



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ПРЕЗЕНТАЦИИ К ЛЕКЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ)

Основы искусственного интеллекта

(наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

Уровень

специалитет

Форма обучения

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

очная

Направление(-я)

(очная, очно-заочная, заочная)

подготовки

10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»

Институт

(код и наименование)

(ИК) Институт кибернетики

Кафедра

(полное и краткое наименование)

(КИБ) компьютерной и информационной безопасности

Лектор

(полное и краткое наименование кафедры, реализующей дисциплину (модуль))

к.т.н., Чесалин Александр Николаевич

(сокращенно – ученая степень, ученое звание; полностью – ФИО)

Используются в данной редакции с учебного года

2018/19

Проверено и согласовано «___» _____ 20__ г.

(учебный год цифрами)

(подпись директора Института/Филиала с расшифровкой)

Москва 2019 г.

Аннотация

Цель освоения дисциплины

Дисциплина «Основы искусственного интеллекта» имеет своей целью формировать у обучающихся общепрофессиональные ОПК-2 и профессиональные ПК-4 компетенции в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» с учетом специализации – «Разработка защищенных телекоммуникационных систем». В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- соответствующий математический аппарат для решения профессиональных задач в области информационной безопасности;
- компоненты телекоммуникационных систем;

Уметь:

- применять соответствующий математический аппарат для решения профессиональных задач в области информационной безопасности;
- разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем;

Владеть:

- соответствующим математическим аппаратом для решения профессиональных задач в области информационной безопасности;
- способностью участвовать в разработке компонентов телекоммуникационных систем.

Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Основы искусственного интеллекта» относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» со специализацией «Разработка защищенных телекоммуникационных систем».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов). Формы промежуточной аттестации – экзамен, курсовая работа.

Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

Основная литература:

1. В. М. Лохин [и др.] Адаптивное управление на базе интеллектуальных технологий [Электронный ресурс]: монография / В. М. Лохин [и др.], под ред. В. М. Лохина. — М.: МИРЭА, 2016. — 186 с. <https://library.mirea.ru/share/1190>
2. В. М. Лохин [и др.] Интеллектуальные регуляторы и системы управления: [В 2 ч.]: учебное пособие / В. М. Лохин [и др.], под ред. В. М. Лохина. — М.: МИРЭА, 2018 <https://library.mirea.ru/books/53425>
3. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы : учебник для вузов / Л. Н. Ясницкий. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. — 221 с. <https://library.mirea.ru/books/53779>
4. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 652 с.
5. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. - М.: Вильямс, 2019. — 1408 с.

Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

Дополнительная литература:

1. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях : учебник для вузов / Л. С. Болотова. — М.: Финансы и статистика, 2012. — 664 с. <https://library.mirea.ru/books/51035>
2. Матвеев М. Г. Модели и методы искусственного интеллекта, применение в экономике : учебное пособие для вузов / М. Г. Матвеев, А. С. Свиридов, Н. А. Алейникова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 447 с. <https://library.mirea.ru/books/51540>
3. Бессмертный И.А Искусственный интеллект : учебное пособие. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 132 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=43663
4. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс. 2-е издание. — М.: Вильямс, 2018. - 1104 с.
5. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных: учебник. — М.: ДМК Пресс, 2015. — http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69955



Курс лекций по дисциплине: «ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»

к.т.н., доцент кафедры компьютерной
и информационной безопасности
Чесалин Александр Николаевич

Москва - 2019

План курса лекций

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в искусственный интеллект	Ввод в курс предмета. Терминология и краткая история развития методов искусственного интеллекта. Основные методы и алгоритмы искусственного интеллекта, модели представления знаний. Современные проблемы искусственного интеллекта.
2	Модели представления знаний. Математические основы искусственного интеллекта.	Модели представления знаний: логические модели; сетевые модели; продукционные модели; фреймовые модели. Вероятностные распределения, статистические критерии, байесовский вывод.
3	Системы поддержки принятия решений (СППР) и экспертные системы (ЭС)	Понятие СППР и ЭС. Общая характеристика СППР и ЭС. Виды СППР и ЭС и типы решаемых задач.
4	Нечеткая логика	Нечеткая логика и ее применение в системах искусственного интеллекта Лингвистические переменные. Нечеткий логический вывод
5	Методы машинного обучения	Основные методы машинного обучения: метод ближайших соседей, регрессия (линейная, логистическая, гребневая), метод решающих деревьев, метод опорных векторов (SVM), Основные задачи, решаемые методами машинного обучения: классификация, регрессия, прогнозирование, ранжирование, кластеризация, визуализация. Обучение с учителем, Обучение без учителя, Частичное обучение. Метод главных компонент. Ансамбли моделей: беггинг, бустинг.
6	Метрики в машинном обучении	Метрики качества регрессии Метрики качества классификации. Матрица ошибок ROC-кривая
7	Генетические алгоритмы	Генетические алгоритмы. Принцип действия генетического алгоритма. Применение генетических алгоритмов в системах искусственного интеллекта
8	Нейронные сети	Понятие нейронных сетей. Структуры нейронных сетей. Модели представления и обработки информации в нейронной сети. Алгоритмы обучения нейронной сети. Моделирование нейронных сетей. Deep learnig

Требования для успешного освоения курса

Требования к студентам для успешного освоения курса:

1. Стабильное посещение лекций и практических занятий и выполнение всех практических и контрольных заданий в рамках курса
2. Защита курсовой работы
 1. Выбор темы из предложенных или самостоятельно (возможно выполнение курсовой работы в команде до 3х человек, где каждый из участников согласованно выбирает себе роль: руководителя проекта, аналитика, архитектора, разработчика, дизайнера, эксперта, инженера по знаниям, тестировщика)
 2. Обязательное утверждение темы (подписанное ТЗ)
 3. Промежуточный контроль выполнения курсовой работы
 4. Защита курсовой работы
3. Сдача экзамена. Студент допускается до экзамена в случае:
 1. Выполнения курсовой работы
 2. Выполнения контрольной работы
 3. Выполнения практических заданий
4. Уважительное отношение к себе и окружающим:
 1. Желание получить знания в области искусственного интеллекта
 2. Соблюдение тишины и внимание во время лекций
 3. Обратная связь

Вместо предисловия

«Искусственный интеллект, энергетика, биотехнологии – это перспективные сферы, где вы можете многое сделать. Это то, чем бы я занялся, если бы начинал сегодня.»

Билл Гейтс

«Искусственный интеллект — фундаментальная угроза для всего человечества.»

Элон Маск

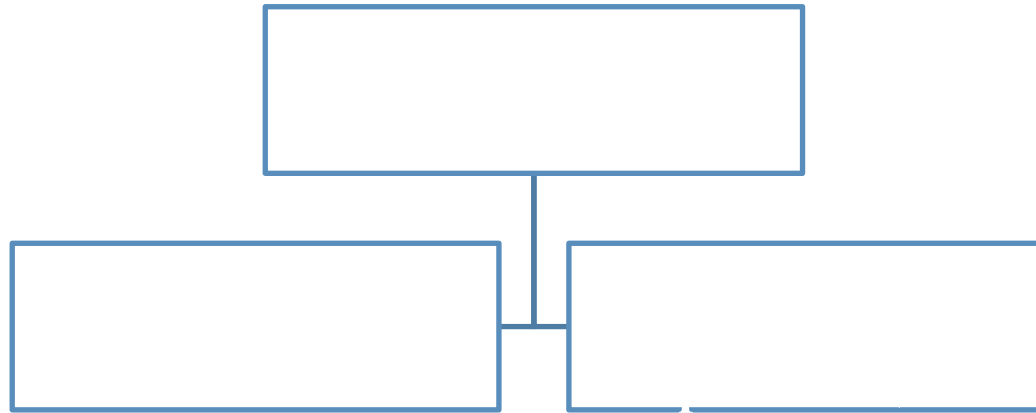
Понятие искусственного интеллекта

Термин **искусственный интеллект** (artificial intelligence) предложен в 1956г. на семинаре с аналогичным названием в Стэнфордском университете (США). Семинар был посвящен разработке логических, а не вычислительных задач. Его организовали Джон Маккарти, Марвин Мински, Клод Шеннон и Натаниэль Рочестер.

Некоторые определения искусственного интеллекта:

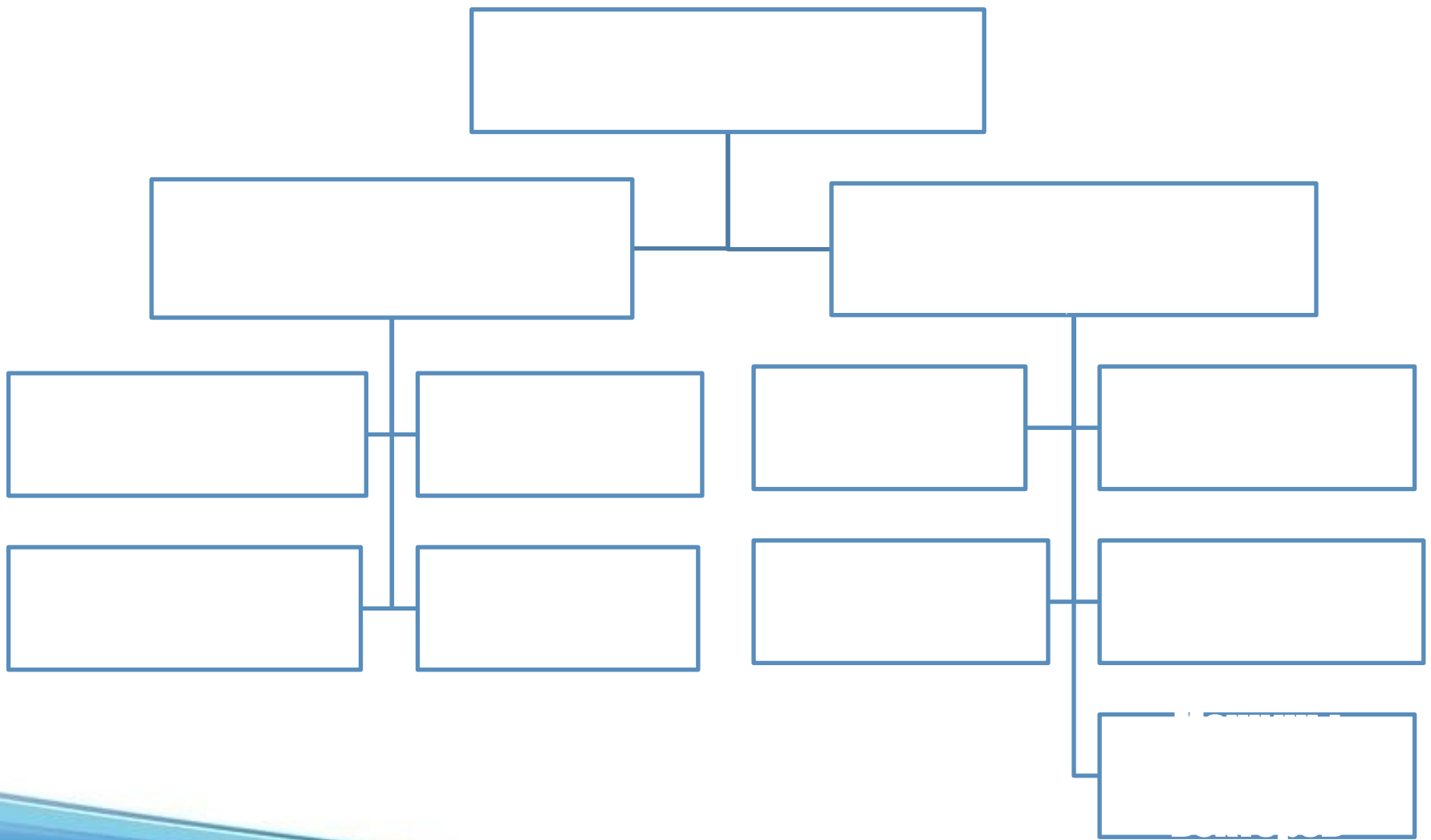
- Свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. (Википедия)
- «Автоматизация деятельности, которую мы ассоциируем с человеческим мышлением, такой как принятие решений, решение задач, усвоение знаний» (Р. Беллман, 1978 г.).
- «Теория эвристического поиска и вопросы создания решателей задач, относящихся к разряду творческих или интеллектуальных» (Г. С. Поспелов, 1986 г.).
- «Область исследования, которая пытается понять и моделировать разумное поведение в терминах вычислительных процессов» (R. J. Schalkoff, 1990 г.).
- «Исследование того, как заставить компьютеры делать вещи не хуже людей» (E. Rich and K. Knigpt, 1991 г.).

