



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

Добржинский Ю.В.

«01» сентября 2017 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
«Информационные системы управления»

Для документов

А.И. Сухомлинов

«01» сентября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Экспертные системы

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

Форма подготовки очная

- курс 4 семестр 8
- лекции 36 час.
- практические занятия ___ час.
- лабораторные работы 54 час.
- в том числе с использованием МАО лек. ___/пр. ___/лаб. ___ час.
- в том числе в электронной форме лек. ___/пр. ___/лаб. ___ час.
- всего часов аудиторной нагрузки 90 час.
- в том числе с использованием МАО ___ час.
- в том числе в электронной форме ___ час.
- самостоятельная работа 90 час.
- в том числе на подготовку к экзамену 45 час.
- курсовая работа / курсовой проект ___ семестр
- зачет ___ семестр
- экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 04.04.2016 № 12-13-593.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры информационных систем управления, протокол № 1 от «1» сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент: Сухомлинов А.И.
Составитель к.т.н., профессор: Москаленко Ю.С.

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's degree in 09.03.01 Computer science and computer facilities

Study profile "Title" Automated information processing and control systems

Course title: Expert systems

Basic (variable) part of Block 1, 5 credits

Instructor: Moskalenko Yu.S.

Learning outcomes:

Know: the basic principles of operation, architectural features and possibilities of application in various application areas; a set of software and tools for the design, development and operation of expert systems.

Be able to: use the acquired skills in solving problems related to the processing of expertise.

Know: methods and means of technology of expert systems; methods and tools for design, development and verification of prototypes of expert systems.

Course description:

The content of the discipline covers the following range of issues: the subject of the course, its goals and objectives, in which cases and at what cost should develop or use intelligent systems; principles and features of technology expert systems; principles and methods of extraction, formation and acquisition of knowledge in the field of expertise; methodology design, development, testing and operation of expert systems.

Main course literature:

1. Stuart Russell, Peter Norvig. Artificial intelligence. Modern approach. Williams, 2005

2. George F. Luger Artificial intelligence: Strategies and methods for solving complex problems. Williams, 2005

3. Kostrov B. V., Ruchkin V. N., Fulin V. A. Basics of artificial intelligence, DESS, 2007

4. Gaskarov D. V. Intelligent information systems. Textbook. for universities. – M.: Higher. SHK., 2003

5. Ivan Bratko. Language PROLOG: artificial intelligence – "Williams", 2004

Form of final control: exam.

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Экспертные системы»

Учебно-методический комплекс дисциплины «Экспертные системы» разработан для студентов 4 курса по специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по данной специальности и положением об учебно-методических комплексах дисциплин образовательных программ высшего профессионального образования.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.), лабораторная работа студента (54 час.), самостоятельная работа студентов (90 час.). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 8 семестре.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: Предмет курса, его цели и задачи, в каких случаях и с какой целью следует разрабатывать или использовать интеллектуальные системы; принципы и особенности технологии экспертных систем; принципы и методы извлечения, формирования и приобретения знаний в области экспертизы; методологию проектирования, разработки, тестирования и эксплуатации экспертных систем.

Дисциплина «Экспертные системы» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Информатика», «Базы данных», «Системы искусственного интеллекта».

Дисциплина направлена на формирование общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций выпускника.

Целью изучения дисциплины является ознакомление студентов с одним из направлений в исследованиях по искусственному интеллекту (Artificial Intelligence – AI) – проектированием и разработкой экспертных систем – подкласса систем, основанных на знаниях.

Основные задачи дисциплины сконцентрированы на разработке компьютерных программ, способных эмулировать те области деятельности человека, которые требуют мышления, определенного мастерства и накопленного опыта. К ним относятся задачи принятия решения, распознавание образов, планирование операций, диагностика заболеваний и неисправностей, извлечение знаний из первичных данных и др.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2 - способностью осваивать методики использования программных средств для реше-	Знает	Основные принципы функционирования, архитектурные особенности и возможности применения в различных прикладных областях; совокупность программно-инструментальных

ния практических задач		средств проектирования, разработки и эксплуатации экспертных систем
	Умеет	Использовать приобретенные навыки при решении задач, связанных обработкой экспертных знаний.
	Владеет	методами и средствами технологии экспертных систем; методами и инструментальными средствами проектирования, разработки и верификации прототипов экспертных систем
ПК-1 – способностью разрабатывать модели компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов «человек – электронно-вычислительная машина»	Знает	Принципы и методологические приемы разработки моделей компонентов ИС
	Умеет	Разрабатывать модели компонентов баз знаний и диалоговый компонент
	Владеет	Инструментальными средствами разработки основных компонент интеллектуальных систем и их сопряжение
ПК-2 - способностью разрабатывать и сопровождать требования к отдельным функциям системы	Знает	Технологию проектирования и сопровождения компонент интеллектуальных систем, поддерживающих базовые функции
	Умеет	Разрабатывать требования к функциям интеллектуальных систем
	Владеет	Средствами разработки отдельных компонент и интеллектуальных систем в целом

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

РАЗДЕЛ 1. Введение в экспертные системы. Основные понятия и определения (9 час.)

ТЕМА 1. Назначения и основные свойства экспертных систем.

ТЕМА 2. Состав и взаимодействие участков построения и эксплуатации экспертных систем

ТЕМА 3. Преимущества использования экспертных систем

ТЕМА 4. Особенности построения и организации экспертных систем

ТЕМА 5. Основные режимы работы экспертных систем

ТЕМА 6. Отличие экспертных систем от традиционных программ

ТЕМА 7. Технология разработки экспертных систем

РАЗДЕЛ 2. Выявление знаний от экспертов (6 час.)

ТЕМА 1. Экспертное оценивание как процесс измерения.

ТЕМА 2. Связь эмпирических и числовых систем.

ТЕМА 3. Методы измерения степени влияния объектов.

ТЕМА 4. Один из подходов к формированию и оценке компетентности группы экспертов.

ТЕМА 5. Характеристики и режимы работы группы экспертов.

РАЗДЕЛ 3. Обработка экспертных оценок (5 час.)

ТЕМА 1. Задачи обработки.

ТЕМА 2. Групповая экспертная оценка объектов при непосредственном оценивании.

ТЕМА 3. Обработка парных сравнений.

ТЕМА 4. Определение обобщенных ранжировок.

**РАЗДЕЛ 4. Экспертные системы с неопределенными знаниями
(5 час.)**

ТЕМА 1. Неопределенности в ЭС и проблемы порождаемые ими.

ТЕМА 2. Теория субъективных вероятностей.

ТЕМА 3. Байесовское оценивание.

ТЕМА 4. Теорема Байеса как основа управления неопределенностью.

**РАЗДЕЛ 5. Логический вывод на основе субъективной вероятности
(5 час.)**

ТЕМА 1. Простейший логический вывод.

ТЕМА 2. Распространение вероятностей в ЭС

ТЕМА 3. Последовательное распространение вероятностей.

ТЕМА 4. Экспертные системы, использующие субъективные вероятности.

РАЗДЕЛ 6. Байесовские сети доверия как средство разработки ЭС (6 час.)

ТЕМА 1. Основные понятия и определения

ТЕМА 2. Пример построения простейшей байесовской сети доверия

ТЕМА 3. Процесс рассуждения (вывода) в байесовских сетях доверия

ТЕМА 4. Байесовские сети доверия как одно из направлений современных экспертных систем

ТЕМА 5. Представление знаний с использованием байесовской сети доверия и условная независимость событий .

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторная работа 1. Разработка базы знаний продукционно-фреймовой экспертной системы. (6 час.)

Цель работы: познакомиться с программно-реализованной оболочкой ЭС «ESWIN» и разработать базу знаний экспертной системы.

Задачи работы:

- Изучить язык программирования экспертной оболочки ESWIN, используя ее встроенную систему помощи и законспектировать основные конструкции языка.
- Изучить на приведенном в задании примере последовательность действий при описании экспертной системы.
- Выписать данные своего варианта задания. Составить таблицу, описывающую множество возможных решений.
- Используя программу БЛОКНОТ из комплекта поставки WINDOWS, загрузить файл-заготовку экспертной системы PROBA.KLB и набрать в нем текст программы. Сохранить файл.
- Запустить программу ESWINDEM.EXE, загрузить и испытать работоспособность созданной экспертной системы на всех возможных вариантах решения. Устранить обнаруженные ошибки.

Лабораторная работа 2. Разработка базы знаний экспертной системы на основе байесовской стратегии логического вывода. (6 час.)

Цель работы: познакомиться с программно реализованной оболочкой ЭС и разработать базу знаний экспертной системы.

Задачи работы:

- Изучить описание программы, используя ее встроенную систему помощи и законспектировать основные положения.
- Изучить на приведенном в задании примере последовательность действий при работе с ЭС.

- Выписать данные своего варианта задания. Использую редактор баз знаний, создать базу знаний.
- Запустить программу, загрузить и испытать работоспособность созданной экспертной системы для двух вариантов ответа: коэффициента уверенности и вероятности истинности свидетельства. Устранить обнаруженные ошибки.

Лабораторная работа 3. Разработка экспертной системы на основе классических моделей представления знаний. (6 час.)

Цель: Разработать экспертную систему по предметной области, используя одну из моделей представления знаний:

- продукционную;
- продукционно-фреймовую;
- фреймовую;
- на основе байесовской системы логического вывода.

База знаний в зависимости от модели знаний, должна содержать не менее 30 правил, вопросов, свидетельств, 6-8 фреймов по 4-5 слотов в каждом.

