

**Тема № 5. Интеллектуализация  
и поддержка принятия решений в  
геоинформатике.**

**Занятие № 8. Технологии ис-  
кусственного интеллекта.**



**Цель занятия:** студент должен получить представление о визуализации данных и результатов анализа в ГИС.



# ПЛАН ЛЕКЦИИ

## Введение

1. Понятие «искусственный интеллект».
  2. Экспертные системы.
  3. Нейронные сети и ГИС.
  4. Заключение.
- 
- A decorative teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

# Список литературы

1. Капралов, Е.Г. Основы геоинформатики. В двух книгах. [Текст] / Е. Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.А. Тикуннов / Под ред. В.С. Тикунова. – М.: Академия, 2004. Книга 2, гл. 15, 16.



# ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

**1. Технология искусственного интеллекта и экспертные системы.**



# ВВЕДЕНИЕ

**ГИС способны не только визуализировать данные, но и анализировать их, получая новые знания о явлениях и объектах, имеющих пространственные атрибуты. Особенно большие возможности в данном направлении возникают, если в ГИС включены программные средства, базирующиеся на технологиях искусственного интеллекта, которым и посвящена лекция.**

# 1. Понятие «искусственный интеллект»

**Искусственный интеллект – многогранное понятие.**

**Искусственный интеллект - «кибернетические системы, моделирующие некоторые стороны интеллектуальной деятельности человека»**  
**[Советский энциклопедический словарь].**



**С другой стороны, искусственный интеллект - «способность вычислительной машины моделировать процесс мышления за счет выполнения функций, которые обычно связывают с человеческим интеллектом» [Основы геоинформатики, под ред. В.С. Тикунова].**

A stylized teal silhouette of a mountain range is located at the bottom right of the slide, extending from the right edge towards the center.

Кроме того, **искусственный интеллект** - «раздел информатики, изучающий методы, способы и приёмы моделирования и воспроизведения с помощью ЭВМ разумной деятельности человека, связанной с решением **задач**» [Математический энциклопедический словарь].

A stylized teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**Термин «искусственный интеллект» был предложен в 1956 г. на семинаре с аналогичным названием в Стенфордском университете (США).**

**С 1969 г. начали создаваться **экспертные системы** - первый коммерчески значимый продукт в области искусственного интеллекта.**



За последние 15 лет разработан целый класс методов анализа многомерных данных, получивших название «нейросетевые методы». Эти методы применимы не только для анализа данных, но и для построения моделей процессов, разворачивающихся в многомерных пространствах.



**Применение таких средств искусственного интеллекта (ИИ), как **экспертные системы** и **нейронные сети**, позволяет решать на компьютерах различные практически важные задачи.**

**Оба развитых направления ИИ мы рассмотрим на лекции.**

A decorative teal-colored silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

## **2. Экспертные системы**

### ***А. Определение и функция экспертной системы (ЭС)***

**Экспертная система - система искусственного интеллекта, использующая знания из сравнительно узкой предметной области для решения возникающих в ней задач, так, как это делал бы эксперт-человек, то есть в процессе диалога с заинтересованным лицом, поставляющим необходимые сведения по конкретному вопросу».**

