

**Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики**



**Описание самостоятельной работы студентов
по дисциплине
«Системы представления знаний»**

Новиков Ф.А.,

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Технологии программирования»

Санкт-Петербург

2007

Оглавление

Введение	5
Тема 1. Прикладные системы с искусственным интеллектом.....	7
1.1. Вопросы для самопроверки	7
Тема 2. Представление знаний системами продукций	9
2.1. Вопросы для самопроверки	9
2.2. Задачи для самостоятельного решения	10
2.2.1. Людоеды и миссионеры	11
2.2.2. Линейные шашки	11
2.2.3. Задача о разливе воды	12
2.2.4. Приведение к каноническому виду	12
Тема 3. Алгоритмы поиска	13
3.1. Вопросы для самопроверки	13
3.2. Задачи для самостоятельного решения	14
3.2.1. Задача коммивояжера.....	15
3.2.2. Задача о четырех ферзях	15
3.2.3. Игра НИМ.....	15
3.2.4. Игра калах.....	16
Тема 4. Представление знаний формулами исчисления предикатов	18
4.1. Вопросы для самопроверки	18
4.2. Задачи для самостоятельного решения	19
4.2.1. Метод резолюций для исчисления высказываний	20
4.2.2. Метод резолюций для исчисления предикатов	20
4.2.3. Представление утверждений предикатами	20
4.2.4. Альпинклуб	21
4.2.5. Мир кубиков.....	21
Тема 5. Система дедукции на основе правил.....	23

5.1. Вопросы для самопроверки	23
5.2. Задачи для самостоятельного решения	24
5.2.1. Задача об умных студентах.....	24
Тема 6. Автоматический синтез программ	25
6.1. Вопросы для самопроверки	25
6.2. Задачи для самостоятельного решения	26
6.2.1. Определение квадранта.....	26
6.2.2. Элементарная физика	27
6.2.3. Максимум	27

Введение

Самостоятельная работа студентов по курсу «Системы представления знаний» проводится в двух направлениях.

Первое направление — подготовка доклада для выступления на учебном семинаре. Порядок и подготовки доклада и требования к нему изложены в описании практической работы студентов по курсу «Системы представления знаний». Лабораторный практикум по курсу «Системы представления знаний» выполняется в форме семинаров с докладами студентов. Каждый студент в течение семестра должен подготовить и провести один семинар на выбранную тему.

Целью лабораторного практикума по дисциплине «Системы представления знаний» является:

- изучение студентом новейших достижений искусственного интеллекта в отдельной выбранной предметной области;
- приобретение практических навыков подготовки презентаций и демонстраций с помощью компьютера;
- приобретение опыта владения аудиторией при проведении презентации.

Целью самостоятельной работы студента по первому направлению является расширение кругозора студента за пределы лекционного курса, изложенного в учебно-методическом пособии «Системы представления знаний»

Второе направление самостоятельной работы студентов имеет другую цель – углубить и закрепить знания и навыки студентов именно в объеме материала, охваченного лекционным курсом.

С этой целью в данном пособии по каждой теме, входящей в курс дается небольшое резюме, вопросы для самопроверки и задачи для самостоятельного решения.

Резюме призвано напомнить студенту об основных идеях и особенностях темы и помочь сориентироваться в материале.

Вопросы для самопроверки составлены таким образом, чтобы ответы на них можно было найти в тексте учебно-методического пособия и при этом все существенные сведения, приводимые в пособии, оказались бы охваченными вопросами для самопроверки.

Задачи для самостоятельного решения не сложны. По уровню они примерно соответствуют примерам, детально рассмотренным в тексте учебно-методического пособия. При решении задачи студент может использовать примеры как образцы решения задач. Основное назначение задач для самостоятельного решения: закрепить навыки практического использования методов и приемов, рассматриваемых в курсе «Системы представления знаний».

Тема 1. Прикладные системы с искусственным интеллектом

Данная тема является вступительной и обзорной. В ней рассматриваются различные примеры предметных областей, в которых применяются методы искусственного интеллекта, приводятся классификация видов знаний и классификации прикладных систем с элементами искусственного интеллекта.

Главная цель темы: научить студента опознавать и классифицировать задачи и приложения реальной жизни, которые можно и целесообразно решать с применением методов искусственного интеллекта.