При разработке экспертной системы необходимо:

- использовать минимально достаточное множество условий при определении продукционного правила;
- избегать противоречащих продукционных правил;
- конструировать правила, опираясь на структуру присущую предметной области;
- реализовать подсистему объяснений.

Лабораторная работа 4. Программная реализация методик экспертного оценивания.

Цель работы:

1. Рассмотреть методики:

- формирования группы и оценки относительных коэффициентов компетентности экспертов;
- получения обобщенной оценки понятий и объектов на основе индивидуальных оценок экспертов (групповая экспертная оценка объектов при непосредственном оценивании).

2. Программная реализация данных методик.

Требования к программе:

- 1) Универсальность (нефиксированное количество экспертов и объектов);
- 2) Защита для корректного ввода информации;
- 3) Точность значений $=0,001$
- 4) Должна быть предусмотрена возможность выбора числового представления оценки экспертов (мнений экспертов)
- 5) Общий дружественный пользовательский интерфейс для двух методик.

Лабораторная работа 5. Разработка экспертной системы нечеткого вывода в среде Matlab и ее программная реализация. (6 час.)

Цель:

1. Рассмотреть методику и разработать базу правил экспертной системы по предметной области.
2. Построить нечеткую модель управления кондиционером воздуха в помещении.
3. Проверить адекватность построенной модели.
4. Программно реализовать нечеткую модель.

Лабораторная работа 6. Разработка модели адаптивной системы нейро-нечеткого вывода. (6 час.)

Цель:

1. Рассмотреть методику и разработать модель адаптивной системы нейро-нечеткого вывода.
2. Знакомство с графическим интерфейсом программы кластеризации.

3. Построить в соответствии с вариантом модель адаптивной системы нейро–
нечеткого вывода для решения задач прогнозирования и оценить погреш–
ность прогноза.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Название дисциплины» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

N п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименования		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Введение в экспертные системы. Основные понятия и определения	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	Контрольная работа «Основные понятия и определения»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
2	Выявление знаний от экспертов	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	ИДЗ «Выявление знаний»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
3	Обработка экспертных оценок	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	Контрольная ра- бота «Обработка экспертных оце- нок»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	

4	Экспертные системы с неопределенными знаниями	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	Контрольная работа «ЭС с неопределенными знаниями»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
5	Логический вывод на основе субъективной вероятности	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1, конспект ПР-7	Контрольная работа «Логический вывод на основе субъективной вероятности»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
6	Байесовские сети доверия как средство разработки ЭС	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1, конспект ПР-7	ИДЗ «Байесовские сети»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект. Современный подход. «Вильямс», 2005 г
2. Джорж Ф.Люгер Искусственный интеллект: Стратегии и методы решения сложных проблем. «Вильямс», 2005
3. Костров Б.В., Ручкин В.Н., Фулин В.А. Основы искусственного интеллекта, ДЕСС, 2007
4. Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы. Учебн. для вузов. – М.: Высш. шк., 2003
5. Иван Братко. Язык PROLOG: Алгоритм искусственного интеллекта – «Вильямс», 2004 г

Дополнительная литература

1. Алекс Д.Ж. Шампандар Искусственный интеллект в компьютерных играх. «Вильямс», 2005 г
2. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс. Уч. пособия. «Вильямс», 2005
3. Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский Сиб «Питер», 2000
4. Ю.С. Москаленко Представление и обработка знаний в обучающих системах Уч. пособия, Владивосток, 2006

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика	Доступность
1	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образо-	Доступ осуществляется с

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика	Доступность
		вательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания	любого компьютера ДВФУ, необходима регистрация
2	http://www.intuit.ru/	Интернет университет информационных технологи, содержит бесплатные учебные курсы, учебники и методические пособия по всем направлениям подготовки	Свободный доступ
3	www.elibrarv.ru	Научная электронная библиотека журналов	Доступ осуществляется с любого компьютера ДВФУ, необходима регистрация
4	http://window.edu.ru/window/library	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам".	Свободный доступ
5	http://www.biblioclub.ru	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online» специализируется на учебных материалах для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а также содержит материалы по точным и естественным наукам.	Доступ осуществляется со всех компьютеров, подключенных к сети ДВФУ.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Экспертные системы» изучается в течении одного семестра. В общей трудоемкости дисциплины 180 час. (5 ЗЕ). Аудиторные занятия составляют 90 час., включая 36 час. лекции и лабораторные занятия 54 час.

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 45 час. на весь курс дисциплины. Кроме того, в период экзаменационной сессии, планируется 45 час. на подготовку к экзамену.

Рекомендации по видам деятельности. Изучение курса дисциплины «Системы искусственного интеллекта» предусматривает освоение студентом

теоретического материала на лекциях, выполнение лабораторных работ в лаборатории, самостоятельную работу при подготовке к лекционным занятиям, лабораторным работам и подготовку экзамену.

При освоении **теоретической части** студенты выполняют следующие виды работ. Осуществляют предварительное знакомство с содержанием материала очередной лекции в рамках *самостоятельной работы* студента, используя рекомендованную лектором литературу. При этом они фиксируют основные положения текущей изучаемой темы в конспект. На лекционных занятиях, которые проводятся с применением активно-интерактивных методов, студенты должны быть способны показать свое видение решения очередного рассматриваемого проблемного вопроса, задать свой вопрос при освещении темы преподавателем и ответить на вопросы преподавателя в завершение изучения рассматриваемой темы.

Выполнение *лабораторных работ* проводится в следующем порядке. Каждый студент на каждой лабораторной работе выполняет отдельное типовое задание. При этом наименование работы, содержание, используемые методы и применяемые средства являются общими для всех студентов. Выполнение лабораторной работы начинается с ознакомления с ее содержанием и заданием. После проверки усвоения материала студенты приступают к выполнению работы. В конце отведенного времени на занятия преподаватель осуществляет проверку результата. Для лабораторных работ студент подготавливает письменный отчет о выполнении лабораторной работы и защищает его у преподавателя.

Для подготовки к экзаменам необходимо также использовать перечень вопросов, представленный ниже, в материалах фонда оценочных средств дисциплины.

Рекомендации по *работе с литературой*. Для углубленного изучения теоретического материала курса дисциплины и подготовке к экзамену рекомендуются использовать основную и дополнительную литературу, указанную в приведенном выше перечне.

Рекомендованные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ (в перечне приведены соответствующие гиперссылки этих источников).

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения практических занятий используются свободно распространяемые программные версии, рекомендованные УМО по образованию в области инновационных международных программ, которые позволяют освоить базовые основы и базовые принципы экспертных систем.

Для выполнения практических занятий каждому студенту необходимо предоставить рабочее место за ПК базовой конфигурации.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Экспертные системы»

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

Форма подготовки – очная

**Владивосток
2017**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
8 семестр				
1	2 - 4 недели	Подготовка к лабораторной работе № 1	6 час	Устный опрос
		Подготовка к лекциям	2 час	Устный опрос
2	5 - 6 недели	Подготовка к лабораторной работе № 2	6 час	Устный опрос Защита ЛР №1
		Подготовка к лекциям	2 час	Устный опрос
3	7 - 10 недели	Подготовка к лабораторной работе № 2	6 час	Устный опрос Защита ЛР №2
		Подготовка к лекциям	8 час	Устный опрос
4	11 - 14 недели	Подготовка к лабораторной работе № 3	6 час	Устный опрос Защита ЛР №3
		Подготовка к лекциям	8 час	Устный опрос
5	15 - 16 недели	Подготовка к лабораторной работе № 4	6 час	Устный опрос
		Подготовка к лекциям	8 час	Устный опрос
6	17 - 18 недели	Подготовка к лабораторной работе № 4	6 час	Устный опрос Защита ЛР №4
		Подготовка к лекциям	8 час	Устный опрос
7	19 - 20 недели	Подготовка к экзамену	27 час	Экзамен

Самостоятельная работа студентов состоит в проработке теоретического (лекционного) материала, подготовке к практическим занятиям.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самоподготовка к лекциям

Для усвоения теоретического материала предусматривается предварительная подготовка студента за счет самостоятельного изучения, как материала предыдущего занятия, так и ознакомление с основными положениями предстоящего занятия.

Для самоконтроля усвоения учебного материала используются вопросы для самопроверки, приведенные в разделе «Конспекты лекций» УМКД дисциплины – всего 49 вопросов.

Самоподготовка к практическим занятиям

Последовательность выполнения практических занятий, необходимые пояснения и рекомендации приводятся в разделе «Материалы для практических занятий» УМКД дисциплины. В соответствии с вариантом выполнить задание и представить в пояснительной записи ход выполнения решения и его результаты.

Самоподготовка к экзамену

Перечень типовых экзаменационных вопросов.

1. Экспертный анализ. Смысл и цели.
2. Характеристики экспертных систем.
3. Базовые функции экспертных систем.
4. Критерии применимости ЭС к областям экспертизы.
5. Классификация и структура ЭС.
6. Базы знаний ЭС.
7. Решатели в ЭС.
8. Подсистема объяснения в ЭС.
9. Интеллектуальный редактор базы знаний.
10. Теоретические аспекты приобретения знаний.
11. Психологический аспект приобретения знаний.
12. Лингвистический аспект приобретения знаний.
13. Гносеологический аспект приобретения знаний.
14. Онтологии в ЭС. Онтологический анализ.