**ЭС используются для решения так называемых неформализованных задач, характеризующихся следующими особенностями:**

- задачи не могут быть выражены в числовой форме;**

- цели нельзя выразить в терминах точно определенной целевой функции;**



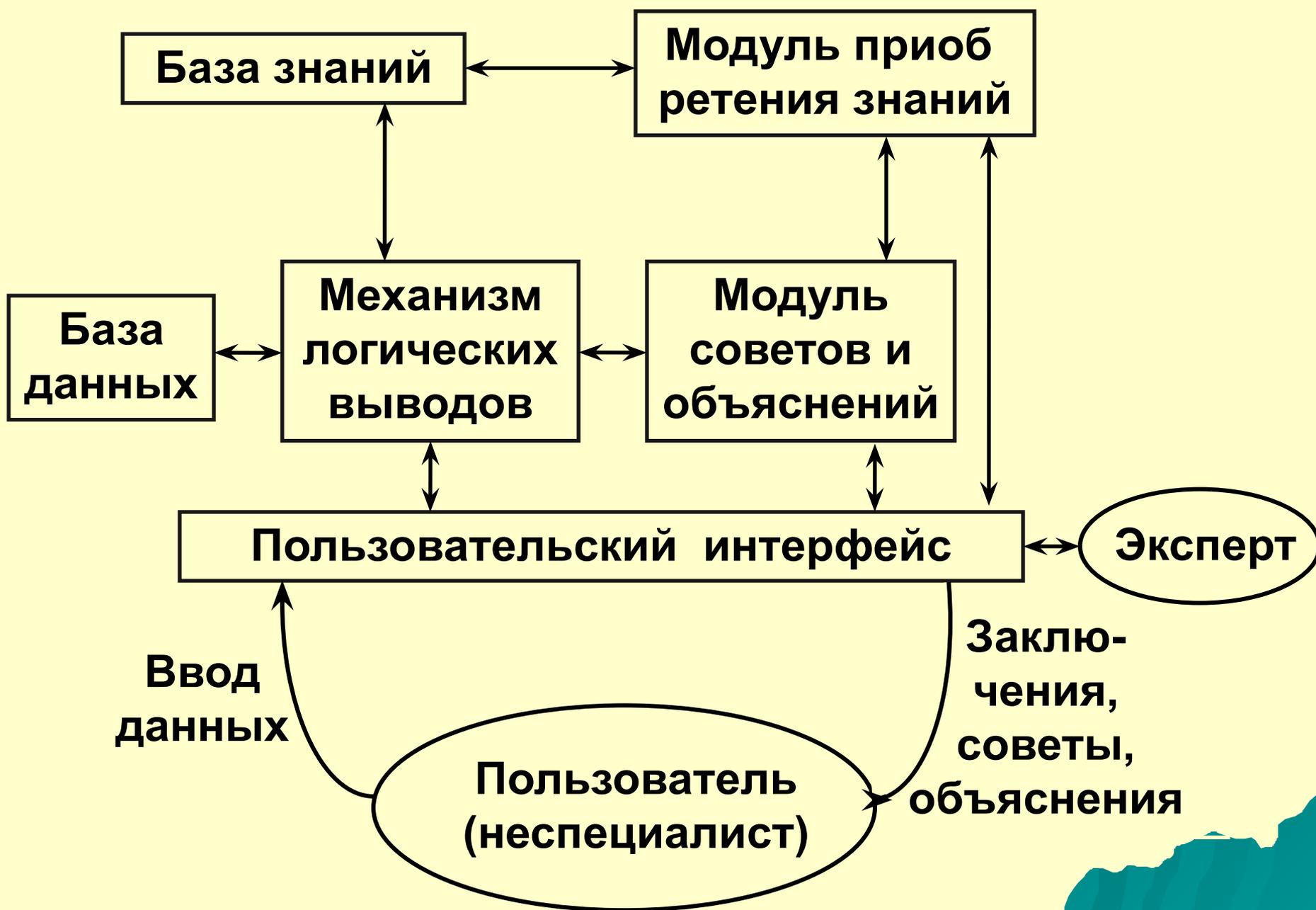
- не существует алгоритмического решения задач;**
- исходные данные неполные, неточные, неоднозначные, противоречивые;**
- знания о процессе решения задачи также неполные, неточные, неоднозначные, противоречивые.**



## ***В. Базовая структура экспертной системы***

**Основу ЭС составляет база знаний о предметной области, которая накапливается в процессе построения и эксплуатации системы. Накопление и организация знаний - важнейшее свойство всех ЭС.**

**Схема упрощенной базовой структуры ЭС показана на рис. 1.**



**Рис. 1. Базовая структура экспертной системы**

**При традиционном процедурном программировании вычислительной системе необходимо указать, что и как она должна сделать. Специфика ЭС состоит в том, что используются механизмы автоматического рассуждения (вывода) и «слабые методы»: поиск и эвристика.**

A decorative teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**В ЭС, способных самообучаться на основе накопленного опыта, анализа, контроля и принятия решений в процессе исследования явлений реального мира, появляются как бы знания второго уровня или метазнания. Существует несколько способов описания знаний.**

A decorative teal-colored silhouette of a mountain range is located at the bottom right of the page.

