

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы»
для студентов направления подготовки
09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Профиль «Прикладное программирование в интеллектуальных
информационных системах»

Ставрополь, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Практическое задание на тему «Состав знаний и способы их представления»	3
2. Практическое задание по теме «Нейроподобные структуры. Нейрокомпьютеры и их программное обеспечение»	4
3. Практическое задание по теме «Интеллектуальные системы. Обучающие системы»	5
4. Практическое задание по теме «Моделирование систем, основанных на фреймах»	6
5. Практическое задание по теме «Интеллектуальный интерфейс: лингвистический процессор, анализ и синтез речи»	7
6. Практическое задание по теме «Онтология и онтологические системы. Системы и средства представления онтологических знаний»	8
7. Практическое задание по теме «Онтология как аппарат моделирования системы знаний. Методы представления онтологий»	8
8. Практическое задание по теме «Программные реализации моделей нечеткой логики»	9
9. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого вывода при решении задачи подбора программного обеспечения в сфере образования»	9
10. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого, нейронного и нейронечеткого управления в системах реального времени»	9
11. Практическое задание по теме «Выбор и концептуальное описание предметной области задачи принятия решений»	10
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	23
Вопросы для самопроверки	24

1. Практическое задание на тему «Состав знаний и способы их представления»

Задание:

- Студенты по вариантам (вариант - часть квартиры) самостоятельно выполняют задание в рабочей тетради (лучше сначала на черновиках). Используется конспект лекций.
- Семантическая сеть должна содержать не менее 20 вершин с разными типами связей. Фреймовая модель должна содержать не менее 6 фреймов, связанных двумя типами связи. В продукции отразить все составляющие.
- В процессе работы каждый студент предоставляет преподавателю составленные модели. Преподаватель со студентом обсуждают и уточняют модели, при необходимости модели дорабатываются.
- Затем обучаемые составляют общую семантическую сеть и сеть фреймов понятия «Квартира» на доске и зарисовывают ее в тетрадь.

Представить декларативное знание о понятии «Квартира» четырьмя моделями представления знаний:

1. в виде семантической сети.
2. в виде фреймов.
3. в виде логической модели.
4. в виде продукционной модели.

Квартира состоит из:

1. Кухня.
2. Гостиная.
3. Прихожая.
4. Спальня.
5. Детская.

6. Санитарный узел (туалет).
7. Ванная комната.
8. Кладовка.
9. Гардеробная.
10. Комната отдыха (игровая комната).
11. Спортивная комната (тренажерная).
12. Бытовая комната.

Дополнительные задания:

1. Компьютерный класс.
2. Компьютерный клуб.

Результат: четыре модели (согласно варианту) и две общие модели в рабочей тетради.

2. Практическое задание по теме «Нейроподобные структуры. Нейро-компьютеры и их программное обеспечение»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.

2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания 1

По обвинению в ограблении перед судом предстали А, В и С. Установлено следующее:

- 1) если А не виновен или В виновен, то С виновен;
- 2) если А не виновен, то С не виновен.

Можно ли установить виновность для каждого из трех подсудимых?

Пример варианта задания 2

Семья состоит из отца Алексея, матери Веры и трех детей: Глеба, Даши и Жени. Обстоятельства, которые складываются в семье при просмотре телевизионной передачи,

таковы: если смотрит Алексей, смотрит и его жена. Смотрят либо Даша, либо Женя, либо обе

вместе. Смотрят либо Вера, либо Глеб, но никогда они не смотрят оба вместе. Даша и Глеб

всегда либо смотрят вместе, либо не смотрят вовсе. Если смотрит Женя, то смотрят и Алексей,

и Даша. Кто при этих условиях смотрит телевизионную передачу?

Пример варианта задания 3

Про некое лицо по имени Владимир известна следующая информация. Если Владимир интересуется логикой, то он либо запишется в следующем семестре на занятия по курсу "Логика", либо он ленив. Если Владимир самостоятельно изучил литературу по логике, то он интересуется логикой. Владимир самостоятельно изучал литературу по логике, Владимир не ленив. Вопрос: запишется ли Владимир в следующем семестре на курс "Логика"?

3. Практическое задание по теме «Интеллектуальные системы. Обучающие системы»

Задание

В процессе выполнения практической работы необходимо:

1. Найти информацию, характеризующую назначение и область применения заданного вида информационных систем.
2. Определить, к какому классу относится заданный вид информационных систем (по характеру использования информации, по сфере применения, по способу организации, по уровню и масштабу решаемых задач).
3. Составить общее описание заданного вида информационных систем.
4. Найти описание нескольких (не менее двух) современных информационных систем, относящихся к заданному виду.
5. Сформулировать краткое описание назначения и функциональных возможностей каждой из информационных систем по отдельности. Указать на характеристики и 7 свойства, которые являются общими для всех рассматриваемых ИС.
6. Составить таблицу отличий между информационными системами. Указать на их индивидуальные особенности, различающиеся количественные и качественные характеристики.
7. Разработать пример возможного применения одной из информационных систем в деятельности некоторого объекта автоматизации (предприятия или организации). Вид деятельности объекта автоматизации выбирается самостоятельно.
8. Составить документ-обоснование для внедрения информационной системы. Описать, чего позволит достичь внедрение информационной системы с точки зрения повышения эффективности работы объекта автоматизации (организации, предприятия).

Варианты индивидуальных заданий

1. Корпоративные информационные системы (КИС).
2. Системы автоматизации бизнес-процессов (САБП).
3. Геоинформационные системы (ГИС).
4. Системы электронного документооборота (СЭДО).
5. Системы управления корпоративным контентом.
6. Системы планирования ресурсов предприятия.
7. Системы управления взаимоотношениями с клиентами.
8. Системы управления веб-контентом.
9. Интеллектуальные информационные системы.
10. Системы поддержки принятия решений.
11. Информационно-управляющие системы.
12. Информационно-вычислительные системы.
13. Информационно-справочные системы.
14. Обучающие системы.
15. Поисковые системы.
16. Системы автоматизированного проектирования (САПР).

