

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

---

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ АЛ- ХОРАЗМИ**

**Бекназарова Саида Сафибуллаевна**

**Мухамадиев Абдували Шукурович**

**Жаумытбаева Мехрибан Караматдин кизи**

**ИНТЕЛЛИГЕНТНЫЕ ВИДЕО СИСТЕМЫ**

учебное пособие для магистрантов специальности магистратуры

5A351002 – ВИДЕОТЕХНОЛОГИИ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия Министерством высшего и  
среднего специального образования Республики Узбекистан*

**Ташкент – 2019**

*Бекназарова Саида Сафибуллаевна,  
Мухамадиев Абдували Шукурович,  
Жаумытбаева Мехрибан Караматдин кизи*

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

# ИНТЕЛЛИ- ГЕНТНЫЕ

ВИДЕОСИСТЕМЫ

*для магистров*

СПЕЦИАЛЬНОСТИ ВИДЕОТЕХНОЛОГИИ

## **Интеллектуальные видео системы: Учебное пособие.**

Автор(ы): Бекназарова С.С., Мухамадиев А.Ш., Жаумытбаева М.К.

ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразми – Ташкент, 2019, 312 стр.

Данное учебное пособие создано на основе типовой и рабочей программы курса «Интеллектуальные видео системы».

В учебном пособии излагаются сведения о приложениях искусственного интеллекта, представлена характеристика интеллектуальных информационных систем, описываются методы нечёткого представления знаний, модели нейронных сетей, большое внимание уделяется интеллектуальному видеонаблюдению, автоматическим системам видеонаблюдения, освещаются основные аналитические алгоритмы обработки видео.

Учебное пособие предназначено для магистрантов специальности магистратуры 5А351002 – Видео технологии, а также для ученых, студентов, докторантам и преподавателям, изучающим проблематику анализа цифрового видео.

### **Рецензенты:**

- Анарова Ш. - Доктор технических наук, доцент кафедры Аудиовизуальные технологии ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразми
  
- Игнатъев Н.А. - Доктор физико-математических наук, проф. Каф. “Прикладная математика и компьютерный анализ”, НУУ.

## Содержание

	Стр
<b>Введение</b>	7
<b>ГЛАВА I. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ</b>	13
1. Основные направления исследований в области интеллектуальных информационных систем	13
2. Основные типы интеллектуальных информационных систем и их характеристика	22
3. Понятие интеллектуальной информационной технологии. Классификация интеллектуальных систем	37
4. Технологии разработки экспертных систем	53
<b>ГЛАВА II. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ. ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ.</b>	72
5. Архитектура интеллектуальных систем. Свойства знаний. Классификация знаний. Базы знаний	72
6. Модели и методы представления знаний	84
7. Организация диалога между человеком и интеллектуальной системой. Диалоговые системы, основанные на распознавании рукописного текста	111
8. Диалоговые системы, основанные на распознавании речи. Системы с биологической обратной связью. Системы с семантическим резонансом. Компьютерные Ψ-технологии и интеллектуальный подсознательный интерфейс	119
<b>ГЛАВА III. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ. СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ.</b>	131

9. Интеллектуальное видеонаблюдение. Автоматические системы видеонаблюдения	131
10. Сетевое видеонаблюдение. Сетевые видеорегистраторы.	152
11. Интеллектуальные системы видеонаблюдения. Основные аналитические алгоритмы обработки видео. Видеоаналитика и распознавание лиц.	165
12. Методы распознавания лиц. Цифровая регистрация. Передача видео на расстояние	181
13. Системы виртуальной реальности. Эффекты присутствия, деперсонализации и модификация сознания пользователя. Системы с дистанционным телекинетическим интерфейсом	206
14. Нейронные Сети. Модель искусственного нейрона. Модели нейронных сетей	218
15. Генетические алгоритмы. Методы эволюционного программирования	238
<b>Список сокращений</b>	264
<b>Глоссарий</b>	266
<b>Библиографический список</b>	272
<b>Тесты</b>	282

---

# ВВЕДЕНИЕ

---

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Прогресснемыслим без применения современных информационных технологий, представляющих собой основу экономических информационных систем (ИС).

Информационные системы в экономике имеют дело с организацией и эффективной обработкой больших массивов данных в компьютеризированных системах предприятий, обеспечивая информационную поддержку принятия решений менеджерами.

## ГЛОБАЛИЗАЦИЯ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ, РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ

электронной коммерции и формирование в Интернете доступных для анализа баз данных финансово-экономической информации, снижение стоимости программной реализации ИС, привели за последние два года к беспрецедентному росту их использования в экономике. ИС позволяют объективно оценить достигнутый уровень развития экономики, выявить резервы и обеспечить успех их деятельности на основе применения правильных решений.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Работы в области искусственного интеллекта в течение довольно длительного времени представлялись многим как причуды оторванных от реальности информантов-интеллектуалов, обучающих компьютер игре в шахматы или распознаванию сцен, или же пытающихся создать автономно ориентирующиеся в пространстве мобильные роботы.

## **Введение**

Прогресс немислим без применения современных информационных технологий, представляющих собой основу экономических информационных систем (ИС). Информационные системы в экономике имеют дело с организацией и эффективной обработкой больших массивов данных в компьютеризированных системах предприятий, обеспечивая информационную поддержку принятия решений электронной коммерции и формирование в Интернете доступных для анализа баз данных финансово-экономической информации, снижение стоимости программной реализации ИС, привели за последние два года к беспрецедентному росту их использования в экономике. ИС позволяют объективно оценить достигнутый уровень развития экономики, выявить резервы и обеспечить успех их деятельности на основе применения правильных решений.

Работы в области искусственного интеллекта в течение довольно длительного времени представлялись многим как причуды оторванных от реальности информантов-интеллектуалов, обучающих компьютер игре в шахматы или распознаванию сцен, или же пытающихся создать автономно ориентирующиеся в пространстве мобильные роботы.

Появление экспертных систем MYCIN, DENDRAL, PROSPECTOR, атак же обнадеживающие результаты их успешного применения в области медицины, технической диагностики, геофизики, управления непрерывными технологическими процессами решительно изменили ситуацию. Стало очевидным, что методы правдоподобных и дедуктивных выводов могут быть хорошим дополнением или частичной заменой специалиста, ставящего медицинский или технический диагноз и вообще принимающего решения в форме выбора одной из альтернативных гипотез на основании наблюдаемых данных.

Эти успехи стимулировали применение технологий и методов искусственного интеллекта в самых разных отраслях экономики, в

первую очередь, для анализа и диагностирования эффективности экономической деятельности предприятий, выбора эффективной стратегии поведения трейдера на рынке ценных бумаг, выбора оптимальных вариантов инвестиционных проектов в условиях неопределенности и при наличии трудно формализуемых факторов. Первые экспертные системы были оторваны от корпоративных информационных систем и строились как самостоятельные программы, имели собственную организацию хранения данных и знаний.

Поэтому их применение к реальным проблемам в сфере экономики первоначально не дало ожидаемого результата. Возникли проблемы, связанные с высокой трудоемкостью создания и реорганизации базы знаний традиционными методами интервьюирования экспертов, а также с загрузкой, хранением и актуализацией больших объемов данных, на которые не были рассчитаны эти экспертные системы [1, 2].

Новая волна и значительный эффект от применения технологии искусственного интеллекта получены в результате разработки и применения интеллектуальных информационных систем, явившихся синтезом экспертных и информационных систем. Создание ИИС стало естественным продолжением широкого применения информационных систем классического типа. Системы реинжиниринга бизнес-процессов показали возможность упорядочения информационных потоков и совершенствования структуры предприятия при внедрении информационных технологий, помогли освоить методологию разработки информационной модели предприятия. Интегрированные ИС предприятия обеспечивают информационную поддержку всех производственных процессов и служб предприятия, включая проектирование, изготовление и сбыт продукции, финансово-экономический анализ, планирование, управление персоналом, маркетинг, сопровождение эксплуатации изделий, перспективное планирование. Внедрение информационных систем типа ERP (Enterprise Resource Planing) увеличивает эффективность работы

предприятия на 20-30%. В результате появились полностью компьютеризованные информационно-технологические связи между корпорациями (системы В2В или бизнес-бизнес) и связи корпорации с клиентами (системы В2С или системы бизнес-клиент).

В настоящее время отмечается бурный рост использования систем видеонаблюдения, что объясняется широким кругом решаемых такими системами задач и постоянно увеличивающейся доступностью средств наблюдения и связи. Системы видеонаблюдения находят применение в сферах мониторинга дорожно-транспортных систем, обеспечения безопасности и правопорядка, беспилотной авиации, контроля производственных процессов, а также во многих других сферах. Их использование позволяет анализировать поведение наблюдаемых объектов, повышать эффективность их управления, надежность и качество получаемых результатов, оказывать поддержку при принятии решений.

С развитием компьютерных методов обработки визуальной информации все более привлекательными становятся интеллектуальные системы видеонаблюдения, способные в автоматическом режиме анализировать поступающую информацию. Информатизация процесса позволяет кардинально увеличить масштабы мониторинга и сократить использование человеческих ресурсов, увеличив при этом надежность и непредвзятость наблюдения.

Существенную долю интеллектуальных систем видеонаблюдения составляет дорожное наблюдение, занимающееся, среди прочего, контролем наблюдения правил дорожного движения, мониторингом загруженности дорог, обнаружением дорожно-транспортных происшествий.

Системой видеонаблюдения [21,22] называется программно-аппаратный комплекс, предназначенный для визуального контроля одного или нескольких объектов наблюдения. Система видеонаблюдения состоит из видеокамер, вычислительных блоков, осуществляющих обработку

получаемых видеоданных, хранилища данных и мониторов, отображающих весь собираемый видеопоток данных или выделенные ситуации.

Использование систем видеонаблюдения неуклонно возрастает в последнее время, что связано с широким кругом решаемых такими системами задач. Помимо простого фиксирования происходящего на видео все большую популярность набирают интеллектуальные системы видеонаблюдения [21–24], способные при помощи алгоритмов компьютерного зрения в автоматическом режиме определять «особые» ситуации, снятые на видео, а также оценивать различные характеристики объектов, участвующих в этих ситуациях. Некоторые возможности применения интеллектуальных систем видеонаблюдения:

- системы контроля проникновения на объект (дом, квартира, крупные предприятия, офисы и территории);
- системы отслеживания несанкционированного пересечения охраняемой границы большой протяженности (например, государственной границы);
- поддержка списка лиц, находящихся на объекте, через идентификацию личности людей, проникших и покинувших объект;
- системы контроля и управления доступом (СКУД) на парковках, предприятиях и прочих объектах;
- выявление подозрительного поведения на торговых площадках с целью выявления воров и мошенников;
- выявление агрессивно настроенных, нетрезвых и прочих категорий людей, потенциально опасных для окружающих;
- выявление нарушений правопорядка (разбой, вандализм, драка и другое) посредством распознавания поведения;

- обнаружение оставленных вещей на вокзалах, аэропортах и других объектах с целью предотвращения террористических актов;
- автоматический сбор статистики о перемещениях объектов, например, при трансляции командных видов спорта;
- подсчет количества людей в местах массового скопления людей (торговые центры, вокзалы, метро) с целью сбора статистики и обеспечения безопасности;
- аналитика данных, полученных от спутника или беспилотника, для поиска или отслеживания перемещения людей и техники;
- автоматическое обнаружение возгорания;
- контроль загруженности автомобильных дорог и выявление дорожно-транспортных происшествий;
- поиск угнанных автомобилей при помощи видеонаблюдения за дорогами;
- контроль процесса производства и качества выпускаемой продукции;
- контроль соблюдения правил дорожного движения.

Таким образом, интеллектуальные системы видеонаблюдения находят применение в огромном количестве сфер нашей жизни. Интеллектуальное видеонаблюдение способно значительно усилить контроль безопасности и оптимизировать выполнение производственных процессов с использованием незначительного количества человеческих ресурсов.

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

как наука существует около полувека. Первой интеллектуальной системой считается программа «Логик-Теоретик», предназначенная для доказательства теорем и исчисления высказываний

Экспериментальные работы ведутся путем составления компьютерных программ и создания машин, решающих частные интеллектуальные задачи или разумно ведущих себя в заданной ситуации.

## СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

в области искусственного интеллекта начались лишь с появлением цифрового компьютера. Работа впервые была продемонстрирована 9 августа 1956 года.

В создании программы участвовали такие известные учёные, как А. Ньюэлл, А. Тьюринг, К. Шеннон, Дж. Лоу, Г. Саймон и др.г.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

основа новой информационной технологии» : «под "искусственным интеллектом" понимается наука о том, как заставить машину делать то, что умеет делать умный человек». Интеллектуальные информационные системы проникают во все сферы нашей жизни, поэтому трудно провести строгую классификацию направлений, по которым ведутся активные и многочисленные исследования в области.

# **ГЛАВА I. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

## **1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

### **План:**

1. Понятие искусственный интеллект
2. Классификация ИИ

### **1.1. Понятие искусственный интеллект**

Искусственный интеллект (ИИ) как наука существует около полувека. Первой интеллектуальной системой считается программа «Логик–Теоретик», предназначенная для доказательства теорем и исчисления высказываний. Экспериментальные работы ведутся путем составления компьютерных программ и создания машин, решающих частные интеллектуальные задачи или разумно ведущих себя в заданной ситуации. Систематические исследования в области искусственного интеллекта начались лишь с появлением цифрового компьютера. Работа впервые была продемонстрирована 9 августа 1956 г. В создании программы участвовали такие известные учёные, как А. Ньюэлл, А. Тьюринг, К. Шеннон, Дж. Лоу, Г. Саймон и др. За прошедшее с тех пор время в области ИИ разработано великое множество компьютерных систем, которые принято называть интеллектуальными. Области их применения охватывают практически все сферы человеческой деятельности, связанные с обработкой информации.

На сегодняшний день не существует единого определения, которое однозначно описывает эту научную область. Академик Г.С. Поспелов в книге «Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии» писал [7]: «под "искусственным интеллектом" понимается наука о том, как заставить машину делать то, что умеет делать умный человек». Среди многих точек зрения на область разработок искусственного интеллекта доминируют следующие три. Согласно первой исследования в

области ИИ относятся к фундаментальным, в процессе которых разрабатываются новые модели и методы решения задач, традиционно считавшихся интеллектуальными и не поддававшихся ранее формализации и автоматизации. Согласно второй точке зрения это направление связано с новыми идеями решения задач на ПК, с разработкой новых технологий программирования и с переходом к компьютерам не фон-неймановской архитектуры. Третья точка зрения, наиболее прагматическая, основана на том, что в результате исследований, проводимых в области ИИ, появляется множество прикладных систем, способных решать задачи, для которых ранее создаваемые системы были непригодны. По последней трактовке ИИ является экспериментальной научной дисциплиной, в которой роль эксперимента заключается в проверке и уточнении интеллектуальных систем, представляющих собой аппаратно-программные информационные комплексы.

Интеллектуальная система (ИС) – автоматизированная система, основанная на знаниях, или комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке.

Кроме того, информационно-вычислительными системами с интеллектуальной поддержкой для решения сложных задач называют те системы, в которых логическая обработка информации превалирует над вычислительной.

Таким образом, любая информационная система, решающая интеллектуальную задачу или использующая методы искусственного интеллекта, относится к интеллектуальным.

Исследователи, работающие в этом направлении, надеются достичь такого понимания механизмов интеллекта, при котором можно будет составлять компьютерные программы с человеческим или более высоким уровнем интеллекта. Общий подход состоит в разработке методов решения

задач, для которых отсутствуют формальные алгоритмы: понимание естественного языка, обучение, доказательство теорем, распознавание сложных образов и т.д. Теоретические исследования направлены на изучение интеллектуальных процессов и создание соответствующих математических моделей.

## **1.2. Классификация ИИ**

Интеллектуальные информационные системы проникают во все сферы нашей жизни, поэтому трудно провести строгую классификацию направлений, по которым ведутся активные и многочисленные исследования в области (ИИ). Рассмотрим кратко некоторые из них.

**1. Разработка интеллектуальных информационных систем или систем, основанных на знаниях.** Это одно из главных направлений ИИ. Основной целью построения таких систем являются выявление, исследование и применение знаний высококвалифицированных экспертов для решения сложных задач, возникающих на практике. При построении систем, основанных на знаниях (СОЗ), используются знания, накопленные экспертами в виде конкретных правил решения тех или иных задач. Это направление преследует цель имитации человеческого искусства анализа неструктурированных и слабоструктурированных проблем [9]. В данной области исследований осуществляется разработка моделей представления, извлечения и структурирования знаний, а также изучаются проблемы создания баз знаний (БЗ), образующих ядро СОЗ. Частным случаем СОЗ являются экспертные системы (ЭС).

**2. Разработка естественно-языковых интерфейсов и машинный перевод.** Проблемы компьютерной лингвистики и машинного перевода разрабатываются в ИИ с 50-х гг. прошлого столетия. Системы машинного перевода с одного естественного языка на другой обеспечивают быстроту и систематичность доступа к информации, оперативность и единообразие перевода больших потоков, как правило, научно-технических текстов [6]. Системы машинного перевода строятся как

интеллектуальные системы, поскольку в их основе лежат БЗ в определённой предметной области и сложные модели, обеспечивающие дополнительную трансляцию «исходный язык оригинала – язык смысла – язык перевода».

Они базируются на структурно-логическом подходе, включающем последовательный анализ и синтез естественно-языковых сообщений.

Кроме того, в них осуществляется ассоциативный поиск аналогичных фрагментов текста и их переводов в специальных базах данных (БД). Данное направление охватывает также исследования методов и разработку систем, обеспечивающих реализацию процесса общения человека с компьютером на естественном языке (так называемые системы ЕЯ-общения) [6].

**3. Генерация и распознавание речи.** Системы речевого общения создаются в целях повышения скорости ввода информации в ПК, разгрузки зрения и рук, а также для реализации речевого общения на значительном расстоянии. В таких системах под текстом понимают фонемный текст (как слышится).

**4. Обработка визуальной информации.** В этом научном направлении решаются задачи обработки, анализа и синтеза изображений [6]. Задачи обработки, анализа и синтеза изображений. Задача обработки изображений связана с трансформированием графических образов, результатом которого являются новые изображения. В задаче анализа исходные изображения преобразуются в данные другого типа, например, в текстовые описания. При синтезе изображений на вход системы поступает алгоритм построения изображения, а выходными данными являются графические объекты.

**5. Обучение и самообучение.** Эта актуальная область ИИ включает модели, методы и алгоритмы, ориентированные на автоматическое накопление и формирование знаний с использованием процедур анализа и обобщения данных. Включает обучение по примерам (или индуктивное), а также традиционные подходы из теории распознавания образов.

В последние годы к этому направлению тесно примыкают стремительно развивающиеся системы data mining – интеллектуального анализа данных и knowledge discovery – поиска закономерностей в базах данных.

**6. Распознавание образов.** Традиционно – одно из направлений искусственного интеллекта, берущее начало у самых его истоков, но в настоящее время практически выделившееся в самостоятельную науку. Ее основной подход – описание классов объектов через определенные значения значимых признаков. Каждому объекту ставится в соответствие матрица признаков, по которой происходит его распознавание. Процедура распознавания использует чаще всего специальные математические процедуры и функции, разделяющие объекты на классы. Это направление близко к машинному обучению и тесно связано с нейрокибернетикой.

**7. Игры и машинное творчество.** Это, ставшее скорее историческим, направление связано с тем, что на заре исследований ИИ традиционно включал в себя игровые интеллектуальные задачи – шахматы, шашки. В основе первых программ лежит один из ранних подходов – лабиринтная модель мышления и эвристики. Сейчас это скорее коммерческое направление, так как в научном плане эти идеи считаются тупиковыми. Кроме того, это направление охватывает сочинение компьютером музыки, стихов, сказок и даже афоризмов. Основным методом подобного «творчества» является метод пермутаций (перестановок), а также использование некоторых баз знаний и данных, содержащих результаты исследований по структурам текстов, рифм, сценариям и т. п.

**8. Программное обеспечение систем ИИ.** Инструментальные средства для разработки интеллектуальных систем включают в себя:

- специальные языки программирования, ориентированные на обработку символьной информации (Lisp, Smalltalk, Рефал);
- языки логического программирования (Prolog);

- языки представления знаний (Ops 5, Krl, Frl);
- интегрированные программные среды, содержащие арсенал инструментальных средств создания систем ИИ (Ke, Arts, Guru, G2);
- оболочки экспертных систем (Build, Emycin, Exsys Professional, Эксперт), которые позволяют создавать прикладные ЭС, не прибегая к программированию.

**9. Новые архитектуры компьютеров.** Это направление связано с созданием компьютеров не-фон-неймановской архитектуры, ориентированных на обработку символьной информации. Поэтому усилия многих научных коллективов и фирм уже десятки лет нацелены на разработку аппаратных архитектур, предназначенных для обработки символьных и логических данных. Создаются Пролог- и Лисп машины, компьютеры V и VI поколений.

**10. Интеллектуальные роботы.** Идея создания роботов далеко не нова. Само слово «робот» появилось в 20-х годах прошлого столетия как производное от чешского «робота» – тяжелой грязной работы. Его автор – чешский писатель Карел Чапек, описавший роботов в своем рассказе. Роботы – это электротехнические устройства, предназначенные для автоматизации человеческого труда.

Можно условно выделить несколько поколений в истории создания и развития робототехники.

**I поколение. Роботы с жесткой схемой управления.** Практически все современные промышленные роботы принадлежат к первому поколению. Фактически это **программируемые манипуляторы.**

**II поколение. Адаптивные роботы с сенсорными устройствами.** Есть образцы таких роботов, но в промышленности они пока используются мало.

**III поколение. Самоорганизующиеся, или интеллектуальные, роботы.** Создание интеллектуальных роботов составляет конечную цель

робототехники. В настоящее время в основном используются программируемые манипуляторы с жесткой схемой управления.

ИИ – междисциплинарная наука, которая вбирает в себя много смежных наук. Стоит взглянуть на основные рубрикаторы конференций по ИИ, чтобы понять, насколько широко простирается область исследований по ИИ:

- генетические алгоритмы;
- когнитивное моделирование;
- интеллектуальные интерфейсы;
- распознавание и синтез речи;
- дедуктивные модели;
- многоагентные системы;
- онтологии;
- менеджмент знаний;
- логический вывод;
- формальные модели;
- мягкие вычисления и многое другое.

Несмотря на очевидные успехи отдельных разработок, эра интеллектуальных автономных роботов пока не наступила. Основными сдерживающими факторами в разработке автономных роботов являются нерешенные проблемы в области интерпретации знаний, машинного зрения, адекватного хранения и обработки трехмерной визуальной информации.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Перечислите основные направления исследований ИИ.
2. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Разработка интеллектуальных информационных систем, основанных на знаниях задачи, относящейся к интеллектуальным задачам».
3. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Разработка естественно-языковых интерфейсов и машинный перевод».
4. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Обработка визуальной информации».
5. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Распознавание образов».
6. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Игры и машинное творчество».
7. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Программное обеспечение систем ИИ».
8. Охарактеризуйте следующее направление ИИ: «Интеллектуальные роботы».