В так называемых **фреймовых моделях** фиксируется жесткая структура информационных единиц, которая называется **протофреймом**. В общем виде она выглядит следующим образом: {Имя фрейма:

Имя слота 1 (значение слота 1).

Имя слота 2 (значение слота 2).

.....

Имя слота K (значение слота K)}.

**Значением слота может что угодно (числа или математические соотношения, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов). В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет во фреймовых представлениях реализовать «принцип матрешки».**



При конкретизации фрейма ему и слотам присваиваются конкретные имена и происходит заполнение слотов. Таким образом, из протофреймов получаются **фреймы-экземпляры**.



**Рассмотрим суть фреймового представления знаний на примере оценки состояния природной среды.**

**Образуем протофрейм:**

**{Состояние природной среды:**

**выбросы вредных веществ в атмосферу (значение слота 1),**

**загрязнение подземных и поверхностных вод (значение слота 2),**



**состояние геологической среды  
(значение слота 3),**

**состояние почвенного покрова (зна-  
чение слота 4),**

**состояние растительного и живот-  
ного мира (значение слота 5)**

.....}



**В качестве слота могут использоваться сложные структуры, включая иерархию слотов более низкого порядка.**

**Так, в слот «выбросы вредных веществ в атмосферу» можно включить «состояние атмосферы», который, в свою очередь, будет характеризоваться «скоростью ветра», «распределением температур» и т. д.**



**В *продукционных моделях*, наиболее распространенных в настоящее время, знания представляются в виде правил вида:**

**(i); P;A  $\rightarrow$  B;Q,**

**где i - имя продукции, с помощью которого данная продукция выделяется из всего множества продукций.**



**В качестве имени может выступать некоторая лексема, отражающая суть данной продукции (например, «размещение завода в пункте (i)») или порядковый номер продукции в их множестве, хранящемся в памяти системы.**

A stylized teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

Основным элементом продукции является ее ядро:  $A \rightarrow B$ .

Интерпретация ядра продукции может быть различной и зависит от того, что стоит слева и справа от знака секвенции. Обычное прочтение ядра продукции выглядит так: *ЕСЛИ*  $A$ , *ТО*  $B$ , более сложные конструкции ядра допускают в правой части альтернативный выбор, например *ЕСЛИ*  $A$ , *ТО*  $B_1$ , *ИНАЧЕ*  $B_2$ .

**Элемент  $P$  - условие применимости ядра продукции. Обычно  $P$  представляет собой логическое выражение (как правило предикат). Когда  $P$  принимает значение «истина», ядро продукции активизируется. Если  $P$  «ложно», то ядро продукции не может быть использовано.**



**Элемент  $N$  описывает постусловия  
производства. Они актуализируются  
только в случае, если ядро производства  
реализовалось. Постусловия произ-  
водства описывают действия и процеду-  
ры, которые необходимо выполнить  
после реализации  $B$ . Выполнение  $N$   
может происходить сразу после ре-  
ализации ядра производства.**



**При использовании продукционных моделей у систем, основанных на знаниях, имеются возможности:**

- применения простого и точного механизма использования знаний;**
- представления знаний с высокой однородностью, описываемых по единому синтаксису.**



**Программные средства, оперирующие со знаниями, представленными правилами, получили название продукционных систем (или систем продукции) и впервые были предложены Постом в 1941 г.**



**Рассмотрим пример применения «продукции». Допустим, требуется найти место для размещения завода (А) по производству алюминия (объем производства - 100 тыс. т в год). Для этого желательно выполнение следующих условий:**