4. Практическое задание по теме «Моделирование систем, основанных на фреймах»

Задание

Необходимо: построить модель знаний в виде графа, фреймовую модель и семантическую сеть.

Варианты заданий

1. Построить модель представления знаний в предметной области «Железная дорога» (продажа билетов).
2. Построить модель представления знаний в предметной области «Торговый центр» (организация).
3. Построить модель представления знаний в предметной области «Автозаправка» (обслуживание клиентов).
4. Построить модель представления знаний в предметной области «Компьютерные сети» (организация).
5. Построить модель представления знаний в предметной области «Университет» (учебный процесс).
6. Построить модель представления знаний в предметной области «Компьютерная безопасность» (средства и способы ее обеспечения).
7. Построить модель представления знаний в предметной области «Компьютерная безопасность» (угрозы).
8. Построить модель представления знаний в предметной области «Интернет-кафе» (организация и обслуживание).
9. Построить модель представления знаний в предметной области «Разработка информационных систем» (ведение информационного проекта).

10. Построить модель представления знаний в предметной области «Туристическое агентство» (работа с клиентами).
11. Построить модель представления знаний в предметной области «Кухня» (приготовление пищи).
12. Построить модель представления знаний в предметной области «Больница» (прием больных).
13. Построить модель представления знаний в предметной области «Кинопрокат» (ассортимент и работа с клиентами).
14. Построить модель представления знаний в предметной области «Прокат автомобилей» (ассортимент и работа с клиентами).
15. Построить модель представления знаний в предметной области «Операционные системы» (функционирование).
16. Построить модель представления знаний в предметной области «Информационные системы» (виды и функционирование).
17. Построить модель представления знаний в предметной области «Предприятие» (структура и функционирование).
18. Построить модель представления знаний для ситуации: экзамен по дисциплине за семестр у преподавателя при составляющих: семестр, экзамен, преподаватель, оценка, студент, получать. ведомость при составляющих: дисциплина, студент, экзамен, семестр, преподаватель, оценка.
19. Построить модель представления знаний для ситуации: конференция по коммерческим вопросам при составляющих: дата, место проведения, тема, цель выступающие.
20. Построить модель представления знаний для ситуации: получение оценки при составляющих: преподаватель, студент, оценка, получать.
21. Построить модель представления знаний для ситуации: использования изделия при составляющих: организация, разработка технологического решения, исследование «физического эффекта», методы создания изделия.
22. Построить модель представления знаний для ситуации: информационная структура БД в машиностроении при составляющих: физические эффекты, технические решения, изделия, объект поставки изделия, приборы и стенды, нормативы.
23. Построить модель представления знаний для ситуации: классификация продукта при составляющих: название, область применения, способ хранения, способ транспортировки.
24. Построить модель представления знаний для ситуации: аудитория (описание) при составляющих: вместимость, назначение, составляющие, местонахождение.
25. Построить модель представления знаний для ситуации: животный мир при составляющих: вид, тип, среда обитания, особенности поведения.

**5. Практическое задание по теме «Интеллектуальный интерфейс:
лингвистический процессор, анализ и синтез речи»**

Задание

Решить задачу. Для этого условия задачи выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Вариант задания

Существуют студенты, которые любят всех преподавателей. Ни один из студентов не любит невежд. Следовательно, ни один из преподавателей не является невеждой.

6. Практическое задание по теме «Онтология и онтологические системы. Системы и средства представления онтологических знаний»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.

2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Даны утверждения. Трудные дети не логичны. Мы не презираем никого, кто не способен справиться с крокодилом. Мы презираем тех, кто нелогичен. Докажите, что из этих утверждений следует вывод: "Трудные дети способны справиться с крокодилом".

7. Практическое задание по теме «Онтология как аппарат моделирования системы знаний. Методы представления онтологий»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.

2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Тони, Майк и Джон являются членами клуба альпинистов. Каждый член клуба, не являющийся горнолыжником, является альпинистом. Альпинисты не любят дождя, и всякий, кто не любит снега, не является горнолыжником. Майк не любит то, что любит Тони, и любит то, что Тони не любит. Тони любит дождь и снег. Имеется ли такой член клуба, кто является альпинистом, но не является

горнолыжником?

8. Практическое задание по теме «Программные реализации моделей нечеткой логики»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Даны утверждения. Ни одна акула не сомневается в том, что она хорошо вооружена. Рыба, которая не умеет танцевать кадрили, заслуживает сострадания. Ни одна рыба не уверена в своем вооружении, если она не имеет хотя бы три ряда зубов. Все рыбы, за исключением акул, ласковы с детьми. Тяжелые рыбы не умеют танцевать кадрили. Рыба, имеющая три ряда зубов, не заслуживает сострадания. Оцените правильность вывода: "Тяжелые рыбы не являются неласковыми с детьми".

9. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого вывода при решении задачи подбора программного обеспечения в сфере образования»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Про некое лицо по имени Владимир известна следующая информация. Если Владимир интересуется логикой, то он либо запишется в следующем семестре на занятия по курсу "Логика", либо он ленив. Если Владимир самостоятельно изучил литературу по логике, то он интересуется логикой. Владимир самостоятельно изучал литературу по логике, Владимир не ленив. Вопрос: запишется ли Владимир в следующем семестре на курс "Логика".

10. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого, нейронного и нейронечеткого управления в системах реального времени»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Тони, Майк и Джон являются членами клуба альпинистов. Каждый член клуба, не являющийся горнолыжником, является альпинистом. Альпинисты не любят дождя, и всякий, кто не любит снега, не является горнолыжником. Майк не любит то, что любит Тони, и любит то, что Тони не любит. Тони любит дождь и снег. Имеется ли такой член клуба, кто является альпинистом, но не является горнолыжником?

11. Практическое задание по теме «Выбор и концептуальное описание предметной области задачи принятия решений».