***Ключевые слова :** интеллектуальные информационные системы исследований ИИ, естественно-языковые интерфейсы, машинный перевод, визуальная информация, распознавание образов, игры и машинное творчество, программное обеспечение систем ИИ.*

# ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

основана  
на концепции использования  
базы  
знаний для генерации  
алгоритмов решения  
прикладных задач  
различных  
классов в зависимости  
от конкретных  
информационных  
потребностей пользователей

Для ИИС  
характерны следующие  
признаки:

- развитые  
коммуникативные  
способности;
- умение решать сложные  
плохо формализуемые  
задачи;
- способность к  
самообучению;
- адаптивность.

## СИСТЕМЫ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Применение  
ИИ для усиления коммуникативных  
способностей  
информационных систем привело  
к появлению систем  
с интеллектуальным интерфейсом,  
среди которых можно выделить  
следующие типы:

- Интеллектуальные базы  
данных
- Естественно-языковой  
интерфейс

## СИСТЕМЫ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

- Системы контекстной  
помощи
- Системы когнитивной  
графики
- Экспертные системы
- Мультиагентные системы

## **2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА**

### **План:**

1. Типы интеллектуальных информационных систем
2. Основные классы экспертных систем

### **2.1. Типы интеллектуальных информационных систем**

Интеллектуальная информационная система (ИИС) основана на концепции использования базы знаний для генерации алгоритмов решения прикладных задач различных классов в зависимости от конкретных информационных потребностей пользователей. Для ИИС характерны следующие признаки [12]: – развитые коммуникативные способности; – умение решать сложные плохо формализуемые задачи; – способность к самообучению; – адаптивность. Каждому из перечисленных признаков условно соответствует свой класс ИИС. Различные системы могут обладать одним или несколькими признаками интеллектуальности с различной степенью проявления. Средства ИИ могут использоваться для реализации различных функций, выполняемых ИИС. На рисунке 2.1 приведена классификация ИИС, признаками которой являются следующие интеллектуальные функции: –коммуникативные способности – способ взаимодействия конечного пользователя с системой;

– решение сложных плохо формализуемых задач, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, характеризующейся неопределённостью и динамичностью исходных данных и знаний;

– способность к самообучению – умение системы автоматически извлекать знания из накопленного опыта и применять их для решения задач;

– адаптивность – способность системы к развитию в соответствии с объективными изменениями области знаний.



**Рисунок 2.1. Классификация интеллектуальных информационных систем**

## 2.2. Основные классы экспертных систем

Системы с интеллектуальным интерфейсом. Применение ИИ для усиления коммуникативных способностей информационных систем привело к появлению систем с интеллектуальным интерфейсом, среди которых можно выделить следующие типы.

1. **Интеллектуальные базы данных.** Позволяют в отличие от традиционных БД обеспечивать выборку необходимой информации, не присутствующей в явном виде, а выводимой из совокупности хранимых данных.

2. **Естественно-языковой интерфейс.** Применяется для доступа к интеллектуальным базам данных, контекстного поиска документальной текстовой информации, голосового ввода команд в системах управления, машинного перевода с иностранных языков. Для реализации ЕЯ-интерфейса необходимо решить проблемы морфологического, синтаксического и семантического анализа, а также задачу синтеза высказываний на естественном языке. При морфологическом анализе осуществляются распознавание и проверка правильности написания слов в словаре.

Синтаксический контроль предполагает разложение входных сообщений на отдельные компоненты, проверку соответствия грамматическим правилам внутреннего представления знаний и выявление недостающих частей. Семантический анализ обеспечивает установление смысловой правильности синтаксических конструкций. В отличие от анализа синтез высказываний заключается в преобразовании цифрового представления информации в представление на естественном языке.

3. **Гипертекстовые системы.** Используются для реализации поиска по ключевым словам в базах данных с текстовой информацией. Для более полного отражения различных смысловых отношений терминов требуется сложная семантическая организация ключевых слов. Решение этих задач осуществляется с помощью интеллектуальных гипертекстовых систем, в которых механизм поиска сначала работает с базой знаний ключевых слов,

а затем – с самим текстом. Аналогичным образом проводится поиск мультимедийной информации, включающей кроме текста графическую информацию, аудио- и видео образы.

4. **Системы контекстной помощи.** Относятся к классу систем распространения знаний. Такие системы являются, как правило, приложениями к документации. Системы контекстной помощи – частный случай гипертекстовых и ЕЯ-систем. В них пользователь описывает проблему, а система на основе дополнительного диалога конкретизирует её и выполняет поиск относящихся к ситуации рекомендаций. В обычных гипертекстовых системах, наоборот, компьютерные приложения навязывают пользователю схему поиска требуемой информации.

5. **Системы когнитивной графики.** Ориентированы на общение с пользователем ИИС посредством графических образов, которые генерируются в соответствии с изменениями параметров моделируемых или наблюдаемых процессов. Когнитивная графика позволяет в наглядном и выразительном виде представить множество параметров, характеризующих изучаемое явление, освобождает пользователя от анализа тривиальных ситуаций, способствует быстрому освоению программных средств и повышению конкурентоспособности разрабатываемых ИИС. Применение когнитивной графики особенно актуально в системах мониторинга и оперативного управления, в обучающих и тренажёрных системах, в оперативных системах принятия решений, работающих в режиме реального времени.

6. **Экспертные системы.** Экспертные системы как самостоятельное направление в искусственном интеллекте сформировалось в конце 1970-х гг. История ЭС началась с сообщения японского комитета по разработке ПК пятого поколения, в котором основное внимание уделялось развитию «интеллектуальных способностей» компьютеров с тем, чтобы они могли оперировать не только данными, но и знаниями, как это делают специалисты (эксперты) при выработке умозаключений. Группа по экспертным системам

при Комитете British Computer Society определила ЭС как «воплощение в ПК компоненты опыта эксперта, основанной на знаниях, в такой форме, что машина может дать интеллектуальный совет или принять решение относительно обрабатываемой функции». Одним из важных свойств ЭС является способность объяснить ход своих рассуждений понятным для пользователя образом [15].

Область исследования ЭС называют «инженерией знаний». Этот термин был введён Е. Фейгенбаумом и в его трактовке означает «привнесение принципов и инструментария из области искусственного интеллекта в решение трудных прикладных проблем, требующих знаний экспертов». Другими словами, ЭС применяются для решения неформализованных проблем, к которым относят задачи, обладающие одной (или несколькими) из следующих характеристик:

- задачи не могут быть представлены в числовой форме;
- исходные данные и знания о предметной области обладают неоднозначностью, неточностью, противоречивостью;
- цели нельзя выразить с помощью чётко определённой целевой функции;
- не существует однозначного алгоритмического решения задачи;
- алгоритмическое решение существует, но его нельзя использовать по причине большой размерности пространства решений и ограничений на ресурсы (времени, памяти).

Главное отличие ЭС и систем искусственного интеллекта от систем обработки данных состоит в том, что в них используется символьный, а не числовой способ представления данных, а в качестве методов обработки информации применяются процедуры логического вывода и эвристического поиска решений.

ЭС охватывают самые разные предметные области, среди которых лидируют бизнес, производство, медицина, проектирование и системы управления [4, 6, 11, 12, 15, 17].

Во многих случаях ЭС являются инструментом, усиливающим интеллектуальные способности эксперта.

Для классификации ЭС используются следующие признаки:

- способ формирования решения;
- способ учёта временного признака;
- вид используемых данных и знаний;
- число используемых источников знаний.

По способу формирования решения ЭС можно разделить на анализирующие и синтезирующие. В системах первого типа осуществляется выбор решения из множества известных решений на основе анализа знаний, в системах второго типа решение синтезируется из отдельных фрагментов знаний.

В зависимости от способа учёта временного признака ЭС делят на статические и динамические. Статические ЭС предназначены для решения задач с неизменяемыми в процессе решения данными и знаниями, а динамические ЭС допускают такие изменения.

По видам используемых данных и знаний различают ЭС с детерминированными и неопределёнными знаниями. Под неопределённостью знаний и данных понимаются их неполнота, ненадёжность, нечёткость.

ЭС могут создаваться с использованием одного или нескольких источников знаний.

В соответствии с перечисленными признаками можно выделить четыре основных класса ЭС (рис. 2.2): классифицирующие, доопределяющие, трансформирующие и мультиагентные [12].

Классифицирующие ЭС решают задачи распознавания ситуаций.

Основным методом формирования решений в таких системах является дедуктивный логический вывод.

Доопределяющие ЭС используются для решения задач с не полностью определёнными данными и знаниями. В таких ЭС возникают задачи

интерпретации нечётких знаний и выбора альтернативных направлений поиска в пространстве возможных решений. В качестве методов обработки неопределённых знаний могут использоваться байесовский вероятностный подход, коэффициенты уверенности, нечёткая логика.

Трансформирующие ЭС относятся к синтезирующим динамическим экспертным системам, в которых предполагается повторяющееся преобразование знаний в процессе решения задач. В ЭС данного класса используются различные способы обработки знаний:

- генерация и проверка гипотез;
- логика предположений и умолчаний (когда по неполным данным формируются представления об объектах определённого класса, которые впоследствии адаптируются к конкретным условиям изменяющихся ситуаций);
- использование метазнаний (более общих закономерностей) для устранения неопределённостей в ситуациях.



**Рисунок 2.2. Основные классы экспертных систем**

- реализация альтернативных рассуждений на основе использования различных источников знаний и механизма устранения противоречий;

Мультиагентные системы – это динамические ЭС, основанные на

интеграции нескольких разнородных источников знаний. Эти источники обмениваются между собой получаемыми результатами в ходе решения задач. Системы данного класса имеют следующие возможности:

- распределенное решение проблем, декомпозируемых на параллельно решаемые подзадачи с самостоятельными источниками знаний;
- применение различных стратегий вывода заключений в зависимости от типа решаемой проблемы;
- обработка больших массивов информации из баз данных;
- использование математических моделей и внешних процедур для имитации развития ситуаций.

Самообучающиеся интеллектуальные системы основаны на методах автоматической классификации ситуаций из реальной практики, или на методах обучения на примерах. Примеры реальных ситуаций составляют так называемую обучающую выборку, которая формируется в течение определённого исторического периода. Элементы обучающей выборки описываются множеством классификационных признаков.

Стратегия «обучение с учителем» предполагает задание специалистом для каждого примера значений признаков, показывающих его принадлежность к определённому классу ситуаций. При обучении «без учителя» система должна самостоятельно выделять классы ситуаций по степени близости значений классификационных признаков.

В процессе обучения проводится автоматическое построение обобщающих правил или функций, описывающих принадлежность ситуаций к классам, которыми система впоследствии будет пользоваться при интерпретации незнакомых ситуаций. Из обобщающих правил, в свою очередь, автоматически формируется база знаний, которая периодически корректируется по мере накопления информации об анализируемых ситуациях.

Построенные в соответствии с этими принципами самообучающиеся системы имеют следующие недостатки:

– относительно низкую адекватность баз знаний возникающим реальным проблемам из-за неполноты и/или зашумлённости обучающей выборки;

– низкую степень объяснимости полученных результатов;

– поверхностное описание проблемной области и узкую направленность применения из-за ограничений в размерности признакового пространства.

Индуктивные системы позволяют обобщать примеры на основе принципа индукции «от частного к общему». Процедура обобщения

сводится к классификации примеров по значимым признакам.

Алгоритм классификации примеров включает следующие основные шаги.

1. Выбор классификационного признака из множества заданных.

2. Разбиение множества примеров на подмножества по значению выбранного признака.

3. Проверка принадлежности каждого подмножества примеров одному из классов.

4. Проверка окончания процесса классификации. Если какое-то подмножество примеров принадлежит одному подклассу, т.е. у всех примеров этого подмножества совпадает значение классификационного признака, то процесс классификации заканчивается.

5. Для подмножеств примеров с несовпадающими значениями классификационных признаков процесс распознавания продолжается, начиная с первого шага. При этом каждое подмножество примеров становится классифицируемым множеством.

Нейронные сети представляют собой классический пример технологии, основанной на примерах. Нейронные сети – обобщённое название группы математических алгоритмов, обладающих способностью обучаться на примерах, «узнавая» впоследствии черты встреченных образцов и ситуаций. Благодаря этой способности нейронные сети используются при

решении задач обработки сигналов и изображений, распознавания образов, а также для прогнозирования [10].

Нейронная сеть – это кибернетическая модель нервной системы, которая представляет собой совокупность большого числа сравнительно простых элементов – нейронов, топология соединения которых зависит от типа сети. Чтобы создать нейронную сеть для решения какой-либо конкретной задачи, следует выбрать способ соединения нейронов друг с другом и подобрать значения параметров межнейронных соединений.

В системах, основанных на прецедентах, БЗ содержит описания конкретных ситуаций (прецеденты). Поиск решения осуществляется на основе аналогий и включает следующие этапы:

- получение информации о текущей проблеме;
  - сопоставление полученной информации со значениями признаков прецедентов из базы знаний;
  - выбор прецедента из базы знаний, наиболее близкого к рассматриваемой проблеме;
  - адаптация выбранного прецедента к текущей проблеме;
  - проверка корректности каждого полученного решения;
  - занесение детальной информации о полученном решении в БЗ
- сводится к классификации примеров по значимым признакам. Алгоритм классификации примеров включает следующие основные шаги.

1. Выбор классификационного признака из множества заданных.
2. Разбиение множества примеров на подмножества по значению выбранного признака.
3. Проверка принадлежности каждого подмножества примеров одному из классов.
4. Проверка окончания процесса классификации. Если какое-то подмножество примеров принадлежит одному подклассу, т.е. у всех примеров этого подмножества совпадает значение классификационного признака, то процесс классификации заканчивается.

5. Для подмножеств примеров с несовпадающими значениями классификационных признаков процесс распознавания продолжается, начиная с первого шага. При этом каждое подмножество примеров становится классифицируемым множеством.

Нейронные сети представляют собой классический пример технологии, основанной на примерах. Нейронные сети – обобщённое название группы математических алгоритмов, обладающих способностью обучаться на примерах, «узнавая» впоследствии черты встреченных образцов и ситуаций. Благодаря этой способности нейронные сети используются при решении задач обработки сигналов и изображений, распознавания образов, а также для прогнозирования [10].

Нейронная сеть – это кибернетическая модель нервной системы, которая представляет собой совокупность большого числа сравнительно простых элементов – нейронов, топология соединения которых зависит от типа сети. Чтобы создать нейронную сеть для решения какой-либо конкретной задачи, следует выбрать способ соединения нейронов друг с другом и подобрать значения параметров межнейронных соединений.

В системах, основанных на прецедентах, БЗ содержит описания конкретных ситуаций (прецеденты). Поиск решения осуществляется на основе аналогий и включает следующие этапы:

- получение информации о текущей проблеме;
- сопоставление полученной информации со значениями признаков прецедентов из базы знаний;
- выбор прецедента из базы знаний, наиболее близкого к рассматриваемой проблеме;
- адаптация выбранного прецедента к текущей проблеме;
- проверка корректности каждого полученного решения;
- занесение детальной информации о полученном решении в БЗ.

Прецеденты описываются множеством признаков, по которым

строятся индексы быстрого поиска. Однако в системах, основанных на прецедентах, в отличие от индуктивных систем допускается нечёткий поиск с получением множества допустимых альтернатив, каждая из которых оценивается некоторым коэффициентом уверенности. Наиболее эффективные решения адаптируются к реальным ситуациям с помощью специальных алгоритмов.

Системы, основанные на прецедентах, применяются для распространения знаний и в системах контекстной помощи.

Информационные хранилища отличаются от интеллектуальных баз данных тем, что представляют собой хранилища значимой информации, извлекаемой из оперативных баз данных. Хранилище данных – это предметно-ориентированное, интегрированное, привязанное ко времени, неизменяемое собрание данных, применяемых для поддержки процессов принятия управленческих решений [3].

Предметная ориентация означает, что данные объединены в категории и хранятся в соответствии с теми областями, которые они описывают, а не с приложениями, которые их используют. В хранилище данные интегрируются в целях удовлетворения требований предприятия в целом, а не отдельной функции бизнеса. Привязанность данных ко времени выражает их «историчность», т.е. атрибут времени всегда явно присутствует в структурах хранилища данных. Неизменяемость означает, что, попав однажды в хранилище, данные уже не изменяются в отличие от оперативных систем, где данные присутствуют только в последней версии, поэтому постоянно меняются.

Технологии извлечения знаний из хранилищ данных основаны на методах статистического анализа и моделирования, ориентированных на поиск моделей и отношений, скрытых в совокупности данных. Эти модели могут в дальнейшем использоваться для оптимизации деятельности предприятия или фирмы.

Для извлечения значимой информации из хранилищ данных имеются специальные методы (OLAP-анализа, Data Mining или Knowledge Discovery), основанные на применении методов математической статистики, нейронных сетей, индуктивных методов построения деревьев решений и др.

Технология OLAP (On-Line Analytical Processing – оперативный анализ данных) предоставляет пользователю средства для формирования и проверки гипотез о свойствах данных или отношениях между ними на основе разнообразных запросов к базе данных. Они применяются на ранних стадиях процесса извлечения знаний, помогая аналитику сфокусировать внимание на важных переменных. Средства Data Mining отличаются от OLAP тем, что кроме проверки предполагаемых зависимостей они способны самостоятельно (без участия пользователя) генерировать гипотезы о закономерностях, существующих в данных, и строить модели, позволяющие количественно оценить степень взаимного влияния исследуемых факторов на основе имеющейся информации.

Потребность в адаптивных информационных системах возникает в тех случаях, когда поддерживаемые ими проблемные области постоянно развиваются. В связи с этим адаптивные системы должны удовлетворять ряду специфических требований, а именно:

- адекватно отражать знания проблемной области в каждый момент времени;
- быть пригодными для лёгкой и быстрой реконструкции при изменении проблемной среды.

Адаптивные свойства информационных систем обеспечиваются за счёт интеллектуализации их архитектуры. Ядром таких систем является постоянно развиваемая модель проблемной области, поддерживаемая в специальной базе знаний – репозитории. Ядро системы управляет процессами генерации или переконфигурирования программного обеспечения.

В процессе разработки адаптивных информационных систем применяется оригинальное или типовое проектирование. Оригинальное проектирование предполагает разработку информационной системы с «чистого листа» на основе сформулированных требований. Реализация этого подхода основана на использовании систем автоматизированного проектирования, или CASE-технологий (Designer 2000, SilverRun, Natural Light Storm и др.). При типовом проектировании осуществляется адаптация типовых разработок к особенностям проблемной области. Для реализации этого подхода применяются инструментальные средства компонентного (сборочного) проектирования информационных систем (R/3, BAANIV, Prodis и др.). Главное отличие подходов состоит в том, что при использовании CASE-технологии на основе репозитория при изменении проблемной области каждый раз выполняется генерация программного обеспечения, а при использовании сборочной технологии – конфигурирование программ и только в редких случаях – их переработка.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. Охарактеризуйте основные направления исследований, проводимые в области искусственного интеллекта.
2. Приведите известные вам примеры применения интеллектуальных систем в различных проблемных областях.
3. Перечислите признаки характерные для интеллектуальных информационных систем.
4. Назовите основные функции, присущие ИИС и способы их реализации.
5. Сформулируйте основные отличия систем искусственного интеллекта от обычных программных средств.

*Ключевые слова: интеллектуальная система, нейронная сеть, интеллектуальные базы данных, естественно-языковой интерфейс,*

# ПОНЯТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬ- НАЯ СИСТЕМА

автоматизированная система, основанная на знаниях, или комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке.

Информационно-вычислительными системами с интеллектуальной поддержкой для решения сложных задач называют те системы, в которых логическая обработка информации превалирует над вычислительной.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

решающая интеллектуальную задачу или использующая методы искусственного интеллекта, относится к интеллектуальным.

## ОБЩИЙ ПОДХОД

состоит в разработке методов решения задач, для которых отсутствуют формальные алгоритмы: понимание естественного языка, обучение, доказательство теорем, распознавание сложных образов и т.д. Теоретические исследования направлены на изучение интеллектуальных процессов и создание соответствующих математических моделей. Экспериментальные работы ведутся путем составления компьютерных программ и создания машин, решающих частные интеллектуальные задачи или разумно ведущих себя в заданной ситуации.

### **3. ПОНЯТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

#### **План:**

1. Понятие интеллектуальной информационной технологии
2. Направления исследований в области интеллектуальных систем
3. Классификация интеллектуальных систем

#### **3.1. Понятие интеллектуальной информационной технологии**

Интеллектуальная система (ИС) – автоматизированная система, основанная на знаниях, или комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке.

Кроме того, информационно-вычислительными системами с интеллектуальной поддержкой для решения сложных задач называют те системы, в которых логическая обработка информации превалирует над вычислительной.

Таким образом, любая информационная система, решающая интеллектуальную задачу или использующая методы искусственного интеллекта, относится к интеллектуальным.

Исследователи, работающие в этом направлении, надеются достичь такого понимания механизмов интеллекта, при котором можно будет составлять компьютерные программы с человеческим или более высоким уровнем интеллекта. Общий подход состоит в разработке методов решения задач, для которых отсутствуют формальные алгоритмы: понимание естественного языка, обучение, доказательство теорем, распознавание сложных образов и т.д. Теоретические исследования направлены на изучение

интеллектуальных процессов и создание соответствующих математических моделей.

Экспериментальные работы ведутся путем составления компьютерных программ и создания машин, решающих частные интеллектуальные задачи или разумно ведущих себя в заданной ситуации.

Систематические исследования в области искусственного интеллекта начались лишь с появлением цифрового компьютера. Первая научная статья по искусственному интеллекту была опубликована в 1950 А. Тьюрингом.

### **3.2. Направления исследований в области интеллектуальных систем**

Развитие интеллектуальных систем на современном этапе идет в соответствии с тремя направлениями исследований.

Первое направление объектом исследований рассматривает структуру и механизмы работы мозга человека, а конечной целью – раскрытие тайн мышления. Необходимыми этапами исследований в этом направлении являются построение моделей интеллектуальной деятельности на основе психофизиологических данных.

Второе направление в качестве объекта исследования рассматривает искусственную интеллектуальную систему. Здесь речь идет о моделировании интеллектуальной деятельности с помощью вычислительных машин. Целью работ в этом направлении является создание программного обеспечения, позволяющего решать некоторые виды интеллектуальных задач так же, как их решил бы человек.

Третье направление ориентировано на создание человеко-машинных, или, как еще говорят – интерактивных, интеллектуальных систем. Важнейшими проблемами в этих исследованиях является организация семантически безупречного диалога между человеком и такой системой.

### **3.3. Классификация интеллектуальных систем**

Для интеллектуальных информационных систем характерны следующие признаки:

- развитые коммуникативные способности;
- умение решать сложные плохо формализуемые задачи;
- способность к самообучению;
- адаптивность.

Коммуникативные способности ИС характеризуют способ взаимодействия (интерфейса) конечного пользователя с системой, в частности возможность формулирования произвольного запроса в диалоге с ИС на языке, максимально приближенном к естественному.

Сложные плохо формализуемые задачи – это задачи, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, для которой могут быть характерны неопределенность и динамичность исходных данных и знаний.

Способность к самообучению – это возможность автоматического извлечения знаний для решения задач из накопленного опыта конкретных ситуаций.

Адаптивность – способность к развитию системы в соответствии с объективными изменениями модели проблемной области.