Понятие искусственного интеллекта



- Два направления исследований в области искусственного интеллекта:
- 1. **Первое (бионическое, нейрокибернетика)** – представляет собой попытки смоделировать с помощью искусственных систем психофизиологическую деятельность человеческого мозга с целью создания искусственного разума.
- 2. **Второе (прагматическое, кибернетика черного ящика)** – представляет создание аппаратно-программных средств, позволяющих с использованием ЭВМ воспроизводить не саму мыслительную деятельность, а являющиеся ее результатами процессы. Здесь достигнуты важные результаты, имеющие практическую ценность.

Понятие искусственного интеллекта



История развития искусственного интеллекта

A.I. TIMELINE

S/Z/G/

1950

TURING TEST

Computer scientist Alan Turing proposes a test for machine intelligence. If a machine can trick humans into thinking it is human, then it has intelligence



1961

UNIMATE

First industrial robot, Unimate, goes to work at GM replacing humans on the assembly line

1964

ELIZA

Pioneering chatbot developed by Joseph Weizenbaum at MIT holds conversations with humans

1966

SHAKY

The 'first electronic person' from Stanford, Shakey is a general-purpose mobile robot that reasons about its own actions

A.I.

WINTER

Many false starts and dead-ends leave A.I. out in the cold

1997

DEEP BLUE

Deep Blue, a chess-playing computer from IBM defeats world chess champion Garry Kasparov

1998

KISMET

Cynthia Breazeal at MIT introduces Kismet, an emotionally intelligent robot insofar as it detects and responds to people's feelings



1999

AIBO

Sony launches first consumer robot pet dog AIBO (AI robot) with skills and personality that develop over time



2002

ROOMBA

First mass produced autonomous robotic vacuum cleaner from iRobot learns to navigate and clean homes



2011

SIRI

Apple integrates Siri, an intelligent virtual assistant with a voice interface, into the iPhone 4S



2011

WATSON

IBM's question answering computer Watson wins first place on popular \$1M prize television quiz show Jeopardy



2014

EUGENE

Eugene Goostman, a chatbot passes the Turing Test with a third of judges believing Eugene is human



2014

ALEXA

Amazon launches Alexa, an intelligent virtual assistant with a voice interface that completes shopping tasks



2016

TAY

Microsoft's chatbot Tay goes rogue on social media making inflammatory and offensive racist comments



2017

ALPHAGO

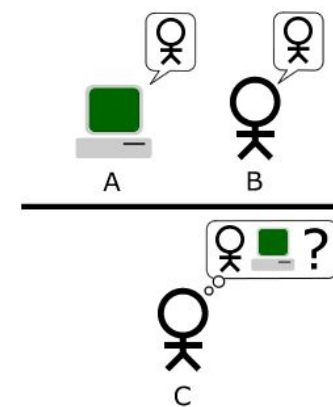
Google's A.I. AlphaGo beats world champion Ke Jie in the complex board game of Go, notable for its vast number (2^{170}) of possible positions

«Могут ли машины мыслить?»

Тест Тьюринга — эмпирический тест, для определения способности машины мыслить, предложенный Аланом Тьюрингом в статье «Вычислительные машины и разум», опубликованной в 1950 году в философском журнале Mind.

Премия Лёбнера (англ. Loebner prize) — премия, присуждаемая победителю ежегодного конкурса «AI Loebner» (проводится с 1990 г.), в котором соревнуются программы в прохождении теста Тьюринга

Мысленный эксперимент «Китайская комната» - критика теста Тьюринга В 1980 году в статье «Разум, мозг и программы» Джон Сёрль выдвинул аргумент против теста Тьюринга — утверждая, что программы смогли пройти тест Тьюринга, просто манипулируя символами, значения которых они не понимали.



健

HEALTH

«Могут ли машины мыслить?»

CAPTCHA - Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart

☐ I'm not a robot


reCAPTCHA

morning overtook

Type the two words:





 stop spam.
read books.

Выберите все изображения, где есть дорожные знаки.

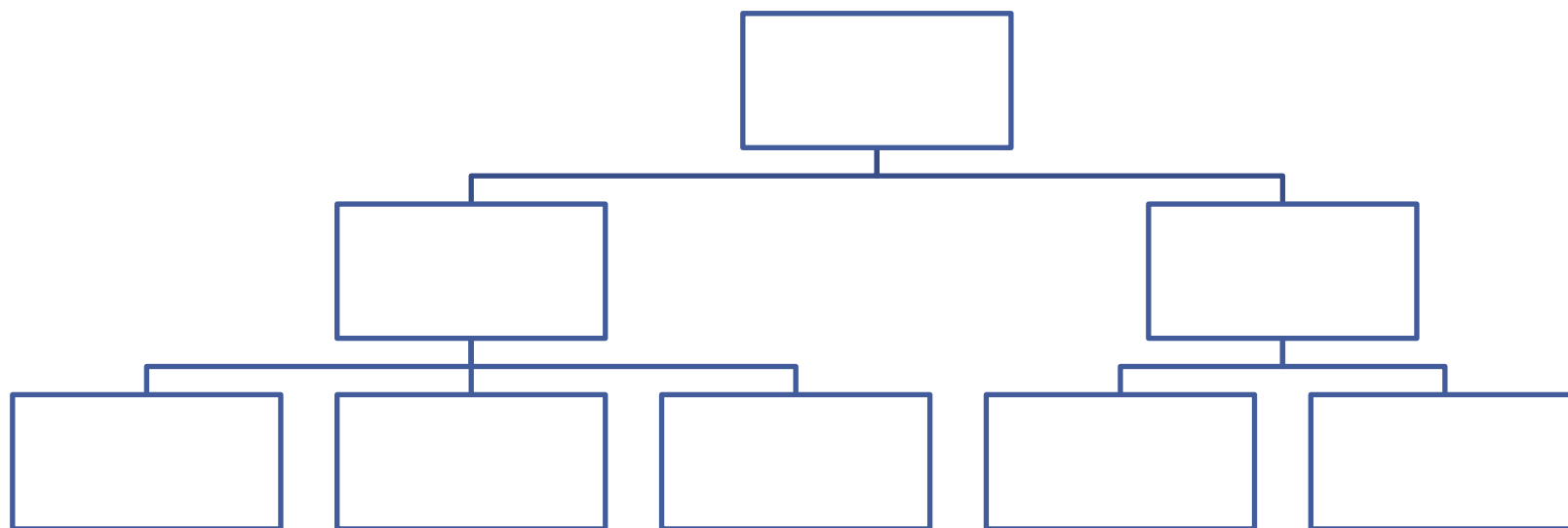


Сообщить о проблеме

Подтвердить

«Могут ли машины мыслить?»

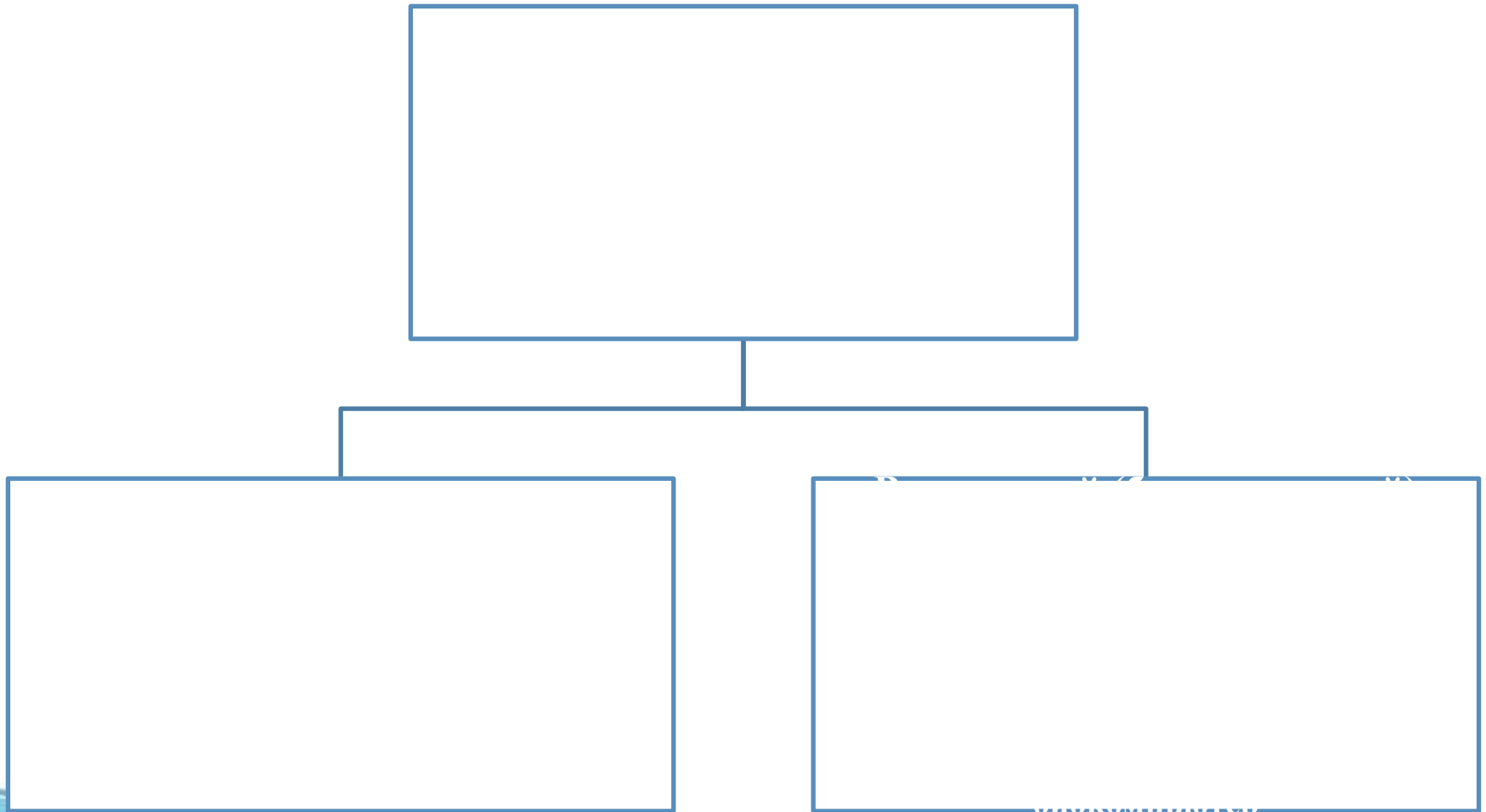


Термин «сильный искусственный интеллект» введён в 1980 году американским философом Джоном Сёрлом (John Searle) (в работе, описывающей мысленный эксперимент «Китайская комната»), впервые охарактеризовав его следующим образом: «Соответствующим образом запрограммированный компьютер с нужными входами и выходами и будет разумом, в том смысле, в котором человеческий разум — это разум. Оригинальный текст — «Разумы, мозги и программы»

Разработка систем искусственного интеллекта

- Разработка интеллектуальных систем значительно отличается от задач обычного программирования и ведется путем построения системы искусственного интеллекта (СИИ), разница в подходах к разработке в основном определяется необходимостью использования в системах искусственного интеллекта накопленного опыта - **знаний** в той или иной форме представления.
- **Система искусственного интеллекта (СИИ)** – информационно-программный (программно-аппаратный) комплекс, действие которого аналогично действию механизмов мышления человека и неотличимо от решений, которые принимались бы человеком: экспертом, то есть профессионалом в данной предметной области.
- Если обычная программа может быть представлена в парадигме:
Программа = Алгоритм + Данные,
- то для СИИ характерна другая парадигма:
СИИ = Знания + Стратегия обработки знаний.
- Часто СИИ определяют просто как системы, основанные на знаниях.