Описание работы

Данная работа соответствует этапу системного анализа задачи, с которого начинается проектирование любой экспертной системы. Это очень важный этап, на который следует обратить особое внимание. Он включает в себя процессы идентификации и концептуализации задачи, т.е. выделения соответствующей предметной области (ПО), сбора необходимой информации, консультаций с экспертами и начальной формализации задачи в виде концептуальной модели предметной области.

В качестве практической работы выполняется одно задание, которое состоит из 6-ти задач.

1. Построение модели предметной области для данной сферы деятельности человека.
2. Построение продукционной модели заданной предметной области в виде базы фактов (данных) и базы знаний и имитация работы этой модели в течение 5 тактов.
3. Построение фрагмента модели заданной предметной области на языке исчисления высказываний.
4. Построение фрагмента модели заданной предметной области на языке исчисления предикатов путём соответствующего усложнения.

5. Построение фрагмента модели предметной области в виде семантической сети.

6. Построение фрагмента предметной области в виде сети фреймов.

Темы заданий.

Выбирается одна из приведенных ниже тем, и на ее основе выполняются все 6 вышеперечисленных задач. Указанные темы не являются обязательными. Студент вправе предложить свою, близкую ему, тему.

1. Сборка арки с помощью робота. Арка состоит из 2-х вертикальных и одной горизонтальных балок. Первоначально все балки находятся в различных точках стройплощадки.

2. Создание нового текстового файла в редакторе Word. Исходное состояние – компьютер выключен.

3. Запуск в рабочее состояние автомобиля. Начальное состояние – водитель рядом с машиной.

4. Заправка бензобака автомобиля у бензоколонки. Начальное состояние – автомобиль у бензоколонки.

5. Замена картриджа у принтера. Начальное состояние – картридж лежит рядом с принтером.

6. Прием–передача информации на пейджер с помощью пейджинговой компании. В процессе участвуют три человека: 1-й отправляет сообщение, 2-й принимает сообщение, 3-й – оператор – передает сообщение.

7. Установка автомашины в гараж. В начальный момент времени машина стоит у гаража, гараж закрыт.

8. Автоматизированный комплекс (конвейер) проверки наполнения бутылок квасом (водой, молоком и т.п.). В случае обнаружения недолива – доливает необходимое количество жидкости и поочередно снимает бутылки и ставит их в ящик.

9. Диагностика неисправностей блока питания компьютера.

10. Диагностика неисправностей компьютерного дисковод.

11. Ввод документа в компьютер с дискеты и его распечатка.

12. Передача документа по факсимильной связи.

13. Принятие решения о сертификации товара. Решение принимается на основе установления соответствия реквизитов товара (имя, № накладной, фирма, стоимость) реквизитам товаросопроводительных документов. При наличии несоответствий принимается решение об отправке на экспертизу. Если экспертиза подтверждает нарушение, то следует отказ в выдаче сертификата.

14. Диагностика неисправностей компьютера при его включении.

15. Управление лифтом (6 этажей, из двух или более нажатых кнопок выполняется та, которая меньше по номеру, если лифт идет вверх, и та, которая больше по номеру, если лифт идет вниз).

16. Заварка чая по-японски (по-русски, по-китайски и т.п.).

17. Приготовление борща.
18. Управление движением автомобилей на Т-образном перекрестке. Движение допускается в обе стороны. Решения: включить красный светофор, включить зеленый.
19. Управление потоком заданий на компьютер. Задания имеют ранг: 1, 2, 3; время решения соответственно: t_1 , t_2 , t_3 .
20. Обслуживание абонента в библиотеке.
21. Уход за комнатным цветком.
22. Обработка детали на станке, съём и замена детали.
23. Формирование каталога Интернет-ресурсов. Решение о регистрации принимается в случае соответствия заявленных данных о фирме поданным документам (тип деятельности, платежеспособность, оплата сервера и т.п.).
24. Диагностика неисправностей в работе принтера.
25. Форматирование дискеты и запись двух новых файлов.
26. Отправка посылки через почтовое отделение.
27. Ведение и обеспечение функционирования базы данных.
28. Ремонт копировального аппарата.
29. Осуществление модемной связи между двумя компьютерами. Предполагается, что один модем (ожидающий) ждет звонка, второй (инициирующий) осуществляет дозвон.
30. Рыбалка: смоделировать процесс рыбной ловли.
31. Сортировка поездов на сортировочной станции.
32. Уход за цветком в теплице.
33. Управление взлетом самолетов в аэропорту (одна взлетно-посадочная полоса).
34. Игра в "крестики-нолики".
35. Перевозка через реку волка, козы и капусты.
36. Распределение вакансий на бирже труда.
37. Заключение договора на поставку оборудования.

Порядок выполнения работы

Начинать выполнение заданий следует с построения модели предметной области (ПО).

Продукционные модели ПО, кстати говоря, могут использоваться при построении моделей исчисления высказываний, исчисления предикатов, а также моделей сетевого или фреймового типа. Содержательной основой для этого могут служить факты базы данных (БД) и правила базы знаний (БЗ). Факты БД по своей сути являются простыми высказываниями, истинность которых определена. Они истинны, так как все факты, попадающие в БД, по определению истинны. Правила БЗ необходимо интерпретировать как правильно построенные формулы исчисления высказываний (ППФ).

Для иллюстрации сказанного рассмотрим классический пример с обезьяной и бананами.

Задача 1. На основе фактов БД и правил БЗ построим формальную модель этой предметной области на языке исчисления высказываний. Сначала для этого необходимо определить алфавит, т.е. набор символов, обозначающих высказывания, которые мы определим, например, следующим образом:

- A – "Обезьяна находится в точке a",
- B – "Ящик находится в т. b",
- C – "Бананы находятся в т. c",
- D – "Обезьяна находится на Ящике",
- E – "Обезьяна держит Бананы",
- F – "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках",
- G – "Обезьяна находится рядом с ящиком".

