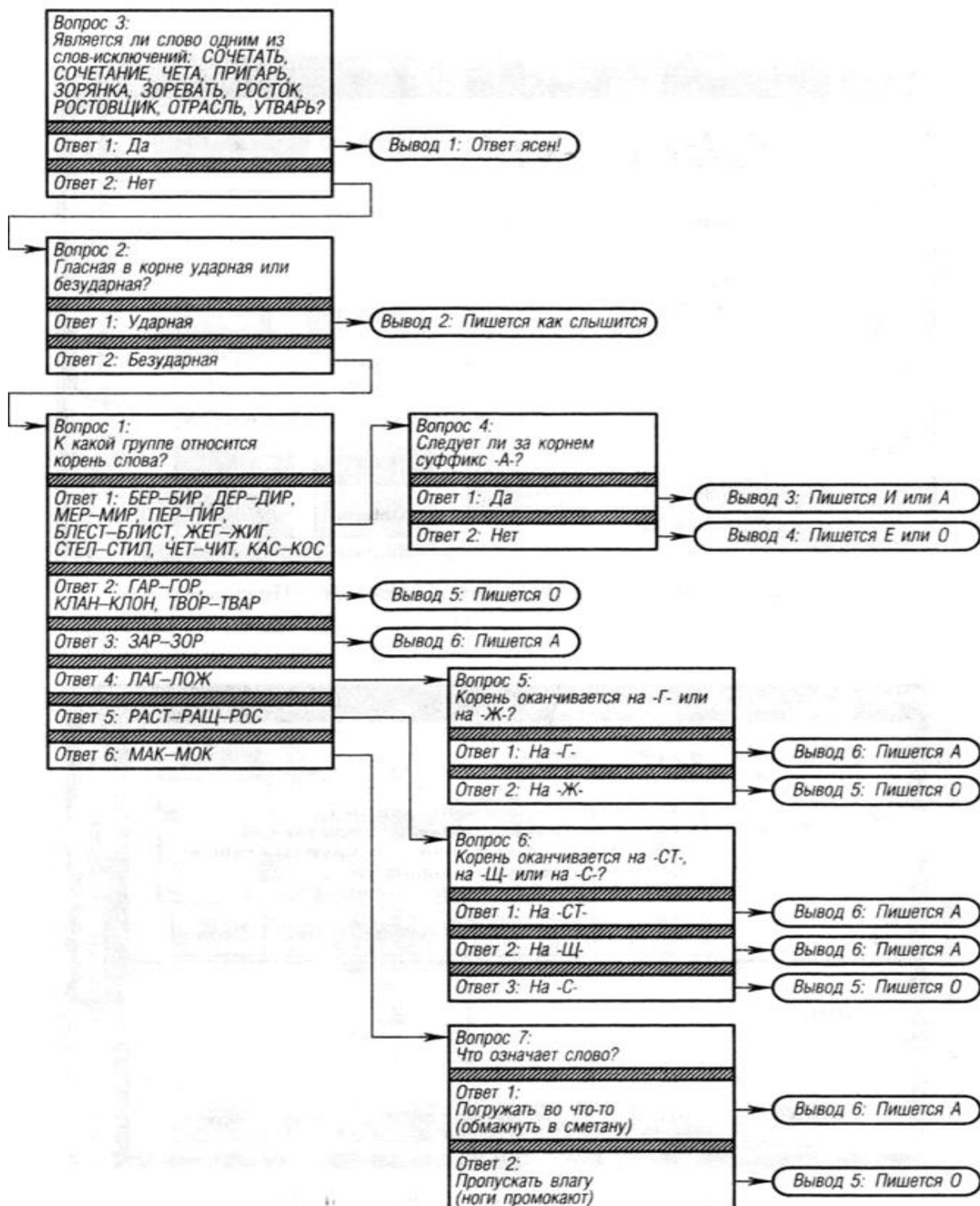


Рисунок 6. Пример дерева принятия решения для ЭС «Правило»



## **Задание к лабораторной работе**

Задание 1. Сформулировать знания по данной предметной области в виде совокупности правил в виде ЕСЛИ – ТО (10–30 правил).

Задание 2. На основании сформулированных правил подготовить вопросы, которые будет задавать система пользователю.