Разработка систем искусственного интеллекта



Направления развития систем искусственного интеллекта

Литература

1. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы : учебник для вузов / Л. Н. Ясницкий. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. — 221 с.
<https://library.mirea.ru/books/53779>
2. Лапина А.В. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы». Красноярск, СФУ ИКИТ, 2012 г. — 204 с.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. - М.: Вильямс, 2019. — 1408 с.
4. Бессмертный И.А Искусственный интеллект : учебное пособие. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. — 132 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=43663
5. Павлов С.Н. Системы искусственного интеллекта : учеб. пособие. В 2-х частях. / С. Н. Павлов. — Томск: Эль Контент, 2011. — Ч. 1. — 176 с.
6. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс. 2-е издание. — М.: Вильямс, 2018. — 1104 с.

Основы искусственного интеллекта. Модели представления знаний

Чесалин Александр Николаевич,

Доцент кафедры
компьютерной и информационной безопасности

План лекции:

1. Понятие и свойства знаний
2. Классификация знаний
3. Представление знаний
4. Продукционная модель
5. Семантические сети
6. Фреймовая модель
7. Логическая модель

Данные / Знания

- **Данные** - это отдельные факты, характеризующие объекты, процессы и явления предметной области, а также их свойства
- **Знания** - это закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области.
- Знания основаны на данных, полученных эмпирическим путем. Они представляют собой результат мыслительной деятельности человека, направленной на обобщение его опыта, полученного в результате практической деятельности.
- *«Знание – идеальное выражение в знаковой форме объективных свойств и связей мира, природного и человеческого. При этом знания могут быть донаучными (житейскими или опытными) и научными, которые, в свою очередь, делятся на эмпирические и теоретические».*
[философский словарь под ред. Фролова И.Т. – М., 1986]

Данные / Знания

В отличие от данных знания обладают следующими свойствами:

1. *внутренней интерпретируемостью* - вместе с информацией в БЗ представлены информационные структуры, позволяющие не только хранить знания, но и использовать их;
 2. *структурированностью* - выполняется декомпозиция сложных объектов на более простые и установление связей между ними;
 3. *связанностью* - отражаются закономерности относительно фактов, процессов, явлений и причинно-следственные отношения между ними;
 4. *активностью* - знания предполагают целенаправленное использование информации, способность управлять информационными процессами по решению определенны
- **Знания** - это хорошо структурированные данные, или данные о данных, или метаданные.

Данные / Знания

DIKW (англ. data, information, knowledge, wisdom — данные, информация, знания, мудрость) — информационная иерархия, где каждый уровень добавляет определённые свойства к предыдущему уровню.

- В основании находится уровень данных.
- Информация добавляет контекст.
- Знание добавляет «как» (механизм использования)
- Мудрость добавляет «когда» (условия использования)



Другая модель обогащения информации была предложена Дэйвом Кэпмбеллом (Dave Campbell) из Майкрософт:

- **Сигнал (Signal)**
- **Данные (Data)**
- **Информация (Information)**
- **Знание (Knowledge)**
- **Понимание (Insight)**

При этом вместе со степенью переработанности растёт и ценность информации

Многообразие форм знаний

- Разнородность знаний:
 - 1 **понятийные знания** (набор понятий и их взаимосвязи);
 - 2 **конструктивные знания** (знания о структуре и взаимодействии частей различных объектов);
 - 3 **процедурные знания** (методы, алгоритмы и программы решения различных задач);
 - 4 **фактографические знания** (количественные и качественные характеристики объектов, явлений и их элементов).
- При решении задачи в конкретной области знания можно разделить на следующие категории:
 - 1 **достоверные или объективные знания;**
 - 2 **эвристические знания.**
- *Достоверные* знания формулируются в виде общих и строгих суждений (законов, формул, алгоритмов и т. д.).
- *Эвристические* знания основываются на собственном опыте специалиста в данной предметной области. Именно эти знания играют решающую роль в экспертных системах.

Многообразие форм знаний

- Знания также можно разделить на:
- 1. **декларативные** (факты)
- 2. **процедурные** знания (знания для принятия решений).
- *Декларативные знания* - это факты. Например, Иванов - студент; земля - круглая. Декларативные знания отвечают на вопрос «знать что?».
- *Процедурные знания* - это знания, которые формируются путем логических рассуждений и по интуиции. Процедурные знания отвечают на вопрос «знать как?».
- *Метазнания* – знания о знаниях. Понятие «метазнания» указывает на знания, касающиеся способов использования знаний и знания, касающиеся свойств знаний. Это понятие необходимо для управления базой знаний и логическим выводом; для обучения и т. п.

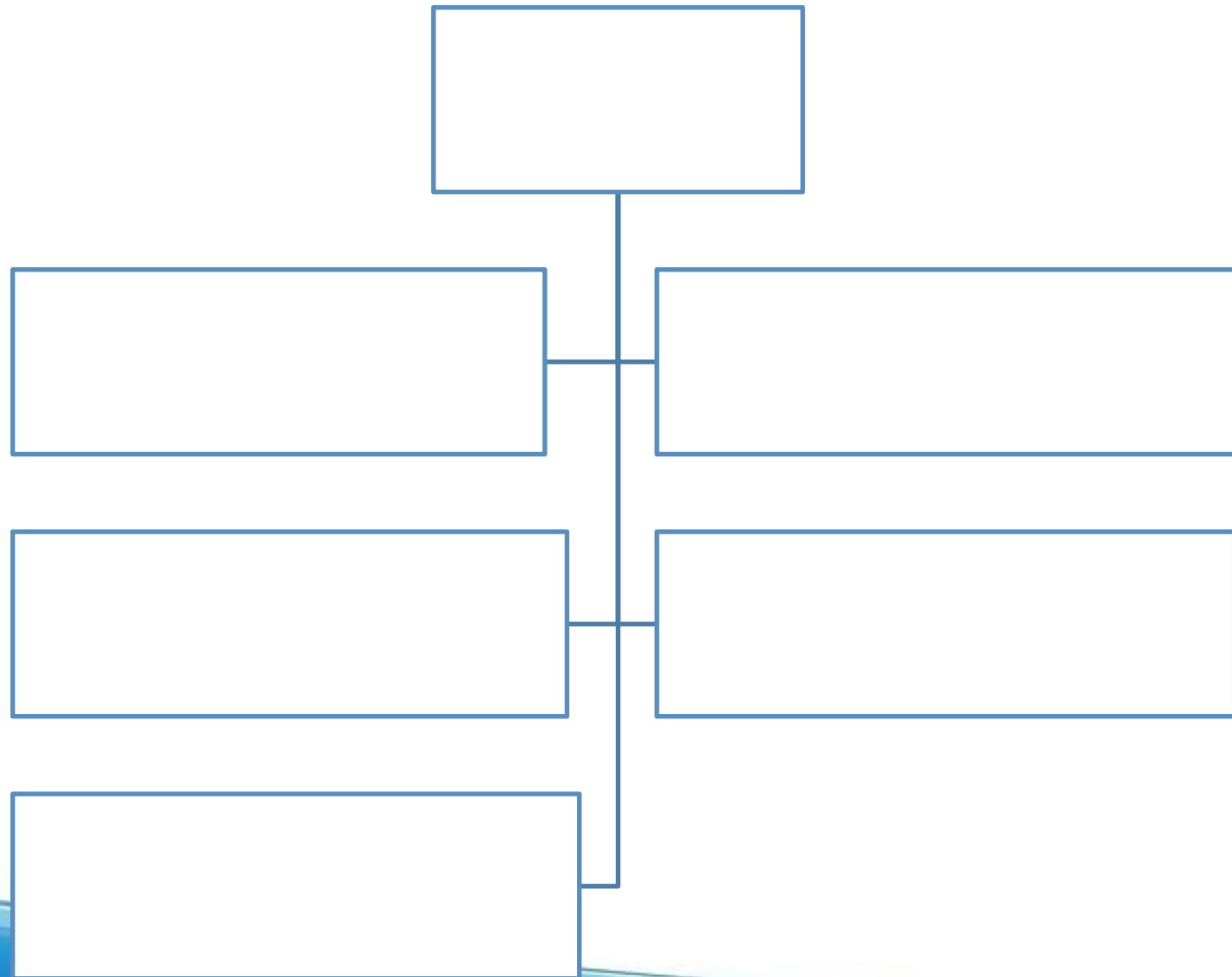
Свойства знаний

- **Внутренняя интерпретируемость (связность):**
 - любая единица знания любой структуры (переменная, массив, объект, процедура и т.д.) должна иметь имя, которое необходимо для ее нахождения в общем массиве знаний.
- **Структурированность:**
 - наличие отношений между единицами знания. Кроме отношений иерархии (часть – целое и род – вид), это могут быть – отношения временные (раньше, позже, одновременно), пространственные (внутри, снаружи, рядом, под и т.д.), сравнения (больше, меньше, равно), каузальные (причины и следствия) и др.
- **Вложимость:**
 - одна единица знания может как включаться в состав любой другой (матрешечная вложимость), так и быть выделенной из любой другой составляющей ее единицы (отношение класс – экземпляр класса).

Погружение в пространство с «семантической метрикой»

- В нашем сознании это пространство образуют понятия, факты, явления, близкие по своему смыслу (семантике).

Свойства знаний



Проблема представления знаний

Представление знаний — задача, возникающая в когнитологии, в информатике и в исследованиях искусственного интеллекта.

- В когнитологии представление знаний связано с тем, как люди хранят и обрабатывают информацию.
- В информатике представление знаний связано с подбором представления конкретных и обобщённых знаний, сведений и фактов для накопления и обработки информации в ЭВМ.
- Главная задача представления знаний в искусственном интеллекте состоит в поиске способа хранения знаний таким образом, чтобы программы могли осмысленно обрабатывать их и достигнуть тем подобия человеческого интеллекта.

Системой представления знаний принято называть средства, позволяющие:

1. описывать знания о предметной области с помощью языка представления знаний;
2. организовывать хранение знаний в системе (накопление, анализ, обобщение и организация структурированности знаний);
3. вводить новые знания и объединять их с имеющимися;
4. выводить новые знания из имеющихся;
5. находить требуемые знания;
6. устранять устаревшие знания;
7. проверять непротиворечивость накопленных знаний;
8. осуществлять интерфейс между пользователем и знаниями.

Центральное место в системе представления знаний занимает **язык представления знаний** и **модель представления знаний**.

Модели представления знаний

- **Модель представления** знаний является формализмом, призванным отобразить статические и динамические свойства предметной области, т.е. отобразить объекты и отношения предметной области, связи между ними, иерархию понятий предметной области и изменение отношений между объектами. Существуют десятки моделей (или языков) представления знаний для различных предметных областей. Большинство из них может быть сведено к следующим классам:
 1. **продукционная модель** (модель, основанная на использовании правил);
 2. **модель семантической сети**;
 3. **фреймовая модель**;
 4. **логическая модель**;
 5. **модель, основанная на нечетких знаниях**.
- Системы искусственного интеллекта могут быть написаны на любом языке программирования. Однако для них разработаны специальные языки: Пролог, Лисп.