15. Методы приобретения знаний.
16. Извлечение знаний.
17. Формирование знаний.
18. Приобретение новых знаний на основе существующих.
19. Формирование суждений.
20. Иерархическое построение и проверка гипотез.
21. Неформальное описание области экспертизы. Построение поля знаний.
22. Формирование знаний на основе машинного обучения.
23. Представление знаний: принципы и методы.
24. Символическое представление фактов.
25. Языки представления знаний.
26. Реализация символических структур на языке LISP.
27. Канонические системы.
28. Управление функционированием интерпретатора. (УФИ).
29. УФИ логических моделей представления.
30. УФИ семантической сети над фреймами.
31. Языки PROLOG, FRL, KRL, OPS-5, CLIPS. Характеристики особенности.
32. Представление неопределенности данных и знаний.
33. Методы нечетных рассуждений.
34. Представление нечетных правил с помощью продукций.
35. Представление рассуждений, основанных на прецедентах.
36. База прецедентов.
37. Обучение на прецедентах.
38. Принятие решений по прецедентам.
39. Уравнение процесса поиска решений в ЭС.
40. Таблицы операторов и методика «средство-анализ завершения».
41. Системы с доской объявления.
42. Организация параллельных вычислений в ЭС.
43. Объяснение принятых решений.

44. Отличие организации БЗ в ЭС и онтологиях.
45. Формирование пояснений на основе знаний. Бэктрекинг.
46. Реализация прототипа ЭС. Тестирование и сдвиг парадигмы.
47. Критерии тестирования ЭС.
48. Разработка демонстрационного и исследовательского прототипа ЭС.
49. Стыковка и поддержка промышленной ЭС.

Экзаменационный билет по дисциплине состоит из двух вопросов. На подготовку ответа отводится один академический час (45 мин.).

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

По результатам практических занятий студентом (бригадой) оформляется отчёт, в котором предоставляются рабочие материалы, эскизы экранных форм, обоснование выбранных решений, общая оценка результатов, перечень информационных источников. Возможно, и поощряется представление экранных форм в электронном виде.

В процессе выполнения работ обычно получается результат в виде готовой программы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Экспертные системы»

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

Форма подготовки – очная

Владивосток

2017

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2 - способностью осваивать методики использования программных средств для решения практических задач	Знает	Основные принципы функционирования, архитектурные особенности и возможности применения в различных прикладных областях; совокупность программно-инструментальных средств проектирования, разработки и эксплуатации экспертных систем
	Умеет	Использовать приобретенные навыки при решении задач, связанных обработкой экспертных знаний.
	Владеет	методами и средствами технологии экспертных систем; методами и инструментальными средствами проектирования, разработки и верификации прототипов экспертных систем
ПК-1 – способностью разрабатывать модели компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов «человек – электронно-вычислительная машина»	Знает	Принципы и методологические приемы разработки моделей компонентов ИС
	Умеет	Разрабатывать модели компонентов баз знаний и диалоговый компонент
	Владеет	Инструментальными средствами разработки основных компонент интеллектуальных систем и их сопряжение
ПК-2 - способностью разрабатывать и сопровождать требования к отдельным функциям системы	Знает	Технологию проектирования и сопровождения компонент интеллектуальных систем, поддерживающих базовые функции
	Умеет	Разрабатывать требования к функциям интеллектуальных систем
	Владеет	Средствами разработки отдельных компонент и интеллектуальных систем в целом

N п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименования		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Введение в экспертные системы. Основные понятия и определения	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	Контрольная работа «Основные понятия и определения»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	

2	Выявление знаний от экспертов	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	ИДЗ «Выявление знаний»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
3	Обработка экспертных оценок	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	Контрольная работа «Обработка экспертных оценок»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
4	Экспертные системы с неопределенными знаниями	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1	Контрольная работа «ЭС с неопределенными знаниями»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
5	Логический вывод на основе субъективной вероятности	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1, конспект ПР-7	Контрольная работа «Логический вывод на основе субъективной вероятности»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	
6	Байесовские сети доверия как средство разработки ЭС	ОПК-1, ПК-1 ПК-2	Знает	собеседование УО-1, конспект ПР-7	ИДЗ «Байесовские сети»
			Умеет	лабораторная работа ПР-6	
			Владеет	лабораторная работа ПР-6	

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Экспертные системы» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточный контроль по дисциплине «Экспертные системы» проводится в 8 семестре в виде экзамена (устный опрос в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов).

Экзаменационный билет по дисциплине состоит из двух вопросов. На подготовку к ответу отводится один академический час (45 мин.).

Рекомендуется процесс подготовки к ответу разбить на два этапа.

1-й этап – предварительный, этап осмысления вопросов, содержащихся в билете. Если формулировка вопросов кажется вам неясной, уточните у преподавателя. Если один из вопросов билета оказался для вас более простым и понятным, чем другой, начинайте готовить ответ с него с тем, чтобы оставшееся время целиком и до конца уделить более сложным вопросам.

2-й этап – этап непосредственной подготовки отчёта в письменном виде. Ответ должен носить характер миниисследования по заданному вопросу и содержать обоснование его степени важности, чёткое определение необходимых понятий и терминов, изложение основной доказательной части ответа и заключение с указанием связи рассмотренного вопроса с другими понятиями, объектами и областями применения.

При составлении ответа активно используйте принятые сокращения и аббревиатуры, структурные схемы классификации и методов решения, графические обозначения связей, понятий и процедур.

Качество ответа на экзамене оценивается преподавателем по четырёхбальной шкале:

Экзаменационный билет содержит два вопроса из приводимого списка:

1. Экспертный анализ. Смысл и цели.
2. Характеристики экспертных систем.
3. Базовые функции экспертных систем.
4. Критерии применимости ЭС к областям экспертизы.
5. Классификация и структура ЭС.
6. Базы знаний ЭС.
7. Решатели в ЭС.
8. Подсистема объяснения в ЭС.
9. Интеллектуальный редактор базы знаний.
10. Теоретические аспекты приобретения знаний.
11. Психологический аспект приобретения знаний.
12. Лингвистический аспект приобретения знаний.
13. Гносеологический аспект приобретения знаний.
14. Онтологии в ЭС. Онтологический анализ.
15. Методы приобретения знаний.
16. Извлечение знаний.
17. Формирование знаний.
18. Приобретение новых знаний на основе существующих.
19. Формирование суждений.
20. Иерархическое построение и проверка гипотез.
21. Неформальное описание области экспертизы. Построение поля знаний.
22. Формирование знаний на основе машинного обучения.
23. Представление знаний: принципы и методы.
24. Символическое представление фактов.
25. Языки представления знаний.
26. Реализация символических структур на языке LISP.
27. Канонические системы.
28. Управление функционированием интерпретатора. (УФИ).

- 29.УФИ логических моделей представления.
- 30.УФИ семантической сети над фреймами.
- 31.Языки PROLOG, FRL, KRL, OPS-5, CLIPS. Характеристики особенности.
- 32.Представление неопределенности данных и знаний.
- 33.Методы нечетных рассуждений.
- 34.Представление нечетных правил с помощью продукций.
- 35.Представление рассуждений, основанных на прецедентах.
- 36.База прецедентов.
- 37.Обучение на прецедентах.
- 38.Принятие решений по прецедентам.
- 39.Уравнение процесса поиска решений в ЭС.
- 40.Таблицы операторов и методика «средство-анализ завершения».
- 41.Системы с доской объявления.
- 42.Организация параллельных вычислений в ЭС.
- 43.Объяснение принятых решений.
- 44.Отличие организации БЗ в ЭС и онтологиях.
- 45.Формирование пояснений на основе знаний. Бэктрекинг.
- 46.Реализация прототипа ЭС. Тестирование и сдвиг парадигмы.
- 47.Критерии тестирования ЭС.
- 48.Разработка демонстрационного и исследовательского прототипа ЭС.
- 49.Стыковка и поддержка промышленной ЭС.

**Критерии оценки студенту на экзамене по дисциплине
«Экспертные системы»:**

Баллы (рейтинго- вой оценки)	Оценка зачёта/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
Менее 61	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Экспертные системы» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Экспертные системы» проводится в форме контрольных мероприятий (устный опрос, защита лабораторных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Краткая характеристика оценочных средств:

- УО-1 - Собеседование - средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний, обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Контрольные вопросы для текущего контроля знаний

Вопросы по теоретической части курса

1. Дайте определение категорий информации относящихся к знаниям.
2. Перечислите адекватные модели представления и обработки основных категорий знаний.
3. В чем сущность метапроцедур в исчислениях высказываний и предикатов.

4. Понятие дизъюнктов Хорна.
5. В чем сущность канонизации выражений в исчислении предикатов.
6. Основные нормальные формы, используемых для канонизаций логических формул.
7. В чем заключается немонотонность в логических моделях представления и методах обработки знаний.
8. Достоинство логических моделей представления знаний.
9. В каких случаях и как используются формализмы основанные на моделировании традитивных схем рассуждений.
10. Классификация продукции: детерменированные и недетерменированные продукции.
11. Представление знаний в виде нечетких продукций.
12. Как выбрать подходящие стратегии управления продукциями.
13. В чем заключается принцип «наиболее длинного хвоста» при выборе продукции.
14. Принцип «классной доски» в управлении продукциями.
15. Принцип «стопки книг».
16. Перечислить языки высокого уровня поддерживающие производственную модель.
17. Основные особенности языка программирования PROLOG.
18. Объекты и методы исследования ИИ.
19. Основные направления исследований в ИИ.
20. Основные модели и метапроцедуры ИИ.
21. Классификация и составные части СИИ.
22. Организация баз знаний.
23. Целенаправленный поиск в лабиринте возможностей.
24. Оценочные функции при поиске решений в пространстве состояний.
25. Критерии сопоставления и оценки эвристических процедур поиска в пространстве состояний.
26. Модельная гипотеза. Классификация моделей представления знаний.