Задание 3. Разработать и нарисовать дерево принятия решений для заданной экспертной системы.

### **Методические указания и порядок выполнения работы**

Все четыре лабораторные работы посвящены разработке учебной экспертной системы продукционного типа, тема которой выбирается из таблицы в разделе 2.5. Перед выполнением работы рекомендуется повторить материалы лекций по теме лабораторной работы или познакомиться с разделами учебника из раздела Литература. В п. 2.2. приведены примеры, которые помогут Вам успешно справиться с заданием. При формировании правил и вопросов пользователя ЭС в данной работе используйте показатели из раздела Исходные данные из таблицы, сформированной на этапе идентификации и постановки задачи.

### **Требования к отчету и защите**

Отчет должен содержать:

- не менее 10 правил по данной предметной области;
- перечень вопросов пользователю экспертной системы для получения результата;
- дерево принятия решения в виде блок-схемы или произвольного рисунка.

Защита проходит путем собеседования с преподавателем.

### **Литература**

Малышева, Е. Н. Экспертные системы. Учебное пособие по специальности 080801 «Прикладная информатика (в информационной сфере)» / Е. Н. Малышева. – Кемерово: Кемеровский государственный университет культуры и искусств (КемГУКИ), 2010. – 86 с. – Режим доступа: по подписке. –

URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227739> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный. – Раздел 1.1 – стр. 5; Раздел 1.2 – стр. 15 и раздел 2.1 – стр. 48.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

1. Что такое экспертная система?
2. Какая экспертная система называется продукционной?
3. Что такое антецедент и консеквент?
4. Что называют конфликтом в продукционной экспертной системе?
5. Перечислите и кратко опишите несколько методов разрешения конфликтов в экспертных системах продукционного типа?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ЭС

### Общие сведения

*Цель:* выполнить программную реализацию учебной экспертной системы продукционного типа по своему варианту.

*Планируемое время выполнения:* аудиторное время выполнения (под руководством преподавателя): 6 ч.

Время самостоятельной подготовки: 4 ч.

### Теоретическая часть

Инструментальное средство разработки экспертных систем – это язык программирования, используемый инженером знаний или (и) программистом для построения экспертной системы. Этот инструмент отличается от обычных языков программирования тем, что обеспечивает удобные способы представления сложных высокоуровневых понятий.

По своему назначению и функциональным возможностям инструментальные программы, применяемые при проектировании экспертных систем, можно разделить на четыре достаточно большие категории.

#### 1. Оболочки экспертных систем

Системы этого типа создаются, как правило, на основе какой-нибудь экспертной системы, достаточно хорошо зарекомендовавшей себя на практике. При создании оболочки из системы-прототипа удаляются компоненты, слишком специфичные для области ее непосредственного применения, и оставляются те, которые не имеют узкой специализации. Примером может служить система EMYCIN, созданная на основе прошедшей длительную «обкатку» системы MYCIN. В EMYCIN сохранен интерпретатор и все базовые структуры данных – таблицы знаний и связанные с ними механизм индексации. Оболочка дополнена специальным языком, улучшающим читабельность программ, и средствами поддержки библиотеки типовых случаев и заключений, выполненных по ним экспертной системой.

## 2. Языки программирования высокого уровня

Инструментальные средства этой категории избавляют разработчика от необходимости углубляться в детали реализации системы – способы эффективного распределения памяти, низкоуровневые процедуры доступа и манипулирования данными. Одним из наиболее известных представителей таких языков является OPS5. Этот язык прост в изучении и предоставляет программисту гораздо более широкие возможности, чем типичные специализированные оболочки. Следует отметить, что большинство подобных языков так и не было доведено до уровня коммерческого продукта и представляет собой скорее инструмент для исследователей.

## 3. Среда программирования, поддерживающая несколько парадигм

Средства этой категории включают несколько программных модулей, что позволяет пользователю комбинировать в процессе разработки экспертной системы разные стили программирования. Среди первых проектов такого рода была исследовательская программа LOOP, которая допускала использование двух типов представления знаний: базирующегося на системе правил и объектно-ориентированного. На основе этой архитектуры во второй половине 1980-х годов было разработано несколько коммерческих программных продуктов, из которых наибольшую известность получили KEE, KnowledgeCraft и ART. Эти программы предоставляют в распоряжение квалифицированного пользователя множество опций и для последующих разработок, таких как KAPPA и CLIPS, и стали своего рода стандартом. Однако освоить эти языки программистам далеко не так просто, как языки, отнесенные к предыдущей категории.