В соответствии с перечисленными признаками ИС делятся на (данная классификация – одна из возможных) (рисунок 1.1):

- системы с коммутативными способностями (с интеллектуальным интерфейсом);
- экспертные системы (системы для решения сложных задач);
- самообучающиеся системы (системы, способные к самообучению);
- адаптивные системы (адаптивные информационные системы).

Интеллектуальные базы данных отличаются от обычных баз данных возможностью выборки по запросу необходимой информации, которая может явно не храниться, а выводиться из имеющейся в базе данных.

Естественно-языковой интерфейс предполагает трансляцию естественно-языковых конструкций на внутри машинный уровень представления знаний. Для этого необходимо решать задачи

морфологического, синтаксического и семантического анализа и синтеза высказываний на естественном языке. Так, морфологический анализ предполагает распознавание и проверку правильности написания слов по словарям, синтаксический контроль – разложение входных сообщений на отдельные компоненты (определение структуры) с проверкой соответствия грамматическим правилам внутреннего представления знаний и выявления недостающих частей и, наконец, семантический анализ – установление смысловой правильности синтаксических конструкций. Синтез высказываний решает обратную задачу преобразования внутреннего представления информации в естественно-языковое.

Естественно-языковой интерфейс используется для:

- доступа к интеллектуальным базам данных;
- контекстного поиска документальной текстовой информации;
- голосового ввода команд в системах управления;
- машинного перевода с иностранных языков.

Гипертекстовые системы предназначены для реализации поиска по ключевым словам в базах текстовой информации.

Интеллектуальные гипертекстовые системы отличаются возможностью более сложной семантической организации ключевых слов, которая отражает различные смысловые отношения терминов. Таким образом, механизм поиска работает прежде всего с базой знаний ключевых слов, а уже затем непосредственно с текстом. В более широком плане сказанное распространяется и на поиск мультимедийной информации, включающей, помимо текстовой, и цифровую информацию.

Системы контекстной помощи можно рассматривать как частный случай интеллектуальных гипертекстовых и естественно-языковых систем. В отличие от обычных систем помощи, навязывающих пользователю схему поиска требуемой информации, в системах контекстной помощи пользователь описывает проблему (ситуацию), а система с помощью дополнительного диалога ее конкретизирует, и сама выполняет поиск

относящихся к ситуации рекомендаций. Такие системы относятся к классу систем распространения знаний (Knowledge Publishing) и создаются как приложение к системам документации (например, технической документации по эксплуатации товаров).

Системы когнитивной графики позволяют осуществлять интерфейс пользователя с ИС с помощью графических образов, которые генерируются в соответствии с происходящими событиями.

Такие системы используются в мониторинге и управлении оперативными процессами. Графические образы в наглядном и интегрированном виде описывают множество параметров изучаемой ситуации. Например, состояние сложного управляемого объекта отображается в виде человеческого лица, на котором каждая черта отвечает за какой-либо параметр, а общее выражение лица дает интегрированную характеристику ситуации. Системы когнитивной графики широко используются также в обучающих и тренажерных системах на основе использования принципов виртуальной реальности, когда графические образы моделируют ситуации, в которых обучаемому необходимо принимать решения и выполнять определенные действия.

Экспертные системы предназначены для решения задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в рассматриваемой проблемной области.

Многоагентные системы – это динамические системы, для которых характерна интеграция в базе знаний нескольких разнородных источников знаний, обменивающихся между собой получаемыми результатами на динамической основе.

Для многоагентных систем характерны следующие особенности:

- проведение альтернативных рассуждений на основе использования различных источников знаний с механизмом устранения противоречий;

- распределенное решение проблем, которые разбиваются на параллельно решаемые подпроблемы, соответствующие самостоятельным источникам знаний;
- применение множества стратегий работы механизма вывода заключений в зависимости от типа решаемой проблемы;
- обработка больших массивов данных, содержащихся в базе данных;
- использование различных математических моделей и внешних процедур, хранимых в базе моделей;
- способность прерывания решения задач в связи с необходимостью получения дополнительных данных и знаний от пользователей, моделей, параллельно решаемых подпроблем.

Самообучающиеся системы основаны на методах автоматической классификации примеров ситуаций реальной практики.

Характерными признаками самообучающихся систем являются:

- самообучающиеся системы «с учителем», когда для каждого примера задается в явном виде значение признака его принадлежности некоторому классу ситуаций (классообразующего признака);
- самообучающиеся системы «без учителя», когда по степени близости значений признаков классификации система сама выделяет классы ситуаций.

Индуктивные системы используют обобщение примеров по принципу от частного к общему. Процесс классификации примеров осуществляется следующим образом:

1. Выбирается признак классификации из множества заданных (либо последовательно, либо по какому-либо правилу, например, в соответствии с максимальным числом получаемых подмножеств примеров).
2. По значению выбранного признака множество примеров разбивается на подмножества.
3. Выполняется проверка, принадлежит ли каждое образовавшееся подмножество примеров одному подклассу.

4. Если какое-то подмножество примеров принадлежит одному подклассу, то есть у всех примеров подмножества совпадает значение классообразующего признака, то процесс классификации заканчивается (при этом остальные признаки классификации не рассматриваются).

5. Для подмножеств примеров с несовпадающим значением классообразующего признака процесс классификации продолжается, начиная с пункта 1 (каждое подмножество примеров становится классифицируемым множеством).

Нейронные сети представляют собой устройства параллельных вычислений, состоящие из множества взаимодействующих простых процессоров. Каждый процессор такой сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам.

В экспертных системах, основанных на прецедентах (аналогиях), база знаний содержит описания не обобщенных ситуаций, а собственно сами ситуации или прецеденты.

Поиск решения проблемы в экспертных системах, основанных на прецедентах, сводится к поиску по аналогии (то есть абдуктивный вывод от частного к частному).

В отличие от интеллектуальной базы данных, информационное хранилище представляет собой хранилище извлеченной значимой информации из оперативной базы данных, которое предназначено для оперативного ситуационного анализа данных (реализации OLAP-технологии).

Типичными задачами оперативного ситуационного анализа являются:

- определение профиля потребителей конкретных объектов хранения;
- предсказание изменений объектов хранения во времени;
- анализ зависимостей признаков ситуаций (корреляционный анализ).

Адаптивная информационная система – это информационная система, которая изменяет свою структуру в соответствии с изменением модели проблемной области.

При этом:

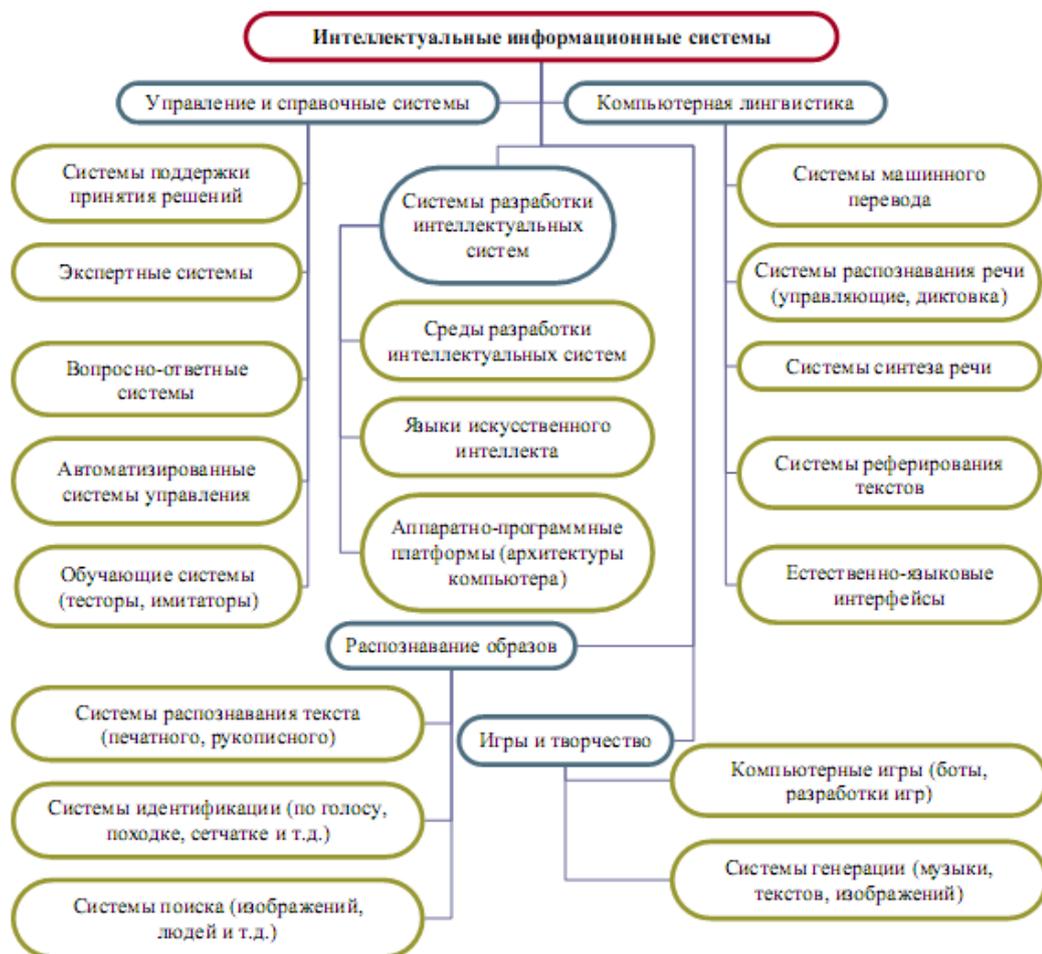
- адаптивная информационная система должна в каждый момент времени адекватно поддерживать организацию бизнес-процессов;
- адаптивная информационная система должна проводить адаптацию всякий раз, как возникает потребность в реорганизации бизнес-процессов;
- реконструкция информационной системы должна проводиться быстро и с минимальными затратами.

Ядром адаптивной информационной системы является постоянно развиваемая модель проблемной области (предприятия), поддерживаемая в специальной базе знаний – репозитории. На основе ядра осуществляется генерация или конфигурация программного обеспечения. Таким образом, проектирование и адаптация ИС сводится, прежде всего, к построению модели проблемной области и ее своевременной корректировке.

Так как нет общепринятого определения, четкую единую классификацию интеллектуальных информационных систем дать затруднительно.

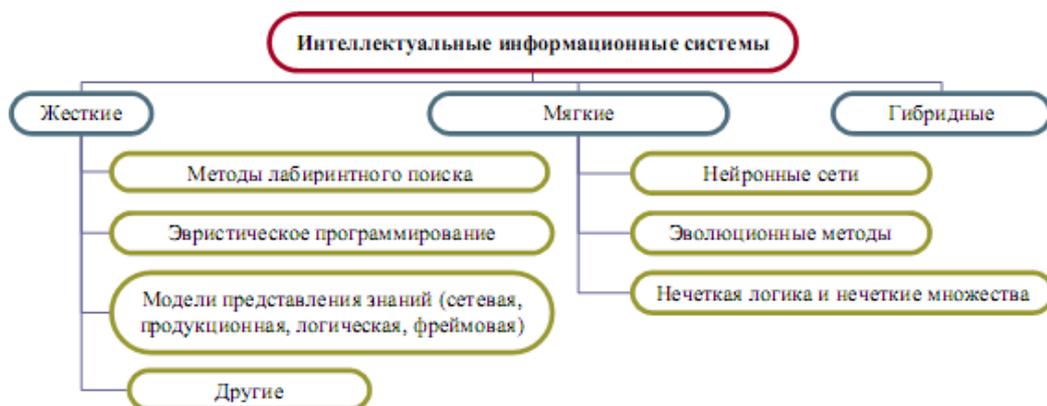
Если рассматривать интеллектуальные информационные системы с точки зрения решаемой задачи, то можно выделить системы управления и справочные системы, системы компьютерной лингвистики, системы распознавания, игровые системы и системы создания интеллектуальных информационных систем (рисунок 3.1).

При этом системы могут решать не одну, а несколько задач или в процессе решения одной задачи решать и ряд других. Например, при обучении иностранному языку система может решать задачи распознавания речи обучаемого, тестировать, отвечать на вопросы, переводить тексты с одного языка на другой и поддерживать естественно-языковой интерфейс работы.



**Рисунок 3.1 – Классификация интеллектуальных информационных систем по решаемым задачам**

Если классифицировать интеллектуальные информационные системы по критерию «используемые методы», то они делятся на жесткие, мягкие и гибридные (рисунок 3.2).



**Рисунок 3.2 – Классификация интеллектуальных информационных систем по методам**

Мягкие вычисления (Soft Computing) – это сложная компьютерная методология, основанная на нечеткой логике, генетических вычислениях, нейрокомпьютинге и вероятностных вычислениях.

Жесткие вычисления – традиционные компьютерные вычисления (не мягкие).

Гибридные системы – системы, использующие более чем одну компьютерную технологию (в случае интеллектуальных систем – технологии искусственного интеллекта).

Возможны и другие классификации, например, выделяют системы общего назначения и специализированные системы (рисунок 3.3).

Кроме того, эта схема отражает еще один вариант классификации по методам: системы, использующие методы представления знаний, самоорганизующиеся системы и системы, созданные с помощью эвристического программирования. Также в этой классификации системы генерации музыки отнесены к системам общения.



**Рисунок 3.3 – Классификация интеллектуальных систем по назначению**

К интеллектуальным системам общего назначения относятся системы, которые не только исполняют заданные процедуры, но на основе метапроцедур поиска генерируют и исполняют процедуры решения новых конкретных задач.

Специализированные интеллектуальные системы выполняют решение фиксированного набора задач, predeterminedенного при проектировании системы.

Отсутствие четкой классификации также объясняется многообразием интеллектуальных задач и интеллектуальных методов, кроме того, искусственный интеллект – активно развивающаяся наука, в которой новые прикладные области осваиваются ежедневно.

### **3.3. Понятие интеллектуальной информационной технологии**

Интеллектуальные информационные технологии (ИИТ) (англ. Intellectual information technology, ИТ) – это информационные технологии, помогающие человеку ускорить анализ политической, экономической, социальной и технической ситуации, а также - синтез управленческих решений. При этом используемые методы не обязательно должны быть логически непротиворечивы или копировать процессы человеческого мышления.

Использование ИИТ на практике подразумевает учет специфики проблемной области, которая может характеризоваться следующим набором признаков:

- качество и оперативность принятия решений;
- нечеткость целей и институциональных границ;
- множественность субъектов, участвующих в решении проблемы;
- хаотичность, флюктуируемость и квантованность поведения среды;
- множественность взаимовлияющих друг на друга факторов;
- слабая формализуемость, уникальность, нестереотипность ситуаций;
- латентность, скрытость, неявность информации;
- девиантность реализации планов, значимость малых действий;

- парадоксальность логики решений и др.

ИИТ формируются при создании информационных систем и информационных технологий для повышения эффективности принятия решений в условиях, связанных с возникновением проблемных ситуаций. В этом случае любая жизненная или деловая ситуация – от выбора партнера по жизни до социального конфликта - описывается в виде некоторой познавательной модели (когнитивной схемы, архетипа, фрейма и пр.), которая впоследствии используется в качестве основания для построения и проведения моделирования, в том числе - компьютерного.

Гносеологический фундамент ИИТ наиболее явно видится в работах Канта, Гегеля, Гуссерля. Явную историю ИИТ удобно начать с середины XX века, когда появился термин «Искусственный интеллект». История ИИТ начинается с середины 1970-х годов и связывается с совместным практическим применением интеллектуальных информационных систем, систем искусственного интеллекта, систем поддержки решений и информационных систем.

Эта история связана также с развитием трех научных направлений: компьютерной философии, компьютерной психологии и продвинутой компьютерной науки (англ. Advanced computer science). С организационно-технологической стороны ИИТ дополняются прогрессом в создании: ситуационных центров, информационно-аналитических систем. Программно-математическое обеспечение составляют эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, системы поддержки общения человека с компьютером на естественном языке, когнитивное моделирование, системы автоматического тематического рубрицирования документов, системы стратегического планирования, инструментарий технического и фундаментального анализа финансовых рынков, системы менеджмента качества, системы управления интеллектуальной собственностью и др.

С середины 1940-х вплоть до ранних 1970-х гг. создание ИИТ рассматривалось преимущественно в рамках логического решения задач.

Этот период развития ИИТ характеризуется сравнительно большой определенностью и низкой динамичностью объекта управления. Вместе с тем уже в 1943 году появились «продукции Поста» и методы решения некорректных (обратных) задач на метризуемых пространствах, а в 1947 году для моделирования сложных экономических ситуаций активно начали использоваться методы причинного нелогического вывода, которые позже легли в основу методов системной динамики, немонотонных вычислений, когнитивного моделирования.

Создание центров управления полетами, организация штабных работ с применением средств визуализации и автоматизации, зарубежные публикации на тему создания специальных ситуационных центров вдохновили в 1970-е годы инженеров на создание ситуационных комнат для совершенствования управления крупными социальными и институциональными системами. В создании таких комнат и интеллектуальных технологий больше внимания стало придаваться средствам визуализации, диалоговым системам, помогающим использовать базы знаний и модели для решения плохо структурированных проблем.

В середине 1970-х годов на основе ИИТ в корпоративном мире начинают развиваться системы поддержки решений для эффективного управления ресурсами, осуществления контроллинга. Ряд замечательных практических идей и результатов, например, связанных с теорией нейронных сетей, многоагентных и активных систем, оптических и голографических процессоров, появилось именно в это время. Тот период можно отметить успехами в создании всеобъемлющих моделей ситуационного управления регионами в периоды кризисов. Его характеризует вера в практически неограниченные возможности искусственного интеллекта.

В середине 1980-х годов был отмечен крах иллюзий относительно неограниченных возможностей успешной формализации процессов мышления с помощью систем логической обработки естественного языка. Вместе с тем появились интеллектуальные технологии для ограниченной

поддержки исследовательской и профессиональной деятельности лиц, принимающих решения. Практическое применение получили подходы, основанные на использовании достоверного и правдоподобного вывода, немонотонных логик и нечетких систем, лингвистических процессоров. Тогда же появилась явная потребность в оптических и квантовых вычислениях – для решения многомерных и слабо распараллеливаемых задач. Видимые успехи появились в сфере обработки текстов естественного языка, высококачественного поиска документов, слежения за динамичными объектами управления, решения задач распознавания образов, имитационного моделирования, статистической обработки данных, решения транспортных задач, построения нечетких контроллеров.

В конце 1980-х внимание разработчиков ИИТ все больше акцентируется на исследовании адаптивных свойств информационных систем, учитывающих умственную активность человека при осуществлении речевых актов, дискурса и принятии решений.

С начала 1990-х ИИТ все активнее используются в стратегическом менеджменте, управлении ресурсами, реинжиниринге, создании ситуационных центров. Все более заметно внедряются интеллектуальные информационные технологии аналитической обработки больших массивов информации, технологии поддержки решений. В 1990-х годах в совокупности и взаимосвязи развиваются: экспертные системы реального времени, интеллектуальные агенты, активные системы, достоверный и правдоподобный вывод, эволюционные и квантовые вычисления, когнитивные модели, ситуационные центры и пр. Эксклюзивное место в развитии ИИТ с середины 1990-х заняла разработка необходимых условий конвергентности (сходимости) процессов управления, поиска информации и синтеза управленческих решений, направленных на обеспечение необходимых условий устойчивой сходимости этих процессов к намечаемым целям.

С 2000 года начал приобретать новое звучание процесс электронизации деятельности органов власти, бизнеса и населения.

Концепция электронной демократии, предполагающая: осуществление гражданского контроля, проведение выборов и референдумов, поддержку процессов самоорганизации населения, обеспечение возможности участия населения в принятии государственных решений, расширение технологической возможности обмена мнениями – также предусматривает расширение возможностей интеллектуальных информационных технологий.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Каким образом ведутся работы по составлению компьютерных программ и создания машин, решающих частные интеллектуальные задачи или разумно ведущих себя в заданной ситуации?
2. В соответствие с какими параметрами идет развитие интеллектуальных систем на современном этапе?
3. Какие признаки характерны для интеллектуальных информационных систем?
4. Опишите задачи, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, для которой могут быть характерны неопределенность и динамичность исходных данных и знаний.
5. Базы данных с возможностью выборки по запросу необходимой информации, которая может явно не храниться, а выводиться извлекающейся в базе данных являются какими базами данных?
6. Для решения задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в рассматриваемой проблемной области применяются какие виды экспертных систем?

*Ключевые слова: понятие интеллектуальной информационной технологии, направления исследований в области интеллектуальных систем, классификация интеллектуальных систем.*

# ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

## ЭКСПЕРТНЫМИ СИСТЕМАМИ

называют сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей.

В самых первых ЭС не учитывалось изменение знаний, используемых в процессе решения конкретной задачи. Их называли статическими ЭС

## ТИПИЧНАЯ СТАТИЧЕСКАЯ ЭС

содержит следующие основные компоненты:

- базу знаний;
- рабочую память, называемую также базой данных;
- решатель (интерпретатор);
- систему объяснений;
- компоненты приобретения знаний;
- интерфейс с пользователем.

## К РАЗРАБОТКЕ ЭС

привлекаются специалисты из разных предметных областей, а именно:

- эксперты той проблемной области, к которой относятся задачи, решаемые ЭС;
- инженеры по знаниям, являющиеся специалистами по разработке ИИС;
- программисты, осуществляющие реализацию ЭС.

## **4. ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

### **План:**

- 1. Экспертная система**
- 2. Механизмы вывода и моделирования**
- 3. Средства приобретения знаний.**

### **4.1. Экспертная система**

Экспертными системами называют сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей [4].

В самых первых ЭС не учитывалось изменение знаний, используемых в процессе решения конкретной задачи. Их назвали статическими ЭС. Типичная статическая ЭС содержит следующие основные компоненты: – базу знаний; – рабочую память, называемую также базой данных; – решатель (интерпретатор); – систему объяснений; компоненты приобретения знаний; – интерфейс с пользователем.

База знаний ЭС предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область, и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области.

База данных (рабочая память) служит для хранения текущих данных решаемой задачи.

Решатель (интерпретатор) формирует последовательность применения правил и осуществляет их обработку, используя данные из рабочей памяти и знания из БЗ.

Система объяснений показывает, каким образом система получила решение задачи и какие знания при этом использовались. Это облегчает тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Компоненты приобретения знаний необходимы для заполнения ЭС знаниями в диалоге с пользователем-экспертом, а также для добавления и модификации заложенных в систему знаний.

К разработке ЭС привлекаются специалисты из разных предметных областей, а именно: – эксперты той проблемной области, к которой относятся задачи, решаемые ЭС; – инженеры по знаниям, являющиеся специалистами по разработке ИИС; – программисты, осуществляющие реализацию ЭС.

Эксперты поставляют знания в ЭС и оценивают правильность получаемых результатов. Инженеры по знаниям помогают экспертам выявить и структурировать знания, необходимые для работы ЭС, выполняют работу по представлению знаний, выбирают методы обработки знаний, проводят выбор инструментальных средств для реализации ЭС, наиболее пригодных для решения поставленных задач.

Программисты разрабатывают программное обеспечение ЭС и осуществляют его сопряжение со средой, в которой оно будет использоваться.