27. Силлогистика Аристотеля.
28. Квазибулева алгебра как инструмент представления и отработки нечетких знаний.
29. Расширения двоичной алгебры.
30. Формальные системы.
31. Формализация человеческих рассуждений.
32. Представление знаний в исчислении высказываний (ИВ).
33. Метапроцедура вывода в ИВ.
34. Модели определения знаний в исчислении предикатов (ИП).
35. Метод резолюций.
36. Продукционные модели (ПМ) представления знаний.
37. Проблемы управления ПМ. Стратегии управления.
38. Составные продукции.
39. Достоинства и недостатки логических моделей представления знаний.
40. Достоинства и недостатки продукционных моделей.
41. Модели индуктивного обобщения.
42. Обобщение, основанное на частичных прецедентах.
43. Ассоциативное обобщение на коннекторах.
44. Семантические сети. Классификация.
45. Изоморфизм сетевых моделей.
46. Фреймы.
47. Функциональные семантические сети.
48. Сценарии.
49. Онтологии их типы. Онтологические системы.
50. Агентно-ориентированные системы.
51. Интеллектуальные и ментальные характеристики агентов.
52. Агентные технологии.
53. Делиберативные мультиатентные системы.
54. Агентные библиотеки и средства поддержки.

55. PR-системы. Основные модели распознавания и их характеристики.
56. Перцептронная модель.
57. Нейронные модели (НС). Общая характеристики.
58. Классификация НС по парадигме назначения и типологии.
59. Основные этапы разработки СИИ.
60. Программно-инструментальные средства разработки СИИ.
61. Оболочки СИИ.

Критерии оценки (устный ответ)

- 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.
- 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.
- 75-61 - балл – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в со-

держании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

- 60-50 баллов – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Вопросы по практической части курса (лабораторные работы)

1. Разработать поле знаний для заданной предметной области.
2. Описать процедуру выбора модели представления знаний по разработанной концептуальной модели выбранной предметной области.
3. Разработать базу знаний на основе выбранной модели представления.
4. Разработать коннектор представления и реализации невычислительной задачи в пространстве состояний.
5. Выбрать адекватную модель распознавания и соответствующие методы, основанные на минимизации эмпирического или среднего риска.
6. Разработать и реализовать процедуру оценки качества распознавания и/или диагностики объектов из выбранной предметной области.

Критерии оценки (письменный ответ)

- 100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терми-

нологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

- 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

- 75-61 - балл - фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

- 60-50 баллов - незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по дисциплине «Экспертные системы»
Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления»
Форма подготовки очная

Владивосток
2017

I. «Разработка недетерминированных программ сведения задач к подзадам» (8 час.)

Цель работы:

Изучить методы решения задач целенаправленного поиска в лабиринте возможностей путем декомпозиции и реализовать один из них программно.

Содержательные предпосылки.

В подходе, основанном на сведении задач к подзадам, используются операторы, которые преобразуют описания задач в описания подзадач. Оператор сведения задачи к подзадам преобразует описание задачи во множество результирующих или дочерних описаний. Это преобразование таково, что решения всех дочерних задач обеспечивает решение исходной родительской задачи.

Для данного описания задач может существовать много операторов сведения, каждый из которых применим. Применение каждого такого оператора порождает альтернативные множества подзадач. Которые из этих подзадач могут оказаться неразрешимыми, так что придется перепробовать несколько операторов, чтобы построить такое множество, все члены которого разрешимы.

Описание элементарных задач.

Конечная цель всякого ряда сведения задачи к подзадам состоит в получении таких элементарных задач, решение которых очевидно. Этими задачами могут быть как задачи, решаемые за один шаг перебора в пространстве состояний, так и другие более сложные задачи, имеющие известные нам решения.

Кроме того, эти элементарные задачи играют очевидную роль в остановке процесса перебора, иногда они используются для ограничения процесса построения альтернативных процессов результирующих задач в течении процесса сведения задачи.

И/ИЛИ графы.

И/ИЛИ - графом называется графоподобная структура с двумя типами вершин И и ИЛИ. Раскрытие верхушки «И» в этой структуре приводит к конъюнктивному рассмотрению дочерних вершин, а вершины «ИЛИ» - к дизъюнктивному. Начальная вершина соответствует описанию исходной задачи, а конечные (листья) - ???.

Цель процесса поиска на графе показать, что начальная вершина разрешима.

Общее определение разрешимости вершин в И/ИЛИ графе формулируется рекурсивно:

- Заключительные (кольцевые) вершины разрешимы (т.к. соответствуют элементарным задачам);
- Если у вершины, не являющейся заключительной, непосредственно следующие за ней вершины оказались вершинами ИЛИ, то она разрешима тогда и только тогда, когда разрешима по крайней мере одна из этих вершин;
- Если у вершины, не являющейся заключительной, непосредственно следующие за ней вершины оказались вершинами И, то она разрешима тогда и только тогда, когда разрешима каждая из этих вершин.

Тогда, решающий граф определяется как подграф из разрешимых вершин, который показывает, что начальная вершина разрешима.

Если у некоторой вершины И/ИЛИ графа, не являющейся заключительной вершиной, вовсе нет следующих за ней вершин, то такая вершина неразрешима. Появление таких неразрешимых вершин может означать, что и другие вершины графа (и даже начальная вершина) могут оказаться неразрешимыми.

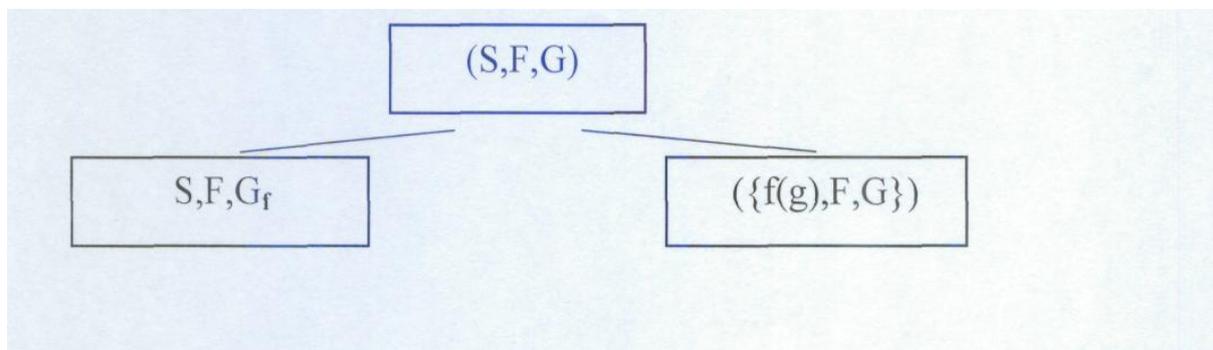
Процесс решения тогда состоит в том, чтобы построить достаточную часть этого И/ИЛИ графа, из которой было бы видно, что начальная вершина разрешима. Программная реализация задач на И/ИЛИ графах осуществляется с помощью недетерминированных программ [].

Методы решения задач на И/ИЛИ графах.

1. Метод ключевых операторов.

Ключевым называется оператор, который рассматривается как «необходимый оператор в цепочке операторов» приводящих к решению. Предположим, что некоторый $f \in F$, где F цепочка операторов — ключевой оператор

для задачи, заданной тройкой (S, F, G) .? Так как мы предполагаем, что f должен быть применен, то первой задачей, следующей из (S, F, G) будет задача поиска пути к некоторому состоянию, к которому f применим. Пусть G_f представляет собой множество состояний, к которым применим f . Тогда мы имеем подзадачу, описываемую тройкой (S, F, G_f) . Как только такая подзадача решена и названо состояние $g \in G_f$, можно сформулировать элементарную задачу $(\{g\}, F, \{f(g)\})$, где $f(g)$ — состояние, достигающееся после применения оператора f к состоянию g . Эта задача элементарная, так как она решается просто путем применения ключевого оператора f . Остается теперь задача, описываемая тройкой $(f(g), F, G)$. Таким образом, когда может быть найден ключевой оператор f в пространстве состояний, можно воспользоваться следующим способом редукции задачи:



Обе результирующие задачи могут быть в дальнейшем решены либо путем непосредственного перебора в пространстве состояний, либо путем дальнейшего их сведения.

Прежде чем применить этот метод, следует указать способ построения множества операторов, которые могут быть кандидатами в ключевые.

2. Метод, основанный на различиях (differences).

Содержательно, различия для тройки (S, F, G) - это частичный список причин, по которым элементы множества S не удовлетворяют тем условиям, которым должны удовлетворять целевые состояния (множество G). Если некоторый элемент множества S находится в G , то задача решена и никакого различия нет. Например, если множество целевых состояний G определяется

некоторой группой условий, налагаемых на состояние, и если некоторый элемент $s \in S'$ удовлетворяет части, но не всем этим условиям, то различием может служить частичный перечень тех условий, которым элемент S не удовлетворяет. Если эти условия упорядочить в порядке неважности, то в качестве различия следует выбрать самое важное из них. Далее каждому возможному различию следует поставить в соответствие некоторый оператор (или множество операторов) в пространстве состояний. Оператор ставится в соответствие различию тогда и только тогда, когда его применение может устранить это различие.