1.1. Вопросы для самопроверки

1. Перечислите не менее десяти предметных областей, в которых используются методы искусственноого интеллекта.
2. Как называется одна из первых и самых популярных программ, понимающих естественный язык?
3. Как давно появился первый электронный словарь?
4. Что, кроме фактов, хранится в интеллектуальных базах данных?
5. Сколько модулей входит в структуру экспертных систем? Перечислите их.
6. Какие модули превращают вопросо-ответную систему в экспертную систему?
7. Существует ли универсальный метод вывода любой доказуемой формулы?
8. Что мешает автоматическому доказательству сложных теорем?
9. Какие задачи управления роботом являются наиболее сложными?

10. В каких предметных областях широко применяется распознавание образов, ПСИИ.
11. Какая программа стала первым компьютерным чемпионом мира по шахматам?
12. Что влияет на эффективность поиска решения задач?
13. Перечислите виды знаний по С. С. Лаврову.
14. Сколько вы можете перечислить механизмов представления концептуальных знаний?

Тема 2. Представление знаний системами продукций

В данной теме вводится один из основных механизмов представления концептуальных знаний, используемых в настоящее время. Дается определение системы продукций, ее частей, приводятся основные алгоритмы решения задач на основе знаний, представленных системами продукций. Рассматриваются различные частные случаи систем продукция, указывается их взаимная связь и проводится сравнение.

Основная цель этой темы: научить студента представлять свое умение решать простые задачи в виде набора правил.

2.1. Вопросы для самопроверки

1. Из каких компонентов состоит система продукций?
2. Что такое пространство поиска?
3. Что такое стратегия управления системой продукций?
4. Опишите основной алгоритм применения системы продукций.
Какую роль в этом алгоритме играет функция выбора правила (Select)?
5. Что такое оценочная функция?
6. Что такое безвозвратный поиск?
7. Что такое поиск с возвратами?
8. Что такое поиск на графе?
9. Что такое поиск в ширину и поиск в глубину, что у них общего и чем они отличаются?

10. В каких случаях целесообразно применять односторонние или двусторонние системы продукций?
11. Что такое коммутативная система продукций? Укажите условия коммутативности.
12. Что такое разложимая система продукций?

2.2. Задачи для самостоятельного решения

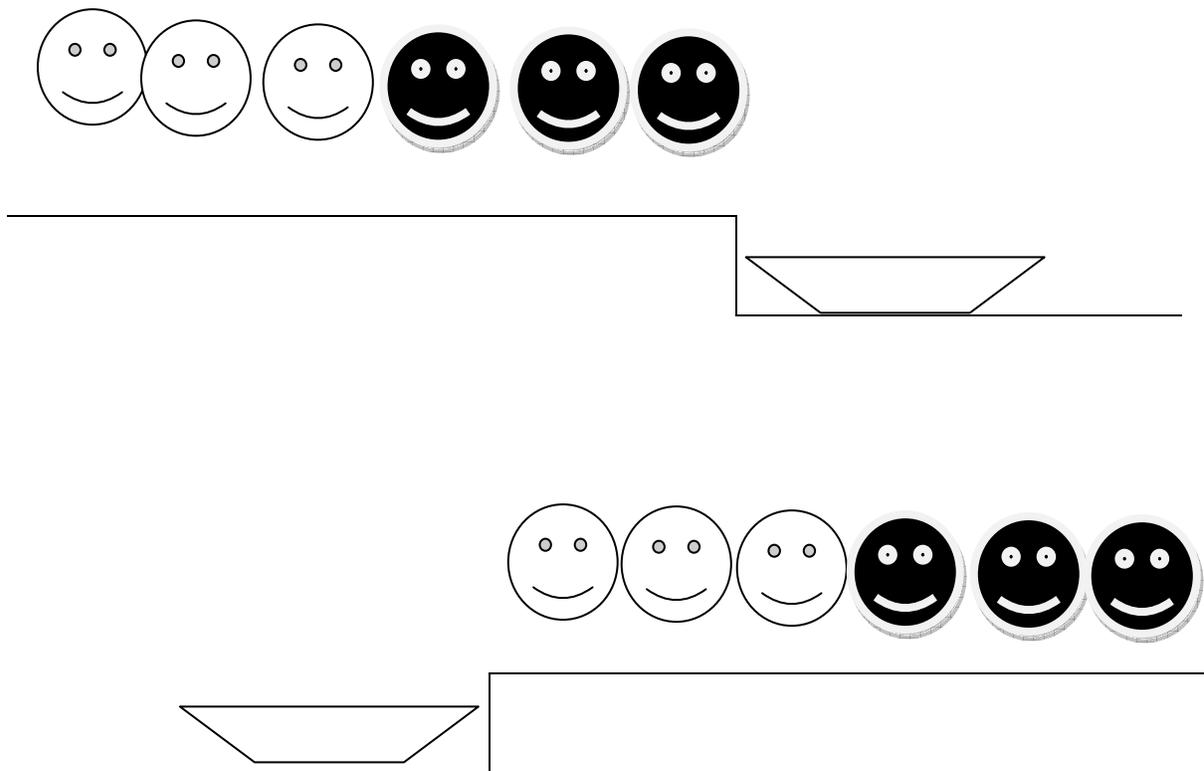
В задачах этой темы требуется построить систему продукций. Прежде всего, следует решить саму задачу (как правило, это известная, но несложная головоломка) «в уме», чтобы понять, какая информация в условии задачи существенна, а какая информация является просто «оформлением» головоломки.