Многообразие форм знаний

- Разнородность знаний:
 - 1 **понятийные знания** (набор понятий и их взаимосвязи);
 - 2 **конструктивные знания** (знания о структуре и взаимодействии частей различных объектов);
 - 3 **процедурные знания** (методы, алгоритмы и программы решения различных задач);
 - 4 **фактографические знания** (количественные и качественные характеристики объектов, явлений и их элементов).
- При решении задачи в конкретной области знания как правило разделяют на следующие категории:
 - 1 **достоверные или объективные знания;**
 - 2 **эвристические знания.**
- *Достоверные* знания формулируются в виде общих и строгих суждений (законов, формул, алгоритмов и т. д.).
- *Эвристические* знания основываются на собственном опыте специалиста в данной предметной области. Именно эти знания играют решающую роль в экспертных системах.

Многообразие форм знаний

Знания можно разделить на:

- 1. **декларативные** (факты)
- 2. **процедурные** знания (знания для принятия решений).

Декларативные знания - это факты. Например, Иванов - студент; земля - круглая. Декларативные знания отвечают на вопрос «знать что?».

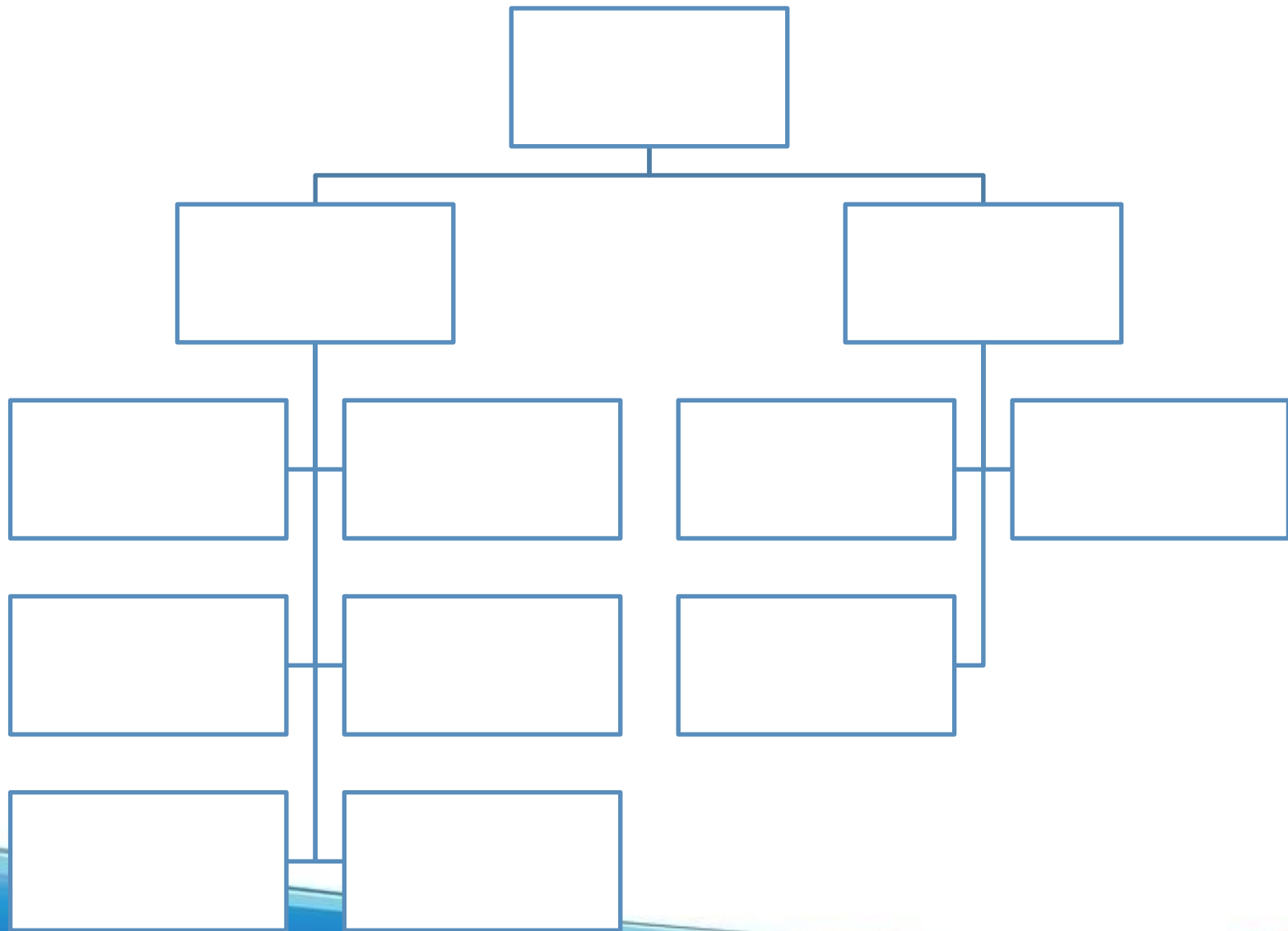
Процедурные знания - это знания, которые формируются путем логических рассуждений и по интуиции. Процедурные знания отвечают на вопрос «знать как?».

Метазнания — знания о знаниях. Понятие «метазнания» указывает на знания, касающиеся способов использования знаний и знания, касающиеся свойств знаний. Это понятие необходимо для управления базой знаний и логическим выводом; для обучения и т. п.

Системы искусственного интеллекта

- Свойства знаний обеспечивают возможность СИИ моделировать рассуждения человека при решении прикладных задач.
- Со знаниями тесно связано понятие процедуры получения решений задач (**стратегии обработки знаний**).
- В системах обработки знаний такую процедуру называют **механизмом вывода, логическим выводом или машиной вывода**. Принципы построения механизма вывода в СИИ определяются способом представления знаний и видом моделируемых рассуждений.
- Основными частями систем, основанных на знаниях, являются:
 - База знаний.
 - Механизм вывода.
 - Интерфейс взаимодействия с пользователем

Модели представления знаний



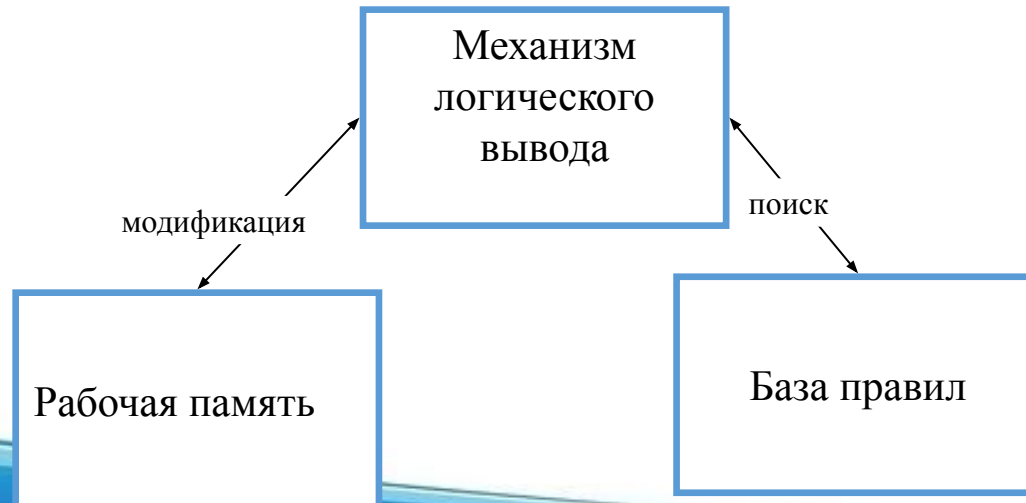
Продукционная модель представления знаний

- Продукционная модель или модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде предложений типа
«Если (условие), то (действие)».
- Под «условием» (*антецедентом*) понимается некоторое предложение-образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под «действием» (*консеквентном*) - действия, выполняемые при успешном исходе поиска (они могут быть промежуточными, выступающими далее как условия и терминальными или целевыми, завершающими работу системы).
- Правила обычно записывают в виде: **ЕСЛИ $A_1, A_2, \dots, A_n$ ТО B**
- Условия $A_1, A_2 \dots A_n$ принято называть **фактами**. С помощью фактов описывается текущее состояние предметной области. Факты могут быть истинными, ложными либо, в общем случае, правдоподобными, когда истинность факта допускается с некоторой степенью уверенности.
- Действие **B** трактуется как добавление нового факта в описание текущего состояния предметной области.

Продукционная модель представления знаний

Продукционная система состоит из трех основных компонентов:

- Набор правил, используемых как база знаний. Его называют базой правил.
- Рабочая память, в которой хранятся предпосылки, касающиеся конкретных задач предметной области и результаты выводов, полученных на их основании.
- Механизм логического вывода, использующий правила в соответствии с содержимым рабочей памяти.



Продукционная модель представления знаний

- В продукционных системах используются два основных способа реализации механизма вывода:
 - **Прямой вывод, или вывод от данных,**
 - **Обратный вывод, или вывод от цели.**
- В первом случае идут от известных данных (фактов) и на каждом шаге вывода к этим фактам применяют все возможные правила, которые порождают новые факты, и так до тех пор, пока не будет порожден факт-цель.
- Для применения правила используется процесс сопоставления известных фактов с правилами и, если факты согласуются с посылками в правиле, то правило применяется.
- Во втором случае вывод идет в обратном направлении - от поставленной цели. Если цель согласуется с заключением правила, то посылку правила принимают за подцель или гипотезу, и этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет получено совпадение подцели с известными фактами.

Продукционная модель представления знаний

- **Достоинством** применения правил продукций является их модульность. Это позволяет легко добавлять и удалять знания в базе знаний. Можно изменять любую из продукций, не затрагивая содержимого других продукций.
- **Недостатки** продукционных систем проявляются при большом числе правил и связаны с возникновением непредсказуемых побочных эффектов при изменении старых и добавлении новых правил. Кроме того, отмечают также низкую эффективность обработки систем продукций и отсутствие гибкости в логическом выводе.
- Продукционная модель является самой распространённой моделью представления знаний в (промышленных) экспертных системах. Она привлекает разработчиков своей наглядностью, высокой модульностью, легкостью внесения дополнений и изменений и простотой механизма логического вывода.