Используя логические связки: $\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$, $\equiv$, мы можем строить более сложные умозаключения. Например:

1). $(A \wedge B \wedge C) \rightarrow F$.

(Если все предметы находятся на своих исходных позициях, т.е. в точках a, b, c соответственно, то справедливо сказать: "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках").

2). $F \rightarrow \bar{G}$.

(Если "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках", то "Обезьяна находится не рядом с Ящиком").

3). $F \rightarrow \bar{D}$.

(Если "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках", то "Обезьяна не находится на Ящике").

4). $F \rightarrow \bar{E}$.

(Если "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках", то "Обезьяна не держит Бананы").

Высказывания 2, 3, 4 можно объединить в одно с помощью логической связки "И":

5). $F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E})$.

6). $\bar{F} \rightarrow (D \wedge E)$.

(Если "Обезьяна, Ящик и Бананы находятся не в разных точках", (т.е. в одной), то "Обезьяна стоит на Ящике" И "Обезьяна держит Бананы").

7). $\bar{D} \rightarrow \bar{E}$.

(Если "Обезьяна не на Ящике", то "Обезьяна не держит Бананы").

Таким образом, фрагмент предметной области на языке исчисления высказываний (ИВ) представляет собой следующий набор формул (БЗ):

$$\begin{aligned} &(A \wedge B \wedge C) \rightarrow F; \\ &F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E}); \\ &\bar{F} \rightarrow (D \wedge E); \end{aligned} \tag{1}$$

$$\bar{D} \rightarrow \bar{E}.$$

Для простоты введем обозначение $S = A \wedge B \wedge C$.

Теперь, используя механизм вывода ИВ, мы можем доказать выводимость любой другой формулы, структура которой соответствует синтаксису ИВ (в рамках данной модели). Докажем, например, что формула

$$(\bar{S} \wedge D) \rightarrow E \quad (2)$$

выводима. Ее смысл: если "Обезьяна, Ящик и Бананы не в исходных точках" И "Обезьяна на Ящике", то "Бананы в руках у Обезьяны".

Логический вывод можно сделать несколькими способами. 1).

Можно, например, использовать таблицу истинности, которая дает исчерпывающую картину значений переменных. При этом формулы (1) и (2) образуют выражение логического вывода в виде (см. [1], стр. 59-61):

$$((A \wedge B \wedge C) \rightarrow F) \wedge (F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E})) \wedge (\bar{F} \rightarrow (D \wedge E)) \wedge (\bar{D} \rightarrow \bar{E}) \square \\ ((\bar{S} \wedge D) \rightarrow E) \quad (3)$$

Далее следует вычислить значения выражений слева и справа от знака $\square$. Если окажется, что формула справа принимает значение И как только все формулы (1), образующие левую часть, одновременно примут значение И, то логическая выводимость (2) из (1) доказана.

Но нелегкое это дело – считать по таблице истинности. Формула (3) имеет 7 переменных. Это значит, что таблица будет содержать 2^7 , т.е. 128 строк! Есть ведь и другие методы.

2). Можно попытаться использовать метод вывода, основанный на системе аксиом исчисления высказываний. Но это тоже очень трудоемкий процесс.

3). Лучше всего попробовать метод опровержения, основанный на принципе дедукции и реализуемый посредством резолюций (см. [1], стр.65-71). Согласно этому методу, выводимость формулы (2) из системы (1) доказывается от противного: формула (2) выводима из (1), если присоединение её отрицания к системе (1) делает вновь образованную систему противоречивой. Другими словами, следует доказать противоречивость системы

$$\begin{aligned} 1) & S \rightarrow F; \\ 2) & F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E}); \\ 3) & \bar{F} \rightarrow (D \wedge E); \\ 4) & \bar{D} \rightarrow \bar{E}; \\ 5) & , \end{aligned} \quad (4)$$

где под номером 5 как раз и стоит отрицание формулы (2). Далее применяем метод резолюций. Для начала все пять предложений следует представить в виде конъюнкции элементарных дизъюнктов (КНФ) ([1], стр. 67 – 74). Для простоты дизъюнкцию будем обозначать "+".

Для первого предложения имеем: 1'. $\bar{S} + F$.

Для второго: 2'. $\bar{F} + (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E})$.

Для третьего: 3'. $F + (D \wedge E)$.

Для четвертого: $4'. D + \bar{E}$.

Для пятого приведем цепочку преобразований:

$$5'. = \overline{(\bar{S} A D)} + E = \overline{(\bar{S} + \bar{D})} + E = \bar{S} A D A \bar{E}.$$

Пользуясь правилом раскрытия конъюнкции по дизъюнкции ([1], стр. 52, 56), имеем для 2': $(\bar{F} + \bar{G}) \wedge (\bar{F} + \bar{D}) \wedge (\bar{F} + \bar{E})$;

для 3': $(F + D) \wedge (F + E)$.

Конъюнкция 5' распадается на три одночленных дизъюнкта: $\bar{S}, D, \bar{E}$.

Теперь у нас имеется система элементарных дизъюнктов, на основе которой проводим вывод методом резолюции.

1. $\bar{S} + F$. Резольвенты
 2. $\bar{F} + \bar{G}$.
 3. $\bar{F} + \bar{D}$.
 4. $\bar{F} + \bar{E}$.
 5. $F + D$.
 6. $F + E$.
 7. S .
 8. D .
 9. $\bar{E}$.
 10. F (6, 9).
 11. $\bar{D}$ (3, 10).
 12. "Л" (8, 11).
- Мы получили "пустой" (ложный) дизъюнкт. Это значит, что выводимость формулы (2) из системы (1) доказана, т. е. утверждение (2) истинно.

Отметим, что приведенная резолюция не единственно возможная. Можно и по-другому. Например:

- 10'. $\bar{F}$ (3, 8).
- 11'. E (6, 10').
- 12'. "Л" (9, 11'). И т.п.