После этого надлежит выбрать представление базы данных будущей системы продукций. Базу данных следует выбирать как можно проще, включая только существенную информацию. Затем нужно составить набор правил (продукций). Их не должно быть много, условия и действия в правилах должны быть по возможности простыми. После этого для построенной системы продукций следует выполнить то исследование, которое указано в условиях задачи.

2.2.1. Людоеды и миссионеры

Три миссионера и три людоеда стоят на берегу реки и хотят переправиться на другой берег. Имеется лодка, которая вмещает только двоих. Если людоедов на берегу оказывается больше, то они сразу съедают миссионеров.

Представить в виде системы продукций. Рассмотреть применение различных стратегий управления системами продукций и сравнить результаты.

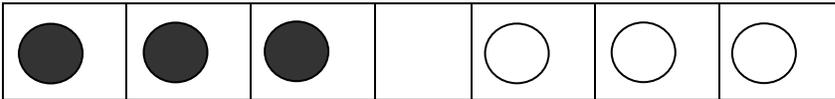


2.2.2. Линейные шашки

Имеется линейная доска из семи клеток, на которых расставлены три белые и три черные шашки. Можно двигать шашки на пустое место и

перепрыгивать через одну на пустое место. В обратную сторону двигать шашки не разрешается. Цель: поменять местами белые и черные.

Представить в виде системы продукций. Рассмотреть применение различных стратегий управления системами продукций и сравнить результаты.



2.2.3. Задача о разливе воды

Имеется два кувшина: емкостью 5 л и 2 л. Большой кувшин полон воды, малый кувшин пуст. Требуется отлить 1 л воды в малый кувшин. Больше воды нет.

Представить в виде системы продукций. Рассмотреть применение различных стратегий управления системами продукций и сравнить результаты.

2.2.4. Приведение к каноническому виду

Привести логическое выражение, составленное из переменных и связок \vee , \wedge , \neg к каноническому виду (канонической формой логических выражений, являются, частности, дизъюнктивная нормальная форма и конъюнктивная нормальная форма).

Предложить систему продукций и исследовать ее тип. Можно ли использовать эту систему продукций для доказательства тождества двух логических выражений?

Тема 3. Алгоритмы поиска

В рамках этой темы обсуждаются различные виды графов поиска и свойства алгоритмов поиска на этих графах. В частности, рассматривается графы поиска общего вида, которые применяются в общих случаях, графы И/ИЛИ, которые применяются для разложимых систем продукций, и игровые деревья, которые применяются при программировании.

3.1. Вопросы для самопроверки

1. Что такое граф поиска? Что является узлами и что является дугами в этом графе?
2. Сформулируйте основной алгоритм поиска на графе. Какова трудоемкость этого алгоритма в худшем случае?
3. Что называется эвристическим поиском? Что такое оценочная функция, и какова ее роль в эвристическом поиске?
4. Какими свойствами обладает алгоритм поиска на графе? Каково достаточное условие, обеспечивающее нахождение решения алгоритмом поиска на графе?
5. Сформулируйте теорему состоятельности.
6. Сформулируйте следствия к теореме состоятельности.
7. Что такое монотонное ограничение?
8. Какими свойствами обладает алгоритм поиска на графе, если оценочная функция удовлетворяет монотонному ограничению?
9. В каком случае оценочная функция называется более информированной по сравнению с другой оценочной функцией?
10. Что такое граф И/ИЛИ? Можно ли считать, что произвольный ориентированный гиперграф является графом И/ИЛИ?