**$P_1$  - залежи бокситов удалены не более чем на 500 км;**

**$P_2$  - добыча бокситов не менее 400 тыс. т в год;**

**$P_3$  - производство из бокситов не менее 200 тыс. т глинозема;**

**$P_4$  - наличие значительных энергоресурсов;**

**$P_5$  - район размещения завода - Северный Кавказ;**

**$P_6$  - город, где будет завод, должен обеспечить полное укомплектование персоналом (700 человек).**



**«Продукция», описывающая ситуацию для пункта (i), такова:**

**(i);  $P \& P_6(N > 700)$ ,  $A \rightarrow B, Q$ , где  $P$  определяет выполнение первых пяти условий размещения предприятия;  $P_6$  определит достаточно ли свободных трудовых ресурсов.  $B$  фиксирует пригодность пункта (i) для размещения завода, а  $Q$  определяет условия в связи с тем, что в пункте i будет завод.**

Применение «продукции» упрощает диалог и объяснение пользователю, почему принято то или иное решение.

Важной особенностью экспертных систем является возможность работать с «нечеткими» данными и с «нечеткими» знаниями. Для этого применяются понятия *нечеткой логики*.

A decorative teal silhouette of a mountain range is located at the bottom right of the slide.

***Нечеткая логика*** была введена Л. А. Заде в 60-х годах как способ моделирования неопределенностей естественного языка. Человеческий способ рассуждений, опирающийся на естественный язык, не может быть описан в рамках традиционных математических формализмов, которым присуща строгая однозначность интерпретации, так как всё, что связано с использованием естественного языка, имеет многозначную интерпретацию.

**Прагматическая цель Заде – создать аппарат, способный моделировать человеческие рассуждения и объяснять человеческие приемы принятия решений в ходе решения различных задач, привлекла многочисленных прикладников.**



**Идеи Л.А. Заде и его последователей применяются при создании систем, понимающих тексты на естественном языке, планирующих систем, опирающихся на неполную информацию, при обработке зрительных сигналов, при управлении техническими, социальными и экономическими системами.**

A stylized teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

Другим важным элементом экспертной системы является **механизм логических выводов (машина вывода)**.

В ответ на запрос система способна строить логические выводы и на их основе приходиться к заключениям. Здесь проверяется выполнимость условий конкретной ситуации по отношению к имеющимся правилам и подбирается путь их удовлетворения.

**Процедуру получения выводов путем анализа фреймов, или «продукций», называют прямой стратегией. В случае, если человек выдвигает гипотезы, а ЭВМ их проверяет (что проще для машины), мы переходим к обратной стратегии. Используются и смешанные стратегии, когда машина выдает ряд вариантов решения, а экспертная система, выбрав из них какое-нибудь одно, анализирует его с помощью обратной стратегии.**

# *Модуль приобретения знаний*

**проверяет непротиворечивость вновь поступающих сведений имевшимся правилам. Достигается это путем проверки семантической непротиворечивости, а также автоматическим тестированием.**



***Модуль советов и объяснений (система объяснений)*** используется для разъяснения пользователю того, как экспертная система пришла к тому или иному конкретному выводу. Причем, в процессе работы, пользователь может задавать дополнительные вопросы о получении промежуточных результатов, уточнять цели, инспектировать правила с точки зрения их согласования между собой, соответствия поставленным целям и др.