Любая ЭС должна иметь, по крайней мере, два режима работы. В режиме приобретения знаний эксперт наполняет систему знаниями, которые впоследствии позволят ЭС самостоятельно (без помощи эксперта) решать определённые задачи из конкретной проблемной области. Эксперт описывает проблемную область в виде совокупности данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила определяют взаимные связи, существующие между данными, и способы манипулирования данными, характерные для рассматриваемого класса задач.

Технология создания интеллектуального программного обеспечения существенно отличается от разработки традиционных программ с использованием известных алгоритмических языков (табл. 4.1).

#### 4.1. Отличия систем искусственного интеллекта от обычных программных систем

Характеристика	Программирование в системах искусственного интеллекта	Традиционное программирование
Тип обработки	Символьный	Числовой
Метод	Эвристический поиск	Точный алгоритм
Задание шагов решения	Неявное	Явное
Искомое решение	Удовлетворительное	Оптимальное
Управление и данные	Смешаны	Разделены
Знания	Неточные	Точные
Модификация	Частые	Редкие

Рассмотрим отработанные на сегодняшний день элементы технологии создания ИИС на примере разработки экспертных систем. Этот выбор обусловлен тем, что ЭС получили весьма широкое распространение во многих сферах человеческой деятельности, а технологии их создания имеют универсальный характер и не требуют аппаратных реализаций.

В режиме консультации пользователь ЭС сообщает системе конкретные данные о решаемой задаче и стремится получить с её помощью результат. Пользователи-неспециалисты обращаются к ЭС за результатом, не умея получить его самостоятельно, пользователи-специалисты используют ЭС для ускорения и облегчения процесса получения результата. Следует подчеркнуть, что термин «пользователь» является многозначным, так как использовать ЭС могут и эксперт, и инженер по знаниям, и программист. Поэтому, когда хотят подчеркнуть, что речь идёт о том, для кого делалась ЭС, используют термин «конечный пользователь».

В режиме консультации входные данные о задаче поступают в рабочую память. Решатель на основе входных данных из рабочей памяти и правил из БЗ формирует решение. В отличие от традиционных программ компьютерной обработки данных ЭС при решении задачи не только

исполняет предписанную последовательность операций, но и сама формирует её.

Существует широкий класс приложений, в которых требуется учитывать изменения, происходящие в окружающем мире за время исполнения приложения. Для решения таких задач необходимо применять динамические ЭС, которые наряду с компонентами статических систем содержат подсистему моделирования внешнего мира и подсистему связи с внешним окружением. Подсистема моделирования внешнего мира необходима для прогнозирования, анализа и адекватной оценки состояния внешней среды. Изменения окружения решаемой задачи требуют изменения хранимых в ЭС знаний, для того чтобы отразить временную логику происходящих в реальном мире событий.

Компонента связи с внешним миром актуальна для автономных интеллектуальных систем (роботов), а также для интеллектуальных систем управления. Связь с внешним миром осуществляется через систему датчиков и контроллеров.

Трудоёмкость разработки ИИС в значительной степени зависит от используемых инструментальных средств. Инструментальные средства для разработки интеллектуальных приложений можно классифицировать по следующим основным параметрам:

- уровень используемого языка;
- парадигмы программирования и механизмы реализации;
- способ представления знаний;
- механизмы вывода и моделирования;
- средства приобретения знаний;
- технологии разработки приложений.

Уровень используемого языка. Мощность и универсальность языка программирования определяет трудоёмкость разработки ЭС.

1. Традиционные (в том числе объектно-ориентированные) языки программирования типа С, С++ (как правило, они используются не для создания ЭС, а для создания инструментальных средств).

2. Специальные языки программирования (например, язык LISP, ориентированный на обработку списков; язык логического программирования PROLOG; язык рекурсивных функций РЕФАЛ и т.д.). Их недостатком является слабая приспособленность к объединению с программами, написанными на языках традиционного программирования.

3. Инструментальные средства, содержащие многие, но не все компоненты ЭС (например, система OPS5, которая поддерживает производственный подход к представлению знаний; языки KRL и FRL, используемые для разработки ЭС с фреймовым представлением знаний). Такое программное обеспечение предназначено для разработчиков, владеющих технологиями программирования и умеющих интегрировать разнородные компоненты в программный комплекс.

4. Оболочки ЭС общего назначения, содержащие все программные компоненты, но не имеющие знаний о конкретных предметных средах. Средства этого типа и последующего не требуют от разработчика приложения знания программирования. Примерами являются ЭКО, Leonardo, Nexpert Object, Каппа, EXSYS, GURU, ART, KEE и др.

В последнее время всё реже употребляется термин «оболочка», его заменяют более широким термином «среда разработки». Если хотят подчеркнуть, что средство используется не только на стадии разработки приложения, но и на стадиях использования и сопровождения, то употребляют термин «полная среда» (complete environment). Для поддержания всего цикла создания и сопровождения программ используются интегрированные инструментальные системы типа Work Bench, например KEATS [18], Shelly [16], VITAL [19]. Основными компонентами системы KEATS являются: ACQUIST – средства фрагментирования текстовых источников знаний, позволяющие разбивать текст или протокол беседы с

экспертом на множество взаимосвязанных, аннотированных фрагментов и создавать понятия (концепты); FLIK – язык представления знаний средствами фреймовой модели; GIS – графический интерфейс, используемый для создания гипертекстов и концептуальных моделей, а также для проектирования фреймовых систем; ERI – интерпретатор правил, реализующий процедуры прямого и обратного вывода; TRI – инструмент визуализации логического вывода, демонстрирующий последовательность выполнения правил; Tables – интерфейс манипулирования таблицами, используемыми для хранения знаний в БЗ; CS – язык описания и распространения ограничений; TMS – немонотонная система поддержания истинности.

При использовании инструментария данного типа могут возникнуть следующие трудности:

а) управляющие стратегии, заложенные в механизм вывода, могут не соответствовать методам решения, которые использует эксперт, взаимодействующий с данной системой, что может привести к неэффективным, а возможно, и неправильным решениям;

б) способ представления знаний, используемый в инструментарии, мало подходит для описания знаний конкретной предметной области.

Большая часть этих трудностей разрешена в проблемно/предметно-ориентированных средствах разработки ИИС.

5. Проблемно/предметно-ориентированные оболочки и среды (не требуют знания программирования):

– проблемно-ориентированные средства – предназначены для решения задач определённого класса (задачи поиска, управления, планирования, прогнозирования и др.) и содержат соответствующие этому классу альтернативные функциональные модули;

– предметно-ориентированные средства – включают знания о типах предметных областей, что сокращает время разработки БЗ.

При использовании оболочек и сред разработчик приложения полностью освобождается от программирования, его основные трудозатраты связаны с формированием базы знаний.

Парадигмы программирования и механизмы реализации. Способы реализации механизма исполняемых утверждений часто называют парадигмами программирования. К основным парадигмам относят следующие:

- процедурное программирование;
- программирование, ориентированное на данные;
- программирование, ориентированное на правила;
- объектно-ориентированное программирование.

Парадигма процедурного программирования является самой распространённой среди существующих языков программирования (например, C и Pascal). В процедурной парадигме активная роль отводится процедурам, а не данным; причём любая процедура активизируется вызовом. Подобные способы задания поведения удобны для описаний детерминированной последовательности действий одного процесса или нескольких взаимосвязанных процессов.

При использовании программирования, ориентированного на данные, активная роль принадлежит данным, а не процедурам. Здесь со структурами активных данных связывают некоторые действия (процедуры), которые активизируются тогда, когда осуществляется обращение к этим данным.

В парадигме, ориентированной на правила, поведение определяется множеством правил вида «условие–действие». Условие задаёт образ данных, при возникновении которого действие правила может быть выполнено. Правила в данной парадигме играют такую же роль, как и операторы в процедурной парадигме. Однако если в процедурной парадигме поведение задаётся детерминированной последовательностью операторов, не зависящей от значений обрабатываемых данных, то в парадигме,

ориентированной на правила, поведение не задаётся заранее предписанной последовательностью правил, а формируется на основе значений данных, которые в текущий момент обрабатываются программой. Подход, ориентированный на правила, удобен для описания поведения, гибко и разнообразно реагирующего на большое многообразие состояний данных.

Парадигма объектного программирования в отличие от процедурной парадигмы не разделяет программу на процедуры и данные.

Здесь программа организуется вокруг сущностей, называемых объектами, которые включают локальные процедуры (методы) и локальные данные (переменные). Поведение (функционирование) в этой парадигме организуется путём пересылки сообщений между объектами.

Объект, получив сообщение, осуществляет его локальную интерпретацию, основываясь на локальных процедурах и данных. Такой подход позволяет описывать сложные системы наиболее естественным образом. Он особенно удобен для интегрированных ЭС.

Способ представления знаний. Наличие многих способов представления знаний вызвано стремлением представить различные типы проблемных сред с наибольшей эффективностью. Обычно способ представления знаний в ЭС характеризуют моделью представления знаний. Типичными моделями представления знаний являются правила (продукции), фреймы (или объекты), семантические сети, логические формулы. Инструментальные средства, имеющие в своём составе более одной модели представления знаний, называют гибридными.

Большинство современных средств, как правило, использует объектно ориентированную парадигму, объединённую с парадигмой, ориентированной на правила. Одно из современных средств, позволяющее использовать целый ряд подходов, обеспечивающее поддержку программирования на основе правил, объектно-ориентированного и процедурного программирования – это язык CLIPS.

Язык CLIPS (название которого представляет собой сокращение от C Language Integrated Production System – производственная система, интегрированная с языком C) был разработан с использованием языка программирования C в Космическом центре NASA/Джонсон.

Перед разработчиками этого языка была поставлена конкретная задача–обеспечить полную переносимость, низкую стоимость и простую интеграцию с внешними системами. Первоначально CLIPS обеспечивал поддержку только программирования на основе правил (отсюда происходит часть его обозначения как «производственной системы»). Но уже в версии 5.0 языка CLIPS введена поддержка процедурного и объектно-ориентированного программирования.

Возможности логического вывода и представления, предоставляемые основанным на правилах языком программирования CLIPS, аналогичны возможностям языка OPS5, но являются более мощными.

По своей синтаксической структуре правила CLIPS весьма напоминают правила, применяемые в таких языках, как Eclipse, CLIPS/R2 и Jess, но CLIPS поддерживает только правила прямого логического вывода.

Язык программирования CLIPS, позволяющий использовать целый ряд подходов, обеспечивает поддержку программирования на основе правил, объектно-ориентированного и процедурного программирования.

Таким образом, сегодня CLIPS – это эффективное средство разработки экспертных систем.

#### **4.2. Механизмы вывода и моделирования.**

Механизмы вывода и моделирования. В статических ЭС единственным активным агентом, изменяющим информацию, является механизм вывода экспертной системы. В динамических ЭС изменение данных происходит не только вследствие функционирования механизма исполняемых утверждений, но также в связи с изменениями окружения задачи, которые моделируются специальной подсистемой или поступают

извне. Механизмы вывода в различных средах могут отличаться способами реализации следующих процедур:

### **1. Структура процесса получения решения:**

– построение дерева вывода на основе обучающей выборки (индуктивные методы приобретения знаний) и выбор маршрута на дереве вывода в режиме решения задачи;

– компиляция сети вывода из специфических правил в режиме приобретения знаний и поиск решения на сети вывода в режиме решения задачи;

– генерация сети вывода и поиск решения в режиме решения задачи, при этом генерация сети вывода осуществляется в ходе выполнения операции сопоставления, определяющей пары «правило–совокупность данных», на которых условия этого правила удовлетворяются;

– в режиме решения задач ЭС осуществляет выработку правдоподобных предположений (при отсутствии достаточной информации для решения); выполнение рассуждений по обоснованию (опровержению) предположений; генерацию альтернативных сетей вывода; поиск решения в сетях вывода.

### **2. Поиск (выбор) решения:**

– направление поиска – от данных к цели, от целей к данным, двунаправленный поиск;

– порядок перебора вершин в сети вывода – «поиск в ширину», при котором сначала обрабатываются все вершины, непосредственно связанные с текущей обрабатываемой вершиной  $G$ ; «поиск в глубину», когда сначала раскрывается одна наиболее значимая вершина –  $G1$  связанная с текущей  $G$ , затем вершина  $G1$  делается текущей, и для неё раскрывается одна наиболее значимая вершина  $G2$  и т.д.

### **3. Процесс генерации предположений и сети вывода:**

– режим – генерация в режиме приобретения знаний, генерация в режиме решения задачи;

– полнота генерируемой сети вывода – операция сопоставления применяется ко всем правилам и ко всем типам указанных в правилах сущностей в каждом цикле работы механизма вывода (обеспечивается полнота генерируемой сети); используются различные средства для сокращения количества правил и (или) сущностей, участвующих в операции сопоставления; например, применяется алгоритм сопоставления или используются знания более общего характера (метазнания).

Механизм вывода для динамических проблемных сред дополнительно содержит: планировщик, управляющий деятельностью ЭС в соответствии с приоритетами; средства, гарантирующие получение лучшего решения в условиях ограниченности ресурсов; систему поддержания истинности значений переменных, изменяющихся во времени.

В динамических инструментальных средствах могут быть реализованы следующие варианты подсистемы моделирования:

- система моделирования отсутствует;
- существует система моделирования общего назначения, являющаяся частью инструментальной среды;
- существует специализированная система моделирования, являющаяся внешней по отношению к программному обеспечению, на котором реализуется ЭС.

#### **4.3. Средства приобретения знаний.**

Средства приобретения знаний. В инструментальных системах они характеризуются следующими признаками:

##### **1. Уровень языка приобретения знаний:**

- формальный язык;
- ограниченный естественный язык;
- язык пиктограмм и изображений;
- ЕЯ и язык изображений.

##### **2. Тип приобретаемых знаний:**

– данные в виде таблиц, содержащих значения входных и выходных атрибутов, по которым индуктивными методами строится дерево вывода;

- специализированные правила;
- общие и специализированные правила.

### **3. Тип приобретаемых данных:**

- атрибуты и значения;
- объекты;
- классы структурированных объектов и их экземпляры, получающие значения атрибутов путём наследования.

Промышленная технология создания интеллектуальных систем включает следующие этапы: – исследование выполнимости проекта; – разработку общей концепции системы; – разработку и тестирование серии прототипов; – разработку и испытание головного образца; – разработку и проверку расширенных версий системы; – привязку системы к реальной рабочей среде.

Проектирование ЭС основано на трёх главных принципах:

1. Мощность экспертной системы обусловлена прежде всего мощностью БЗ и возможностями её пополнения и только затем – используемыми методами (процедурами) обработки информации.

2. Знания, позволяющие эксперту (или экспертной системе) получить качественные и эффективные решения задач, являются в основном эвристическими, эмпирическими, неопределёнными, правдоподобными.

3. Неформальный характер решаемых задач и используемых знаний делает необходимым обеспечение активного диалога пользователя с ЭС в процессе её работы.

Перед тем как приступить к разработке ЭС, инженер по знаниям должен рассмотреть вопрос, следует ли разрабатывать ЭС для данного приложения. Положительное решение принимается тогда, когда разработка

ЭС возможна, оправданна, и методы инженерии знаний соответствуют решаемой задаче.

Чтобы разработка ЭС была возможной для данного приложения, необходимо выполнение, по крайней мере, следующих требований:

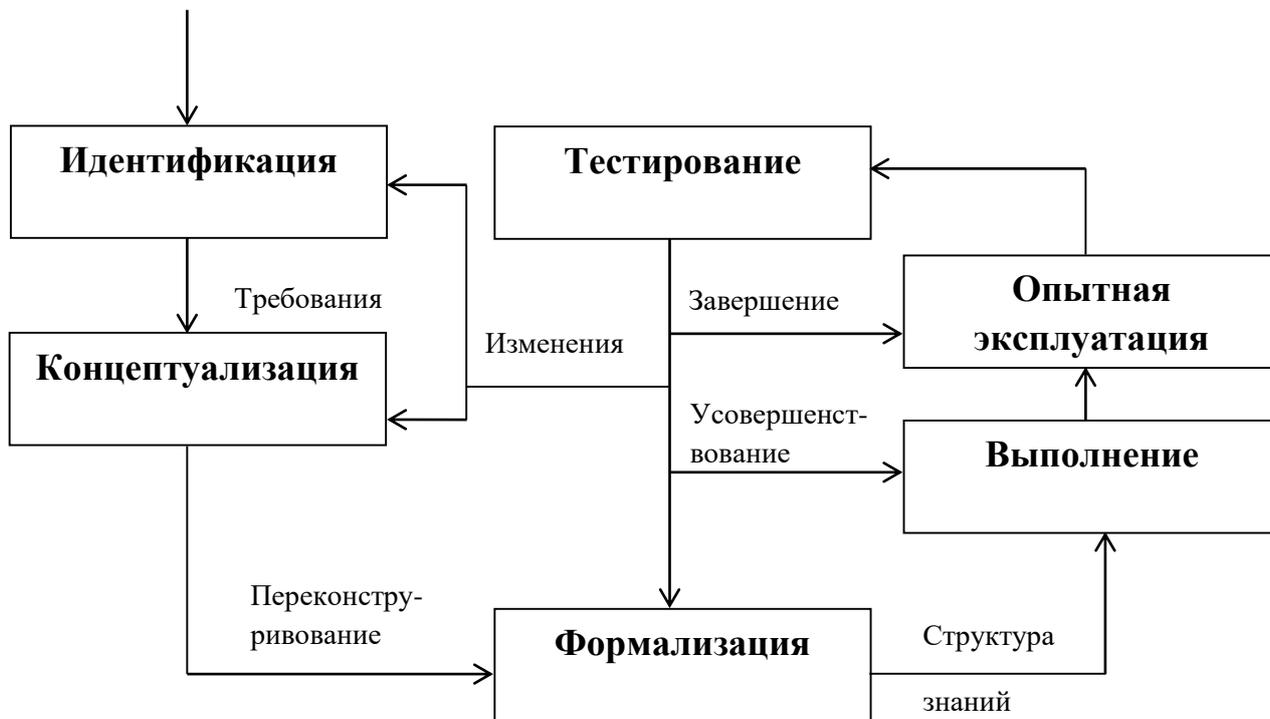
- существуют эксперты в данной области, которые решают задачу значительно лучше, чем начинающие специалисты;
- эксперты сходятся в оценке предлагаемого решения, так как в противном случае будет невозможно оценить качество разработанной ЭС;
- эксперты способны вербализовать (выразить на естественном языке) и объяснить используемые ими методы, иначе трудно рассчитывать на то, что знания экспертов будут «извлечены» и заложены в ЭС;
- решение задачи требует только рассуждений, а не действий;
- задача не должна быть слишком трудной (т.е. её решение должно занимать у эксперта несколько часов или дней, а не недель или лет);
- задача хотя и не должна быть выражена в формальном виде, но всё же должна относиться к достаточно «понятной» и структурированной области, т.е. должна существовать возможность выделения основных понятий, отношений и способов получения решения задачи;
- решение задачи не должно в значительной степени опираться на «здравый смысл» (т.е. широкий спектр общих сведений о мире и о способе его функционирования, которые знает и умеет использовать любой нормальный человек), так как подобные знания пока не удаётся в достаточном количестве заложить в системы искусственного интеллекта.

Приложение соответствует методам ЭС, если решаемая задача обладает совокупностью следующих характеристик:

- задача может быть естественным образом решена посредством манипулирования символами (с помощью символических рассуждений), а не манипулирования числами, как принято в математических методах и в традиционном программировании;

– задача должна иметь эвристическую, а не алгоритмическую природу, т.е. её решение должно требовать применения эвристических правил. Для задач, которые могут быть гарантированно решены (при соблюдении заданных ограничений) с помощью формальных процедур, существуют более эффективные подходы, чем технологии ЭС.

При разработке ЭС, как правило, используется концепция быстрого прототипа, суть которой заключается в том, что разработчики не пытаются сразу построить конечный продукт. На начальном этапе они создают прототип (возможно, не единственный) ЭС, удовлетворяющий двум противоречивым требованиям: умение решать типичные задачи конкретного приложения и незначительные время и трудоёмкость его разработки.



**Рисунок 4.1. Этапы разработки экспертных систем**

При выполнении этих условий становится возможным параллельно вести процесс накопления и отладки знаний, осуществляемый экспертом, и процесс выбора (разработки) программных средств, выполняемый инженером по знаниям и программистами. Для удовлетворения указанным требованиям при создании прототипа используются разнообразные инструментальные средства, ускоряющие процесс проектирования.

Традиционная технология реализации ЭС включает шесть основных этапов (рис. 4.1): идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование, опытную эксплуатацию [11].

На этапе идентификации определяются задачи, подлежащие решению, цели разработки, эксперты и типы пользователей.

На этапе концептуализации проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач.

На этапе формализации выбираются инструментальные средства и способы представления всех видов знаний, формализуются основные понятия, определяются способы интерпретации знаний, моделируется работа системы, оценивается адекватность системы зафиксированных понятий, методов решения, средств представления и манипулирования знаниями рассматриваемой предметной области.

На этапе выполнения осуществляется заполнение базы знаний. В связи с тем, что основой ЭС являются знания, данный этап является одним из самых важных и самых трудоёмких. Процесс приобретения знаний разделяют на извлечение знаний в диалоге с экспертами; организацию знаний, обеспечивающую эффективную работу системы, и представление знаний в виде, «понятном» ЭС. Процесс приобретения знаний осуществляется инженером по знаниям на основе анализа деятельности эксперта по решению реальных задач.

На этапе тестирования эксперт и инженер по знаниям в интерактивном режиме с использованием диалоговых и объяснительных средств проверяют компетентность ЭС. Процесс тестирования продолжается до тех пор, пока эксперт не решит, что система достигла требуемого уровня компетентности.

На этапе опытной эксплуатации проверяется пригодность ЭС для конечных пользователей. Полученные результаты могут показать необходимость существенной модификации ЭС.

Процесс создания ЭС не сводится к строгой последовательности перечисленных выше этапов. В ходе разработки приходится неоднократно возвращаться на более ранние этапы и пересматривать принятые там решения.

Инструментальные средства различаются в зависимости от того, какую технологию разработки ЭС они допускают. Можно выделить, по крайней мере, четыре подхода к разработке ЭС: – подход, базирующийся на поверхностных знаниях; – структурный подход; – подход, основанный на глубинных знаниях; – смешанный подход, опирающийся на использование поверхностных и глубинных знаний.

Поверхностный подход применяется для сложных задач, которые не могут быть точно описаны. Его сущность состоит в получении от экспертов фрагментов знаний, релевантных решаемой задаче. При этом не предпринимается попыток систематического или глубинного изучения области, что предопределяет использование поиска в пространстве состояний в качестве универсального механизма вывода.

Обычно в ЭС, использующих данный подход, в качестве способа представления знаний выбираются правила. Условие каждого правила определяет образец некоторой ситуации, в которой правило может быть выполнено. Поиск решения состоит в выполнении тех правил, образцы которых сопоставляются с текущими данными. При этом предполагается, что в процессе поиска решения последовательность формируемых таким образом ситуаций не оборвётся до получения решения, т.е. не возникнет неизвестной ситуации, которая не соответствует ни одному правилу. Данный подход с успехом применяется к широкому классу приложений, но оказывается неэффективным в тех случаях, когда задача может структурироваться или для её решения может использоваться некоторая модель.