11. Что такое граф решения? Можно ли считать, что произвольный гиперпуть является графом решения?
12. Что такое игровое дерево? Что общего и в чем отличия игровых деревьев и графов И/ИЛИ?
13. В чем заключается метод минимакса для поиска на игровых деревьях?
14. В чем заключается α - β отсечение при поиске на игровых деревьях?
15. Каков максимальный возможный выигрыш в эффективности при применении α - β отсечения?

3.2. Задачи для самостоятельного решения

В задачах этой темы требуется применить общий алгоритм поиска на графе или одну из его разновидностей: поиск на графах И/ИЛИ, поиск на игровых деревьях. Прежде всего, следует решить, какой именно алгоритм будет применяться, какой именно вид графа поиска нужно использовать.

После этого надлежит придумать одну или несколько оценочных функций. Можно попытаться сразу построить общую функцию F , а можно предложить только эвристическую часть h , полагая, что часть g берется непосредственно из алгоритма поиска. Сравнить применение различных функций следует по числу узлов в графе поиска, которые пришлось построить для решения данной задачи при условии применения различных функций.

3.2.1. Задача коммивояжера

Имеется множество городов, соединенных дорогами. Коммивояжер должен посетить все города ровно один раз. Расстояния между городами известны. Начинать можно с любого города. Возвращаться в него не обязательно. Дороги есть из любого города в любой. Нужно найти, по возможности, кратчайший маршрут.

Предложить несколько оценочных функций для алгоритма поиска на графе, сравнить их.

3.2.2. Задача о четырех ферзях

Имеется квадратная доска 4 на 4. Расставить на доске 4 ферзя так, чтобы они не били друг друга. Ферзь бьет поля, расположенные на той же горизонтали, вертикали и диагоналях (на рисунке знаком X отмечены те поля, которые бьет ферзь, помещенный в поле, отмеченное Q).

Рассмотреть граф поиска, предложить различные оценочные функции и сравнить их применение.