## 4. Дополнительные модули

Средства этой категории представляют собой автономные программные модули, предназначенные для выполнения специфических задач в рамках выбранной архитектуры системы решения проблем.

Ниже приведены скриншоты учебных экспертных систем.

Эс найма сотрудника в фирму Автор: Штерцер В.Д.

Имя:

Фамилия:

Отчество(при наличии):

Далее

Эс найма сотрудника в фирму Автор: Штерцер В.Д.

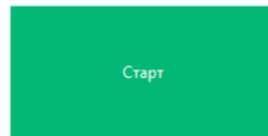
Какое у кандидата образование?

Среднее

Высшее

Рисунок 7. Пример графического интерфейса учебной экспертной системы

## Экспертная система предварительной постановки диагноза



Автор: студентка 19-ВТ Пашкова Анастасия



Рисунок 8. Пример графического интерфейса учебной экспертной системы

### **Методические указания и порядок выполнения работы**

Реализацию учебной экспертной системы рекомендуется выполнять средствами языка Python. При разработке графического интерфейса можно использовать как библиотеку tkinter, так и любую другую библиотек с аналогичными

функциями. Возможно использование другого инструментального средства или языка программирования для выполнения задания.

### **Задание к лабораторной работе**

Выполните программную реализация учебной экспертной системы или ее части (15–30 правил). Окно диалога с пользователем, входные и выходные данные для программы определите согласно своему варианту задания. Обязательно наличие графического интерфейса и модуля объяснений.

### **Литература**

Пищухин, А. М. Проектирование экспертных систем: учебное пособие / А. М. Пищухин, Г. Ф. Ахмедьянова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2017. – 188 с.: ил. – ISBN 978-5-7410-1944-3; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485694> (21.03.2019).

### **Контрольные вопросы для самопроверки:**

1. Перечислите способы программной реализации экспертных систем?
2. Какое инструментальное средство для программной реализации экспертной системы наиболее востребовано?
3. Какие специализированные языки представления знаний существуют?

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном учебно-методическом пособии приведены задания и варианты для индивидуального выполнения лабораторных работ по построению учебной экспертной системы. Все задания в работах взаимосвязаны и представляют собой последовательность этапов разработки учебной экспертной системы продукционного типа. Возможен выбор индивидуальной темы самостоятельно предложенной студентом.

Для каждой лабораторной работы приведено задание, предполагаемые результаты, методические указания по выполнению работы и контрольные вопросы для защиты и самоподготовки. По окончании работ студент представляет для защиты отчеты по работам (возможно в электронной форме) и файл реализации учебной экспертной системы по своему варианту задания.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Филатов, В. В. Основы экспертных систем: учебное пособие / В. В. Филатов, А. М. Русаков, А. А. Мерсов. — Москва: РТУ МИРЭА, 2020. — 56 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/256682> (дата обращения: 28.04.2022). — Текст: электронный.
2. Гаврилова, Т. А. Инженерия знаний. Модели и методы / Т. А. Гаврилова, Д. В. Кудрявцев, Д. И. Муромцев. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/312842> (дата обращения: 06.04.2023). — ISBN 978-5-507-46580-4. — Текст: электронный.
3. Хабаров, С. П. Интеллектуальные системы и технологии. CLIPS – язык построения экспертных систем: учебное пособие / С. П. Хабаров, Л. Г. Логачева; под редакцией С. П. Хабарова. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2022. — 87 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/308675> (дата обращения: 28.04.2022). — ISBN 978-5-9239-1339-2. — Текст: электронный.
4. Хабаров, С. П. Представление знаний в информационных системах. Построение простейших экспертных систем в среде ESTA: учеб. пособие / С. П. Хабаров. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2020. — 108 с. — ISBN 978-5-9239-1199-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
5. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 412 с. — ISBN 978-5-507-47119-5. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/329570> (дата обращения: 23.10.2023). — Текст : электронный.

Локальный электронный методический материал

Елена Юрьевна Заболотнова

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Редактор С. Кондрашова

Уч.-изд. л. 1,8. Печ. л. 2,2.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1