Структурный подход к построению ЭС предусматривает структуризацию знаний проблемной области. Его появление обусловлено

тем, что для ряда приложений применение техники поверхностных знаний не обеспечивает решения задачи. Структурный подход к построению ЭС во многом похож на структурное программирование. Однако применительно к ЭС речь идёт не о том, чтобы структурирование задачи было доведено до точного алгоритма (как в традиционном программировании), а предполагается, что часть задачи решается с помощью эвристического поиска. Структурный подход в различных приложениях целесообразно сочетать с поверхностным или глубинным.

При глубинном подходе компетентность ЭС базируется на модели той проблемной среды, в которой она работает. Модель может быть определена различными способами (декларативно, процедурно). Необходимость использования моделей в ряде приложений вызвана стремлением исправить недостаток поверхностного подхода, связанный с возникновением ситуаций, не описанных правилами, хранящимися в БЗ. Экспертные системы, разработанные с применением глубинных знаний, при возникновении неизвестной ситуации способны самостоятельно определить, какие действия следует выполнить, с помощью некоторых общих принципов, справедливых для данной области экспертизы.

Глубинный подход требует явного описания структуры и взаимоотношений между различными сущностями проблемной области.

В этом подходе необходимо использовать инструментальные средства, обладающие возможностями моделирования: объекты с присоединёнными процедурами, иерархическое наследование свойств, активные знания (программирование, управляемое данными), механизм передачи сообщений объектам (объектно-ориентированное программирование) и т.п.

Смешанный подход в общем случае может сочетать поверхностный, структурный и глубинный подходы. Например, поверхностный подход может применяться для поиска адекватных знаний, которые затем используются некоторой глубинной моделью.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Охарактеризуйте основные направления исследований, проводимые в области искусственного интеллекта.
2. Приведите известные вам примеры применения интеллектуальных систем в различных проблемных областях.
3. Перечислите признаки характерные для интеллектуальных информационных систем.
4. Назовите основные функции, присущие ИИС и способы их реализации.
5. Сформулируйте основные отличия систем искусственного интеллекта от обычных программных средств.
6. Дайте краткую характеристику систем с интеллектуальным интерфейсом, экспертных систем, самообучающихся систем и адаптивных информационных систем.
7. Перечислите основные типы систем с интеллектуальным интерфейсом и дайте им краткую характеристику.
8. Перечислите основные типы ЭС и дайте им краткую характеристику.
9. Перечислите основные типы самообучающихся информационных систем и дайте им краткую характеристику.
10. Перечислите основные типы адаптивных информационных систем и дайте им краткую характеристику.
11. Охарактеризуйте экспертную систему по следующим параметрам: типу приложения, стадии существования, масштабу, типу проблемной среды, типу решаемой задачи.

**Ключевые слова:** *экспертная система, механизмы вывода и моделирования, средства приобретения знаний.*

# АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ. СВОЙСТВА ЗНАНИЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗНАНИЙ. БАЗЫ ЗНАНИЙ

## СВОЙСТВА ЗНАНИЙ

**Данные** – это информация, полученная в результате наблюдений или измерений отдельных свойств (атрибутов), характеризующих объекты, процессы и явления предметной области.

**Знания** (с точки зрения представления знаний в интеллектуальных системах) – это связи и закономерности предметной области (принципы, модели, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющего специалистам ставить и решать задачи в данной области.

## ЗНАНИЯ

Знания от данных отличаются рядом свойств:

- внутренняя интерпретируемость;
- структурированность;
- связность;
- семантическая метрика;
- активность

## БАЗА ЗНАНИЙ

основа любой интеллектуальной системы, где знания описаны на некотором языке представления знаний, приближенном к естественному. Сегодня знания приобрели чисто декларативную форму, то есть знаниями считаются предложения, записанные на языках представления знаний, приближенных к естественному языку и понятных неспециалистам.

## **ГЛАВА II. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ. ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ.**

### **5. АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ. СВОЙСТВА ЗНАНИЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗНАНИЙ. БАЗЫ ЗНАНИЙ**

#### **План:**

1. Свойства знаний
2. Классификация знаний
3. Базы знаний
4. Архитектура интеллектуальных систем

#### **5.1. Свойства знаний**

Данные – это информация, полученная в результате наблюдений или измерений отдельных свойств (атрибутов), характеризующих объекты, процессы и явления предметной области.

Знания (с точки зрения представления знаний в интеллектуальных системах) – это связи и закономерности предметной области (принципы, модели, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющего специалистам ставить и решать задачи в данной области.

Знания от данных отличаются рядом свойств:

- внутренняя интерпретируемость;
- структурированность;
- связность;
- семантическая метрика;
- активность.

Внутренняя интерпретируемость. Данные, хранящиеся в памяти или на внешних носителях, лишены имен, таким образом, отсутствует возможность их однозначной идентификации системой.

Данные может идентифицировать лишь программа, извлекающая их по

определенному алгоритму. При переходе к знаниям в память вводится дополнительная информация (атрибуты: фамилия, год рождения, специальность, стаж). Атрибуты могут играть роль имен. По ним можно осуществлять поиск нужной информации.

**Структурированность.** Информационные единицы должны обладать гибкой структурой. Иначе говоря, должна существовать возможность произвольного установления между отдельными информационными единицами отношений типа «часть – целое», «род – вид» или «элемент – класс».

**Связность.** Между информационными единицами должна быть предусмотрена возможность установления связей различного типа.

**Семантика отношений** может носить декларативный или процедурный характер. Например, две и более информационные единицы могут быть связаны отношением «одновременно», две информационные единицы – отношением «причина – следствие» или «быть рядом».

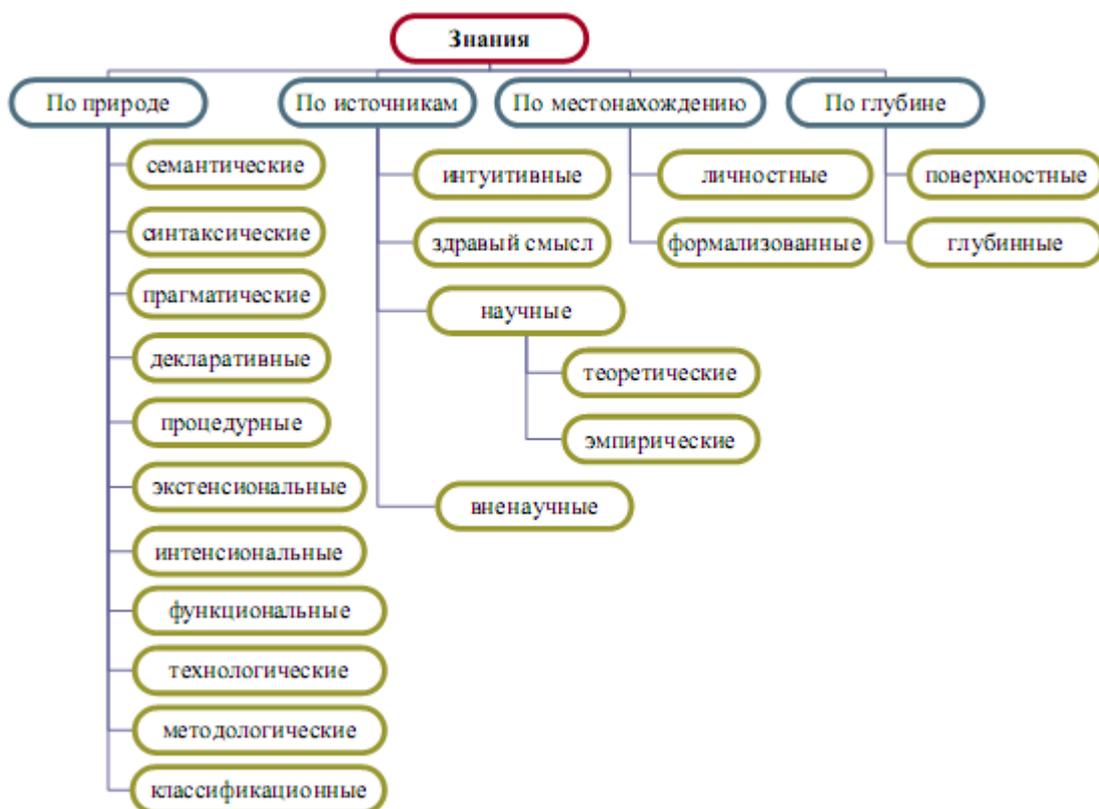
**Семантическая метрика.** На множестве информационных единиц в некоторых случаях полезно задавать отношение, характеризующее их ситуационную близость, то есть силу ассоциативной связи. Его можно было бы назвать отношением релевантности для информационных единиц. Оно дает возможность выделять в информационной базе некоторые типовые ситуации (например, «покупка», «регулирование движения на перекрестке»).

Отношение релевантности при работе с информационными единицами позволяет находить знания, близкие к уже найденным.

**Активность.** Все вычислительные процессы инициируются командами, а данные используются этими командами лишь в случае необходимости. Иначе говоря, данные пассивны, а команды активны. Знания позволяют адаптироваться и действовать в реальной действительности. Существует огромное множество различных знаний, начиная от рецепта приготовления омлета до квантовой физики.

## **5.2. Классификация знаний**

Знания можно классифицировать по нескольким критериям (рисунок 5.1). Знание синтаксического типа характеризует синтаксическую структуру потока информации, которая не зависит от смысла и содержания используемых при этом понятий, то есть интеллектуальную систему не образует.



**Рисунок 5.1 – Классификация знаний**

Семантическое знание рассматривается как структура, образующая текущий контекст. Оно содержит информацию, непосредственно связанную с текущими значениями и смыслом описываемых понятий, и предопределяет состояние связей данных в информационной базе.

Прагматическое знание предопределяет наиболее вероятные связи, описывающие данные с точки зрения решаемой задачи (обобщенный или «объективный» контекст), например, с учетом действующих в данной задаче специфических критериев и соглашений.

Декларативные знания содержат в себе представление о структуре понятий. Эти знания приближены к данным, фактам.

Например, высшее учебное заведение есть совокупность факультетов, а каждый факультет в свою очередь есть совокупность кафедр.

Процедурные знания имеют активную природу. Они определяют представления о средствах и путях получения новых знаний, проверке знаний. Это алгоритмы разного рода. С развитием информатики все большая часть знаний сосредотачивалась в структурах данных 22 (таблицы, списки, абстрактные типы данных), то есть увеличивалась роль декларативных.

Существенными для понимания природы знаний являются способы определения понятий. Один из широко применяемых способов основан на идее интенционала и экстенционала.

Интенционал понятия – это определение его через соотнесение с понятием более высокого уровня абстракции с указанием специфических свойств.

Экстенционал понятия – это определение понятия через перечисление его конкретных примеров, то есть понятий более низкого уровня абстракции. Интенционалы формируют знания об объектах, в то время как экстенционалы объединяют данные.

Отсюда интенциональные знания – это знания о предметной области, которые отражают факты, закономерности, свойства и характеристики, справедливые для любых ситуаций, которые могут возникнуть в этой предметной области.

Экстенциональные знания – это знания о предметной области, отражающие факты, закономерности, свойства и характеристики, типичные для конкретных ситуаций или классов однотипных ситуаций, которые могут возникнуть в этой области.

Функциональные знания – это знания о выполняемых функциях отдельных предметов и о применении их в реальной действительности.

Технологические знания – специализированные знания, обеспечивающие поддержание технологических параметров производства; производственный опыт и навыки, используемые при решении повседневных

производственных вопросов. Это может быть знание последовательности операций или знание технологической цепочки, позволяющие достигать поставленные цели в соответствии с принятой технологией.

Методологические знания – знания о методах преобразования действительности, научные знания о построении эффективной деятельности. К методологическим знаниям относят знание целей, форм и направлений развития теории, методов и способов эффективного преобразования практики.

Интуиция – это вид знания, специфика которого обусловлена способом его приобретения. Это знание, не нуждающееся в доказательстве и воспринимаемое как достоверное. По способу получения интуиция – это прямое усмотрение объективной связи вещей, не опирающееся на доказательство (интуиция есть усмотрение внутренним зрением; от лат. *intueri* – созерцать).

Под здравым смыслом понимают знания, позволяющие принимать правильные решения и делать правильные предположения, основываясь на логическом мышлении и накопленном опыте. В этом значении термин зачастую акцентирует внимание на способности человеческого разума противостоять предрассудкам, заблуждениям, мистификациям.

Научные знания в любом случае должны быть основанными на эмпирической или теоретической доказательной основе.

Теоретические знания – абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и природу процессов, протекающих в предметной области. Эти знания объясняют явления и могут использоваться для прогнозирования поведения объектов.

Теоретический уровень научного знания предполагает установление законов, дающих возможность идеализированного восприятия, описания и объяснения эмпирических ситуаций, то есть познания сущности явлений. Теоретические законы имеют более строгий, формальный характер по сравнению с эмпирическими. Термины описания теоретического знания

относятся к идеализированным, абстрактным объектам. Подобные объекты невозможно подвергнуть непосредственной экспериментальной проверке.

Эмпирические знания получают в результате применения эмпирических методов познания: наблюдения, измерения, эксперимента. Это знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области. Эмпирические знания, как правило, констатируют качественные и количественные характеристики объектов и явлений. Эмпирические законы часто носят вероятностный характер и не являются строгими.

Вненаучные знания могут быть различными. Паранормальные знания – знания, несовместимые с имеющимся гносеологическим стандартом. Широкий класс паранаучного (пара от греч. около, при) знания включает в себя учения или размышления о феноменах, объяснение которых не является убедительным с точки зрения критериев научности. Лженаучные знания – сознательно эксплуатирующие домыслы и предрассудки. В качестве симптомов лженауки выделяют малограмотный пафос, принципиальную нетерпимость к опровергающим доводам, а также претенциозность.

Лженаучные знания сосуществуют с научными знаниями. Личностные (неявные, скрытые) знания – это знания людей, полученные из практики и опыта.

Формализованные (явные) знания – знания, содержащиеся в документах, на компакт-дисках, в персональных компьютерах, в

Интернете, в базах знаний, в экспертных системах. Формализованные знания объективизируются знаковыми средствами языка, охватывают те знания, о которых мы знаем, их можно записать, сообщить другим.

### **5.3. Базы знаний**

Перечисленные ниже пять особенностей информационных единиц определяют ту грань, за которой данные превращаются в знания, а базы данных перерастают в базы знаний.

База знаний (БЗ) – основа любой интеллектуальной системы, где знания описаны на некотором языке представления знаний, приближенном к естественному. Сегодня знания приобрели чисто декларативную форму, то есть знаниями считаются предложения, записанные на языках представления знаний, приближенных к естественному языку и понятных неспециалистам.

Внутренняя интерпретируемость. Каждая информационная единица должна иметь уникальное имя, по которому ИС находит ее, а также отвечает на запросы, в которых это имя упомянуто. Когда данные, хранящиеся в памяти, были лишены имен, то отсутствовала возможность их идентификации системой. Данные могла идентифицировать лишь программа, извлекающая их из памяти по указанию программиста, написавшего программу. Что скрывается за тем или иным двоичным кодом машинного слова, системе было неизвестно.

При переходе к знаниям в память компьютера вводится информация о некоторой протоструктуре информационных единиц. В рассматриваемом примере она представляет собой специальное машинное слово, в котором указано, в каких разрядах хранятся сведения о фамилиях, годах рождения, специальностях и стажах. При этом должны быть заданы специальные словари, в которых перечислены имеющиеся в памяти системы фамилии, года рождения, специальности и продолжительности стажа. Все эти атрибуты могут играть роль имен для тех машинных слов, которые соответствуют строкам таблицы.

Структурированность. Информационные единицы должны обладать гибкой структурой. Для них должен выполняться "принцип матрешки", т.е. рекурсивная вложенность одних информационных единиц в другие. Каждая информационная единица может быть включена в состав любой другой, и из каждой информационной единицы можно выделить некоторые составляющие ее информационные единицы. Другими словами, должна существовать возможность произвольного установления между отдельными

информационными единицами отношений типа "часть - целое", "род - вид" или "элемент - класс".

Связность. В информационной базе между информационными единицами должна быть предусмотрена возможность установления связей различного типа. Прежде всего эти связи могут характеризовать отношения между информационными единицами.

Семантика отношений может носить декларативный или процедурный характер. Например, две или более информационные единицы могут быть связаны отношением "одновременно", две информационные единицы - отношением "причина - следствие" или отношением "быть рядом". Приведенные отношения характеризуют декларативные знания. Если между двумя информационными единицами установлено отношение "аргумент - функция", то оно характеризует процедурное знание, связанное с вычислением определенных функций. Далее будем различать отношения структуризации, функциональные отношения, каузальные отношения и семантические отношения. С помощью первых задаются иерархии информационных единиц, вторые несут процедурную информацию, позволяющую находить (вычислять) одни информационные единицы через другие, третьи задают причинно-следственные связи, четвертые соответствуют всем остальным отношениям.

Между информационными единицами могут устанавливаться и иные связи, например, определяющие порядок выбора информационных единиц из памяти или указывающие на то, что две информационные единицы несовместимы друг с другом в одном описании.

Перечисленные три особенности знаний позволяют ввести общую модель представления знаний, которую можно назвать семантической сетью, представляющей собой иерархическую сеть, в вершинах которой находятся информационные единицы. Эти единицы снабжены индивидуальными именами. Дуги семантической сети соответствуют различным связям между информационными единицами.

Семантическая метрика. На множестве информационных единиц в некоторых случаях полезно задавать отношение, характеризующее ситуационную близость информационных единиц, т.е. силу ассоциативной связи между информационными единицами.

Его можно было бы назвать отношением релевантности для информационных единиц. Такое отношение дает возможность выделять в информационной базе некоторые типовые ситуации.

Отношение релевантности при работе с информационными единицами позволяет находить знания, близкие к уже найденным.

Активность. Все процессы, протекающие в ПК, инициируются командами, а данные используются этими командами лишь в случае необходимости. Для ИС эта ситуация не приемлема. Как и у человека, в ИС актуализации тех или иных действий способствуют знания, имеющиеся в системе. Таким образом, выполнение программ в ИС должно инициироваться текущим состоянием информационной базы.

Появление в базе фактов или описаний событий, установление связей может стать источником активности системы.

Совокупность средств, обеспечивающих работу с знаниями, образует Систему Управления Базой Знаний (СУБЗ). В настоящее время не существует баз знаний, в которых в полной мере были бы реализованы внутренняя интерпретируемость, структуризация, связность, введена семантическая мера и обеспечена активность знаний.

#### **5.4. Архитектура интеллектуальных систем**

Архитектура интеллектуальных систем включает три комплекса вычислительных средств (рисунок 5.2). Первый комплекс представляет собой совокупность средств, выполняющих программы (исполнительную систему), спроектированных с позиций эффективного решения задач, имеет в ряде случаев проблемную ориентацию.

Второй комплекс представляет собой совокупность средств интеллектуального интерфейса, имеющих гибкую структуру, которая

обеспечивает возможность адаптации в широком спектре интересов конечных пользователей.



**Рисунок 5.2 – Архитектура интеллектуальных систем**

Третьим комплексом средств, с помощью которых организуется взаимодействие первых двух, является база знаний, обеспечивающая использование вычислительными средствами первых двух комплексов целостной и независимой от обрабатывающих программ системы знаний о проблемной среде. Исполнительная система объединяет всю совокупность средств, обеспечивающих выполнение сформированной программы.

Интеллектуальный интерфейс – система программных и аппаратных средств, обеспечивающих для конечного пользователя использование компьютера для решения задач, которые возникают в среде его профессиональной деятельности либо без посредников, либо с незначительной их помощью.

БЗ занимает центральное положение по отношению к остальным компонентам вычислительной системы. В целом, через БЗ осуществляется интеграция средств вычислительной системы, участвующих в решении задач.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Назовите типы задач, которые решаются с применением ЭС. Приведите примеры.
2. Назовите специалистов, которые привлекаются для разработки экспертных систем, и поясните их функции.
3. Назовите парадигмы программирования и дайте их краткую характеристику.
4. Назовите типичные модели представления знаний в экспертных системах.
5. Расскажите об основных характеристиках инструментальных средств, предназначенных для разработки интеллектуальных информационных систем.
6. Назовите известные вам языки программирования и соответствующие им парадигмы программирования.
7. Перечислите этапы промышленной технологии создания интеллектуальных систем.
8. Опишите основные технологические этапы разработки экспертных систем: идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование, опытную эксплуатацию.
9. Расскажите о механизмах вывода в экспертных системах.
10. Приведите пример конкретной экспертной системы, используя для её характеристики признаки.
11. Какие параметры подразумевает учет специфики проблемной области, которая может характеризоваться следующим набором признаков?
12. Дайте краткую характеристику систем с интеллектуальным интерфейсом, экспертных систем, самообучающихся систем и адаптивных информационных систем.

***Ключевые слова:** свойства знаний, классификация знаний, базы знаний, архитектура интеллектуальных систем*

# ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАЛОГА МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ. ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

## РУКОПИСНЫЙ ВВОД

Рукописный ввод символов может по праву считаться одним из самых удобных способов набора текста наравне с оперированием виртуальной клавиатурой. Тот же голосовой набор можно применить далеко не всегда, а в случае с рукописным методом всё обстоит намного проще.

При исследовании уже сформированных текстов обнаруживается, что главное отличие рукописного текста от печатного состоит в значительно большей степени variability начертаний одной и той же буквы разными людьми и одним и тем же человеком в различных состояниях, чем при воспроизведении тех же букв на различных пишущих машинках и принтерах.

## ИДЕНТИФИКАЦИИ И АУТЕНТИФИКАЦИИ

Проблемы идентификации и аутентификации пользователей компьютеров являются актуальными в связи с все большим распространением компьютерных преступлений. Использование для идентификации клавиатурного почерка является одним из направлений биометрических методов идентификации личности.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

описано четыре математических подхода к решению задачи распознавания клавиатурного почерка пользователя:

- статистический;
- вероятностно-статистический;
- на базе теории распознавания образов и нечеткой логики;
- на основе нейросетевых алгоритмов.

## **6. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**

### **План:**

1. Декларативные и процедурные знания
2. Логическая модель представления знаний
3. Псевдофизические модели представления знаний
4. Сетевая модель представления знаний
5. Фреймовая модель представления знаний
6. Продукционная форма представления знаний
7. Методы приобретения и извлечения знаний
8. Методы приобретения знаний
9. Методы извлечения знаний из данных

### **6.1. Декларативные и процедурные знания**

Любая предметная область характеризуется своим набором понятий и связей между ними, своими законами, связывающими между собой объекты данной предметной области, своими процессами, событиями. И конечно, каждая предметная область имеет свои, специфические методы решения задач. Знания о предметной области и способах решения в ней задач весьма разнообразны. Возможны различные классификации этих знаний.

В общем случае знания подразделяются на:

- Процедурные знания описывают последовательности действий, которые могут использоваться при решении задач. Это, например, программы для ПК, словесные записи алгоритмов, инструкция по сборке некоторого изделия.

- Декларативные знания — это все знания, не являющиеся процедурными, например статьи в толковых словарях и энциклопедиях, формулировки законов в физике, химии и других науках и т.п. В отличие от процедурных знаний, отвечающих на вопрос: «Как сделать X?», декларативные знания отвечают, скорее, на вопросы: «Что есть X?» или «Какие связи имеются между X и Y?», «Почему X?» и т.д.