Примеры сведения задач к подзадам на И/ИЛИ графах.

1. Задача символьного интегрирования (SAINT) [1]
2. Доказательство геометрических теорем []
3. Универсальные решения GPS []

Задания.

1. Выберите по таблице 6.1. вариант задания и согласуйте его с преподавателем

Таблица 6.1

Вариант	Задачи
1	Шахматная задача этюд
2	Программа упорядоченного перебора для И/ИЛИ деревьев
3	Задача Гранди
4	Задача этюд (шашки)
5	Поиск опорных множеств
6	Оценка таблиц поиска

2. Поместим в отчет алгоритм, который реализован в программе.
 3. Придумайте контрольные примеры и поместите их в отчет.
- Приведите результаты работы с программы этими примерами.

Вопросы для самопроверки.

1. Дайте определение декомпозиции задач (редукции)?

2. Какая структура используется для решения задач декомпозиции?
3. Методы поиска решений на И/или графах?
4. В чем сущность метода ключевых операторов?
5. Основные положения метода различий?
6. В чем состоит отличие недетерминированного программирования от процедурного?
7. Особенности эвристического программирования.

Список литературы.

1. Люгер, Джордж Ф. Искусственный Интеллект: Стратегии и Методы Решения Сложных Проблем. 4-е издание, М, издательский дом «Вильямс», 2005.
2. Рассел Стюарт, Норвиг, Питер. Искусственный Интеллект: Современный Подход. 2-е издание, М, издательский дом «Вильямс», 2007.
3. Частиков А.П., Белов Д.Л., Гаврилова Г.А. Разработки Экспертных Систем. Среда CLIPS. Учебное пособие ВНИ - СПб, 2003.
4. Джексон, Питер. Введение в Экспертные Системы. М, издательский дом «Вильямс», 2001.

II. «Программная реализация методов построения семантического дерева интерпретаций предложений в логических моделях представления знаний» (8 час.)

Цель работы:

Изучить методы построения семантического дерева интерпретаций предложений в логических моделях представления знаний.

Теоретический аспект.

1. Эрбрановская база.

Для задания интерпретации для предложения, его атомарным формулам записываются значения True или False. Предположим, что P есть n -местная предметная буква множества предложений S . Списком имен, адекватных множеству предложений S , является универсум Эрбрана $H(S)$. Универсум $H(S)$ для S определяется рекурсивно:

- Множество всех константных букв $\{f_1^0\}$, упомянутых в S принадлежат $H(S)$.

Если $\{f_1^0\}$ пусто, то $H(S)$ содержит некую константную букву;

- Если термы $f_1 \dots f_2$ принадлежат $H(S)$, то $H(S)$ принадлежит также и $f_1^n(t_1, t_2, t_3 \dots t_n)$, где $f_1^{(n)}$ - любая функциональная буква из S ;
- Никаких других термов в $H(S)$ нет.

Эрбрановской базой для S называется множество всех константных частных случаев для всех атомарных формул в S при условии, что для наименования элементов области использован универсум Эрбрана. Задание интерпретации на $H(S)$ заканчивается для всех предложений из S тогда и только тогда, когда каждому атому Эрбрановской базы приписано значение истинности. Эрбрановская база также является счетной и, следовательно, её элементы можно тем или иным способом упорядочить. Пусть упорядоченная Эрбрановская база для S записана в виде последовательности $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$.

2. Построение семантического дерева.

Семантическое дерево представляет собой бинарное дерево, простирающееся вниз от корневой вершины. Напомним, что каждая вершина бинарного дерева имеет ровно две дочерние вершины (можно обобщить понятие семантического дерева так, чтобы допускалось более двух таких вершин). В соответствии со способом приписывания значений истинности атомам P_i Эрбрановской базы, можно спускаться по этому дереву по определенному пути. Если присвоить атому P_i значение True, то это будет соответствовать положению под корневой вершиной слева, а если False, то справа. Независимо от того, в какой из этих двух вершин, расположенных непосредственно под корневой вершиной зафиксирована процедура, если присвоить атому P_2 значение True, то далее процедура пойдет по левой ветви, а если False, то по правой. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока каждому элементу Эрбрановской базы не будет присвоено значение истинности. Полное дерево, содержащее все возможные пути, представляет все возможные интерпретации предложений из \mathcal{L} ; отсюда и название - семантическое дерево.

Построение семантического дерева.

Пусть $S = P(x) \vee Q(y); N[P(a)]; N[Q(b)]$.

Универсум Эрбрана для S есть конечное множество $H(S) = \{a, b\}$.

Эрбрановская база также конечна. Её можно упорядочить следующим образом:

$$\{P(a), Q(a), P(b), Q(b)\}$$

Семантическое дерево для этого множества предложений конечно и приведено на рис 2.1.

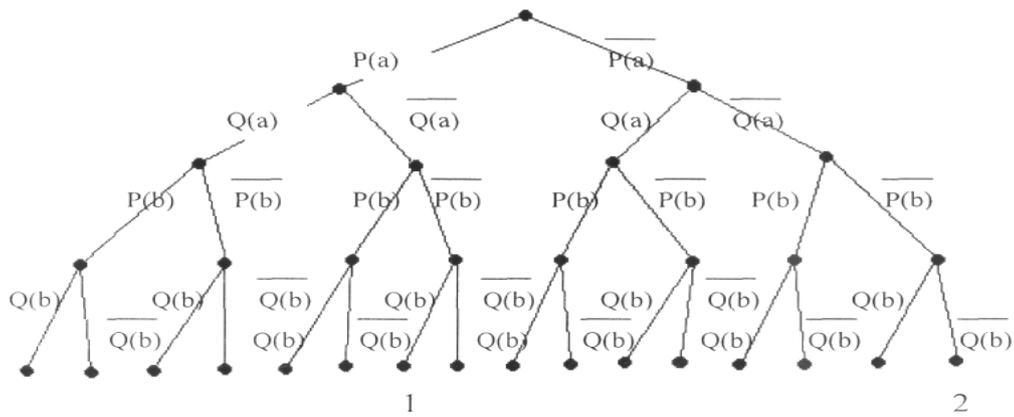


Рис 2.1. Семантическое дерево для примера

Каждое ребро, соединяющее вершину с одной из ее дочерних вершин, представляет решение, принятое относительно значения истинности одного из атомов эрбрановской базы. Каждый из путей, ведущих из корневой вершины к концевой вершине этого дерева (а именно, к вершине, расположенной внизу этого дерева), дает одну из интерпретаций для множества S . Эту интерпретацию можно однозначно представить в виде множества атомов, встречающихся на этом пути. Так, интерпретация, кончающаяся при проследживании пути от корневой вершины к концевой вершине, отмеченной на рисунке 2.1 цифрой 1 задается множеством:

$$M_1 = \{P(a), N[Q(a)], P(b), Q(b)\}$$

Такое множество называется моделью для денного множества предложений.

Говорят, что модель не удовлетворяет предложению, если существует константный случай этого предложения (построенный на термах универсума Эрбрана), имеющий значение F при интерпретациях, определяемых этой моделью. Так M не удовлетворяет ни одному из предложений $N[P(a)]$ и $N[Q(b)]$. Аналогично:

$$M_2 = \{N[P(a)], N[Q(a)], N[P(b)], N[Q(b)]\}$$

не удовлетворяет предложению $P(x) \vee Q(y)$ так как константный частный случай $P(a) \vee Q(b)$ имеет значение F .

Если в S есть предложение, не удовлетворяющееся интерпретацией, или моделью, то эта модель не может удовлетворить S . Так, в нашем примере M_1 и M_2 не удовлетворяют множеству S . Более того, можно исключить по очереди каждую из 16 возможных интерпретаций и сделать вывод, что множество S нашего примера не удовлетворило.

Если некоторое множество правильно построенных формул, отображающих знания о предметной области с помощью логического исчисления, не удовлетворяется ни при какой интерпретации, то оно называется неудовлетворимым (или невыполнимым). Так, если W логически следует из S , то объединение S и $\neg W$ неудовлетворимо. Обратно, если таковое объединение неудовлетворимо, то W логически следует из S .

Задание.

1. Выберите по таблице 1 вариант задания и согласуйте его с преподавателем.

Вариант1	Задание
1	Разработайте алгоритм и программу приведения правильно построенных формул ИВ к виду предложений.
2	Разработайте алгоритм и программу приведения правильно построенных формул ИП виду предложений.
3	Разработайте алгоритм и программу проверки удовлетворительности модели заданному множеству предложений по семантическому дереву.
4	Разработайте алгоритм и программу определения неблагоприятных вершин семантического дерева.
5	Разработайте алгоритм и программу оценки интерпретируемости логических формул в базе знаний.
6	Разработайте алгоритм и программу проверки баз знаний на монотонность вывода.

2. Придумайте контрольные примеры и поместите их в отчет с комментариями и демонстрацией работы программы.

Вопросы для самопроверки.

3. Дайте определение Эрбрановского универсума и Эрбрановской базы.
4. Как строится дерево интерпретаций предложений?
5. Что такое модель данного множества предложений и как она находится?
6. Как проверить корректность базы знаний, представленных формализмами логических исчислений?
7. Как проверить заданное множество предложений на удовлетворение принципу монотонности вывода?
8. Какие языковые средства лучше всего использовать для реализации семантических деревьев?