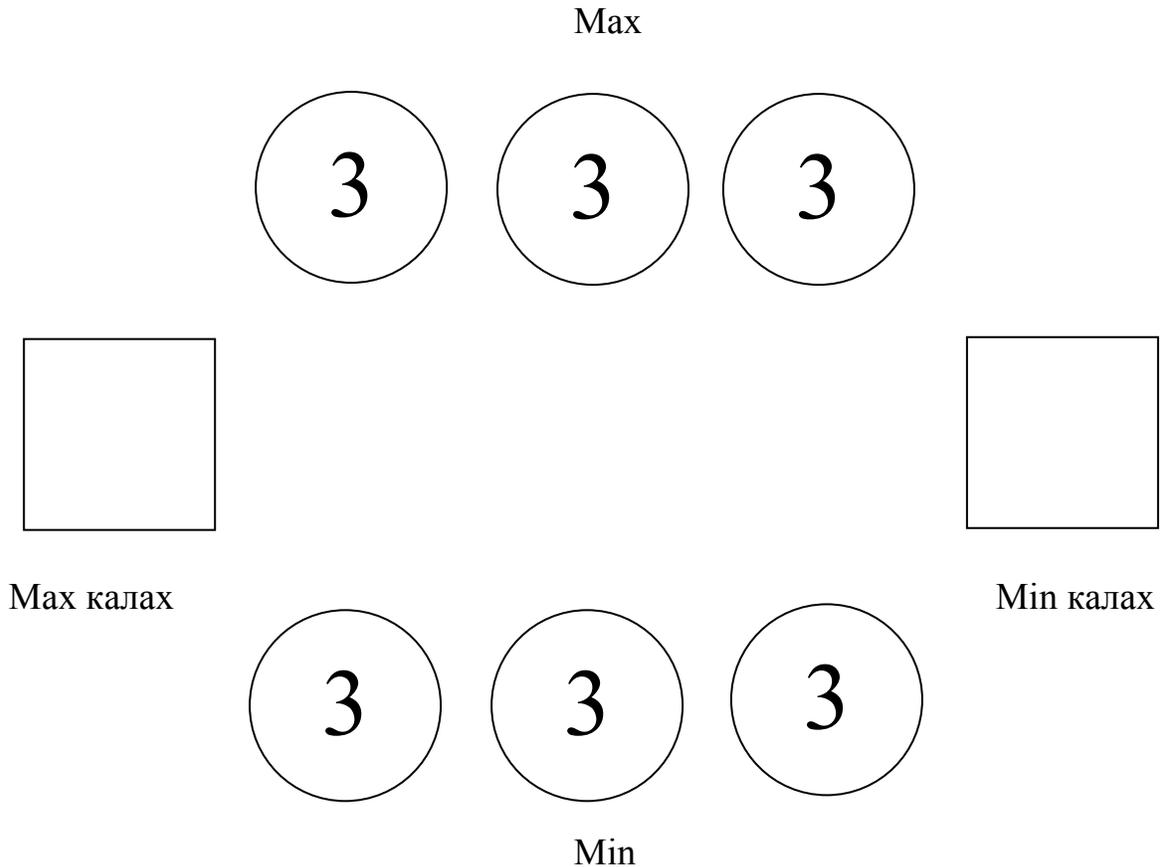
X	X	X	
X	Q	X	X
X	X	X	
	X		X

3.2.3. Игра НИМ

Игра НИМ (упрощенная). Имеется куча из семи монет. Играют двое. За один ход можно взять 1, 2 или 3 монеты. Проигрывает тот, кто берет последнюю монету.

Построить дерево игры. Предложить оценочную функцию. Сравнить применение метода минимакса и α - β отсечение.

3.2.4. Игра калах



Игра калах (упрощенная). Играют двое. В лунках лежат камешки. В начальной позиции по три камешка в каждой лунке на стороне каждого игрока. Кроме игровых лунок, имеются две лунки, которые называются калах. Игроки ходят по очереди. Пропустить ход нельзя. Ход: взять все камешки из одной лунки на своей стороне и разложить в соседние лунки по одному против часовой стрелки, включая свои лунки, свой калах, лунки противника и исключая калах противника. Из калаха камешки брать нельзя, калах – это накопитель. Игра закончена, если

один из противников не может сделать свой ход (в его лунках нет камешков). Победителем считается тот игрок, в чьем калахе больше камешков в момент окончания игры.

Построить часть дерева этой игры. Предложить оценочную функцию позиции. Что даст применение метода минимакса и α - β отсечения?

Тема 4. Представление знаний формулами исчисления предикатов

В этой теме интенсивно используется язык математической логики, в частности, исчисление высказываний и исчисление предикатов первого порядка. Часть самых важных определений повторена в упрощенном виде, но большая часть понятий и технических приемов предполагается известной студенту из материала базового курса по математической логике, который читается на младших курсах. Если ответы на первые вопросы для самопроверки вызывают затруднения, следует освежить знание базовых понятий математической логики.

В данном курсе рассматривается один метод автоматического доказательства теорем – метод резолюций. При решении задач не исключается применение и других методов, если они известны читателю, но задачи составлены в расчете на применение именно метода резолюций.

4.1. Вопросы для самопроверки

1. Какие специальные символы используются при записи формул языка исчисления предикатов первого порядка?
2. Что такое интерпретация формальной теории?
3. Что такое истинностное значение формулы?
4. Что такое логическое следование и что такое формальная выводимость?
5. В каких случаях говорят, что правила вывода логичны?
6. В каких случаях говорят, что правила вывода полны?

7. Что такое метод резолюций? Выпишите правило резолюции для исчисления высказываний.
8. Что такое унификация? Выпишите правило резолюции для исчисления предикатов.
9. Что такое предложение? Опишите алгоритм сведения произвольной формулы исчисления предикатов к предложениям.
10. Перечислите известные вам стратегии метода резолюций.
11. Как определяется полная и неполная стратегия метода резолюций.
12. Каким образом из вывода построенного с помощью метода резолюций можно получить ответ да/нет?
13. Каким образом из вывода построенного с помощью метода резолюций можно получить факт?
14. Каким образом из вывода построенного с помощью метода резолюций можно получить терм?
15. Опишите подкласс хорновских предложений.
16. Что вы знаете о полноте и неполноте стратегий метода резолюций в хорновском случае?

4.2. Задачи для самостоятельного решения

В задачах этой темы исходная формулировка либо непосредственно содержит формулы логических исчислений, либо содержит некоторые утверждения на естественном языке, которые нужно перевести в формулы логических исчислений.