Языки представления знаний можно разделить на типы по формальным моделям представления знаний, которые лежат в их основе:

- логическая,
- сетевая,
- фреймовая,
- продукционная.

Ниже будут рассмотрены данные языки представления данных.

## **6.2. Логическая модель представления знаний**

Логическая модель представляет собой формальную систему в которой все знания о предметной области описываются в виде формул этого исчисления или правил вывода. Описание в виде формул дает возможность представить декларативные знания, а правила вывода — процедурные знания.

*Логическая модель знаний строится на базе предикатов.*

Логика предикатов является развитием алгебры логики (или логики высказываний). В логике высказываний для обозначения фактов используются буквы (имена или идентификаторы или фразы), не имеющие структуры (используемые как атомарные объекты), и принимающие значения «1» или «0» («да» или «нет»). То, что фразы имеют атомарный характер, не позволяет обнаружить похожесть их смысла. Например, высказывания «расстояние от Земли до Солнца – 150 млрд. км» и «расстояние от Земли до Марса – 60 млн. км» имеют похожий смысл, но абсолютно разные в логике высказываний.

В логике предикатов факты обозначаются n-арными логическими функциями – предикатами  $F(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , где F – имя предиката (функтор) и  $x_i$  – аргументы предиката [3].

Предикатом называется функция, принимающая два значения ИСТИНА и ЛОЖЬ – и предназначенная для выражения свойств объекта или связей между ними.

Имена предикатов неделимы, т.е. являются так называемыми атомами.

Аргументы могут быть атомами или функциями  $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , где  $f$  – имя функции, а  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , так же как и аргументы предикатов являются переменными или константами предметной области [3].

В результате интерпретации (по другому, конкретизации) предиката функторы и аргументы принимают значения констант из предметной области (строк, чисел, структур и т.д.). При этом следует различать интерпретацию на этапе описания предметной области (создания программ и баз знаний) и на этапе решения задач (выполнения программ с целью корректировки или пополнения баз знаний) [3].

Выше приведенные примеры высказываний в виде предикатов будут выглядеть как «расстояние (Земля, Солнце, 150000000000)» и «расстояние (Земля, Марс, 60000000)». Так как они имеют определенную структуру, их можно сравнивать по частям, моделируя работу с содержащимся в них смыслом.

Предикат с арностью  $n > 1$  может использоваться в инженерии знаний для представления  $n$ -арного отношения, связывающего между собой  $n$  сущностей (объектов) – аргументов предиката [3].

Например, предикат «отец («Иван», «Петр Иванович»))» может означать, что сущности «Иван» и «Петр Иванович» связаны родственным отношением, а именно, последний является отцом Ивана или наоборот – уточнение семантики (смысла) этого предиката связано с тем, как он используется, т.е. в каких операциях или более сложных отношениях он участвует, и какую роль в них играют его 1-й и 2-й аргументы.

Предикат «компьютер (память, клавиатура, процессор, монитор)» может обозначать понятие «компьютер» как отношение, связывающее между собой составные части компьютера, предикат «внутри (процессор\_Pentium, компьютер)» – то, что внутри компьютера находится процессор Pentium.

Предикат с арностью  $n=1$  может представлять свойство сущности (объекта), обозначенного аргументом или характеристику объекта, обозначенного именем предиката [3]. Например: кирпичный (дом), оценка

(5), улица («Красный проспект»), дата\_рождения («1 апреля 1965 г.»), быстродействие («1 Мфлопс»).

Предикат с арьностью  $n=0$  (без аргументов) может обозначать событие, признак или свойство, относящееся ко всей предметной области. Например: «конец работы» [3].

При записи формул (выражений) помимо логических связок «конъюнкция» ( $\&$ ), «дизъюнкция» ( $\vee$ ), «отрицание» ( $\neg$ ), «следование» («импликация») ( $\rightarrow$ ), заимствованных из логики высказываний, в логике предикатов используются кванторы всеобщности ( $\forall$ ) и существования ( $\exists$ ) [3].

Например, выражение:

$\forall(x, y, z)$  (отец ( $x, y$ )  $\&$  мать ( $x, z$ ))  $\rightarrow$  родители ( $x, y, z$ ),

означает, что для всех значений  $x, y, z$  из предметной области справедливо утверждение «если  $y$  – отец и  $z$  – мать  $x$ , то  $y$  и  $z$  – родители  $x$ ».

Выражение

$(\exists x)$  (студент ( $x$ )  $\&$  должность ( $x$ , «инженер»)),

означает, что существует хотя бы один студент, который работает в должности инженера.

Переменные при кванторах называются связанными переменными в отличии от свободных переменных [3]. Например, в выражении

$(\forall x)$  (владелец ( $x, y$ )  $\rightarrow$  частная\_собственность( $y$ )),

$x$  – связанная переменная,  $y$  – свободная переменная.

Логика предикатов 1-го порядка отличается от логик высших порядков тем, что в ней запрещено использовать выражения (формулы) в качестве аргументов предикатов.

Примером логического знания формализованного в виде логики предикатов высших порядков является знание: «Когда температура в печи достигает 1200 и прошло менее 30 мин с момента включения печи, давление не может превосходить критическое. Если с момента включения печи прошло более 30 мин, то необходимо открыть вентиль №2».

Логическая модель представления этого знания имеет вид:

$$P(p = 120) T(t < 30) \rightarrow (D < D_{кр});$$

$$P(p = 120) T(t > 30) \rightarrow F(\text{№}2).$$

В этой записи использованы следующие обозначения для предикатов:

$P(p = 120)$  — предикат, становящийся истинным, когда температура достигает 120 градусов,

$T(t < 30)$  — предикат, остающийся истинным в течение 30 мин с начала процесса;

$T(t > 30)$  — предикат, становящийся истинным по истечении 30 мин с начала процесса;

$(D < D_{кр})$  — утверждение о том, что давление ниже критического;

$F(\text{№}2)$  — команда открыть вентиль №2.

Кроме того, в записях использованы типовые логические связки конъюнкции ( $\vee$ ), импликации ( $\wedge$ ) и логического следования ( $\rightarrow$ ).

Первая строчка в записи представляет декларативные знания, а вторая — процедурные.

Решение задач в логике предикатов сводится к доказательству целевого утверждения в виде формулы или предиката (теоремы), используя известные утверждения (формулы) или аксиомы.

В конце 60-х годов Робинсоном для доказательства теорем в логике предикатов был предложен метод резолюции, основанный на доказательстве «от противного». Целевое утверждение инвертируется, добавляется к множеству аксиом и доказываем, что полученное таким образом множество утверждений является несовместным (противоречивым). Для выполнения доказательства методом резолюции необходимо провести определенные преобразования над множеством утверждений, а именно, привести их к совершенной конъюнктивной нормальной форме (СКНФ). СКНФ представляет собой набор (конъюнкцию) дизъюнктов без кванторов.

Кванторы всеобщности подразумеваются, а кванторы существования заменяются на перечисление формул (или предикатов) со всеми константами из предметной области, для которых формула истинна.

Языки представлений знаний логического типа широко использовались на ранних стадиях развития интеллектуальных систем, но вскоре были вытеснены (или во всяком случае сильно потеснены) языками других типов.

Объясняется это громоздкостью записей, опирающихся на классические логические исчисления. При формировании таких записей легко допустить ошибки, а поиск их очень сложен. Отсутствие наглядности, удобочитаемости (особенно для тех, чья деятельность не связана с точными науками) затрудняло распространение языков такого типа.

### **6.3. Псевдофизические модели представления знаний**

Недостатки классической логики и основанной на ней логики предикатов первого порядка как метода представления знаний об окружающем мире привели к появлению псевдофизических логик. В их основе лежит представление нечетких или размытых понятий в виде так называемых лингвистических переменных, придуманных Заде для того, чтобы приблизить семантику (смысл) знака к семантике, которая вырабатывается в мозгу человека в процессе его обучения (опыта) [3].

Для этого множество образов (десигнатов), с которыми должна оперировать интеллектуальная система, представляется в виде точек на шкалах. Например, можно рассматривать шкалы «возраст» (в годах), «расстояние до объекта» (в м или км) и т.п. С каждой шкалой связано множество знаковых значений лингвистической переменной. Например, со шкалой «возраст» могут быть связаны следующие значения одноименной лингвистической переменной: «юный», «молодой», «зрелый», «пожилой», «старый», «дряхлый». Со шкалой «расстояние» – «вплотную», «очень близко», «близко», «рядом», «недалеко», «далеко», «очень далеко». Взаимосвязь между этими двумя представлениями (множеством точек на

шкале и множеством знаковых значений) задается с помощью функции принадлежности  $\mu_x(t)$ , где  $x$  – значение лингвистической переменной,  $t$  – значение на шкале.

Значение функции принадлежности интерпретируется как вероятность того, что значение  $t$  на шкале можно заменить знаком  $x$  или наоборот.

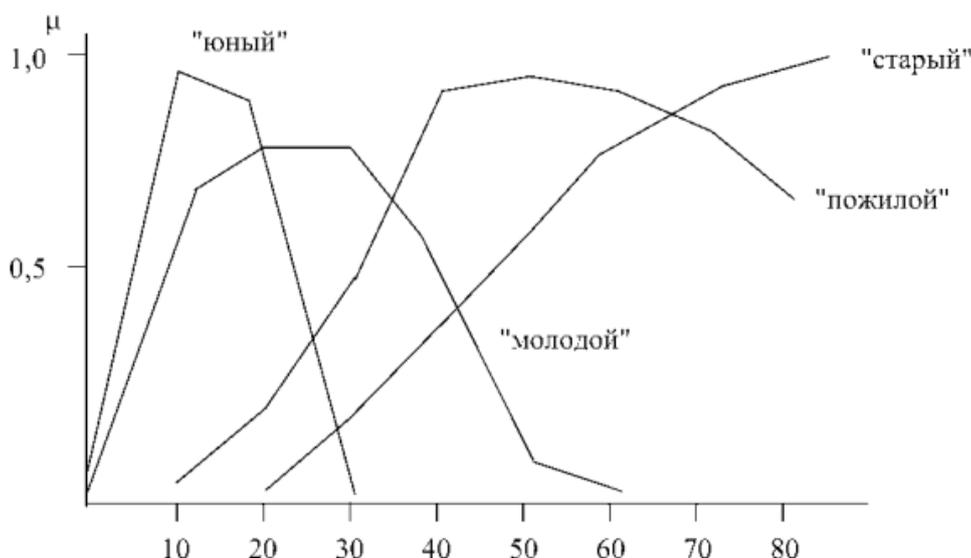
Очевидно, что можно пронормировать значения функции принадлежности в соответствии с формулой

$$\sum_x \mu_x(t) = 1,$$

или в соответствии с

$$\sum_x \mu_x(t) = 1$$

На рисунке 6.1 приведен пример описания лингвистической переменной возраст. Здесь каждая кривая описывает ее одно символическое значение.



**Рисунок 6.1 - Пример описания лингвистической переменной «возраст»**

Наиболее используемыми псевдофизическими логиками являются пространственная, временная и каузальная (причинно-следственная).

Пространственная логика может быть разбита на логики статическая и динамическая, взаимного расположения объектов, расположения объектов в пространстве (расстояний и направлений).

Логика взаимного расположения объектов, расстояний и направлений делится на метрическую и топологическую логики. В отличие от метрической топологическая логика не связана с метрической шкалой.

Метрические шкалы подразделяются на экзоцентрические и эндоцентрические, относительные и абсолютные. Экзоцентрические шкалы имеют началом координат точку, связанную с самой интеллектуальной системой. Примером такой шкалы является шкала для описания лингвистической переменной «Расстояние до объекта» в логике расстояний.

Ее символическими значениями могут быть следующие: «рядом», «близко», «недалеко», «далеко», «очень далеко» и т.п.

Эндоцентрическая шкала имеет началом координат точку вне системы.

Примером такой шкалы является шкала для описания лингвистической переменной «расстояние между двумя объектами» в той же логике расстояний. Относительные шкалы имеют изменяемую точку отсчета (начало координат), а абсолютные – неизменяемую (обычно, подразумеваемую, т.е. явно не заданную).

Логика направлений оперирует с понятиями «справа», «слева», «впереди», «сзади» или «на восток», «на запад» и т.п.

В логике взаимного расположения объектов описываются следующие базовые отношения: унарные – «иметь горизонтальное положение», «иметь вертикальное положение», бинарные – «находиться внутри», «находиться вне».

Из базовых отношений с помощью логических связок строятся производные отношения, такие как «не соприкасаться» (отрицание «соприкасаться»), «быть вместе..» (следствие от «находиться там же..»), «висеть» (конъюнкция «иметь вертикальное положение» и «висеть на...»), «стоять» (конъюнкция «иметь вертикальное положение» и «иметь точку опоры на..») и т. п. Эти отношения описываются в виде правил, определяющих с помощью импликации сложное отношение через базовые.

Кроме того, в псевдофизической логике в виде правил описываются свойства отношений и взаимосвязи между ними.

Например, свойства рефлексивности (например, рядом  $(x, x)$ ), симметричности (например, рядом  $(x, y) \rightarrow$  рядом  $(y, x)$ ) и транзитивности (например, выше  $(x, y) \rightarrow$  выше  $(x, z)$  & выше  $(z, y)$ ).

Временная псевдофизическая логика имеет дело с отношениями «происходить одновременно», «пересекаться во времени» (n-арные), «быть раньше», «быть позже» (бинарные), «давно», «недавно», «скоро» (унарные) и т.п.

Более подробно особенности использования нечеткой логики при анализе и представлении данных и знаний представлены в главах 9 и 17.

#### **6.4 Сетевая модель представления знаний**

В основе сетевой модели лежит идея о том, что любые знания можно представить в виде совокупности объектов (понятий) и связей (отношений) между ними.

Известно, что любую конкретную ситуацию в реальном мире, всегда можно представить в виде совокупности взаимосвязанных понятий.

Причем число базовых отношений не может быть бесконечным (оно заведомо меньше 300); все остальные отношения выражаются через базовые в виде их комбинаций. Эта гипотеза служит основой

утверждения о том, что семантические сети являются универсальным средством для представления знаний в интеллектуальных системах.

Семантической сетью называется ориентированный граф с помеченными вершинами и дугами, где вершинам соответствуют конкретные объекты, дугам - отношения между ними.

Семантические сети являются весьма мощным средством представления знаний. Однако для них характерны неоднозначность представлений знаний и неоднородность связей.

В семантических сетях используются три основных типа объектов:

1. Понятия представляют собой сведения об абстрактных или конкретных (физических) объектах предметной области.

2. События - это действия, которые могут внести изменения в предметную область, т.е. изменить состояние предметной области.

3. Свойства используются для уточнения понятий и событий.

Применительно к понятиям свойства описывают их особенности или характеристики, например - цвет, размер, качество.

Применительно к событиям свойства - продолжительность, место, время и т.д.

Рассмотрим, например, текст, содержащий некоторые декларативные знания: «Слева от станка расположен приемный бункер. Расстояние до него равно двум метрам. Справа от станка — бункер готовой продукции. Он находится рядом со станком. Робот перемещается параллельно станку и бункерам на расстоянии 1 м».

На рисунке 6.2 показано сетевое представление совокупности знаний в виде семантической сети. Понятия и объекты, встречающиеся в тексте, представлены в виде сети, а отношения — в виде дуг, связывающих соответствующие вершины.

В семантической сети возможно ввести различные виды отношений между объектами. Атрибутивные отношения - это отношения между объектом и свойством, например, цвет, размер, форма,

модификация и т.д. На рисунке 6.3 приведен пример семантической сети с использованием атрибутивных отношений.

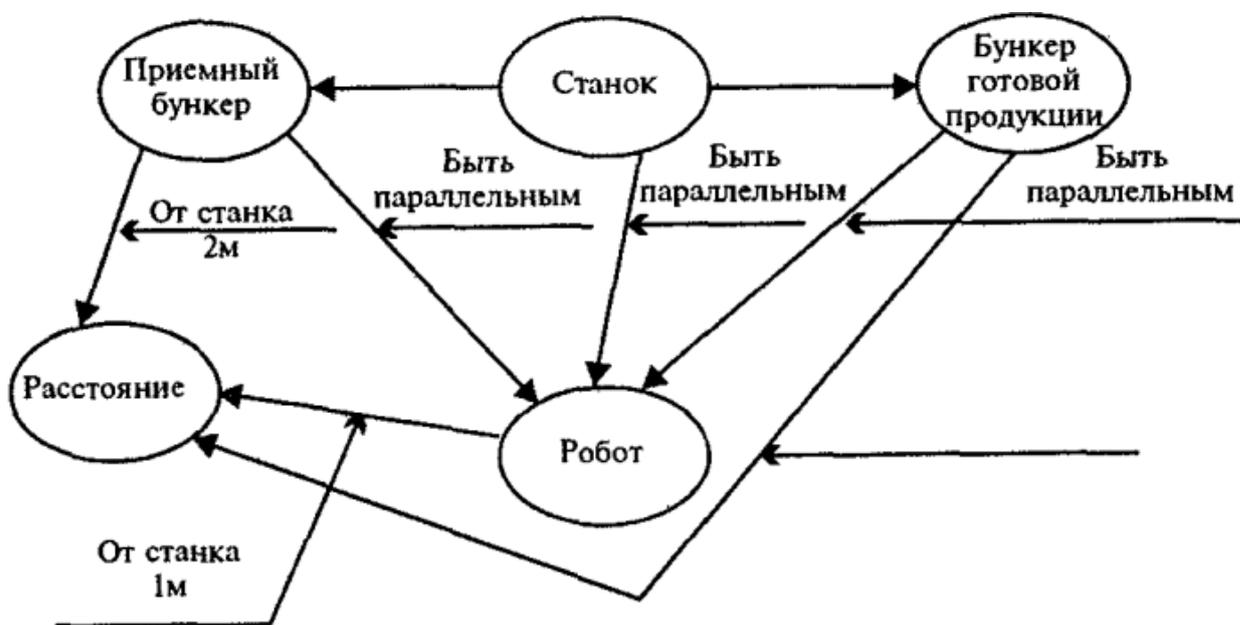


Рисунок 6.2. - Пример сетевого представления совокупности знаний

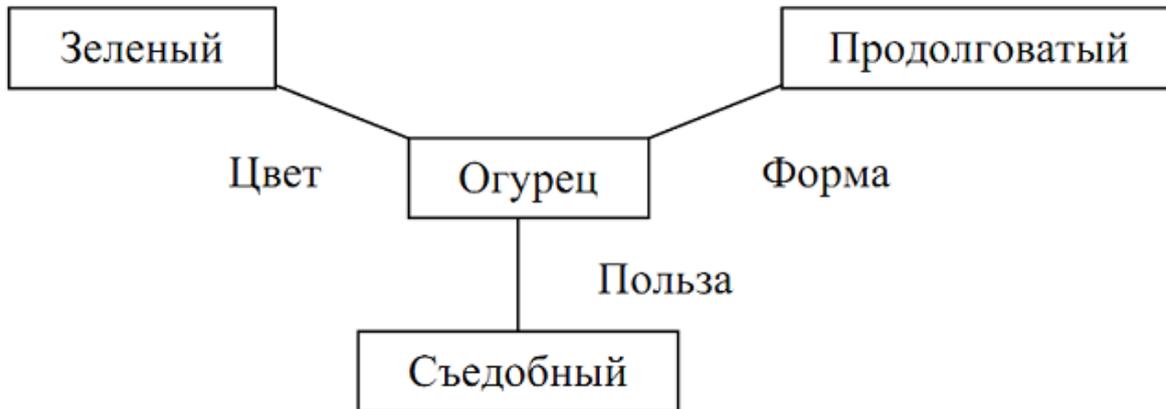
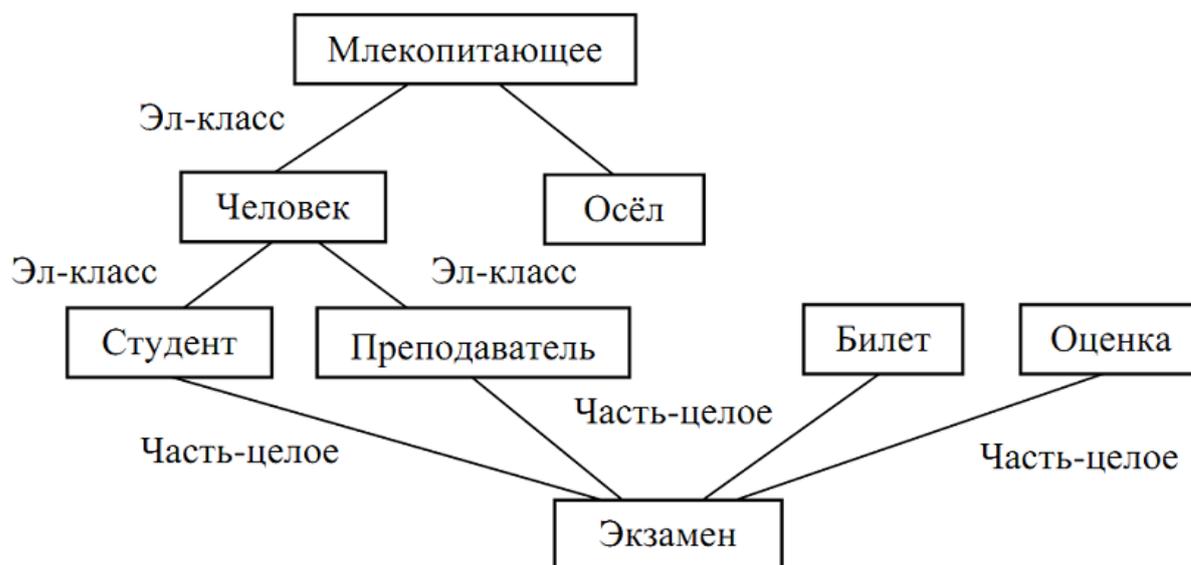


Рисунок 6.3 - Пример атрибутивных отношений

Теоретико-множественные (иерархические) отношения - это отношения между элементом множества (подмножества) и множеством, отношение части и целого, отношение между элементом класса и классом и т.п. Данный тип отношений используется для хранения в базе знаний сложных (составных или иерархических) понятий. Этот тип отношений иллюстрируется на рисунке 6.4.

Квантифицированные отношения – это логические кванторы общности и существования. Они используются для представления знаний типа: «любой студент должен посещать лабораторные занятия», «существует хотя бы один язык программирования, который должен знать любой выпускник».



**Рисунок 6.4 - Пример теоретико-множественных отношений**

К наиболее распространенным лингвистическим отношениям относятся

- падежные,
- атрибутивные.

Падежными (или ролевыми) отношениями могут являться следующие:

- агент, отношение между событием и тем, что (или кто) его вызывает, например, отношение между «завинчиванием» (гайки) и рукой;
- объект, отношение между событием и тем, над чем производится действие, например, между «завинчиванием» и «гайкой»;
- условие, отношение, указывающее логическую зависимость между событиями, например, отношение между «завинчиванием» (гайки) и «сборкой» (узла);
- инструмент, отношение между событием и объектом, с помощью которого оно совершается, например, между «завинчиванием» и «верстаком».

К базе знаний представленной семантической сетью, возможны следующие основные типы запросов:

- запрос на существование;
- запрос на перечисление.