Литература:

1. Люгер, Джордж Ф. Искусственный Интеллект: Стратегии и Методы Решения Сложных Проблем. 4-е издание, М, издательский дом «Вильяме», 2005.
2. Рассел Стюарт, Норвиг, Питер. Искусственный Интеллект: Современный Подход. 2-е издание, М, издательский дом «Вильяме», 2007.
3. Частиков А.П., Белов Д.Л., Гаврилова Г.А. Разработки Экспертных Систем. Среда CLIPS. Учебное пособие ВНИ - СПб, 2003.
4. Джексон, Питер. Введение в Экспертные Системы. М, издательский дом «Вильямс», 2001.

III. «Управление функционированием логического интерпретатора на языке PROLOG» (9 час.)

Цель работы:

Изучение элементов принципа резолюции и управления логическими интерпретаторами на языке PROLOG.

Сущность принципа резолюции.

На практике установление невыполнимости множества предложений осуществляется посредством принципа резолюции.

Это процедура логического новых предложений из множества исходных.

Рассмотрим два предложения $P(x) \vee Q(y)$ и $R(z) \vee N[Q(y)]$. Из этих предложений можно вывести резольвенту $P(z) \vee R(z)$, т.е.

$$\{P(x) \vee Q(y), R(z) \vee Q(y)\} \rightarrow P(x) \vee R(y)$$

Докажем на рассмотренном примере, что если некоторая интерпретация I удовлетворяет исходящим предложениям, то она удовлетворяет и резольвенте. Пусть интерпретация I удовлетворяет исходящим предложениям. Возможны два случая:

- 1) I удовлетворяет $Q(y)$.
- 2) I удовлетворяет $N\{Q(y)\}$.

В первом случае интерпретация I будет удовлетворять исходным предложениям, если она удовлетворяет $R(z)$ следовательно, в этом случае I удовлетворяет резольвенте.

Во втором случае интерпретация I будет удовлетворять исходным предложениям, если она удовлетворяет $P(x)$. То есть во втором случае I удовлетворяет резольвенте.

Если такая интерпретация, удовлетворяющая множеству исходных предположений G , удовлетворяет и предположению H , полученному из G , то H называют следствием G .

Принцип резолюции состоит:

1. В получении новых предложений на основании множества исходных и вновь получаемых предложений.
2. В отношении частных случаев формул $F(t_1, \dots, t_n)$ из $F(v_1, \dots, v_n)$ при подстановке вместо v_i произвольных термов t_i , т.е.

$$F(v_1, \dots, v_n) \rightarrow F(t_1, \dots, t_n)$$

Резольвенту двух предложений можно получить следующим образом:

1. Переименовать переменные двух предложений, так чтобы последние стали одинаковыми.
2. Найти перестановку, преобразующую литерал одного предложения в дополнительный по отношению к некоторому литералу другого предложения и произвести замену в обоих предложениях.
3. Вычеркнуть дополнительные друг друга литералы.
4. Удалить одинаковые литералы в предложении кроме одного.
5. Дизъюнкция литералов. Оставшихся в обоих предложениях, является резольвентой.

Резольвенту получаемую на основании двух дополняющих друг друга литералов (контрарных пар литер) называют пустым предложением или пустой резольвентой (\square).

Если некоторая последовательность резолюций, применяемых к исходному множеству предложений E и множеству резольвент, полученных в процессе резолюции, приводят к (\square), то множество является невыполненным.

Стратегии резолюции методом опровержения

Применение принципа резолюций соответствует последовательному и полному перебору исходных предложений G и получающихся поколений резольвент $R^1(G)$, $R^2(G)$, и т.д. Такой перебор неприемлем на практике, так как множества $R^1(G)$, $R^2(G)$,... слишком быстро разрастаются. По этому, для реализации принципа резолюции используются различные стратегии и методы, ускоряющие получение пустой резольвенты.

1. Стратегия просмотром предложений в ширину.

Каждому предложению ставится в соответствии глубина: 0 - для исходных предложений, 1 - для резольвент от них и т.д., n - для резольвент двух предложений, одно из которых (или оба) имеют глубину $n - 1$. Таким образом, резольвенту глубины p можно получить, построив как минимум одну резольвенту глубины $p - 1$.

Эта стратегия является полной и позволяет получить опровержения т.е. пустые предложения наименьшей глубины.

2. Стратегия использования опорного множества.

Пусть G - невыполнимое множество предложений и T - подмножество G , такое, что множество $G \setminus T$ выполнимо. Опорным называют множество предложения, которое включает:

- 1) все предложения подмножества T ;
- 2) резольвенты тех пар предложений, одно из которых принадлежит опорному множеству.

Таким образом, по крайней мере один из родителей резольвенты является предложением из опорного множества. Эта стратегия уменьшает граф поиска. Она является полной.

Для выбора одного множества предложений T , делающего множество $G \setminus T$ выполнимым, используются три основных способа:

1. Множество T содержит только положительные литералы. В

этом случае множество $G - T$ не может быть пустым: в противном случае найдется интерпретация, которая дает всем литералам множества T значения И, и оно будет моделью G (см. описание ЛР №1), которое, однако, невыполнимо.

2. $G - T$ рассматривается аналогично способу 1.

3. Множество T составляют предложения, полученные из отрицания

предположения, которое требуется доказать. В этом случае $G - T$ - это множество аксиом, которое естественно, предполагается выполнимым.

Если множество G невыполнимо, то оно должно содержать по меньшей мере одно предложение, выполняющее все положительные литералы (в противном случае, для множества предложений G , каждое из которых включает по меньшей мере один отрицательный литерал, можно было бы построить модель, как предложено способом 1). Аналогично, множество G должно содержать по меньшей мере одно предложение со всеми отрицательными литералами, что подтверждается возможностью применения способа 2.

3. Стратегия использования номеров литералов.

Литералы исходных предложений нумеруются произвольным образом. Резольвент двух предложений использует литералы с наименьшими номерами. Литералы резольвент наследуют соответствующие номера литералов родительских предложений (в случае дублирования литералов выбирается наименьший номер).

Эта стратегия является полной. Можно упорядочить процесс получения резольвент по глубине их расположения, как это производится стратегией поиска в ширину.

4. Линейная стратегия.

Пусть G - невыполнимое множество и C_0 такое его предложение, что $G\{C_0\}$ выполнимо. В этом случае C_0 называют центральным предложением разделения.

Все резольвенты, полученные при использовании C_0 и его последователей, называются центральными предложениями.

Линейная стратегия допускает резолюции только между центральным предложением и боковым, которое выбирается среди исходных предложений или среди резольвент, которые являются предками центрального предложения.

Имеется несколько видов линейной стратегии, и все они являются полными. Например, представляет интерес стратегия по входам, использующая в качестве побочных предложений только исходные.

В общем случае линейная стратегия по входам является неполной. Однако, она является полной (только при двоичной резолюции) на множестве предложений Хорна. Заметим, что не все предложения могут быть предложениями Хорна, тем не менее, данной стратегией можно получить опровержение. Это говорит о том, что теоретически неполные стратегии могут эффективно использоваться на практике.

5. Стратегия резолюций в языке PROLOG.

Язык PROLOG использует стратегию LUSH резолюций. Аббревиатура LUSH (Lines resolution with Unrestricted Selection function for Horn clauses) означает, что речь идет о линейных резолюциях по входам. В текущем центральном предложении произвольно выбирается литерал и дальнейшие резолюции выполняются с использованием данного литерала.

Язык PROLOG, основанный на логике предикатов первого порядка, манипулирует только предложениями Хорна.

Предложение Хорна имеет вид:

$$NP_1 \vee NP_2 \vee \dots \vee NP_n \vee NP_m$$

где P_i - интегралы.

Предложение Хорна можно записать в другом виде:

$$P_1 \& P_2 \& \dots \& P_n \rightarrow P_n$$

В PROLOG стратегия LUSH резолюции учитывает два обстоятельства:

а) резолюция использует первый отрицательный литерал в центральном предложении слева направо;

б) резолюции выполняются в глубину, то есть полученная от центрального предложения резольвента тут же участвует в следующей резолюции, чтобы получить другие резольвенты на основе центрального и исходных предложений; кроме того исходные предложения просматриваются в определенном порядке, т.е. считаются упорядочениями и обязательно берут первое разрешимое исходное предложение (по его положительному литералу) с центральным предложением (по его отрицательному литералу).

Задание.

1. По таблице выбрать задание и согласовать его с преподавателем.

Варианты	Задание
	Разработать процедуру определения невыполнимых предложений методом резолюций с использованием следующей стратегии:
1	-просмотр в ширину
2	-опорных множеств. Способ 1
3	-опорных множеств. Способ 2
4	-опорных множеств. Способ 3
5	-номеров литералов
6	-линейная
7	-LUSH

2. Для разработанной процедуры реализовать программу в объектно-ориентированной среде.
3. Показать работоспособность программного продукта на иллюстративном примере.
4. Полученные результаты отобразить в отчете о лабораторной работе.

Вопросы для самопроверки:

1. Представление знаний с помощью логических исчислений.
2. Исчисление предикатов - как формальная система
3. Основная метапроцедура в ИП.
4. Канонизация выражений в ИП.
5. Стратегии реализации метода резолюций.

6. Стратегия просмотра выражений в ширину.
7. Стратегия опорных множеств (Способы 1, 2, 3).
8. Линейная стратегия реализации метода резолюций.
9. Стратегия LUSH.