В этом случае самое большое внимание следует уделить выбору адекватной системы предикатов. Сначала следует ответить себе на следующие вопросы: каковы области изменения предметных

переменных – параметров предикатов? Сколько будет использоваться различных предикатов и сколько у каждого из них будет параметров?

После этого необходимо перевести утверждения на естественном языке в формулы исчисления предикатов. При этом не следует стремиться обязательно к тому, чтобы каждому исходному утверждению соответствовала ровно одна формула.

При применении метода резолюций следует помнить, что перед сведением к предложениям перед целевой формулой следует поставить отрицание.

4.2.1. Метод резолюций для исчисления высказываний

Доказать методом резолюций:

$$A \wedge (B \vee C) \wedge D \rightarrow (A \wedge B) \vee (C \wedge D)$$

4.2.2. Метод резолюций для исчисления предикатов

Доказать методом резолюций:

$$\forall x \forall y (((P(x, y) \rightarrow Q(x, y)) \rightarrow P(x, y)) \rightarrow P(x, y))$$

4.2.3. Представление утверждений предикатами

Даны следующие утверждения.

- а) у каждой группы есть любители
- б) The Beatles нравятся каждому, кому нравится какая-нибудь группа
- в) у каждого есть любимая группа
- г) "Тату" не является рок-группой
- д) The Beatles нравятся всем
- е) существуют люди, которым не нравится "Тату".

Представить формулами исчисления предикатов. Какие утверждения д) е) выводимы или не выводимы из утверждений а), б), в), д) и из каких именно?

4.2.4. Альпинклуб

Даны следующие утверждения.

Тони, Макс и Джон являются членами Альпинклуба.

Каждый член Альпинклуба, не являющийся горнолыжником, является альпинистом.

Альпинисты не любят дождя, и всякий, кто не любит снега, не является горнолыжником.

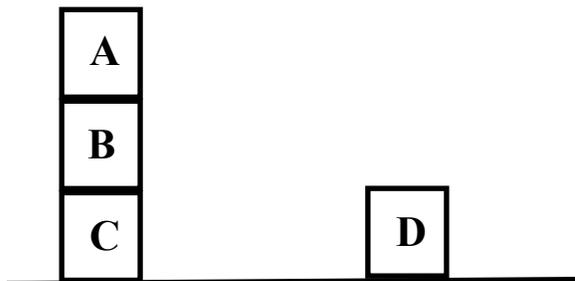
Макс не любит то, что любит Тони, и любит все то, что Тони не любит.

Тони любит дождь и снег.

Представить это множество утверждений предложениями, подходящими для применения метода резолюций.

Покажите, как такая система могла бы ответить на вопрос: "имеется ли такой член Альпинклуба, кто является альпинистом, но не является горнолыжником? И если имеется, то кто он?"

4.2.5. Мир кубиков



Даны следующие утверждения.

Если X лежит на Y , то X находится над Y . Если X лежит на Y и Y находится над Z , то X находится над Z .

A лежит на B , B лежит на C , C лежит на столе, D лежит на столе.

A находится над C .

A находится над D .

Выделить факты, правила и цели. Представить в виде Хорновских предложений. Разобрать использование различных стратегий поиска вывода целей из фактов по правилам.

Тема 5. Система дедукции на основе правил

В данной теме рассматриваются совместно различные способы представления знаний, разобранные в предыдущих темах, то есть представление знаний на основе системы продукций и представления знаний на основе исчисления предикатов первого порядка.

В качестве способа совместного представления знаний используются графы И/ИЛИ, в узлах которых хранятся формулы исчисления предикатов. Для них определяются три конкретных системы дедукции на основе правил: прямая, обратная и комбинированная. Работа с материалом этой темы требует повторения материала темы 3 и темы 4.

5.1. Вопросы для самопроверки

1. Что такое потеря импликативности?
2. Что такое размножение литералов?
3. Что такое прямая система дедукции? Чем она отличается от метода резолюций?
4. Что такое форма И/ИЛИ?
5. Как соотносится форма И/ИЛИ для некоторой формулы исчисления предикатов и множество предложений, к которым можно свести эту формулу?
6. Каковы синтаксические ограничения на форму фактов, правил и целей в прямой системе дедукции на основе правил?
7. Каковы синтаксические ограничения на форму фактов, правил и целей в обратной системе дедукции на основе правил?