При построении интеллектуальных банков знаний обычно используют разделение знаний на:

- интенциональные,
- экстенциональные.

Экстенциональная семантическая сеть (или К-сеть) содержит информацию о фактах, о конкретных объектах, событиях, действиях.

Интенциональная семантическая сеть (или А-сеть) содержит информацию о закономерностях, потенциальных взаимосвязях между объектами, неизменяемую информацию об объектах, т.е. модель мира.

Экстенциональные (конкретные) знания создаются и обновляются в процессе работы с банком данных, а интенциональные (абстрактные) изменяются редко. Первые можно назвать экземпляром, а последние – моделью (схемой) базы данных.

Запрос к банку знаний, обрабатываемый системой управления базой знаний, представляет собой набор фактов (ситуацию), при описании которого допускается использование переменных вместо значений атрибутов, имен понятий, событий и отношений. Запрос можно представить в виде графа, в котором вершины, соответствующие переменным, не определены. Поиск ответа сводится к задаче изоморфного вложения графа запроса (или его подграфа) в семантическую сеть.

Запрос на существование не содержит переменных и требует ответа типа ДА, если изоморфное вложение графа запроса в семантическую сеть удалось, и НЕТ – в противоположном случае. При обработке запроса на перечисление происходит поиск всех возможных изоморфных графу

запроса подграфов всемантической сети, а также присваивание переменным в запросе значений из найденных подграфов.

Кроме того, на семантических сетях можно использовать методы доказательства, используемые в логике предикатов, т.к. семантическая сеть легко преобразуется в логику предикатов 1-го порядка (каждое ребро можно представить в виде бинарного предиката).

Достоинством семантических сетей является их универсальность, достигаемая за счет выбора соответствующего применению набора отношений. В принципе с помощью семантической сети можно описать сколь угодно сложную ситуацию, факт или предметную область.

В виде семантической сети можно представить псевдофизическую логику.

С другой стороны, семантическую сеть можно записать в виде набора предикатов 1-го порядка. В этом случае именами предикатов будут являться имена отношений (ребер графа), а атрибутами – связываемые отношением узлы семантической сети.

Недостатком семантических сетей является их практическая необозримость при описании модели мира реального уровня сложности. При этом появляется проблема размещения семантической сети в памяти ПК.

Если ее размещать всю в оперативной (виртуальной) памяти, на ее сложность накладываются жесткие ограничения. Если размещать во внешней памяти, появляется проблема, как подгружать необходимые для работы участки.

### **6.5 Фреймовая модель представления знаний**

При автоматизации процесса использования и представления знаний неоднозначность и неоднородность заметно усложняют процессы, протекающие в интеллектуальных системах. Поэтому вполне естественно желание как-то унифицировать форму представления знаний, сделать ее максимально однородной. Одним из способов решения этой задачи в

искусственном интеллекте послужил переход к специальному представлению вершин в сети и унификация связей между вершинами (фреймами).

Фреймы используются в системах искусственного интеллекта (например, в экспертных системах) как одна из распространенных форм представления знаний.

Фрейм — это минимально возможное описание сущности какого-либо явления, события, ситуации, процесса или объекта. Минимально возможное означает, что при дальнейшем упрощении описания теряется его полнота, оно перестает определять ту единицу знаний, для которой оно предназначено.

Другими словами, фрейм – это структура, описывающая фрагмент базы знаний, который в какой-то степени рассматривается и обрабатывается обособленно от других фрагментов. Другие фрагменты, с которыми он связан, во фрейме представлены только их именами (идентификаторами) так же как и он в них.

В виде фрейма может описываться некоторый объект, ситуация, абстрактное понятие, формула, закон, правило, визуальная сцена и т.п.

Понятие фрейма неразрывно связано с абстрагированием и построением иерархии понятий.

Фрейм имеет почти однородную структуру и состоит из стандартных единиц, называемых слотами. Каждая такая единица — слот — содержит название и свое значение. Изображается фрейм в виде цепочки:

$$\text{Фрейм} = \langle \text{слот } 1 \rangle, \langle \text{слот } 2 \rangle, \dots, \langle \text{слот } N \rangle.$$

Фреймы подразделяются на два типа:

- фреймы-прототипы (или классы),
- фреймы-примеры (или экземпляры).

Фреймы-прототипы используются для порождения фреймов-примеров.

В качестве примера рассмотрим фрейм для понятия «взятие»:

фрейм «Взятие»:	(Субъект, X1);
	(Объект, X2);
	(Место, X3);
	(Время, X4);
	(Условие, X5).

В этом фрейме указаны имена слотов (субъект, объект и т.д.), но вместо их значений стоят переменные (X1, X2 и т.д.). Такой фрейм называется фреймом-прототипом, или протофреймом.

Протофреймы хранят знания о самом понятии. Например, понятие «взять» связано с наличием слотов с указанными именами. Взятие X1 в месте X3 во время X4, если выполнено условие X5. Берет X1 нечто, обозначенное как X2. Подставляя вместо всех переменных конкретные значения, получим конкретный факт-описание:

фрейм «Взятие»:	(Субъект, Робот);
	(Объект, Деталь);
	(Место, Приемный бункер)
	(Время, X4);
	(Условие, В бункере есть деталь, а у робота ее нет).

В нашем примере, наверное, основными для фрейма «взятие» можно считать слоты с именами «субъект» и «объект».

Фреймы, в которых обозначены все основные слоты (они каким-либо образом помечаются в описании фрейма), называются фреймами-экземплярами, или экзофреймами.

Поскольку в состав фрейма могут входить слоты с именами действий, фреймы годятся для представления как декларативных, так и процедурных знаний.

Чтобы представить семантическую сеть в виде совокупности фреймов, надо уметь представлять отношения между вершинами сети. Для

этого также используются слоты фреймов. Эти слоты могут иметь имена вида «Связь Y», где Y — имя того отношения (его тип), которое устанавливает данный фрейм-вершина с другим фреймом-вершиной.

В качестве значения слота может выступать новый фрейм, что позволяет на множестве фреймов осуществлять иерархическую классификацию. Это очень удобное свойство фреймов, так как человеческие знания, как правило, упорядочены по общности.

### **6.6. Продукционная форма представления знаний**

Основу продукционной модели составляют системы продукций.

Каждая продукция в наиболее общем виде записывается как стандартное выражение следующего вида:

«Имяпродукции»:	Идентификаторправила;
	Областьприменимости (имясферы);
	Условиеприменимостиядра;
	Ядро: если А, то В;
	Постусловие.

Основная часть продукции — ее ядро имеет вид:

«Если А, то В», где А — посылка правила, В — заключение правила, имеющие разные значения. Остальные элементы, образующие продукцию, носят вспомогательный характер.

В наиболее простом виде продукция может состоять только из имени (например, ее порядкового номера в системе продукций) и ядра.

Наиболее часто используемая форма интерпретации продукции — логическая, при которой А является множеством элементарных условий, связанных логическими связками «И», «ИЛИ» и «НЕТ», В — множеством элементарных заключений. При этом правило считается сработавшим(выполняется В), если посылка А истинна. Другой формой интерпретации ядра является вероятностная интерпретация, при которой

правило срабатывает с некоторой вероятностью, зависящей от истинности посылки [3].

В качестве заключения *B* обычно применяется операция добавления факта в базу данных интеллектуальной системы с указанием меры достоверности получаемого факта. В качестве постуловия могут использоваться какие-либо дополнительные действия или комментарии, сопровождающие правило [3].

Имя сферы указывает ту предметную область, к которой относятся знания, зафиксированные в данной продукции. В интеллектуальной системе может храниться совокупность знаний (ее называют базой знаний), относящихся к разным областям (например, знания о различных заболеваниях человека или знания из различных разделов математики).

Случай, когда ядро продукции описывает причинно-следственную связь явлений *A* и *B*:

«Если сверкнет молния,  
то гремит гром».

Пример когда *A* и *B* представляют собой некоторые действия:

«Если в доме вспыхнул пожар,  
то вызывайте пожарную команду».

Пример когда *A* — это некоторые знания, а *B* — действие:

«Если в путеводителе указано, что в городе есть театр,  
то надо пойти туда».

Возможны и другие варианты ядра продукции. Таким образом, при помощи ядер можно представлять весьма разнообразные знания.

Обычно при описании баз знаний или экспертных систем правила представляются в более наглядном виде, например [3]:

ПРАВИЛО 1:

ЕСЛИ Образование = Высшее

И

Возраст = Молодой

И

Коммуникабельность = Высокая

ТО

Шансы найти работу = Высокие КД = 0.9.

При срабатывании этого правила в базу данных интеллектуальной системы (например, экспертной системы) добавляется факт, означающий, что шансы найти работу высоки с достоверностью 0.9 или 90 % (значение коэффициента достоверности КД). Понятия «Образование», «Возраст»,

«Коммуникабельность» служат для задания условия (в данном случае, конъюнкции), при котором срабатывает правило [3].

Когда речь шла о различных А и В в ядрах продукций, то практически было показано, что в такой форме можно представлять как декларативные знания, так и процедурные, хотя сама форма продукций весьма удобна для задания именно процедурных знаний. Пример метаправила для гипотетической базы знаний, пример из которой был приведен ранее [3]:

ЕСЛИ

Экономика = развивается

ТО

Увеличить приоритет правила 1

Для представления нечетких знаний факты и правила в продукционных системах снабжаются коэффициентами достоверности (или уверенности), которые могут принимать значения из разных интервалов в разных системах (например,  $\langle 0,1 \rangle$ ,  $\langle 0, 100 \rangle$ ,  $\langle -1,+1 \rangle$ ). Во втором случае можно говорить об уверенности в процентах, а в последнем случае – о задании коэффициентом уверенности меры ложности или истинности факта [3].

Рассмотренные модели представления знаний широко используются в современных интеллектуальных системах и прежде всего в экспертных системах. Каждая из форм представлений знаний может служить основой для

создания языка программирования, ориентированного на работу со знаниями. В конце 80-х годов наметилась тенденция создавать комбинированные языки представления знаний. Чаще всего комбинируются фреймовые и продукционные модели.

### **6.7. Методы приобретения и извлечения знаний**

Рассматривая методы приобретения знаний, будем использовать следующие термины: извлечение, получение, формирование, приобретение знаний и обучение БЗ. Определим сущность указанных терминов.

Под извлечением знаний будем понимать процесс приобретения материализованных знаний из текстологических источников информации с помощью некоторой совокупности методов и процедур, позволяющих переходить от знаний в текстовой форме к их аналогам для ввода в базу знаний СИИ.

Получение знаний — это процесс приобретения вербализуемых и невербализуемых знаний эксперта, основанный на использовании непосредственно им самим или инженером по знаниям соответствующих приемов, процедур, методов и инструментальных средств.

Формирование знаний — это процесс автоматического приобретения (порождения) системой искусственного интеллекта или инструментальным средством нового и полезного знания из исходной и текущей информации, которое в явном виде не формируют эксперты, в целях освоения новых процедур решения прикладных задач на основе использования различных моделей машинного обучения.

Под приобретением знаний будем понимать процесс, основанный на переносе знаний из различных источников в базу знаний путем использования различных методов, моделей, алгоритмов и инструментальных средств.

Понятие получение знаний соотносится с понятиями извлечение, приобретение, формирование знаний как часть — целое. То есть включает в себя процессы извлечения, приобретения и формирования знаний.

Обучение базы знаний (БЗ) — это процесс ввода (переноса) приобретенных знаний в систему искусственного интеллекта (СИИ) на основе применения совокупности методов, приемов и процедур в целях ее заполнения, расширения и модификации.

Термин обучение рассматривается как свойство базы данных, как совокупность методов, приемов и процедур ввода знаний в БЗ и как процесс переноса знаний в СИИ.

Большинство методов извлечения и получения знаний основано на прямом диалоге с экспертом.

### **6.8. Методы приобретения знаний**

Основной проблемой при разработке современных интеллектуальных систем является проблема приобретения знаний, т.е. преобразование разного вида информации (данных) из внешнего представления в представление в виде знаний, пригодное для решения задач, для которых создается интеллектуальная система. Эту проблему часто называют проблемой извлечения знаний из данных (в более общем виде, из внешнего мира), которая сводится к задаче обучения интеллектуальной системы [3].

Примерами задач приобретения знаний являются [3]:

- выявление причинно-следственных связей между атрибутами реляционной базы данных и формирование их в виде правил в продукционной экспертной системе;
- формирование программы (или правил) решения задачи (например, планирования производственного процесса или поведение робота) на основе примеров удачного планирования, вводимых в компьютер;
- выявление информативных признаков для классификации объектов, существенных с точки зрения решаемой задачи.

Обучающиеся системы можно классифицировать по двум основным признакам [3]:

1. уровень, на котором происходит обучение:

1.1. обучение на символьном уровне (SLL – symbol level learning), при котором происходит улучшение представления знаний на основе опыта, полученного при решении задач,

1.2. обучение на уровне знаний (KLL – knowledge level learning), при котором происходит формирование новых знаний из существующих знаний и данных.

2. применяемый метод обучения:

2.1. аналитические методы обучения:

2.1.1. использующие глубинные (knowledge-rich) знания,

2.1.2. использующие поверхностные (knowledge-driven) знания;

2.2. эмпирические методы обучения:

2.2.1. использующие знания (knowledge-learning),

2.2.2. использующие данные (data-driven).

На символьном уровне обучение сводится к манипулированию уже существующими структурами, представляющими знание, например, корректировка коэффициентов достоверности правил-продукций, изменение порядка расположения (просмотра) правил-продукций в базе знаний вводимого пользователем описания решения задачи на достаточно формализованном языке, не сильно отличающемся от языка, на котором представляются знания в системе.

На уровне знаний обучение сводится к выявлению и формализации новых знаний. Например, из фактов

журавль умеет летать,

воробей умеет летать,

синица умеет летать,

журавль есть птица,

воробей есть птица,

синица есть птица,

система может сформулировать правило-продукцию:

Если X есть птица, то X умеет летать.

Помимо вышеуказанной классификации в инженерии знаний известны три основных подхода к приобретению знаний [3]:

1. индуктивный вывод,
2. вывод по аналогии
3. обучение на примерах.

В основе индуктивного вывода лежит процесс получения знаний из данных и/или других знаний (в продукционных системах – правил из фактов и/или других правил) [3].

Вывод по аналогии основан на задании и обнаружении аналогий между объектами (ситуациями, образами, постановками задачи, фрагментами знаний) и применением известных методов (процедур) к аналогичным объектам [3].

В основе обучения на примерах лежит демонстрация системе и запоминание ей примеров решения задач. Резкой границы между этими методами не существует, т.к. все они базируются на обобщении, реализованной в той или иной форме, т.е. реализуют переход от более конкретного знания (фактов) к более абстрактному знанию [3].

На рисунке 8.1 показана классификация обучающихся систем и взаимосвязи между понятиями, связанными с приобретением знаний приведённая в работе [3].

Наиболее известными методами приобретения знаний являются [3]:

- ДСМ-метод (обычно относится к индуктивным методам),
- нейронные сети (в них реализовано в наиболее явном виде обучение на примерах).



**Рисунок 6.5 - Классификация обучающихся систем**

### **6.9 Методы извлечения знаний из данных**

Методы извлечения знаний состоят из:

- текстологических методов,
- методов автоматической обработки текстов.

Текстологические методы предназначены для получения инженером по знаниям знаний из материализованных источников (монографии, учебники, статьи методик, инструкции и другие носители профессиональных знаний).

Эти методы основываются не только на выявлении и понимании смысла текста, но и на выделении базовых понятий и отношений, т. е. формировании семантической (понятийной) структуры.

В инженерии знаний разработана методика анализа текстов в целях извлечения и структурирования знаний.

Методика анализа текстов в целях извлечения и структурирования знаний предусматривает:

- анализ микроструктуры текста,
- вычленение ключевых слов (компрессия или сжатие текста),
- формирование поля знаний на базе одного из языков представления знаний.

Сжатие текста служит методологической основой для использования текстологических процедур извлечения знаний. Текстологические методы самые трудоемкие, они применяются, как правило, на начальном этапе создания СИИ.

Существенное развитие получили методы извлечения знаний при использовании современных информационных технологий, в частности гипертекстовой технологии.

Гипертекст — это организация нелинейной последовательности записи и чтения информации, объединенной на основе ассоциативной связи. Синтез этой концепции и полиморфизма приводит к новой концепции, в рамках которой между информацией, представленной в различной форме (текстовой, графической и других), организуются ассоциативные связи.

Эти новые концепции работы со знаниями создают предпосылки для решения проблемы эффективности процесса приобретения знаний. Усилия исследователей в области инженерии знаний направлены на создание формальных методов извлечения знаний. К их числу можно отнести метод автоматической обработки текстов на основе статистической обработки семантических единиц.

Метод автоматической обработки текстов на основе статистической обработки семантических единиц. При использовании данного метода семантические единицы получаются путем статистической обработки текстов, в основе которой лежат универсальные механизмы определения частотных характеристик терминов.

Задача извлечения знаний решается в два этапа:

1. сначала формируется терминологическая сеть (поле знаний),
2. определяется ассоциативная близость терминов на основе статистически определенной меры ассоциации.

Достоинство рассмотренного метода состоит в автоматическом выявлении значимых слов и связей с учетом статистической информации о гипертексте в целом.

Указанные новые подходы к автоматизации извлечения знаний пока находятся на стадии исследований и не нашли применения в практике создания СИИ. Однако результаты исследований позволяют надеяться на создание эффективных методов и систем искусственного интеллекта, позволяющих снизить трудозатраты при извлечении знаний на начальном этапе синтеза баз знаний СИИ.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Расскажите основные преимущества декларативных и процедурных знаний?
2. Чем примечательна логическая модель представления знаний
3. Особенности логической модели знаний строятся на базе предикатов.
4. Каким свойством должны обладать псевдофизические модели представления знаний?
5. Опишите принцип работы сетевой модели представления знаний
6. В чем заключается сущность атрибутивных отношений?
7. Особенности фреймовой модели представления знаний?
8. Принципы функционирования продукционной формы представления знаний.

*Ключевые слова:* декларативные и процедурные знания, логическая модель представления знаний, псевдофизические модели представления знаний, сетевая модель представления знаний, фреймовая модель представления знаний, продукционная форма представления знаний, методы приобретения и извлечения знаний.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАЛОГА МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ. ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

## РУКОПИСНЫЙ ВВОД

Рукописный ввод символов может по праву считаться одним из самых удобных способов набора текста наравне с оперированием виртуальной клавиатурой. Тот же голосовой набор можно применить далеко не всегда, а в случае с рукописным методом всё обстоит намного проще.

При исследовании уже сформированных текстов обнаруживается, что главное отличие рукописного текста от печатного состоит в значительно большей степени variability начертаний одной и той же буквы разными людьми и одним и тем же человеком в различных состояниях, чем при воспроизведении тех же букв на различных пишущих машинках и принтерах.

## ИДЕНТИФИКАЦИИ И АУТЕНТИФИКАЦИИ

Проблемы идентификации и аутентификации пользователей компьютеров являются актуальными в связи с все большим распространением компьютерных преступлений. Использование для идентификации клавиатурного почерка является одним из направлений биометрических методов идентификации личности.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

описано четыре математических подхода к решению задачи распознавания клавиатурного почерка пользователя:

- статистический;
- вероятностно-статистический;
- на базе теории распознавания образов и нечеткой логики;
- на основе нейросетевых алгоритмов.

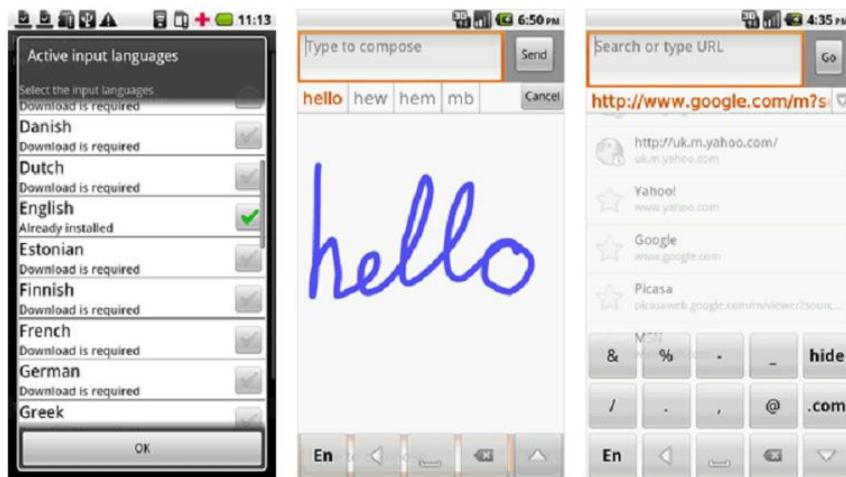
## 7. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАЛОГА МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ. ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

### План:

1. Диалоговые системы, основанные на распознавании рукописного текста
2. Аутентификация
3. Методы получения экспертных знаний
4. Методы формирования знаний

### 7.1. Диалоговые системы, основанные на распознавании рукописного текста

Рукописный ввод символов (рисунок 7.1) может по праву считаться одним из самых удобных способов набора текста наравне с оперированием виртуальной клавиатурой. Тот же голосовой набор можно применить далеко не всегда, а в случае с рукописным методом всё обстоит намного проще.



**Рисунок 7.1 – Система распознавания рукописного ввода PenReader для планшетов, смартфонов и прочих мобильных устройств на платформе Android**

Рассмотрим, в чем заключается различие между двумя формами представления одного и того же текста: рукописной и печатной. При этом

могут исследоваться и сравниваться как сам процесс формирования текста, так и его результаты, т.е. уже сформированные тексты.

При исследовании уже сформированных текстов обнаруживается, что главное отличие рукописного текста от печатного состоит в значительно большей степени вариабельности начертаний одной и той же буквы разными людьми и одним и тем же человеком в различных состояниях, чем при воспроизведении тех же букв на различных пишущих машинках и принтерах.

Почерком будем называть систему индивидуальных особенностей начертания и динамики воспроизведения букв, слов и предложений вручную различными людьми или на различных устройствах печати.

В рукописной форме начертание букв является индивидуальным для каждого человека и зависит также от его состояния, хотя, конечно, в начертаниях каждой конкретной буквы всеми людьми безусловно есть и нечто общее, что и позволяет идентифицировать ее именно как данную букву при чтении.

К индивидуальным особенностям рукописного начертания букв отнесено 13 шкал с десятками градаций в каждой.

На современных компьютерах основным устройством ввода текстовой информации является клавиатура. Результат ввода текста в компьютер с точки зрения начертания букв, слов и предложений не имеет особых индивидуальных особенностей (если не считать частот использования различных шрифтов, кеглей, жирностей, подчеркиваний и других эффектов, изменяющих вид текста). Поэтому необходимо ввести понятие клавиатурного почерка, под которым будем понимать систему индивидуальных особенностей начертаний и динамики воспроизведения букв, слов и предложений на клавиатуре.

Таким образом, любой текст содержит не только ту информацию, для передачи которой его собственно и создавали, но и информацию о самом авторе этого текста и о технических средствах и технологии его создания.

Существует целая наука – "Психографология", которая ставит своей задачей получение максимального количества информации об авторах текстов на основе изучения индивидуальных особенностей их почерка.