## ***В. Применение экспертных систем.***

**Экспертные системы могут применяться для обучения отдельным географическим дисциплинам с использованием опыта наиболее известных преподавателей, служить в качестве «интеллектуального интерфейса» для связи, например, с вычислительными пакетами программ, с которыми пользователь мало знаком.**



**Экспертные системы могут использоваться для оценки возможности экологически безопасного размещения того или иного промышленного производства.**

**При формировании заключения экспертная система учитывает как применяемые технологии производства, так и комплекс природных и антропогенных факторов: климатических, геологических, геохимических, демографических и т. п.**



**Экспертные системы могут быть полезны при мониторинге состояний природной среды и их изменений, для семантического анализа массивов информации и подборе фактов, подтверждающих или отвергающих ранее выдвинутые гипотезы оценки проблемных экологических ситуаций.**



**Задачей муниципальных и региональных органов управления территорией будущего строительства, является предварительная экологическая экспертиза возможности осуществления строительства по предложенному проекту без ущерба природной среде.**



**Для этих целей можно использовать государственную экологическую экспертизу, однако большие компетентные экспертные группы организуются, как правило, для рассмотрения только крупных проектов, организация их сложна, экспертиза занимает длительное время.**



**Вторым вариантом проведения экологической экспертизы является использование экспертных систем в отсутствии методических разработок и недостаточного уровня компетентности людей, принимающих решения. Основой рассматриваемой экспертной системы является база знаний, составленная из правил. Правила представляют собой «продукции», задаваемые, выражениями «если - то».**

**Примером служит правило:**

***ЕСЛИ:*** 1) число дней с туманами не более 40 дней в году, 2) количество осадков в год более 400 мм, 3) количество твердых осадков более 50%, ***ТО:*** перейти к анализу геохимических параметров.

A stylized teal silhouette of a mountain range is located at the bottom right of the slide.

**Знания экспертной системы могут возрастать за счёт видоизменения правил и расширения их числа. В ходе своей работы система последовательно проверяет ряд имеющихся в ее распоряжении гипотез (пример гипотезы: «невозможно строительство промышленного объекта из-за особенностей рельефа местности»).**

A stylized teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**Проверка гипотезы осуществляется путем задания пользователю вопросов об особенностях региона и промышленного объекта (особенности рельефа, метеорологические характеристики, геохимические свойства, размеры промышленного центра и т. д.).**



**Вопросы сопровождаются предъ-  
явлением на экране компьютера поль-  
зователю списка вариантов ответа.  
Пользователь выбирает тот или иной  
ответ из предложенного списка. Если  
пользователь не уверен в правиль-  
ности своего ответа он может не  
отвечать на вопрос; в этом случае  
система попытается компенсировать  
отсутствие информации предъявле-  
нием дополнительных вопросов о  
других параметрах.**

**Пользователь также может попросить систему объяснить ему причину постановки того или иного вопроса; в качестве пояснения на компьютера выдается правило, попытка применения которого привела к заданию соответствующего вопроса.**

A decorative teal-colored silhouette of a mountain range is located at the bottom right of the page.

**Если важно графическое пояснение некоторых вопросов, то пользователь может обратиться к «подсказке» (клавиша HELP). В этом случае наряду с текстовым описанием приводятся картинки или фрагменты карт, дающие пояснения.**

A decorative teal-colored silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**В экспертной системе также может быть реализован режим работы, при котором осуществляется проверка гипотезы, заданной самим пользователем, которая может быть подтверждена или отвергнута.**

**Важным компонентом экспертной системы является подсистема объяснений, демонстрирующая пользователю путь («цепочку» правил), который привел к тому или иному заключению.**

# 3. Нейронные сети и ГИС

## *А. Два типа компьютеров*

**Современные компьютеры устроены по так называемой схеме фон Неймана, реализующей быстрые последовательности большого числа бинарных операций. Такой подход был обусловлен структурой математики первой половины XX в., когда высшие разделы математики опирались на арифметику, а та на бинарную логику.**

**Основной альтернативой подходу фон Неймана является воспроизведение принципов работы биологических нейронных сетей. Примерно в годы создания первого компьютера была создана первая нейроподобная система - персептрон Розенблатта.**

A decorative teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**Некоторое время оба направления развивались независимо, затем персептронное направление пережило кризис, и возродилось уже в 80-е годы под именем нейронных сетей, при этом на новом этапе бинарно-логический и бионический принципы начали сочетаться. Возрождение было связано с формированием обширной, ориентированной на приложения, сферы деятельности.**