8. Каковы синтаксические ограничения на форму фактов, правил и целей в комбинированной системе дедукции на основе правил?
9. В чем заключается условие согласованности подстановок?
10. Что такое правило гашения?
11. Является ли правило гашения логичным?
12. Является ли правило гашения полным?

5.2. Задачи для самостоятельного решения

5.2.1. Задача об умных студентах

Даны следующие утверждения.

Умные студенты сдают экзамен на 5.

Знающие студенты сдают экзамен на 5.

Те, кто много говорит, сдают экзамен на 4.

Отличники умные или много знают.

Староста много говорит.

Петров староста или отличник.

Петров сдаст экзамен на 4 или 5.

Разбить эти утверждения на факты, правила и цели. Выбрать тип системы дедукции, наиболее подходящий для этой задачи. Представить в виде системы дедукции и построить вывод цели в форме графа И/ИЛИ.

Тема 6. Автоматический синтез программ

В данной теме рассматривается проблема автоматического синтеза программ и даются примеры трех подходов к этой задаче.

- Дедуктивный синтез программ на основе метода резолюций.
- Структурный синтез программ на основе семантических вычислительных сетей.
- Индуктивный синтез программ на основе многоточечных выражений.

Материал темы сравнительно бедно раскрыт в учебной литературе, рекомендуется использовать учебно-методическое пособие по курсу «Системы представления знаний».

6.1. Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается постановка задачи автоматического синтеза программ?
2. Назовите основные современные подходы к решению задачи автоматического синтеза программ.
3. Какова основная схема дедуктивного синтеза программ?
4. Что такое предусловие и постусловие?
5. С помощью какого приема можно синтезировать методом резолюций программы в функциональной форме?
6. С помощью какого приема можно синтезировать методом резолюций программы в форме блок-схем?
7. С помощью какого приема можно синтезировать методом резолюций циклические программы?
8. Какие предложения называются жизненными?
9. В чем заключается правило примитивной резолюции?

10. Какое основное ограничение накладывается на предметную область семантическими вычислительными сетями?
11. Что такое структурный синтез программ?
12. Что такое предложение вычислимости?
13. Что такое многоточечное выражение?

6.2. Задачи для самостоятельного решения

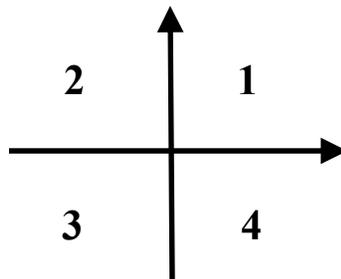
6.2.1. Определение квадранта

Задана точка P в прямоугольной системе координат. Имеются два примитивных предиката

$X(P) = \text{true}$, если абсцисса точки P больше нуля
 false в противном случае.

$Y(P) = \text{true}$, если ордината точки P больше нуля
 false в противном случае

Специфицировать формулами исчисления предикатов и синтезировать методом резолюций программу, определяющую номер квадранта, которому принадлежит точка P (номера квадрантов считают примитивными константами)

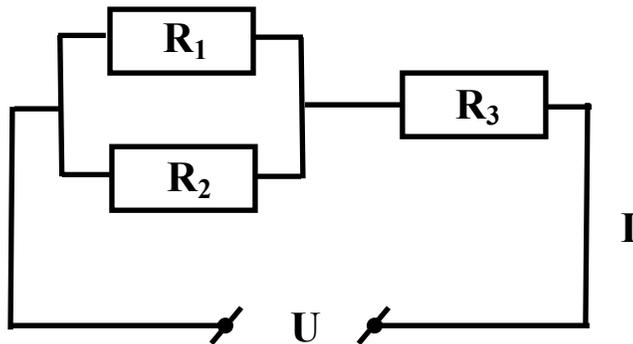


6.2.2. Элементарная физика

Известен закон Ома и правила определения тока и напряжения для последовательного и параллельного соединения. Построить модель предметной области для данной схемы.

Рассмотреть применение алгоритмов структурного синтеза программ для решения следующих задач:

- 1) дано R_1, R_2, R_3, U . Найти I .
- 2) дано R_1, R_2, R_3 . Найти R всей схемы.



6.2.3. Максимум

Специфицировать формулами исчисления предикатов и синтезировать методом резолюций программу вычисления

$Z = \max(x, y)$, считая, что предикат $P(x, y) = x > y$ примитивный.