Литература:

1. Люгер, Джордж Ф. Искусственный Интеллект: Стратегии и Методы Решения Сложных Проблем. 4-е издание, М, издательский дом «Вильямс», 2005.
2. Рассел Стюарт, Норвиг, Питер. Искусственный Интеллект: Современный Подход. 2-е издание, М, издательский дом «Вильямс», 2007.
3. Частиков А.П., Белов Д.Л., Гаврилова Г.А. Разработки Экспертных Систем. Среда CLIPS. Учебное пособие ВНИ - СПб, 2003.
4. Джексон, Питер. Введение в Экспертные Системы. М, издательский дом «Вильямс», 2001.

IV. «Управление функционированием интерпретатора структурных моделей ЭС на объектно-ориентированном языке С++ или среде CLIPS» (9 час.)

Цель: ознакомиться с работой интерпретатора сетевых моделей представления знаний и разработать программу управления этими моделями.

Теоретический аспект.

1. Сетевые модели. Семантические сети.

Наиболее мощными по своим описательным возможностям являются сетевые модели. В основе таких моделей лежит весьма общее положение о том что, любые знания можно представить в виде совокупности объектов (понятий) и связей (отношений) между ними. Сетевая модель задается кортежем:

$$H = \langle I, C_1, \dots, C_n, r \rangle$$

Где I - множество объектов, понятий (информационных единиц); C_1, \dots, C_n множество типов связей, r - отображение, задающие связи из множества C между элементами I . В основе сетевых моделей лежит конструкция, определенная как семантическая сеть. Если в сетевой модели допускаются отношения различных типов (структурирования, функциональные, каузальные, отношения типа «средство - результат»), то её называют семантической сетью.

В процессе работы с сетевыми структурами приходится решать ряд задач, среди которых основными являются следующие:

- навигация на семантических сетях;
- перестройка сетей;
- декомпозиция сетей;
- обработка информационных единиц, отображаемых сетями.

К общим операциям навигации относятся:

- поиск вершины или ребра по имени;
- поиск переходов от одной вершины к другой по связи;
- поиск переходов от одной связи к другой через смежные вершины.

Модификация сетей сводится к операциям удаления и добавления новых вершин и ребер. Операция декомпозиция является одной из самых сложных в сетевых структурах. Наиболее мощным средством декомпозиционного перехода является операция сопоставления с образцом.

На рисунке 1.1 приведен пример семантической сети из шести вершин, автономная семантическая сеть (образец) и результат поиска путем сопоставления. Автономная сеть характеризующая запрос пользователя к сетевой базе знаний, отображает те же области (понятия) и отношения, что и базовая семантическая сеть.

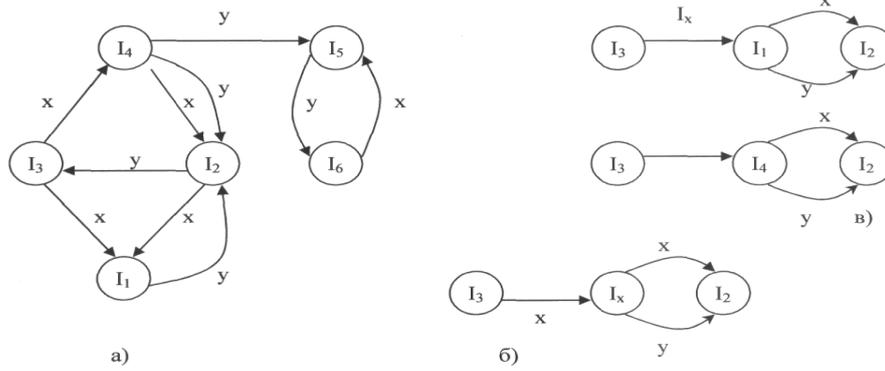


Рис. 1.1 операция поиска по образцу на семантической сети:

а) базовая семантическая сеть; б) автономная семантическая сеть (образец); в) результат поиска.

Из приведенного примера видно, что автономная семантическая сеть (или сеть запроса) должна быть изоморфна найденным фрагментам базовой семантической сети.

2. Постановка задачи.

В общем случае для сети представляющей систему знаний о предметной области, в соответствии с запросом выполняется набор допустимых преобразований (декомпозиция), Приводящих исходную сеть в совокупность фрагментов, логически её эквивалентную. Затем, в результате выполненных операций сопоставления по образцу, интерпретатор (решитель) ЭС выделяет все фрагменты базовой или эквивалентной им сетей, изоморфных сети запроса.

Итак, рассматриваемая нами проблема представлена двумя задачами:

1. Декомпозиция семантической сети на логически эквивалентную совокупность подсетей, удовлетворяющих соответствующему запросу.
2. Реализация операций поиска по образцу путем отыскания изоморфных фрагментов.

Представление и решение задачи 1.

1. Анализ запроса и формирования пространства состояний.

Программный модуль, входящий в интерпретатор (решатель, планировщик) ЭС должен:

- выполнять анализ запроса пользователя;
- установить число вершин базовой семантической сети, необходимых и достаточных для выполнения запроса;
- установить число дуг, необходимых и достаточных для выполнения запроса (для мультисети эта задача далеко не тривиальна);
- установить число возможных вариантов (альтернатив) представления решений;
- выбрать подмножество наиболее подходящих вариантов $S_i \in S$ в соответствии с некоторым множеством критериев $\{R_i\}$ предлагаемых разработчиком;
- визуализировать запрос в виде фрагмента $S_i \in S$ на экране монитора.

Решение задачи декомпозиции необходимо выполнять в пространстве состояний.

Наиболее конструктивной структурой для отображения пространства состояний является граф (дерево) на котором любой переход из i -ого состояния в j -ое состояние (раскрытие i -ой вершины) выполняется заранее фиксированным оператором $g_i \in \{G\}$.

2. Поиск вариантов декомпозиции.

Поиск можно осуществлять с помощью следующих методов:

- Метод Вак1гаскт§. Речь идет о переборе дерева вариантов в глубину с сохранением текущего пути. Этот путь представляет собой стек Way.

Мы находимся в некоторой вершине (I,k) дерева, далее:

If $\langle (I,k) \text{ - вершина-сосед Neighbor отсутствующая в Way, в которую на этом пути еще не попадали} \rangle$ then

Begin

\langle Добавить Neighbor в Way \rangle ;

Текущая вершина := Neighbor;

End else

\langle извлечь из Way \rangle ;

Из приведенного фрагмента программы видно, почему этот метод называется перебором с возвратом. Возврату здесь соответствует операция \langle извлечь из Way \rangle , которая уменьшает длину Way на 1.

Перебор заканчивается, когда Way - пуст и делается попытка возврата назад. Way - это путь текущий, но в процессе работы необходимо хранить оптимальный путь Optimal Way.

Finish := False;

\langle сделать пустым Way \rangle ;

\langle добавить в Way (I,k) \rangle ;

\langle сделать Optimal Way бесконечно длинным \rangle ;

```

Repeat
If <(I,k) есть вершина- сосед Neighbor отсутствующая в way? В которую на
этом пути еще не попадали> then
Begin
<Добавить Neighbor в Way >;
Текущая вершина := Neighbor;
If (<текущая вершина - (m,n) >) and (<длина Optimal way больше длины
Way>) then
Optimal Way := Way;
End else
begin
    if < Way пуст> then
Finish := true;
Else
    <извлечь из Way>
end;
until Finish;

```

необходимо отметить, что процедуру можно усовершенствовать, если не позволять, что бы Way была больше или равна длине Optimal Way. В этом случае, если и будет найден какой-то вариант, он заведомо не будет оптимальным. Такое усовершенствование в общем случае означает, что как только текущий путь станет заведомо неоптимальным, необходимо вернуться назад. В некоторых случаях это улучшение процедуры позволяет сильно сократить перебор.

3. Волновой метод.

Этот переборный метод основан на поиске в ширину и состоит из двух этапов:

1. Распространение волны.
2. Обратный ход.

Распространение волны и есть собственно поиск в ширину. При обратном ходе, начиная с конечной вершины, идет восстановление пути, по которому мы в неё попали. Важно, восстановление начинается с конца.

Волновая процедура по сравнению с перебором с возвратом, как правило, требует больше дополнительной памяти, расходуемой на хранение информации нужной для построения пути при обратном ходе и пометки посещаемых вершин, но и работает быстрее, так как совершенно исключается посещение одной и той же вершины более чем один раз.

4. Градиентный метод [2].

Большинство разновидностей градиентного метода основывается на теореме Радо - Эдмондса.

Теорема. Применение градиентного метода к задаче выбора, множеством траекторий которой является система подмножеств F множества D , дает точное решение при любом положительном взвешивании элементов D тогда и только тогда, когда (D, F) - матроид. Напомним, что матроид представляет собой подмножество векторов (алгебраическая система) обладающие некоторыми свойствами независимости элементов, так подмножества ребер графа, не содержащих циклы относят к матроидам. Итак, точное решение данный метод дает лишь в задачах на матроидах. Однако в силу своей простоты применяется для построения приближенных и эвристических алгоритмов во многих задачах выбора.

Рассмотрим пример этого алгоритма.

Упорядочим веса ребер по возрастанию. На первом шаге выбираются любые из ребер наименьшего веса.

Пусть через несколько шагов выбрано множество ребер S , тогда на следующем шаге из оставшихся ребер выбирается любое такое ребро наименьшего веса, что при добавлении его S не образует цикла. И так до тех пор пока не будут просмотрены все ребра.

5. Метод динамического программирования [3].

Рассмотрим одну из простых реализаций этого метода.