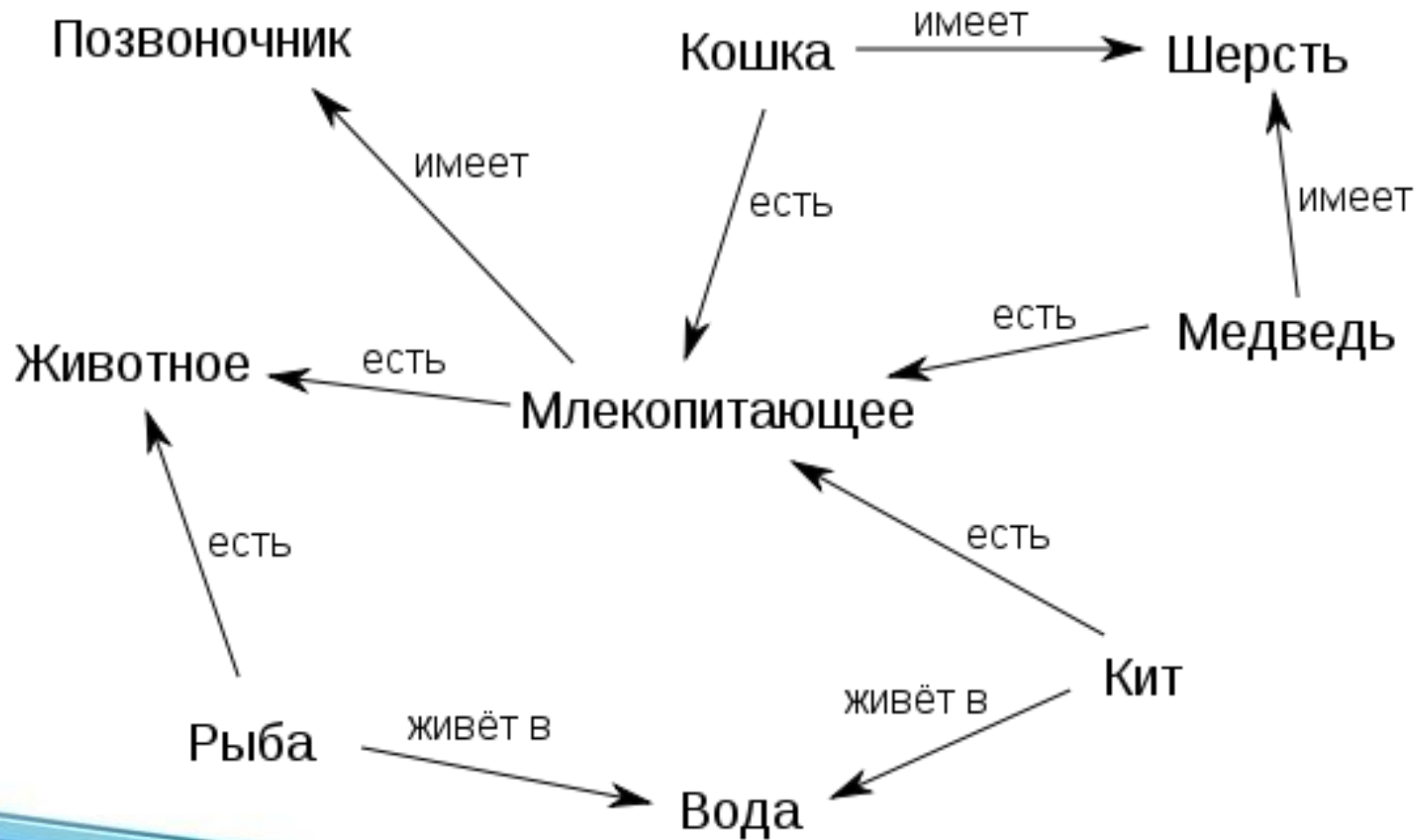
Семантические сети

- Термин **семантическая** означает «смысловая», а **семантика** — это наука, устанавливающая отношения между символами и объектами, которые они обозначают, то есть наука, определяющая смысл знаков.
- Как модель представления знаний семантическая сеть была предложена американским психологом Куиллианом. [Quillian, M. R. (1968). Semantic memory. Semantic information processing, 227—270.]
- **Семантическая сеть** представляет собой ориентированный граф, вершины которого - понятия, а дуги - отношения между ними.
- **Семантические сети** являются исторически первым классом моделей представления знаний.

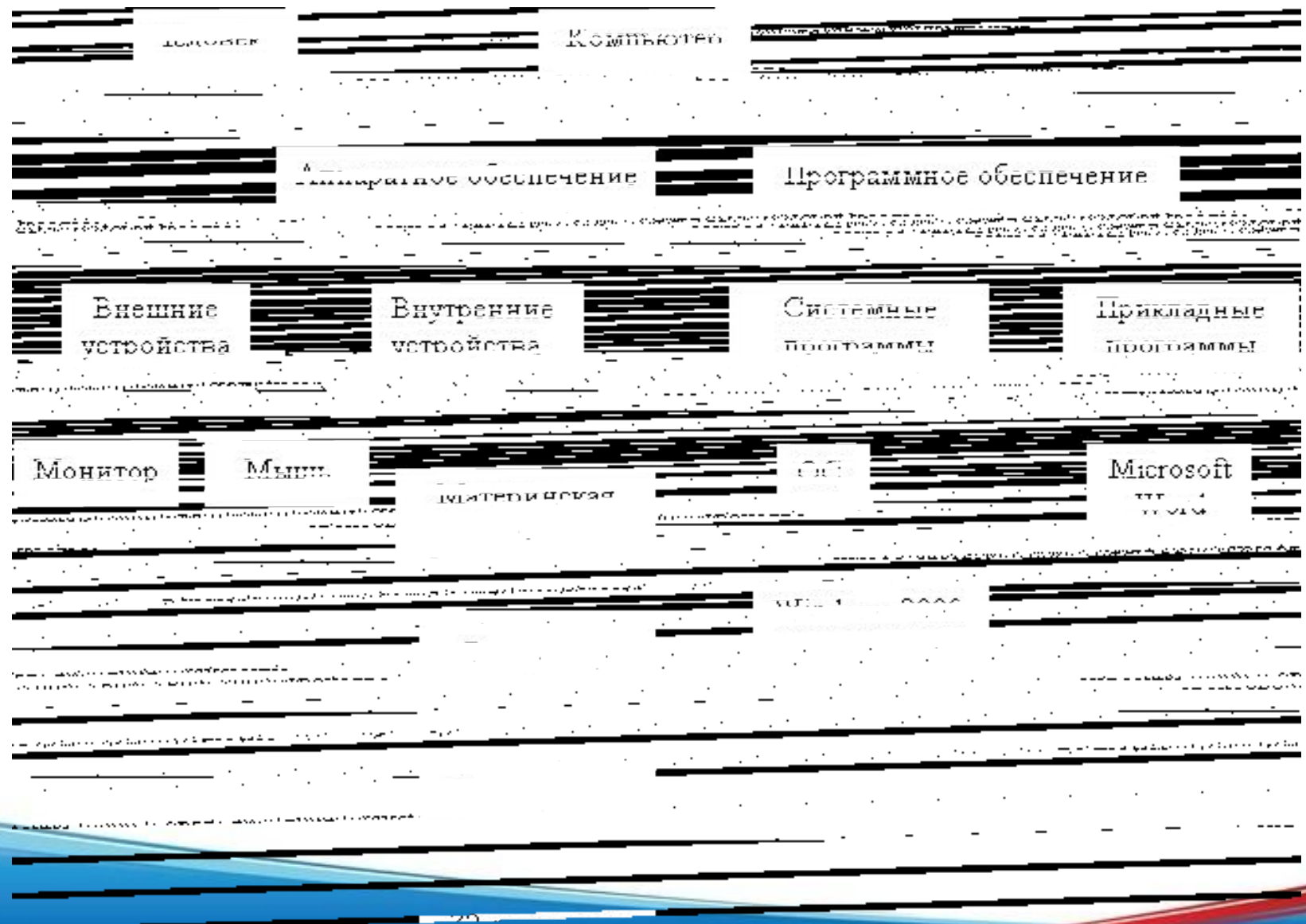
Семантические сети

- Вершины семантической сети обозначают сущности и понятия предметной области, а дуги - отношения между ними. Под сущностью понимают объект произвольной природы. При этом объектам соответствуют вершины сети, а отношениям — соединяющие их дуги.
- В качестве понятий обычно выступают абстрактные или конкретные объекты, а отношения - это связи типа:
 - «это» («АКО — A-Kind-Of», «IS-A»);
 - «имеет частью» («has part»);
 - «принадлежит»;
 - «любит» и др.
- Характерной особенностью семантических сетей является обязательное наличие трех типов отношений:
 1. **класс** - элемент класса (цветок - роза);
 2. **свойство** - значение (цвет - желтый);
 3. **пример** элемента класса (роза - чайная).

Семантические сети



Семантические сети



Семантические сети

Классификация семантических сетей:

- **По количеству типов отношений:**
 - Однородные (с единственным типом отношений).
 - Неоднородные (с различными типами отношений).
- **По типам отношений:**
 - Бинарные (в которых отношения связывают два объекта).
 - N-арные (в которых есть специальные отношения, связывающие более двух понятий).
- **Наиболее часто в семантических сетях используются следующие отношения:**
 - связи типа «часть - целое» («класс - подкласс», «элемент - множество», и т. п.);
 - функциональные связи (определяемые обычно глаголами «производит», «влияет» и т.д.);
 - количественные связи (больше, меньше, равно и т.д.);
 - пространственные связи (далеко от, близко от, за, под, над и т.д.);
 - временные связи (раньше, позже, в течение и т.д.);
 - атрибутивные связи (иметь свойство, иметь значение);
 - логические связи (И, ИЛИ, НЕ);
 - лингвистические связи.

Семантические сети

- По современным представлениям ученых модель представления знаний в виде семантической сети более других соответствует современным представлениям об организации долговременной памяти человека.
- **Достоинством** семантических сетей как модели представления знаний является наглядность описания предметной области, гибкость, адаптивность. Однако свойство наглядности с увеличением размеров и усложнением связей базы знаний предметной области теряется.
- **Недостатком** этой модели является сложность организации процедуры поиска вывода на семантической сети. Кроме того, возникают значительные сложности по обработке различного рода исключений.
- В чистом виде семантические сети на практике почти не используются.

Фреймовая модель представления знаний

- **Фрейм** (от англ. frame - «каркас», «рамка»), как модель представления знаний, представляет собой абстрактный образ для представления некоего стереотипа восприятия.
- Фреймовая модель представления знаний была предложена американским ученым Марвином Минским в 70-е годы [Minsky, Marvin. A framework for representing knowledge. MIT AI Laboratory Memo 306, June, 1974].
- **Фреймом** называется структура (модель) для описания (отображения) стереотипной ситуации (образа), состоящая из характеристик этой ситуации (образа) и их значений. Характеристики называют **слотами**.

Фреймовая модель представления знаний

- Различают **фреймы-образцы**, или прототипы, хранящиеся в базе знаний, и **фреймы-экземпляры**, которые создаются для отображения реальных фактических ситуаций на основе поступающих знаний.
- Модель фрейма является достаточно универсальной, поскольку позволяет отобразить все многообразие знаний о мире через:
 - **фреймы-структуры**, использующиеся для обозначения объектов и понятий (программное обеспечение, персональный компьютер, аудит);
 - **фреймы-роли** (клиент, менеджер, программист, тестировщик)
 - **фреймы-сценарии** (рабочий режим устройства, аудит, атака, авария).

Фреймовая модель представления знаний

Основными **преимуществами** фреймов, как модели представления знаний являются:

- Гибкость, т. е. структурное описание сложных объектов.
- Наглядность, т. е. данные о родовидовых связях хранятся явно.
- Значение может быть вычислено с помощью процедур или найдено эвристическими методами.

Недостатками фреймовой системы являются:

- Высокая сложность систем в целом.
- Трудно внести изменение в иерархию.
- Затруднена обработка исключений.