Задача 2. Рассмотрим теперь методику построения формальной модели ПО на языке исчисления предикатов 1-го порядка. Напомним, что предикатная форма есть дальнейшее развитие исчисления высказываний. К ней также приводятся отношения, полученные при построении продукционной модели. Подробно исчисление предикатов (ИП) рассматривается в [1], гл. 6.

Берем всё тот же пример с обезьяной и бананами. Считаем, что модель предметной области уже построена ([1], стр. 11-12). Следует отобразить ее в терминах ИП. Алфавит А ИП, как известно, кроме символов $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \sim, \forall, \exists$, содержит также:

- индивидные константы,
- предметные переменные,
- функциональные константы,
- высказывания,
- предикатные константы.

Очевидно, что роль индивидных констант здесь будут играть элементы

множества X МПО, т.е. множество имен объектов. У нас это: Обезьяна (О), Ящик (Я), Бананы (Б). Роль предметных переменных – элементы множества C (множество имен свойств объектов). В нашем примере это координаты Обезьяны, Ящика и Бананов – соответственно x, y, c . Область определения для них – множество D точек комнаты. В качестве функциональных переменных, как правило, выступают операторы (действия). В нашем случае – множество $G = \{g_1 - \text{подойти}, g_2 - \text{перенести}, g_3 - \text{взобраться}, g_4 - \text{схватить}\}$. Областью определения функций является множество состояний предметной области, которое возникает в результате выполнения этих действий. Это состояния, являющиеся предусловиями и постусловиями применения действий ([1], стр. 14-16). Обозначим это множество состояний через $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ (см. также [2], стр. 23 – 27).

Множество высказываний можно оставить прежним (из вышеприведенного примера 1), но мы возьмем другое.

Множество R – множество имен отношений. Например:

$HA(O, Я)$ – Обезьяна НА Ящике;

$U(O, Я)$ – Обезьяна У Ящика;

$\overline{B}(O, Б)$ – Бананы НЕ-В руках Обезьяны;

и т.п. – готовая предикатная форма записи.

Координаты объектов введем через одноместные предикаты.

$O(x)$ – Обезьяна находится в т. x ;

$Я(y)$ – Ящик находится в т. y ;

$B(c)$ – Бананы висят в т. c . Здесь $(x, y, c \in D)$.

Трехместный предикат делает семантику более гибкой:

$B(O, Я, x)$ – Обезьяна и Ящик находятся в т. x .

$U(O, Б, c)$ – Бананы у Обезьяны в т. c .

Из сказанного видно, что роль термов у нас играют индивидные константы $(O, Я, Б)$ и предметные переменные (x, y, c) . Но этого недостаточно, т.к. они описывают лишь отдельные состояния предметной области. Переход из одного состояния в другое осуществляется под действием операторов g_i , прилагаемых в данной точке x к конкретному состоянию s : $g_i(x, s)$. Это тоже терм. Следовательно, допустимы такие выражения (будем помнить, что выполняются условия $x, y, c \in D$; $s \in S$):

$B(O, Я, y, g_1(x, s))$ – "Обезьяна и Ящик находятся в т. y в результате применения оператора подойти к Ящику к состоянию s в т. x ";

$HA(O, Я, y, g_2(y, s))$ – "Обезьяна сидит на Ящике в т. y в результате применения оператора взобраться на Ящик к состоянию s ".

Используя таким образом язык исчисления предикатов, запишем нашу модель предметной области в виде следующих аксиом.

1. $\forall x \forall s [(\overline{PЯДОМ}(O, Я, x, s)) \rightarrow B(O, Я, y, g_1(x, s))]$ –

"для всех x и s : если в состоянии s Обезьяна и Ящик не находятся рядом в т. x , то Обезьяна может оказаться в т. y , где находится Ящик, путем применения

к ситуации s оператора g_1 (подойти к Ящику) из точки x в точку y ".

2. $\forall y \forall s [(B(O, Я, c, g_2(y, s)) \rightarrow HA(O, Я, c, g_3(c, s)))] -$

"для всех y и s : если Обезьяна и Ящик под действием оператора g_2 (перенести Ящик) оказались в точке c , то Обезьяна обязательно заберется на Ящик под действием g_3 (взобраться на Ящик)".

3. $(\bar{Y}(O, Б, c, S_H)) \rightarrow HA(O, Я, c, S_H) -$

"если в точке c у Обезьяны нет Бананов, то она НЕ-НА Ящике".

4. $РЯДОМ(O, Я, b, S_H) -$

"в начальном состоянии Обезьяна и Ящик не находятся рядом".

5. $\forall y \forall s (B(O, Я, c, g_2(y, s)) -$

"для всех y и s : Обезьяна и Ящик находятся в точке c в результате применения оператора g_2 (перенести Ящик)" к состоянию s .

(В выражениях 3–4 кванторы $\forall$ отсутствуют, т.к. это конкретные высказывания, характеризующие начальное состояние S_H).

Поставим теперь вопрос: существует ли такое состояние $s \in S$ в некоторой точке $x \in D$, при котором Бананы находятся у Обезьяны? Формально вопрос запишется так:

6. $\exists s (Y(O, Б, x, s)),$

т.е. мы как бы говорим: "Да, существует такое состояние s ". Требуется, таким образом, доказать, что это утверждение истинно. С точки зрения формальной логики это случится, если выражение 6 окажется логическим следствием пяти предыдущих посылок:

$(1. 2. 3. 4. 5) \square 6.$

Как и прежде, будем использовать метод опровержения и, как следствие, метод резолюций. Для начала приведем выражения, имеющие кванторы, к предваренной нормальной форме ([1], стр. 81 – 86), затем возьмем отрицание от формулы 6. В последнем случае получим цепочку преобразований:

$$\bar{\exists s}(Y(O, Б, x, s)) = \forall s (\bar{Y}(O, Б, x, s)) = \bar{Y}(O, Б, x, s).$$

Добавим полученное выражение к пяти вышеприведенным формулам, представленным в предваренной форме ([1], стр. 85). Получим следующую систему предложений:

1'. $РЯДОМ(O, Я, x, s) \vee B(O, Я, y, g_1(x, s));$

2'. $\bar{B}(O, Я, c, g_2(y, s)) \vee HA(O, Я, c, g_3(c, s));$

3'. $Y(O, Б, c, S_H) \vee \overline{HA}(O, Я, c, S_H);$

4'. $\overline{РЯДОМ}(O, Я, b, S_H);$

5'. $B(O, Я, c, g_2(y, s));$

6'. $\bar{Y}(O, Б, x, s).$

Система из пяти предложений 1'–5' непротиворечива по построению (можно проверить). Если теперь путем подстановок и резолюций мы определим пустой дизъюнкт в расширенной системе 1' – 6', то это будет означать, что добавление 6' приводит ее к противоречию. Но 6' есть отрицание выводимого нами

утверждения 6, и поэтому само выражение 6 приводит к противоречию уже не будет (что-нибудь одно!). И, следовательно, выводимо (см. [1], стр. 90 – 96).

Делаем подстановки, строим резольвенты (напомним: подстановки касаются всего предложения в целом). В скобках обозначены номера предложений, участвующих в резолюции.

Резольвенты	Подстановки	замены
7'. $\text{HA}(\text{O}, \text{Я}, \text{с}, \text{g3}(\text{с}, \text{s}))$,	(2', 5')	
8'. $\overline{\text{HA}}(\text{O}, \text{Я}, \text{с}, \text{Sn})$,	(3', 6')	$\text{с/х}; \text{Sn/s.}$
9'. "Л".	(7', 8')	$\text{Sn/g3}(\text{с}, \text{s}).$

Нашли "пустой" дизъюнкт. Это значит, что наше утверждение $\exists \text{s}(\text{Y}(\text{O}, \text{Б}, \text{x}, \text{s}))$ верно: "Да, существует такое состояние s , при котором Бананы в руках у Обезьяны".

Показанный путь проведения логического вывода, очевидно, не единственный. Возможны другие пути. Например:

7". (1', 4'), 9". (3', 8"),
8". (7", 2') 10". (6', 9"). И т.п.

В качестве упражнения предлагаем раскрыть эти резольвенты, разумеется, с учетом подстановок.

В данном случае мы показали, как получить ответ на самый простой вопрос – "да" или "нет". Могут быть и более сложные выводы. Например: какие действия необходимо выполнить для того, чтобы Обезьяна находилась на Ящике? Или: что Обезьяне надо сделать, чтобы Бананы находились у нее в руках? И т. п.

Ответы на такие вопросы мы сейчас рассматривать не будем, хотя для этого есть все возможности. Такого рода выводы называются дедуктивными и являются основой работы с дедуктивными базами данных. Это мощнейшее и интереснейшее приложение к логике исчисления предикатов, которое в данном пособии не рассматривается из-за недостатка места.

Задача 3. Рассмотрим теперь методику построения модели предметной области, основанной на семантических сетях (СС). В разделе 2 ([2], стр. 30 и далее) приводятся несколько типов СС: предикативные, атрибутивные, иерархические и другие. Мы рассмотрим пример построения предикативной сети. (Студент вправе построить сеть любого другого типа). Вначале следует дать словесное описание ПО. Обозначим через P_i различные ситуации (предложения), возникающие в пространстве состояний.

P1. Обезьяна, Ящик и Бананы находятся в различных точках комнаты – соответственно a, b, c .

P2. Обезьяна видит Бананы И пытается их достать, но Бананы висят высоко.

P3. Обезьяна подходит к ящику и переносит его в точку c , затем залезает на Ящик.

P4. Обезьяна достает Бананы.

Мы описали состояние ПО "крупными блоками". Для построения сети следует разбить их на простые предложения. Мы видим, что первое предложение, по существу, соединяет три простые предложения; 2-е предложение – также состоит 3-х простых, но два из них соединены связкой И. Третье предложение, в свою очередь, распадается на три простые предложения. Союз "и" здесь не представляется связкой И, т.к. соединяет последовательность действий, а не их одновременность. Нам надлежит еще связать понятие "точка" с понятием "комната", ведь точка, по существу, – часть комнаты. В итоге получаем систему предложений:

	Предикатная запись
P111. Точка а есть часть комнаты (И)	Часть(т. а, комната),
P112. Точка b есть часть комнаты (И)	Часть(т. b, комната),
P113. Точка с есть часть комнаты.	Часть(т. с, комната),
P11. Обезьяна находится в т. а.	Наход (Обезьяна, т. а),
P12. Ящик находится в т. b.	Наход(Ящик, т. b),
P13. Бананы находятся в т. с.	Наход(Бананы, т. с),
P21. Обезьяна видит Бананы (И)	Видеть(Обезьяна, Ба-
наны),	
P22. Обезьяна пытается достать Бананы.	Пыт(Обезьяна, Бананы),
P23. Бананы висят высоко.	Висеть(Бананы, высоко),
P31. Обезьяна подходит к ящику.	Подход(Обезьяна, Ящик),
P32. Обезьяна переносит Ящик в т. с.	Перенос(Обезьяна,
Ящик),	
P33. Обезьяна взлезает на Ящик.	Влезть(Обезьяна,
Ящик),	
P4. Обезьяна достает бананы.	Достать(Обезьяна, Ба-
наны).	