1. Присваиваем начальной вершине S постоянную метку $l(S)$, а всем остальным
вершинам $x \in V$ временную метку $l(x) = \infty$. Положим $p=S$.

2. Для всех вершин x , смежных с p , которые имеют временные метки, изменим
эти метки по следующей формуле:

$$L(x_i) = \min (l(x_i), l(p) + C(p, x_i))$$

3. Считаем постоянной метку той вершины x , которая имеет наименьшую временную метку. Получим $p=x$.

Если $p=t$, то $l(p)$ - длина кратчайшего пути из S в t .

Если $p \neq t$, то перейти к 2.

Простое изменение этой реализации позволит получить кратчайшие пути от S ко всем остальным вершинам графа, для этого нужно только изменить правило остановки: останавливаться не при $p=t$, а в случае, когда все метки станут постоянными.

6. Поточковые алгоритмы [4].

Этот класс процедур так же как и простой, приведенный в 2.5 алгоритм, состоит в расстановке постоянных и временных меток, причем на каждой итерации либо максимальный поток сети построен, либо необходимо увеличить исходный поток сети. Метка состоит из двух частей: первая её часть служит для того, чтобы установить путь из S в t , вдоль которого можно увеличить поток, а вторая часть служит для подсчета величины δ (константа Форда- Фалкерсона) [4].

1. Вершине S присписываем временную метку $(+S, \infty)$

2. Берем любую вершину с временной меткой, например вершину с меткой $(+k, \delta_i)$. Каждой помеченной вершине j , смежной с i , присваиваем метку $(+i, \min(\delta_i, C_{ij} - \psi_{ij}))$, если $C_{ij} > \psi_{ij}$ то метку $(+i, \min(\delta_i,$

ψ_{ij})), если $\psi_{ij} > 0$, а в остальных случаях ни какой метки не присваиваем.

3. Повторяем шаг 2 до тех пор, пока либо будет помечен t , и тогда переходим к следующему шагу, либо t остается не помеченным, а метки уже дальше расставлять невозможно, тогда поток ψ_0 максимален и алгоритм останавливается.
4. Положить $x=t$ и перейти к шагу 5.
5. Если x имеет метку $(+z, \delta_i)$ то поток по ребру $(+z, x)$ увеличивается на δ_i , а если метку $(-z, \delta_i)$, то уменьшим поток на δ_i .
6. Если $z=S$, то стираем метки и приходим к 1 с новым исходным потоком.

В противном случае полагаем $x=z$ и переходим к 5.

Завершая рассмотрение возможных процедур поиска вариантов декомпозиции семантической сети напомним, то поиск и выбор решения осуществляется в пространстве состояний, которое представлено графом, все вершины, кроме висячих - потенциально раскрываемы, а висячие-листья - искомые (целевые).

Решение задачи 2. (поиск изоморфных сетей)

Проблема изоморфизма сетей (компонент базовой сети и сети-образца) является центральной при сопоставлении этих структур. Две сети N и N' изоморфны, если существует взаимно-однозначное соответствие между вершинами N и N' , такое, что две вершины u и v смежные в N тогда и только тогда, когда в N' смежные соответствующие им вершины. Точнее $N=(I, C)$ изоморфна $N'(I', C')$, т.е. $N \cong N'$, если существует взаимно-однозначная функция h из N в N' , обладающая тем свойством, что $(u, v) \in C$, тогда и только тогда, когда $[h(u), h(v)] \in C'$.

Для произвольных сетей все известные алгоритмы, гарантирующие правильный в смысле изоморфизма ответ, экспоненциальные.

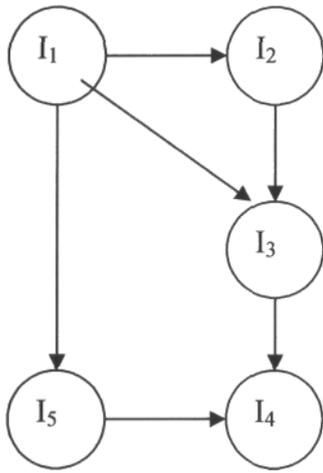
Из определения изоморфизма следует, что если H и H' изоморфны и изоморфизм h найден, то любая вершина u степени α в H должна отображаться на вершину $u' = h(u)$ в H' той же самой степени.

Рассмотрим небольшой пример. Пусть заданы две сети H и H' , у каждой из которых $I=I'=10$ и каждая вершина степени 3. Любая из возможных взаимно-однозначных функций h из I в I' будет удовлетворять указанному ограничению на степень. Тогда имеется всего $10!$ Таких функций и для определения изоморфизма необходимо испытать всего все $10!$ возможных вариантов.

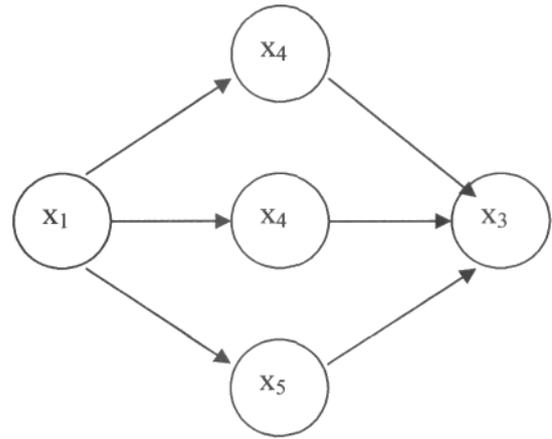
Поэтому для решения этой проблемы предпочитают простые эвристические процедуры, основанные на сравнении неполных кодов сетей. Напомним, что кодом сети называют множество инвариантов, которые позволяют установить изоморфность за полиномиальное время. Поскольку такие коды неизвестны, эвристические алгоритмы используют неполные наборы инвариантов сетей.

Рассмотрение большого числа инвариантов увеличивает вероятность правильного заключения об изоморфизме при совпадении всех значений параметров, но в общем случае (особенно для фрагментов сетей большой размерности) ничего не гарантирует.

На рисунке 1.2 приведены две сети (а) – H_1 и (б) – H_2 , у которых простейшие инварианты (число вершин и ребер) совпадают. Однако эти сети не изоморфны.



(a)



(б)

Рис. 1.2 пример двух неизоморфных сетей (а и б) с совпадающими простейшими инвариантами.

К одной из простых процедур проверки изоморфности сетей относится процедура сравнения их порядков смежности. Она сводится к выполнению следующих основных шагов:

1. Вычисляются матрицы смежности $A^k(N_1)$ и $A^k(N_2)$ k -ого порядка для сравниваемых сетей N и N' .
2. Вычисляются матрицы смежности $A^{k+1}(N_1)$ и $A^{k+1}(N_2)$ $k+1$ -ого порядка для этих же сетей.
3. Переставляются строки и столбцы $A^{k+1}(N_1)$ и $A^{k+1}(N_2)$ так, чтобы элементы на главной диагонали оказались в нисходящем порядке.
4. Если N_1 и N_2 изоморфны, то после выполнении п.п.3 $A^{k+1}(N_1)$ и $A^{k+1}(N_2)$. В противном случае данные сети не могут считаться изоморфными.
5. Если $A^{k+1}(N_1)$ и $A^{k+1}(N_2)$, то можно продолжать проверку для $A^{k+2}(N_i)$, $A^{k+2}(N_i)$, $A^{k+3}(N_i)$ $A^{k+n}(N_i)$, $i=1, 2$. Значение k определяется имеющимся ресурсом.
6. Чем больше число построенных таким образом матриц совпадает, тем более вероятно, что сравниваемые сети N_1 и N_2 изоморфны.

Применение этой процедуры к сетям, приведенным на рисунке 1.2, хорошо иллюстрирует возможности эвристик, основанных на сравнении неполных кодов сетей.

Задание.

1. Написать программный модуль интерпретатора ЭС, предназначенный для декомпозиции семантических сетей, выбрав и согласовав задание с преподавателем по таблице 4.1.

Вариант	Задание: выполнить декомпозицию
1	На основе метода BackTrack.
2	На основе волнового метода.
3	На основе градиентного метода.
4	На основе метода динамического программирования.
5	На основе потоковых алгоритмов.

2. Написать программный модуль интерпретатора ЭС, предназначенный для реализации поиска по образцу путей отыскания изоморфных фрагментов.

3. Объединить модули, указанные в п.п. 4.1 и 4.2 в единый программный продукт, добавив простой дружественный интерфейс.

4. Продемонстрировать работу программного продукта на иллюстрированном примере.

5. Результаты вместе с программой поместить в отчет по лабораторной работе.

Вопросы для самоконтроля.

1. Сетевые модели.
2. Семантические сети. Классификация сетей.
3. Операции на семантических сетях.
4. Декомпозиция сетей. Подходы и принципы.
5. Метод Backtracking.
6. Волновой метод.
7. Градиентный метод.

8. Метод динамического программирования.
9. Поточковые алгоритмы.
10. Изоморфизм сетей.
11. Инварианты сетей.
12. Полные и неполные коды сетей.
13. Метод сравнения порядков смежностей.

Литература:

1. Люггер. Джордж Ф. Искусственный Интеллект. Стратегия и методы решения сложных проблем. 4-е издание. М. издательский дом «Вильямс» 2005.
2. Рассел Стюарт. Питер. ИИ Современный подход. 2-е издание. М. Издательский дом «Вильямс» 2007.
3. Частиков А.А., Белов Ф.Л., Гаврилова Г.А. Разработка ЭС. Среда CLIPS. Учебное пособие. ВНИ Спб. 2003.
4. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. М. Мир 1990.