Фреймовая модель представления знаний

Имя фрейма			
Имя слота	Значение слота	Способ получения значения	Присоединенная процедура

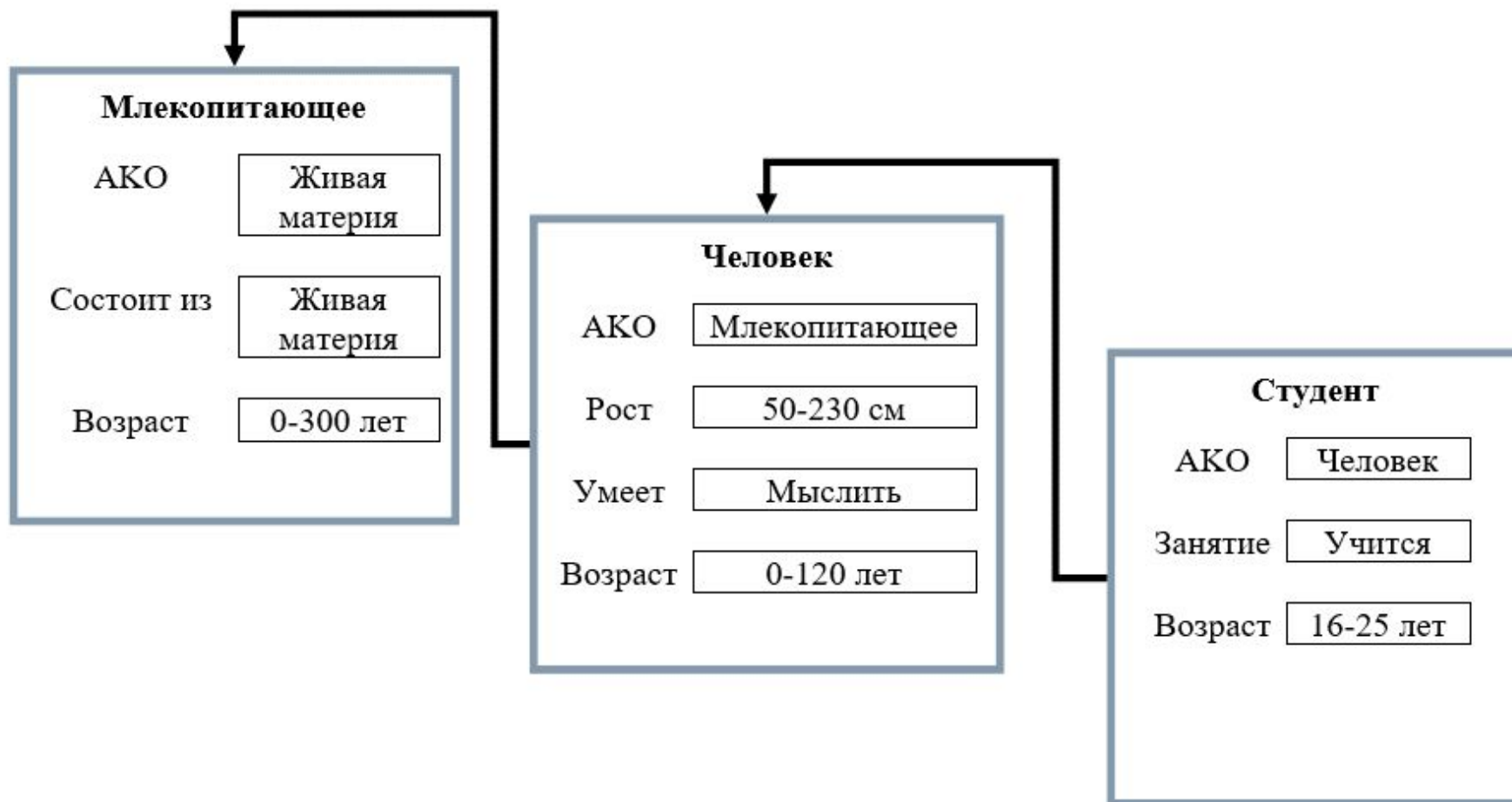
Существует несколько способов получения слотом значений во фрейме экземпляре:

- По умолчанию от фрейма-образца (default-значение)
- Через наследование свойств от фрейма, указанного в слоте АКО
- Через присоединенную формулу
- Явно из диалога с пользователем
- Из базы данных

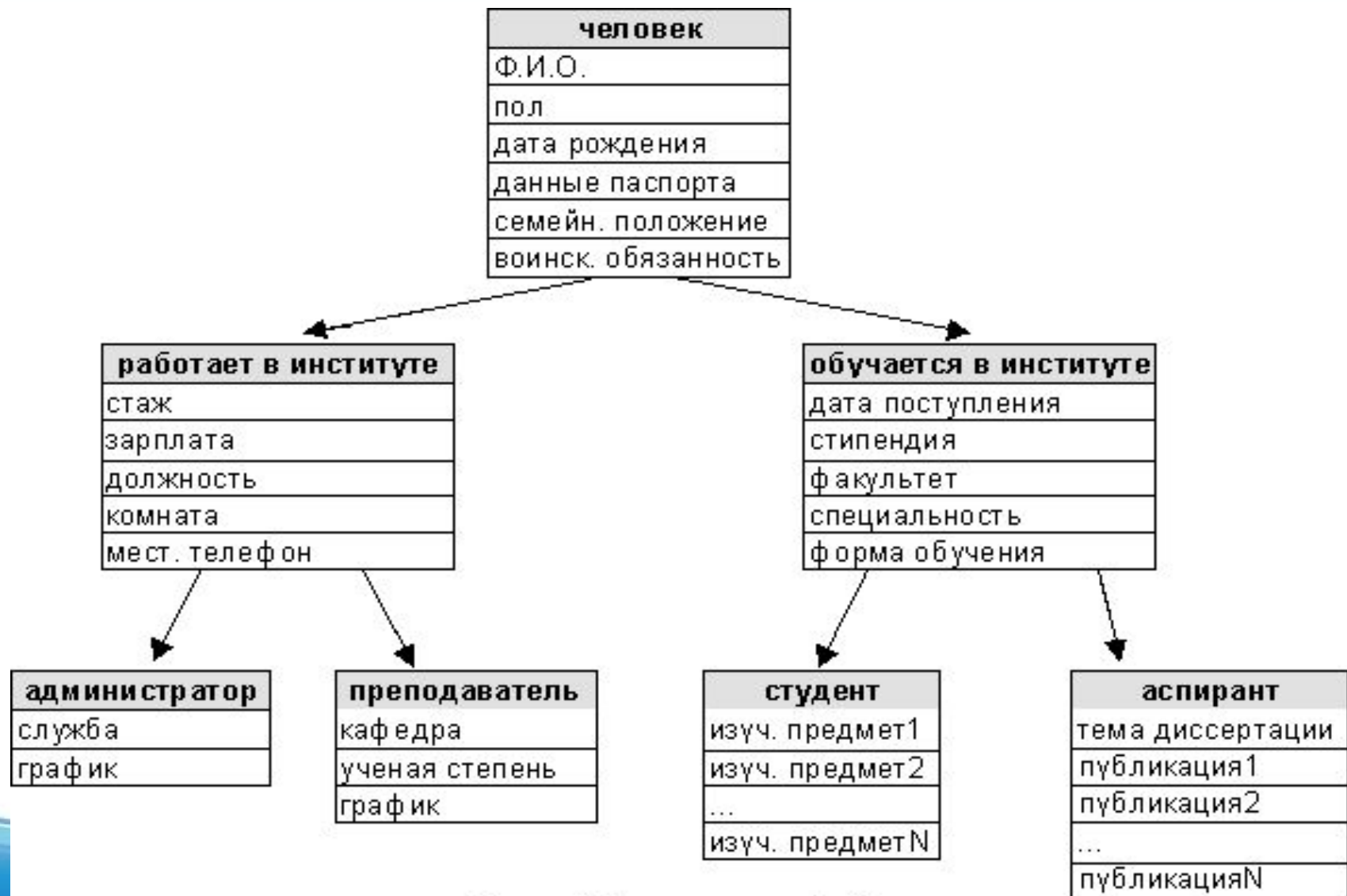
Важнейшим свойством фрейма является заимствование из теории семантических сетей наследования свойств – с помощью слота АКО (a kind of) .

Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня иерархии, откуда неявно наследуются значения аналогичных слотов.

Фреймовая модель представления знаний



Фреймовая модель представления знаний



Логическая модель представления знаний

В основе логических систем представления знаний лежит понятие формальной логической системы. Оно является также одним из основополагающих понятий формализации.

Основные идеи формализации

- 1. Вводится множество базовых элементов (алфавит) теории.
- 2. Определяются правила построения правильных объектов (предложений) из базовых элементов.
- 3. Часть объектов объявляется изначально заданными и правильными по определению – аксиомами.
- 4. Задаются правила построения новых объектов из других правильных объектов системы (правила вывода).

Данная схема лежит в основе построения многих дедуктивных СИИ. В соответствии с ней база знаний описывается в виде предложений и аксиом теории, а механизм вывода реализует правила построения новых предложений из имеющихся в базе знаний.

Формальные модели представления знаний

Формальная теория:

$$F = \langle A, V, W, R \rangle,$$

определяющая некоторую аксиоматическую систему, характеризуется:

- наличием алфавита (словаря), **A**;
- множеством синтаксических правил, **V**;
- множеством аксиом, лежащих в основе теории, **W**;
- множеством правил вывода, **R**.

Исчисление высказываний (**ИВ**) и исчисление предикатов (**ИП**) являются классическими примерами аксиоматических систем.

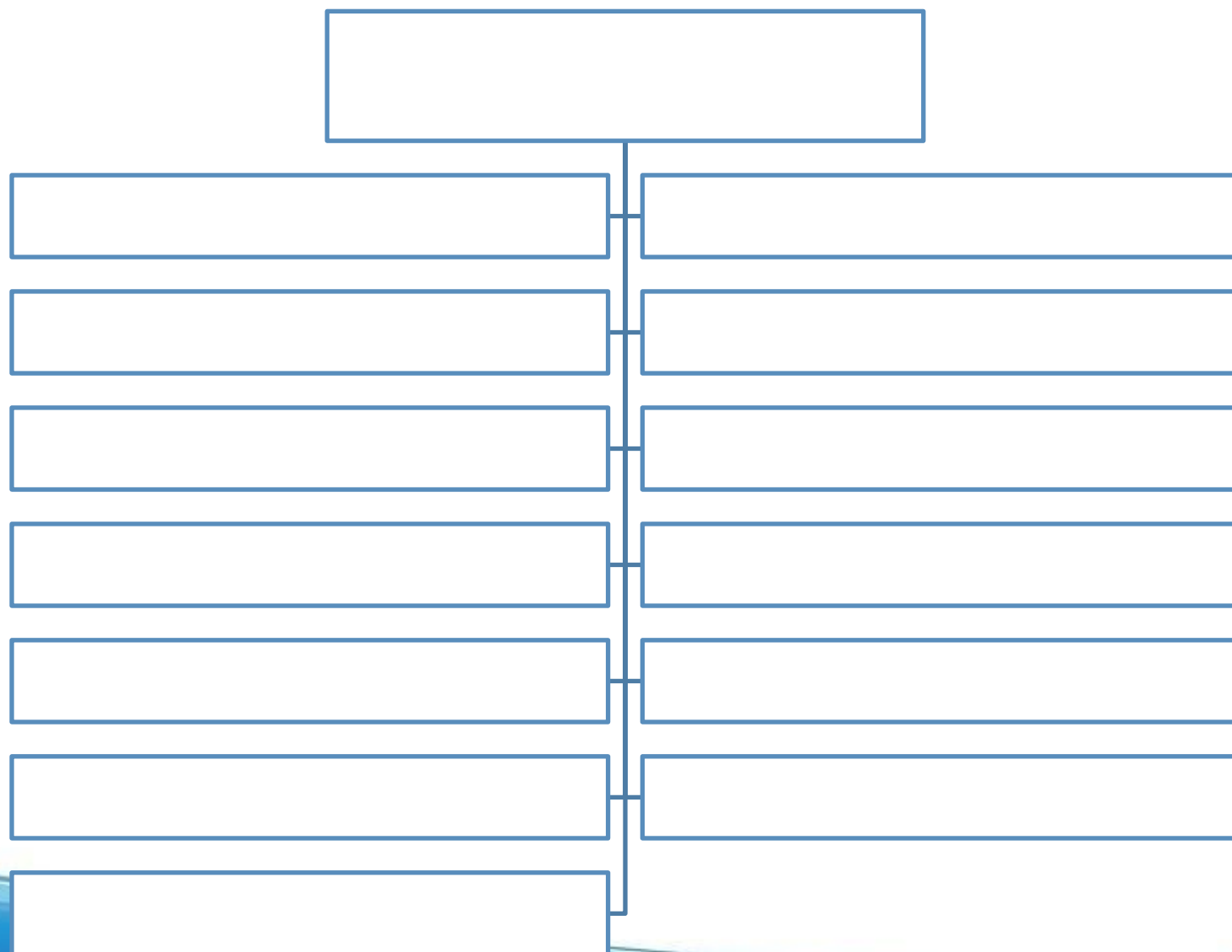
Логическая модель представления знаний

Преобразование предложения на субъект и предикат в математической логике формализуется путем соотнесения предложения, выражающего свойства предмета, с функцией одной переменной $P(x)$. При этом сама функция P - логическая функция одной переменной, т. е. Одноместный предикат, а аргумент x - субъект.