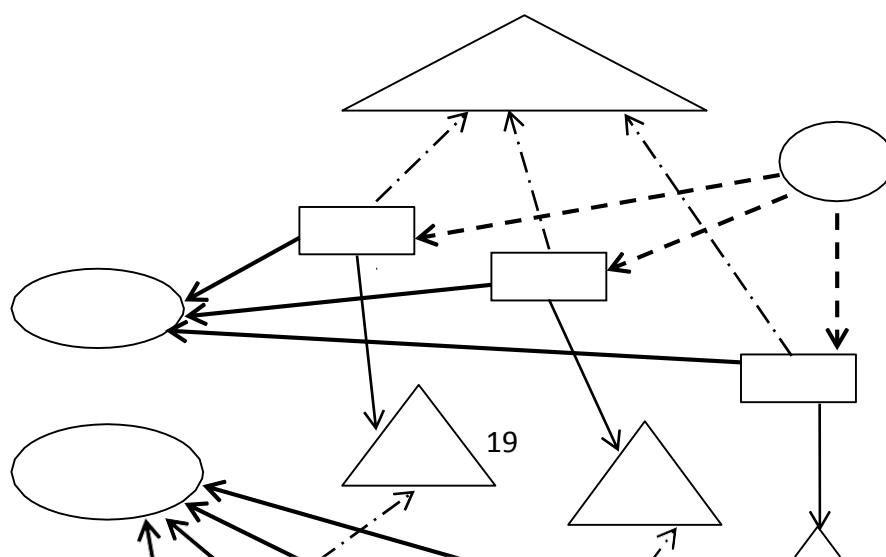


Рис. 1. Семантическая сеть для задачи 3.

Остается построить саму сеть. Для удобства объекты будем обозначать треугольником, предложения – прямоугольником, предикатные вершины – овалом. Стрелку предиката выделим жирной линией, стрелки предикатов логических связей – пунктиром, стрелку первого терма предиката сплошной, стрелку второго терма – штрих-пунктирными линиями. Полученная сеть показана на рисунке 1.

Данная семантическая сеть может дать ответы на множество самых разных вопросов. Например:

Какие предметы находятся в комнате?

Какие объекты могут быть переносимы из одной точки комнаты в другую?

Кто является субъектом действий?

Какие действия может выполнять обезьяна? И т.п..

Методику вывода на сетях мы здесь рассматривать не будем. Пример на эту тему рассмотрен в [2], стр. 41 - 42. Скажем только, что представление текста в виде СС предикатного типа позволяет относительно легко привести содержание текста к формальному виду. Сам текст может быть различным, т.е. один и тот же смысл может быть описан разными текстами. Описывая смысл текста в виде кон-

кретной семантической сети, мы обеспечиваем как бы единственность его представления, что как раз и дает возможность использования СС для построения автоматизированных информационно-справочных и поисковых систем.

Задача 4. Рассматриваемую задачу об обезьяне и бананах представим теперь в виде сети фреймов. Это можно сделать по-разному, применяя в качестве фрейма различные понятия: либо объекты – О, Я, Б, К, либо действия, либо состояния ([1], стр. 37 – 39; [2], гл. 3). Для примера построим один из вариантов однородной СС, вершины которой являются действиями (процессами), а дуги этой сети обозначим как отношения "следовать за". В этом случае мы получаем фреймы – вершины с соответствующим описанием: ПОДОЙТИ (F1), ПЕРЕНЕСТИ (F2), ВЛЕЗТЬ (F3), СХВАТИТЬ (F4), СЛЕЗТЬ (F5), ОТОЙТИ (F6) и т.п.. Так как у нас выбрано только одно отношение – отношение следования, граф переходов будет иметь элементарный вид (рис. 2).

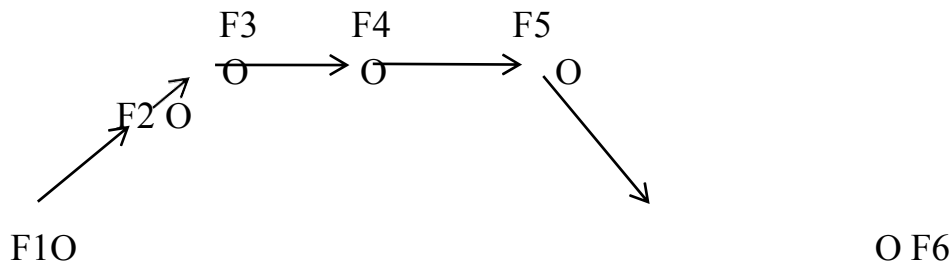
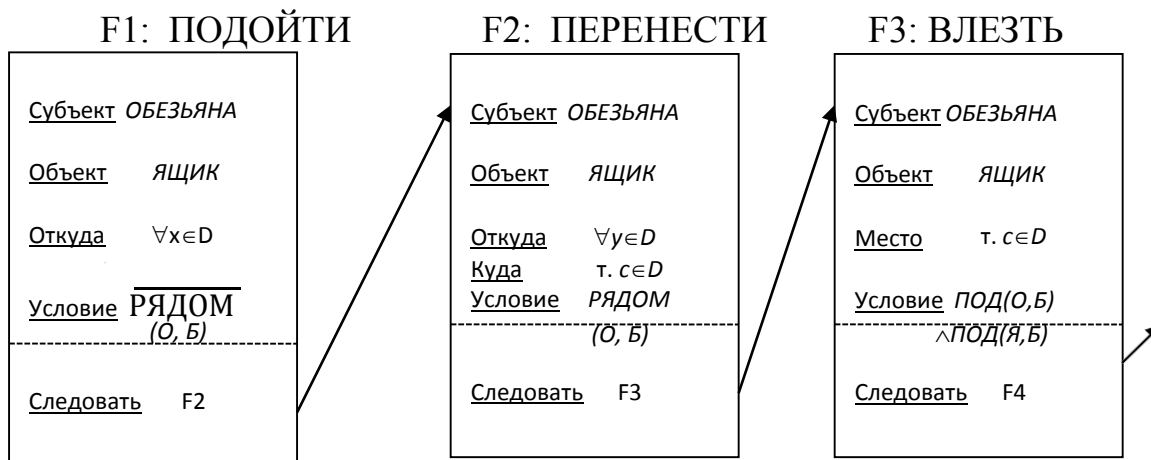


Рис. 2. Граф перехода действий к задаче на фреймах

В нашем примере фреймы имеют следующие слоты: субъект (тот, кто производит действия), откуда, куда, или место (все рассматриваемые точки комнаты: $\forall x \in D$), объект (на что направлено действие), условие выполнения (какое условие должно выполняться с тем, чтобы действие перешло на следующий фрейм), следовать (куда переходит действие, на какой фрейм).