**Сопоставление машины фон Неймана и биологической нейронной сети приведено в таблице 1.**



# Таблица 1. Сопоставление машины фон Неймана и биологической нейронной сети

Показатель	Машина фон Неймана	Биологическая нейронная система
Процессор	Сложный Высокоскоростной Один или несколько	Простой Низкоскоростной Большое количество
Память	Отделена от процессора Локализована Адресация не по содержанию	Интегрирована в процессор Распределенная Адресация по содержанию
Вычисления	Централизованные Последовательные Хранимые программы	Распределенные Параллельные Самообучение
Надежность	Высокая уязвимость	Живучесть
Специализация	Численные и символьные операции	Проблемы восприятия
Среда функционирования	Строго определенная Строго ограниченная	Плохо определенная Без ограничений

**Приведём некоторые характеристики мозга человека: кора головного мозга содержит около  $10^{11}$  нейронов толщиной от 2 до 3 мм с площадью поверхности около  $2,2 \text{ дм}^2$ ; каждый нейрон связан с  $10^3 - 10^4$  другими нейронами.**



**Нейроны взаимодействуют посредством короткой серии импульсов продолжительностью несколько миллисекунд (мс). Сообщение передается посредством частотно-импульсной модуляции.**

A decorative teal-colored abstract graphic located in the bottom right corner of the slide. It consists of several overlapping, jagged, mountain-like shapes that create a sense of depth and texture.

**Частота может изменяться от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем самые быстродействующие переключательные электронные схемы, тем не менее, достаточно сложные решения по восприятию информации человек принимает за 0,1 с.**

A decorative teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

## ***В. Биологический и технический нейроны***

**Оба типа нейронов реагируют на воздействие со стороны многих нейронов в зависимости от величины связей с этими нейронами. В отличие от технических нейронов реакция биологического нейрона всегда неотрицательная, причем, если воздействие на него не достигло критического уровня, то реакции нет.**



**В биологических нейронных сетях существует принципиальное внутреннее деление: нейронные сети реализуют либо рефлекторное поведение, либо мышление.**



**Нейрофизиологически рефлекторному поведению соответствует относительно короткий всплеск процессов в ответ на внешнее действие с последующим возвращением в спокойное состояние, а мышлению - длительная работа сети, нередко с весьма умеренным, но постоянным уровнем возбуждения мозга.**



**В технических системах воспроизводят в основном рефлекторное поведение, хотя возможно, что некоторые нейроалгоритмы, решающие сложные задачи, могут сопоставляться и с процессами мышления.**



## ***С. Типы технических нейросетей***

**По типу архитектуры технических нейронных сетей можно выделить однослойные, многослойные и полносвязные сети.**

**По способу обучения - обучающиеся с учителем (по образцу) и обучающиеся без учителя.**

A decorative teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**Нейронные сети, обучающиеся по образцу, используются для решения задач: классификации образов, аппроксимации функций, предсказания, управления, анализа данных, категоризация внутри класса, сжатия данных.**

**Нейронные сети, обучающиеся без образца, используются для решения задач: категоризации, анализа данных, сжатия данных, ассоциативной памяти.**



## ***D. Области применения нейросетевых ГИС***

**Интегрированные с ГИС нейронные сети позволяют решать широкий класс задач, обеспечивая эффективную поддержку принятию решений. В качестве входных и выходных данных нейронная сеть может использовать пространственно-координированные данные.**

A stylized teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide.