Логические связки «И», «ИЛИ», «НЕ» и т. д., с помощью которых строятся сложные предложения (формулы), соотносятся с операциями логики следующим образом:

- НЕВЕРНО ЧТО - $\neg$ (знак отрицания);
- И - $\wedge$ (знак конъюнкции);
- ИЛИ - $\vee$ (знак дизъюнкции);
- ЕСЛИ... ТО $\rightarrow$ (знак импликации);
- ТОГДА, КОГДА— $\Leftrightarrow$ (знак эквивалентности).
- Логические связки «ДЛЯ ВСЯКОГО», «СУЩЕСТВУЕТ» относятся к переменным в предложении и обозначают:
- ДЛЯ ВСЯКОГО - $\forall$ (знак квантора общности);
- СУЩЕСТВУЕТ - $\exists$ (знак квантора существования).

Методы и формализмы представления знаний



Литература

1. Лапина А.В. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы». Красноярск, СФУ ИКИТ, 2012 г. – 204с.
2. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. - М.: Вильямс, 2019. — 1408 с.
3. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии основанные на знаниях. Учебник, 2012. – 664 с.
4. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский — СПб: Питер, 2000. — 384 с.
5. Павлов С.Н. Системы искусственного интеллекта : учеб. пособие. В 2-х частях. / С. Н. Павлов. — Томск: Эль Контент, 2011. — Ч. 1. — 176 с.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. - М.: Вильямс, 2019. — 1408 с.
7. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы : учебник для вузов / Л. Н. Ясницкий. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. — 221 с.
<https://library.mirea.ru/books/53779>

Основы искусственного интеллекта. Экспертные системы

Чесалин Александр Николаевич,

Доцент кафедры
компьютерной и информационной безопасности

Экспертные системы

- Одним из наиболее важных достижений современной науки в области искусственного интеллекта стала разработка мощных компьютерных систем, получивших название «экспертных» или основанных на «знаниях» систем. В современном обществе при решении задач управления сложными многопараметрическими и сильносвязанными системами, объектами, производственными и технологическими процессами приходится сталкиваться с решением неформализуемых, либо трудноформализуемых задач.



Экспертные системы

- Знания, которыми обладает специалист в какой-либо области, можно разделить на **формализуемые** и **плохо формализуемые**.
- Класс задач, относящихся к неформализуемым и плохо формализуемым знаниям, значительно больше класса задач, для которых знания формализуемы. Этим объясняется особая популярность и широкое практическое применение экспертных систем, которые открыли возможность применения компьютерных технологий в предметных областях, в которых знания плохо формализуемы.

Экспертные системы

- **Экспертная система (ЭС) (expert system (ES))** - программа, которая использует знания специалистов (экспертов) о некоторой конкретной узкоспециализированной предметной области и в пределах этой области она способна принимать решения на уровне эксперта-профессионала.

Перечень типовых задач, решаемых экспертными системами, включает :

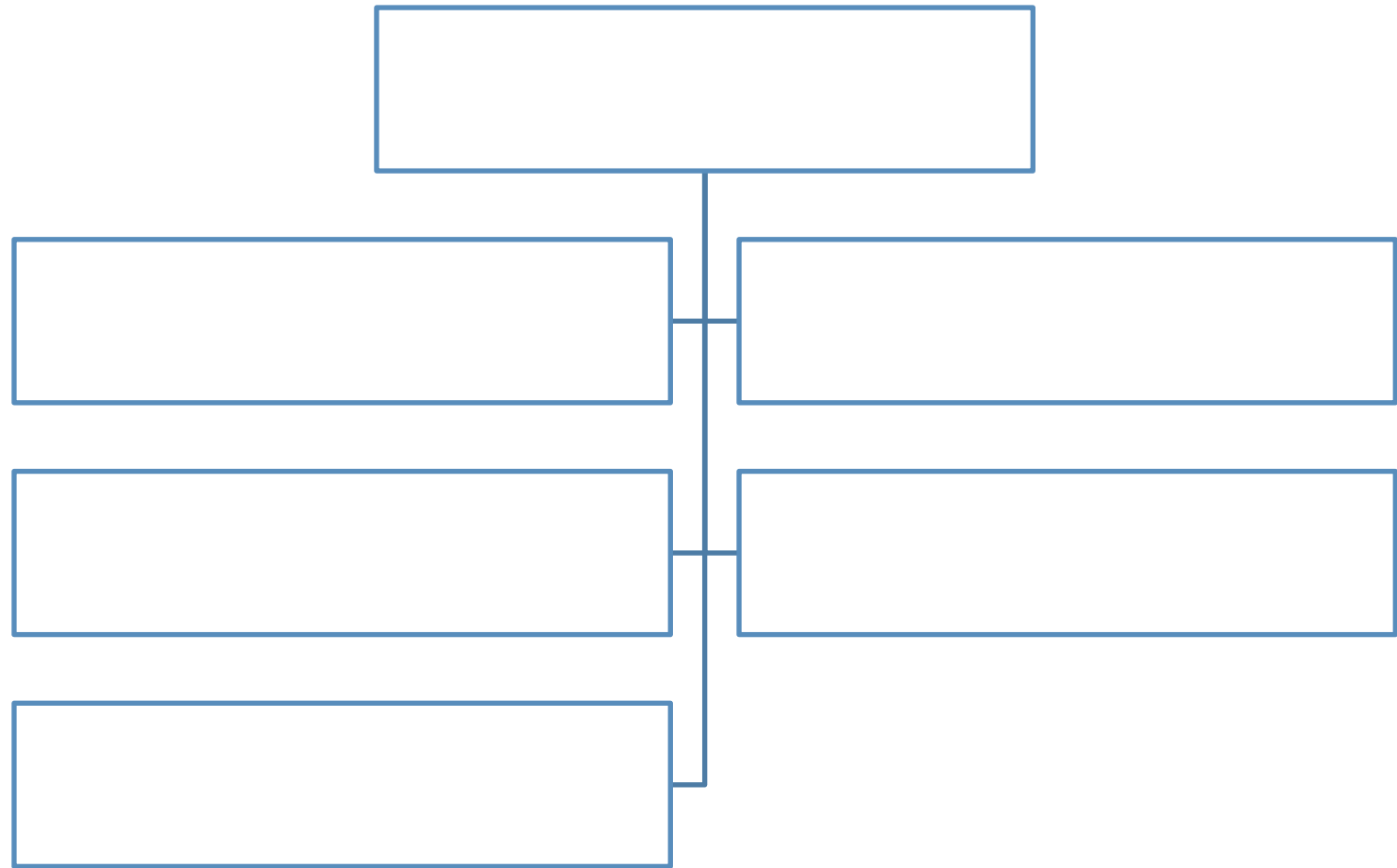
- извлечение информации из первичных данных (таких как сигналы, поступающие от гидролокатора);
- диагностика неисправностей (как в технических системах, так и в человеческом организме);
- структурный анализ сложных объектов (например, химических соединений);
- выбор конфигурации сложных многокомпонентных систем (например, распределенных компьютерных систем);
- планирование последовательности выполнения операций, приводящих к заданной цели (например, выполняемых промышленными роботами).

Экспертные системы

ЭС используются для решения так называемых неформализованных задач. Общим для них является то, что:

- эти задачи не могут быть заданы в числовой форме;
- цели нельзя выразить в терминах точно определенной целевой функции;
- не существует алгоритмического решения задачи;
- если алгоритмическое решение есть, то его нельзя использовать из-за ограниченности ресурсов (время, память).
- Кроме того неформализованные задачи обладают неполнотой, неоднозначностью и противоречивостью как исходных данных, так и знаний о решаемой задаче.

Экспертные системы



Экспертные системы

Экспертные системы отличаются и от других видов программ из области искусственного интеллекта:

- Экспертные системы имеют дело с предметами **реального мира**, операции с которыми обычно требуют наличия значительного опыта, накопленного человеком.
- Одной из основных характеристик экспертной системы является ее **производительность**, т.е. скорость получения результата и его достоверность (надежность).
- Экспертная система должна обладать способностью **объяснить**, почему предложено именно такое решение, и доказать его **обоснованность**.

Экспертные системы

- Зачастую термин **система, основанная на знаниях** (knowledge-based system (KBS)), используется в качестве синонима термина **экспертная система**, хотя, строго говоря, **экспертная система** — это более широкое понятие. ($KBS \subset ES$)

Система, основанная на знаниях — это любая система, процесс работы которой основан на применении правил отношений к символическому представлению знаний, а не на использовании алгоритмических или статистических методов. Таким образом, программа, способная рассуждать о погоде, будет системой, основанной на знаниях, даже в том случае, если она не способна выполнить метеорологическую экспертизу. А вот чтобы иметь право называться метеорологической экспертной системой, программа должна быть способна давать прогноз погоды (другой вопрос — насколько он будет достоверен).

Функции экспертных систем

Базовые функции экспертных систем

1. Приобретение знаний

«Приобретение знаний это - передача потенциального опыта решения проблемы от некоторого источника знаний и преобразование его в вид, который позволяет использовать эти знания в программе». *[Buchanan et al, 1983]*

2. Представление знаний

Представление знаний — еще одна функция экспертной системы. Теория представления знаний — это отдельная область исследований, тесно связанная с философией формализма и когнитивной психологией. Предмет исследования в этой области — методы ассоциативного хранения информации, подобные тем, которые существуют в мозгу человека. При этом основное внимание, естественно, уделяется логической, а не биологической стороне процесса, опуская подробности физических преобразований.

Представление знаний в ЭС должно каким-то образом "стандартизировать" семантическое разнообразие человеческого языка.

Функции экспертных систем

3. Управление процессом поиска решения

При проектировании экспертной системы серьезное внимание должно быть уделено и тому, как осуществляется доступ к знаниям и как они используются при поиске решения. Знание о том, какие знания нужны в той или иной конкретной ситуации, и умение ими распорядиться — важная часть процесса функционирования экспертной системы. Такие знания получили наименование *метазнаний* — т.е. знаний о знаниях. Решение нетривиальных проблем требует и определенного уровня *планирования* и *управления* при выборе, какой вопрос нужно задать, какой тест выполнить, и т.д.

Использование разных стратегий перебора имеющихся знаний, как правило, оказывает довольно существенное влияние на характеристики эффективности программы.

4. Разъяснение принятого решения

Задача - помочь пользователю понять структуру и функции некоторого сложного компонента программы.