Субъект ОБЕЗЬЯНА

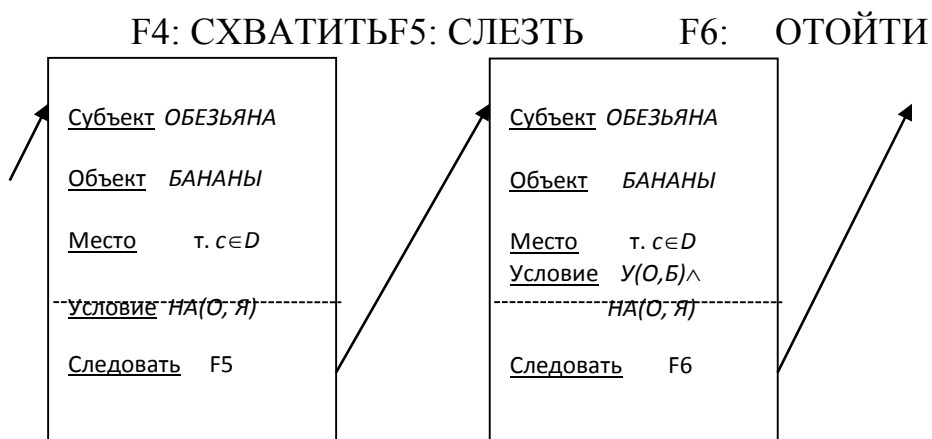


Рис. 3. Фрагмент сети фреймов

Как только выполняется слот условие, активизируется следующий по графу фрейм. Например, если был активизирован фрейм F4, то в нем проверяется выполнение условия "Обезьяна на Ящике". Если оно истинно, то срабатывает слот следовать и активность передается фрейму F5 (по стрелке). Здесь проверяется своё условие "Обезьяна у Бананов И Обезьяна на Ящике". И т.д.

В разделе 3 ([2], стр. 44 – 52) приводятся несколько других примеров описания предметной области в виде фреймов. Студент может выбрать тот метод, который более подходит в соответствии со смыслом задачи.

Задания выполняются индивидуально. После готовится отчёт по лабораторной работе и проводится защита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

Основной.

1. Болотова Л.С., Комаров М.А., Смольянинов А.А. Системы искусственного интеллекта// Теоретические основы СИИ и формальные модели представления знаний: Учебное пособие – М.: МИРЭА, 1998 – 108 с.
2. Болотова Л.С. Смольянинов А.А. Неформальные модели представления знаний в системах искусственного интеллекта: Учебное пособие – М.: МИРЭА, 1999 – 100 с.
3. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1985. – 376 с
4. Попов Э. В. Экспертные системы. - М.: Наука, 1987.
5. Построение экспертных систем / Под ред. Ф.Хейес - Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат - М.: Мир, 1987.

Дополнительный.

6. Нильсон Н. Искусственный интеллект. - М.: Мир 1973.
7. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта, - Мир, 1991.
8. Кандрашина Е.Ю., Литвинцова Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука.
Гл. ред. Физ. - мат. Лит. - 328 с.
9. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. - М.: Наука, 1983.
10. Уотерман Д. Руководство по экспертным системам. – М.: Мир, 1989.
11. Поспелов Д.А. Логико - лингвистические модели в системах управления. - М.: Энергия, 1981.
12. Минский М. Фреймы для представления знаний. - М.: Мир, 1979.
13. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. - М.: Наука, 1986.
14. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем / Р.Левин, Д.Эделсом: Пер. с англ. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 239 с.

Справочный

15. Логический подход к искусственному интеллекту / Тейз А., Грибомон П. и др. - М.: Мир, 1990.
16. Нейлор К. Как построить экспертную систему: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 286 с.
17. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь, 1989. - 184 с.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы отличия СИИ от моделей алгоритмического типа? Чем отличаются математические модели от моделей ИИ?
2. Дайте определение понятию "знания". В чем отличие "знаний" от "данных"?
3. Дайте определения понятиям: предметная область, модель ПО, состояние ПО, оператор, задача.
4. Какова структура модели предметной области? Перечислите ее составляющие и укажите их особенности.
5. Опишите этапы развития представлений о системах ИИ. Какова роль формально-логических моделей в СИИ?
6. Опишите процесс решения задачи в СИИ. Чем он отличается от традиционных представлений?
7. Какими недостатками для реализации СИИ обладают машины фон-неймановского типа?
8. Как строится граф пространства состояний? Приведите пример такого графа.
9. В чем суть метода поиска решения "в ширину"? Объясните на графе. (То же для метода "в глубину").
10. Как строится граф редукции ("И-ИЛИ")?
11. Дайте определение понятиям "высказывание", "интерпретация". Перечислите операции над высказываниями.
12. Что такое "правильно построенные формулы"? Приведите примеры ППФ.
13. Какие методы определения истинности высказываний вы знаете?
14. Перечислите признаки формальной теории применительно к ИВ.
15. Приведите пример формализации предметной области в понятиях ИВ.
16. Что значит "решить задачу" в ИИ? Каков механизм вывода в ИВ?
17. В чем состоит основная проблема при решении логических задач?
18. Дайте определение теоремы дедукции.
19. В чем состоит метод резолюций? Приведите теорию, лежащую в основе метода. Что такое резольвента? Поясните работу метода резолюций на конкретном примере.
20. Приведите пример предиката 1-го порядка.
21. Из каких элементов состоит алфавит (словарь) ИП?
22. Дайте определение ППФ в ИП и приведите пример.
23. Какие новые аксиомы по сравнению с исчислением высказываний вводятся в ИП?
24. Приведите пример общезначимых и противоречивых (невыполнимых) ППФ.