**Программы, созданные на основе нейросетевых алгоритмов, способны динамически модифицировать слои электронной карты, изменять характеристики существующих объектов, создавать новые объекты. В результате обработки массива имеющихся данных могут также возникать новые слои карты, в то время как существующие слои будут приобретать динамические свойства.**



**Наиболее эффективны такие программы в ситуациях, когда приходится иметь дело с большими массивами информации, хранящимися в крупных организациях, на основе которых принимаются решения. В них нуждаются специалисты, оценивающие и прогнозирующие состояние таких областей человеческой деятельности, как: рынков сбыта продукции, реальной стоимости недвижимости, загрязнения территории.**

**Планирование очередности действий при развитии территорий и их инвестиционной привлекательности, выявление зон с наиболее напряженной экологической, социальной или экономической ситуацией, анализ характеристик геологических объектов - эти и многие другие задачи уже невозможно решать на современном уровне без использования интеллектуальных геоинформационных систем.**

**Нейронные сети нашли наиболее широкое применение для анализа данных ДДЗ. Такие методы оказались тем адекватным языком, на котором можно описать правила классификации, не прибегая к точным математическим значениям, используя понятные человеку термины типа «небольшой», «значительный» и т.д.).**

A decorative teal-colored silhouette of a mountain range is located at the bottom right of the slide.

**Для классификации используются различные нейросетевые алгоритмы. В нейронной сети с обучением без образца проводится анализ цветных или черно-белых пикселей снимка без привязки к другим слоям карты, с целью выделения однородных фрагментов изображения (объектов) по тону, структуре, оттенку. Обучение по образцу полагается на доступные пространственные данные для выбранного участка территории.**



**Если известно, что выбранному фрагменту снимка соответствует, например, лесной массив с известной степенью антропогенной нарушенности, то эта информация может быть использована нейронной сетью для классификации изображения.**



**Нейронные сети все чаще используются в задаче выявления пространственно-однородных участков изображения. Эта задача является очень актуальной при разработке теоретических и методологических основ новых альтернативных систем земледелия, принципов экологически безопасного землепользования и проектов землеустройства на ландшафтной основе.**



**В транспортной отрасли нейронная сеть может помочь при анализе транспортной нагрузки и состояния транспортного полотна, выборе оптимальных коридоров для строительства новых трасс и определении приоритетов в строительстве, анализе различных стратегий проведения ремонтных работ и соответствующем распределении финансовых вложений.**



**Задачей для нейронной сети может стать оперативное принятие решения по оптимизации распределения транспортной нагрузки на автомобильные дороги в случае транспортного происшествия в определенном месте, повлекшего за собой скопление автомашин (пробку).**



## ***Е. Программное обеспечение.***

**На рынке программного обеспечения в настоящее время имеется несколько продуктов, которые созданы на основе нейросетей и ГИС.**

**Программа ScanEx-NeRIS предназначена для тематической интерпретации пространственных данных, в первую очередь данных дистанционного зондирования Земли.**



**Основным инструментом, реализованным в программе, являются нейронные сети Кохонена. Возможности пакета тематической обработки растровых изображений в программе ScanEx-NeRIS следующие:**

- оценка количества классов, требуемых для описания тематики и составления тематической карты;**
  - оценка внутренней дробности, не-однородности тематических объектов (контуров);**
- 

**- оценка распределения свойств экспертных объектов в признаковом поле модели;**

**- оценка вероятностей присутствия тематических объектов, заданных экспертом в поле признаков снимка (выделение на изображении областей с различным уровнем оценки: оптимистическим, реалистическим, пессимистическим);**

**- построение иерархических классификаций с оценкой близости классов между собой;**

- создание тематически ориентированных нейронных сетей для последующей обработки раstra с целью выявления тематических объектов;
- автотрассировка (векторизация) результатов поклассовой обработки;
- поддержка системы координат наиболее распространенных отечественных и зарубежных картографических проекций;
- экспорт растровых покрытий и векторных слоев в наиболее распространенных обменных форматах;

**Модуль Arc-SDM для ArcView - одно из свободно доступных расширений ArcView для моделирования в ГИС на основе алгоритмов нечеткой логики и нейронных сетей.**

**Процесс пространственного моделирования с использованием этого модуля состоит в построении нового тематического слоя на основе нескольких существующих слоёв.**



# **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**На занятии вы познакомились с элементами технологии искусственного интеллекта.**