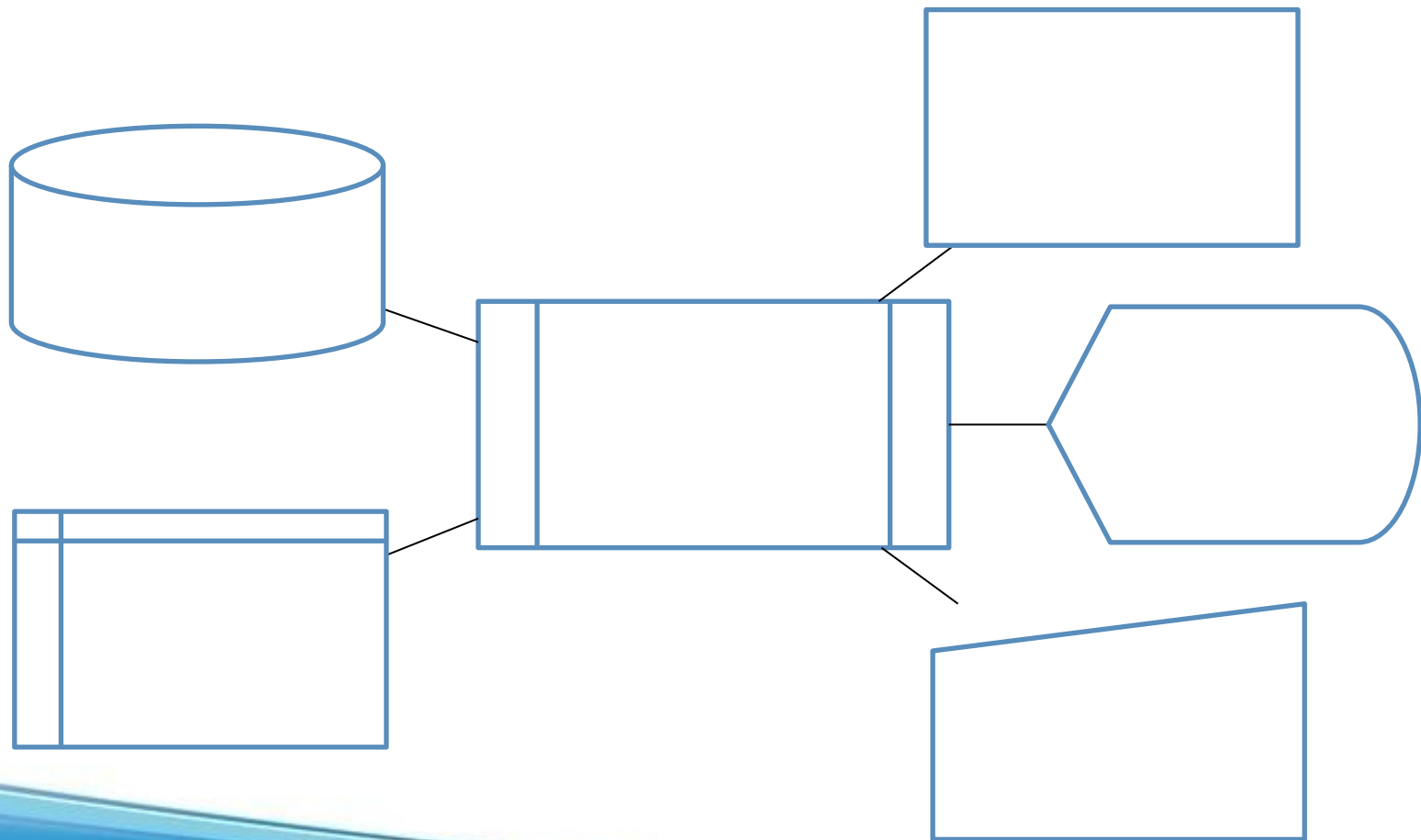
На сегодня вклад в эту область исследователей, занимающихся экспертными системами, состоит в разработке методов представления информации о поведении программы в процессе формирования цепочки логических заключений при поиске решения.

Способность системы объяснить методику принятия решения иногда называют *прозрачностью* системы.

Задачи экспертных систем

Тип задачи	Определение (адресуемые задачи)
Интерпретация	Процесс определения смысла данных (построение описаний по наблюдаемым данным)
Диагностика	Процесс обнаружения неисправностей (в технике и в живых организмах)
Слежение (мониторинг)	Непрерывная интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходах параметров за допустимые пределы
Прогнозирование	Предсказание будущих событий на базе моделей прошлого и настоящего (вывод вероятных следствий из заданных ситуаций)
Планирование	Конструирование плана, т.е. программы действий
Проектирование	Построение спецификаций на создание объектов с заранее определенными свойствами
Отладка, ремонт	Выработка рекомендаций по устранению неисправностей
Обучение	Диагностика, интерпретация, планирование, проектирование
Управление	Интерпретация, прогноз, планирование, моделирование, оптимизация выработанных решений, мониторинг

Структура экспертной системы



Структура экспертной системы

Машина логического вывода может реализовывать рассуждения в виде:

- 1) дедуктивного вывода (прямого, обратного, смешанного);
- 2) нечеткого вывода;
- 3) вероятностного вывода;
- 4) унификации (подобно тому, как это реализовано в Прологе);
- 5) поиска решения с разбиением на последовательность подзадач;
- 6) поиска решения с использованием стратегии разбиения пространства поиска с учетом уровней абстрагирования решения или понятий, с ними связанных;
- 7) монотонного или немонотонного рассуждения;
- 8) рассуждений с использованием механизма аргументации;
- 9) ассоциативного поиска с использованием нейронных сетей;
- 10) вывода с использованием механизма лингвистической переменной.

Экспертные системы

ЭС разрабатывают, если:

- разработка ЭС возможна;
- оправдана;
- методы инженерии знаний соответствуют решаемой задаче.

Разработка ЭС возможна, если:

- существуют эксперты в данной области;
- эксперты должны сходиться в оценке предлагаемого решения;
- эксперты должны уметь выразить на естественном языке и объяснить используемые методы;
- задача требует только рассуждений, а не действий;
- задача не должна быть слишком трудной, ее решение должно занимать у эксперта до нескольких часов или дней, а не недель или месяцев;
- задача должна относиться к достаточно структурированной области;
- решение не должно использовать в значительной мере здравый смысл (т.е. широкий спектр общих сведений о мире и о способе его функционирования).

Экспертные системы

Разработка ЭС оправдана, если:

- решение задачи принесет значительный эффект;
- использовать человека-эксперта невозможно из-за ограниченного количества экспертов или из-за необходимости выполнения экспертизы одновременно во многих местах;
- при передаче информации эксперту происходит значительная потеря времени или информации;
- необходимо решать задачу в окружении, враждебном человеку.

Методы инженерии знаний соответствуют задаче, если задача обладает следующими характеристиками:

- может быть естественным образом решена посредством манипуляции с символами, а не с числами;
- имеет эвристическую природу, т.е. не годится задача, которая может быть решена гарантированно с помощью некоторых формальных процедур;
- должна быть достаточно сложной, чтобы оправдать затраты, но не чрезмерно сложной;
- должна быть достаточно узкой, но практически значимой.

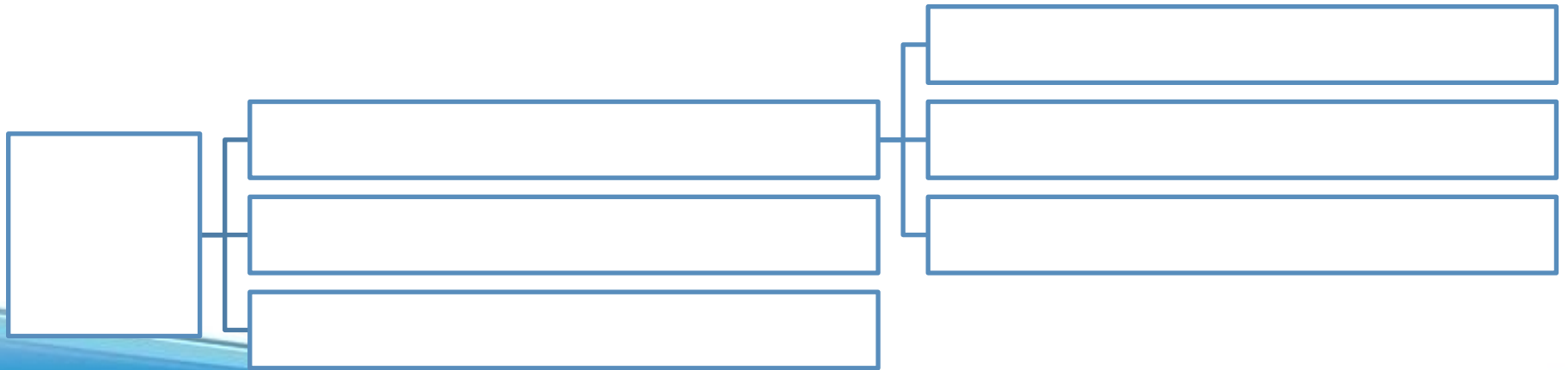
Экспертные системы

- Экспертная система работает в двух режимах — **приобретения знаний и решения задач или консультаций**.
 - В режиме приобретения знаний происходит формирование базы знаний.
 - В режиме решения задач общение с экспертной системой осуществляет конечный пользователь.
- В коллектив разработчиков экспертной системы как правило входят: **эксперт, инженер-когнитолог (специалист по знаниям), программист, пользователь (заказчик)**.

Технология разработки ЭС

Этапы разработки ЭС:

1. Идентификация (постановка задачи)
2. Концептуализация
3. Формализация
4. Выполнение
5. Тестирование
6. Опытная эксплуатация
7. Модификация



Экспертные системы

Инструментальные средства создания экспертных систем

- Среди инструментальных средств для создания ЭС наиболее популярны:
- языки программирования, как LISP и PROLOG,
- экспертные системы-оболочки - программные продукты, обладающие удобными средствами представления знаний для определенных предметных областей. Некоторые известные оболочки ЭС:
 - CLIPS (C Language Integrated Production System) — популярная оболочка для построения ЭС. CLIPS является продукционной системой. Реализация вывода реализована на алгоритме Rete - эффективном алгоритме сопоставления с образцом для продукционных систем, экспертных систем и баз знаний [Forgy Ch. A network match routine for production systems. — Working Paper, 1974.]
 - OpenCyc — динамическая ЭС с онтологической моделью и поддержкой независимых контекстов

Экспертные системы

Примеры экспертных систем:

- Ранние экспертные системы, в большинстве случаев, создавались на базе системы продукций (правил) и прямой цепочки рассуждений. Медицинская ЭС MYCIN разработана в Стэнфордском университете в середине 70-х годов для диагностики и лечения инфекционных заболеваний крови. MYCIN в настоящее время используется для обучения врачей.
- ЭС DENDRAL разработана в Стэнфордском университете в середине 60-х годов для определения топологических структур органических молекул. Система выводит молекулярную структуру химических веществ по данным масс-спектрометрии и ядерного магнитного резонанса.
- ЭС PROSPECTOR разработана в Стэнфордском университете в 1974 - 1983 годах для оценки геологами потенциальной рудоносности района. Система содержит более 1000 правил и реализована на INTERLISP. Программа сравнивает наблюдения геологов с моделями разного рода залежей руд. Программа вовлекает геолога в диалог для извлечения дополнительной информации. В 1984 году она точно предсказала существование молибденового месторождения, оцененного в многомиллионную сумму.

СППР

Системы поддержки принятия решений (СППР) (DSS, Decision Support System) - класс компьютерных систем, целью которых является помощь людям, выполняющим анализ данных (аналитикам).

- СППР - системы, обладающие средствами ввода, хранения и анализа данных, относящихся к определенной предметной области, с целью поиска решений.
- СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.
- Три основные задачи СППР:
 - Ввод данных
 - Хранение данных
 - Анализ данных
- Основой СППР является база данных.
- 12 правил реляционных баз данных Е. Кодда (1970 г.)

Три степени «интеллектуальности» СППР:

- Информационно-поисковая – СППР осуществляет поиск необходимых данных. Характерной чертой таких СППР является выполнение заранее определенных запросов
- Оперативно-аналитическая – СППР проводит группирование и обобщение данных в любом виде, необходимом аналитику. В отличие от информационно-поискового анализа в данном случае невозможно заранее предсказать необходимые аналитику запросы
- Интеллектуальная – СППР осуществляет поиск функциональных и логических закономерностей в накопленных данных, построение моделей и правил, которые объясняют найденные закономерности и прогнозируют развитие некоторых процессов.

Архитектура СППР



Литература

1. Валетов В.А., Орлова А.А., Третьяков С.Д. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем. Учебное пособие, - СПб: СПб ГУИТМО, 2008. – 134с.
2. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы : учебник для вузов / Л. Н. Ясницкий. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. — 221 с. <https://library.mirea.ru/books/53779>
3. Лапина А.В. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы». Красноярск, СФУ ИКИТ, 2012 г. – 204с.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. - М.: Вильямс, 2019. — 1408 с.
5. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии основанные на знаниях. Учебник, 2012. – 664 с.
6. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский — СПб: Питер, 2000. — 384 с.
7. Павлов С.Н. Системы искусственного интеллекта : учеб. пособие. В 2-х частях. / С. Н. Павлов. — Томск: Эль Контент, 2011. — Ч. 1. — 176 с.
8. Баргесян А.А. Методы и модели анализа данных: OLAP и DATA Mining/ Баргесян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.