Но текст представляет собой не просто совокупность букв, а сложную иерархическую структуру, в которой буквы образуют лишь фундамент пирамиды, а на более высоких ее уровнях находятся слова, предложения, и другие части текстов различных размеров, обладающие относительной целостностью и самостоятельностью (абзацы, параграфы, главы, части, книги).

Понятие почерка акцентирует внимание именно на начертании и динамике воспроизведения букв и слов. При этом в понятие почерка не входят индивидуальные особенности текстов, обнаруживаемые на более высоких уровнях иерархической организации текстов, например: частоты употребления тех или иных слов и словосочетаний, средние длины предложений и абзацев, и т.п. Но именно эти индивидуальные особенности текстов исследуются и используются при атрибуции анонимных и псевдонимных текстов (определении их вероятного авторства) и датировки.

Соответственно и текст может представлять для читателя интерес по крайней мере с трех точек зрения:

1. Как источник информации о том, о чем говорит автор, т.е. о предмете изложения.
2. Как источник информации о самом авторе.
2. Как источник информации о предмете изложения и об авторе.

Система, оснащенная интеллектуальным интерфейсом, может вести по-разному в зависимости от результатов идентификации пользователя, его профессионального уровня и текущего психофизиологического состояния.

Рассмотрим подробнее некоторые вопросы идентификации пользователей по клавиатурному почерку.

Проблемы идентификации и аутентификации пользователей компьютеров являются актуальными в связи с все большим

распространением компьютерных преступлений. Использование для идентификации клавиатурного почерка является одним из направлений биометрических методов идентификации личности.

Подобные системы не обеспечивают такую же точность распознавания, как системы идентификации по отпечаткам пальцев или по рисунку радужной оболочки глаз, но имеют то преимущество, что система может быть полностью скрыта от пользователя, т. е. он может даже не подозревать о наличии такой системы контроля доступа.

## **7.2. Аутентификация**

Аутентификация – это проверка, действительно ли пользователь является тем, за кого себя выдает. При этом пользователь должен предварительно сообщить о себе идентификационную информацию: свое имя и пароль, соответствующий названному имени.

Идентификация – это установление его личности.

И идентификация, и аутентификация являются типичными задачами распознавания образов, которое может проводиться по заранее определенной или произвольной последовательности нажатий клавиш.

При вводе информации пользователь последовательно нажимает и отпускает клавиши, соответствующие вводимому тексту. При этом для каждой нажимаемой клавиши можно фиксировать моменты нажатия и отпускания.

На современных компьютерах на следующую клавишу можно нажимать до отпускания предыдущих, т.е. символ помещается в буфер клавиатуры только по нажатию клавиши, тогда как аппаратные прерывания от клавиатуры возникают и при нажатии, и при отпускании клавиши.

Основной характеристикой клавиатурного почерка следует считать временные интервалы между различными моментами ввода текста:

- между нажатиями клавиш;
- между отпусканиями клавиш;
- между нажатием и отпусканием одной клавиши;

- между отпусканием предыдущей и нажатием следующей клавиши.

Кроме того, могут учитываться производные от временных интервалов вторичные показатели, например, такие как скорость и ускорение ввода.

В литературе описано четыре математических подхода к решению задачи распознавания клавиатурного почерка пользователя:

- статистический;
- вероятностно-статистический;
- на базе теории распознавания образов и нечеткой логики;
- на основе нейросетевых алгоритмов.

В настоящее время возможна разработка интеллектуальных высоконадежных интерфейсов, обеспечивающих решение этих и ряда других задач идентификации и прогнозирования состояния оператора в режиме реального времени непосредственно в процессе его работы с системой.

При этом система в своей работе будет гибко учитывать текущее и прогнозируемое состояние оператора, что может проявляться в адаптации как алгоритмов работы, так и вида, и содержания интерфейса.

Эти работы дополняют возможности заблаговременного отбора операторов, обладающих свойствами, необходимыми для высоко ответственных работ в экстремальных ситуациях.

### **7.3. Методы получения экспертных знаний**

К методам получения экспертных знаний относятся коммуникативные методы (пассивные и активные), основанные на прямом диалоге экспертов и инженеров по знаниям как без использования СИИ, так и с применением СИИ (технологии окон, меню).

Коммуникативные методы получения знаний рассматриваются как разновидности интервьюирования.

Основными особенностями коммуникативных методов является следующие: не имеют формального определения и носят качественный характер, полученные с их помощью знания несут отпечаток самонаблюдений эксперта и субъективную интерпретацию инженера по

знаниям, требуют словесного выражения экспертом своих знаний, что является непростой задачей. Неточность и неадекватность словесных описаний мыслительных процессов и применяемых эвристических приемов, используемых при решении задач, ведут к серьезным последствиям.

- Сложность выражения процедурных знаний при их словесном описании.

- Крайняя сложность явного описания знаний, которые являются результатом компиляции и автоматизма процессов мышления, а также интуиции эксперта. В психологии доказано, что интуиция на самом деле является способностью распознавать образы. Однако словесное описание способности к распознаванию образов дать крайне трудно.

- Трудоемкость организации и неэффективность взаимодействия инженера по знаниям и эксперта. На них приходится большие интеллектуальные нагрузки, связанные с вербализацией знаний, управлением процессом коммуникации и необходимостью освоения анализа и документирования больших объемов новых знаний.

Коммуникативные методы получения знаний отличаются своей низкой эффективностью. Так, при непосредственном взаимодействии инженера по знаниям и эксперта теряется до 76% информации. Один из путей совершенствования процесса приобретения знаний состоит в разработке методов, позволяющих передать часть функций, выполняемых инженером по знаниям, самому эксперту или СИИ.

#### **7.4. Методы формирования знаний**

Трудности извлечения знаний из текстовых источников и получения их от экспертов стимулировали развитие методов формирования знаний, известных, как методы машинного обучения.

Для развитых СИИ способность обучаться, т. е. самостоятельно формировать новые знания на основе текущих знаний, собственного опыта решения прикладных задач, является их существенной

характеристикой. Методы формирования знаний лежат в основе автоматических систем приобретения знаний. Автоматические системы формирования знаний более предпочтительны, так как при этом уменьшается вероятность ошибок в приобретаемых знаниях и снижается время их приобретения.

Главный вопрос, на который должны ответить методы формирования знаний, состоит в следующем: как от частного (примера) перейти к общему (обобщениям)? Базисом всех методов формирования знаний является индукция, которая лежит в основе получения общих выводов из совокупности частных утверждений.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Опишите основной принцип функционирования диалоговых системы, основанные на распознавании рукописного текста.
2. Каким образом текст может представлять для читателя
3. Какие основные характеристики клавиатурного почерка следует считать необходимыми для временных интервалы между различными моментами ввода текста
4. Опишите основной принцип функционирования диалоговых систем, основанных на распознавании речи
5. Опишите основные модели представление знаний
6. Методы представления, извлечения знаний
7. Перечислите и охарактеризуйте основные компоненты статических экспертных систем.
8. Поясните отличие динамических экспертных систем от статических.
9. В чем заключается преимущества и недостатки системы с биологической обратной связью.

**Ключевые слова:** *диалоговые системы, основанные на распознавании рукописного текста, аутентификация, методы приобретения знаний, методы извлечения знаний из данных, методы получения экспертных знаний, методы формирования знаний.*

# ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧИ. СИСТЕМЫ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ. СИСТЕМЫ С СЕМАНТИЧЕСКИМ РЕЗОНАНСОМ. КОМПЬЮТЕРНЫЕ $\Psi$ -ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДСОЗНАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

## РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ

процесс преобразования речевого сигнала в цифровую информацию (напр., текстовые данные).

Обратной задачей является синтез речи.

Можно выделить следующие области

применения:

- голосовое управление;
- голосовой набор в различной технике (мобильники, компьютеры, и пр.);
- голосовой ввод текстовых сообщений в смартфонах и прочих мобильных компьютерах;
- голосовой поиск;
- голосовая почта.

## ПЕРВОЕ УСТРОЙСТВО

для распознавания речи появилось в 1952 году, оно могло распознавать произнесённые человеком цифры.

В 1964 году на ярмарке компьютерных технологий в Нью-Йорке было представлено устройство IBMShoebbox.

## КОММЕРЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ

по распознаванию речи появились в начале девяностых годов. Обычно их используют люди, которые из-за травмы руки не в состоянии набирать большое количество текста. Эти программы переводят голос пользователя в текст, таким образом, разгружая его руки.

Надёжность

перевода у таких программ достаточно высока, и с годами она постепенно улучшается.

## **8. ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧИ. СИСТЕМЫ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ. СИСТЕМЫ С СЕМАНТИЧЕСКИМ РЕЗОНАНСОМ. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПСИХ-ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДСОЗНАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС**

### **План:**

1. Диалоговые системы, основанные на распознавании речи
2. Системы с биологической обратной связью
3. Системы с семантическим резонансом. Компьютерные Псих-технологии и интеллектуальный подсознательный интерфейс

### **8.1 Диалоговые системы, основанные на распознавании речи**

Распознавание речи – процесс преобразования речевого сигнала в цифровую информацию (напр., текстовые данные).

Обратной задачей является синтез речи.

Можно выделить следующие области применения:

- голосовое управление;
- голосовой набор в различной технике (мобильники, компьютеры, и пр.);
- голосовой ввод текстовых сообщений в смартфонах и прочих мобильных компьютерах;
- голосовой поиск;
- голосовая почта.

Первое устройство для распознавания речи появилось в 1952 году, оно могло распознавать произнесённые человеком цифры. В 1964 году на ярмарке компьютерных технологий в Нью-Йорке было представлено устройство IBM Shoe box.

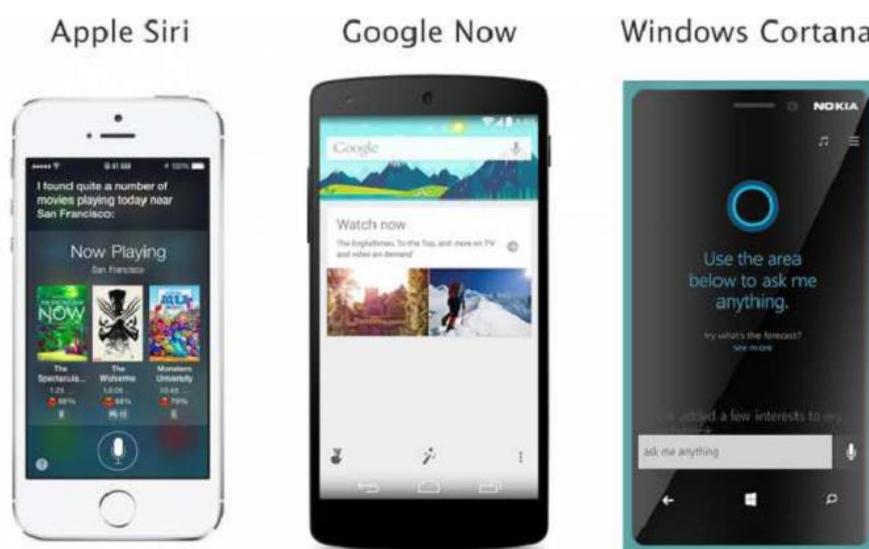
Коммерческие программы по распознаванию речи появились в начале девяностых годов. Обычно их используют люди, которые из-за травмы руки

не в состоянии набирать большое количество текста. Эти программы (например, Dragon Naturally Speaking, Voice Navigator, “Горыныч”) переводят голос пользователя в текст, таким образом, разгружая его руки. Надёжность перевода у таких программ достаточно высока, и с годами она постепенно улучшается.

Увеличение вычислительных мощностей мобильных устройств позволило для них создать программы с функцией распознавания речи и так называемых виртуальных помощников (рисунок 8.1).

Среди таких программ безусловно выделяются:

- Microsoft Cortana (Microsoft);
- Google Now (Google);
- Siri (Apple).



**Рисунок 8.1 Виртуальные помощники**

Эти программы позволяют работать со многими приложениями при помощи голоса. Например, можно набрать нужный номер абонента, включить воспроизведение музыки в плеере, создать новый документ, произвести поиск нужного объекта в сети Интернет.

**Siri (Apple)** – это персональный помощник, который работает по принципу вопрос-ответ и использует обработку естественной речи. Siri задает вопросы и может быть полностью персонализирована. Есть

возможность выбрать мужской или женский голос. Ориентируется в контексте вашей речи. Эволюционирует из iPhone в iPhone, становится все более интеллектуальной.

**Google Now (Google)** – голосовой помощник, впервые появившийся в 2012 году и получивший титул “Инновация года”.

Использует обработку естественного языка для ответов на вопросы, создания рекомендаций, открытия приложений, работы в сети и множества других функций. Подтягивает информацию из запросов в хrome, опираясь на режим дня, данных из календаря, местоположения, анализируя письма, персонализировать можно и вручную. Имеет интерфейс карточек. Доступен для скачивания и на iOS устройствах.

**Microsoft Cortana (Microsoft)** – виртуальный помощник с искусственным интеллектом. Появилась в общем доступе 14 апреля 2014 года. Cortana получила своё имя в честь персонажа серии компьютерных игр Halo, её голос также принадлежит героине игры — виртуальную помощницу озвучила актриса Джен Тейлор. До Cortana у Windows смартфонов была Loise. Ей можно дать доступ к вашим личным данным, таким как электронная почта, адресная книга, история поисков в сети и т. п. – все эти данные она будет использовать для упреждения ваших нужд. Cortana заменит стандартную поисковую систему и будет вызываться нажатием кнопки «Поиск».

Интеллектуальные речевые решения, позволяющие автоматически синтезировать и распознавать человеческую речь, являются следующей ступенью развития интерактивных голосовых систем (IVR).

Использование интерактивного телефонного приложения в настоящее время не веяние моды, а жизненная необходимость. Снижение нагрузки на операторов контакт-центров и секретарей, сокращение расходов на оплату труда и повышение производительности систем обслуживания - вот только некоторые преимущества, доказывающие целесообразность подобных решений.

Прогресс, однако, не стоит на месте и в последнее время в телефонных интерактивных приложениях все чаще стали использоваться системы автоматического распознавания и синтеза речи. В этом случае общение с голосовым порталом становится более естественным, так как выбор в нем может быть осуществлен не только с помощью тонового набора, но и с помощью голосовых команд. При этом системы распознавания являются независимыми от дикторов, то есть распознают голос любого человека.

Следующим шагом технологий распознавания речи можно считать развитие так называемых Silent Speech Interfaces (SSI) (Интерфейсов Безмолвного Доступа). Эти системы обработки речи базируются на получении и обработке речевых сигналов на ранней стадии артикулирования. Данный этап развития распознавания речи вызван двумя существенными недостатками современных систем распознавания: чрезмерная чувствительность к шумам, а также необходимость четкой и ясной речи при обращении к системе распознавания. Подход, основанный на SSI, заключается в том, чтобы использовать новые сенсоры, не подверженные влиянию шумов в качестве дополнения к обработанным акустическим сигналам.

На сегодняшний день существует два типа систем распознавания речи – работающие «на клиенте» (client-based) и по принципу «клиент-сервер» (client-server). При использовании клиент-серверной технологии речевая команда вводится на устройстве пользователя и через Интернет передается на удаленный сервер, где обрабатывается и возвращается на устройство в виде команды (Google Voice, V lingo, пр.); ввиду большого количества пользователей сервера система распознавания получает большую базу для обучения. Первый вариант работает на иных математических алгоритмах и встречается редко (Spreereo Software) - в этом случае команда вводится на устройстве пользователя и обрабатывается в нем же. Плюс обработки «на клиенте» в мобильности, независимости от наличия связи и работы удаленного оборудования. Так, система, работающая «на клиенте» кажется

надежнее, но ограничивается, порой, мощностью устройства на стороне пользователя.

Сейчас применяется также технология SIND (без привязки к голосу конкретного человека).

## **8.2. Системы с биологической обратной связью**

Системами с биологической обратной связью (БОС) будем называть системы, поведение которых зависит от психофизиологического (биологического) состояния пользователя.

Это означает, что в состав систем с БОС в качестве подсистем входят информационно-измерительные системы и системы искусственного интеллекта.

Съем информации о состоянии пользователя осуществляется с помощью контактных и/или дистанционных датчиков в режиме реального времени с применением транспьютерных или обычных карт (плат) с аналого-цифровыми преобразователями (АЦП).

При этом информация может сниматься по большому количеству каналов – показателей (количество которых обычно кратно степеням двойки), подавляющее большинство которых обычно являются несознаваемыми для пользователя. Это является весьма существенным обстоятельством, т.к. означает, что системы БОС позволяют вывести на уровень сознания обычно ранее не осознаваемую информацию о состоянии своего организма, т.е. расширить область осознаваемого. А это значит, что у человека появляются условия, обеспечивающие возможность сознательного управления своими состояниями, ранее не управляемыми на сознательном уровне, что является важным эволюционным технократической цивилизации.

Передача информации от блока съема информации к АЦП-карте может также осуществляться либо по проводной связи, либо дистанционно с использованием каналов инфракрасной или радиосвязи.

Приведем три примера применения подобных систем:

1. Мониторинг состояния сотрудников на конвейере с целью обеспечения высокого качества продукции.

2. Компьютерные тренажеры, основанные на БОС, для обучения больных с функциональными нарушениями управлению своим состоянием.

3. Компьютерные игры с БОС.

Известно, что одной из основных причин производственного брака является ухудшение состояния сотрудников. Но сотрудники не всегда могут вовремя заметить это ухудшение, т.к. самооценка (самочувствие) обычно запаздывает по времени за моментом объективного ухудшения состояния. Поэтому является актуальным своевременное обнаружение объективного ухудшения параметров и адекватное реагирование на него.

С помощью систем БОС это достигается тем, что:

1. Каждому сотруднику одевается на руку браслет с компактным устройством диагностики ряда параметров, например, таких, как:

- частота и наполнение пульса;
- кожно-гальваническая реакция;
- температура;
- давление;
- пототделение.

2. Это же устройство и периодически передает значения данных параметров на компьютер по радиоканалу.

3. Параметры от каждого сотрудника накапливаются в базе данных системы мониторинга на сервере, а также анализируются в режиме реального времени с учетом текущего состояния и динамики, в т. ч. вторичных (расчетных) показателей.

4. Когда параметры выходят за пределы коридора "нормы" или по их совокупности может быть поставлен диагноз, – сотрудник оперативно снимается с рабочего места и заменяется другим из резерва, а затем, при наличии показаний, направляется на лечение.

Некоторыми процессами в своем организме мы не можем управлять не потому, что у нас нет рычагов управления, а лишь потому, что мы их не знаем, не имеем навыков их использования и не знаем результатов их применения. Но ключевой проблемой, без решения которой невозможно управление, является отсутствие быстрого и надежного, адекватного по содержанию канала обратной связи.

Все эти проблемы снимаются системами БОС (рисунок 2.3):

- на экран компьютера в наглядной и легко интерпретируемой форме в режиме реального времени выводится информация о состоянии какой-либо подсистемы организма, например, об уровне рН (кислотности) в желудке;
- в качестве рычагов управления пациенту предлагается применить метод визуализации тех или иных образов, которые сообщаются врачом;
- когда пациент ярко зрительно представляет заданные образы, то при этом он обнаруживает, что кривая кислотности на экране начинает ползти вверх или вниз в прямом соответствии с тем, что именно он себе представляет.



**Рисунок 8.2 – Система с биологической обратной связью**

Через пару недель подобных тренировок, проводимых по 15-20 минут через день пациент приобретает такой уровень навыков управления ранее не осознаваемыми процессами в своем организме, которых Хатха-йоги

добиваются за многие годы упорных тренировок под руководством профессиональных опытных и ответственных наставников (Гуру). Причем скоро пациент начинает понимать, когда необходимо повысить или понизить кислотность и без компьютера с системой БОС и может делать это прямо в той обстановке, в которой возникла такая необходимость. Столь высокая эффективность метода БОС объясняется высокой скоростью, наглядностью и адекватностью обратной связи, что является одним из основных факторов, влияющих на эффективность формирования навыков управления своим состоянием.

Имеется информация, что такими методами могут лечиться или облегчаться многие заболевания, вплоть до диабета, причем не только на стадии функциональных нарушений, но даже и при наличии органических изменений.

В последнее время появляется все больше компьютерных игр, включающих элементы БОС. При этом от психофизиологического состояния игрока может зависеть, например, и развитие сценария, и точность прицеливания при использовании оптического прицела.

В этих играх часто создаются ситуации, в которых человеку нужно быстро принимать и реализовать решения, при этом цена ошибки, а значит и психическая напряженность, и волнение игрока, постоянно увеличиваются. Этим самым создается экстремальная ситуация, напряженность которой все больше возрастает. В этих условиях лучших результатов достигает тот, у кого "крепче нервы", кто лучше может управлять собой в экстремальных ситуациях.

Поэтому игры с элементами БОС можно считать своего рода тренажерами по формированию и совершенствованию навыков адекватного поведения в экстремальных ситуациях.

Здесь необходимо отметить один очень существенный момент. В обычной реальности развитие событий зависит не непосредственно от нашего психофизиологического состояния, а лишь от того, как оно

проявляется в наших действиях. В случае же виртуальной реальности развитие сценария игры может зависеть непосредственно от состояния игрока. Таким образом, в виртуальной реальности само сознательное (произвольное) или несознательное (непроизвольное) изменение нашего состояния по сути дела является действием.

Аналогичная ситуация в обычной реальности может иметь место при высших формах сознания и проявлении сверх способностей.

### **8.3. Системы с семантическим резонансом. Компьютерные Психотехнологии и интеллектуальный подсознательный интерфейс**

Системами с семантическим резонансом (рисунок 8.3) будем называть системы, поведение которых зависит от состояния сознания пользователя и его психологической реакции на смысловые стимулы.

Это означает, что в состав систем с семантическим резонансом, также как и систем с БОС, в качестве подсистем входят информационно-измерительные системы и системы искусственного интеллекта, аналогично осуществляется и съём информации о состоянии пользователя.



**Рисунок 8.3 – Психоэмоциональный комплекс БОС**

Различие между системами с БОС и с семантическим резонансом состоит в том, что в первом случае набор снимаемых параметров и методы их математической обработки определяются необходимостью идентификации биологического состояния пользователя, тогда как во втором – его реакции на смысловые стимулы (раздражители).

В частности, имеется возможность по наличию в электроэнцефалограмме так называемых вызванных потенциалов установить реакцию человека на стимул: заинтересовался он или нет.

Здесь принципиально важно, что вызванные потенциалы после предъявления стимула по времени возникают гораздо раньше, чем его осознание.

Из этого следует ряд важных выводов:

1. Если это осознание не наступает по каким-либо причинам, то вызванные потенциалы все равно с очень высокой достоверностью позволяют прогнозировать ту реакцию, которая была бы у человека, если бы информация о стимуле проникла в его сознание (причинами, по которым зрительный образ стимула может не успеть сформироваться и проникнуть в сознание пользователя, могут быть, например, его очень сильную зашумленность, фрагментарность или слишком короткое время его предъявления).

2. Реакция на стимул на уровне вызванных потенциалов не подвергается критическому анализу и корректировке на уровне сознания, т.е. является гораздо более "искренней" и "откровенной", адекватной и достоверной, чем сознательные ответы на опросник с тем же самым стимульным материалом (сознательные ответы зависят от мотивации, конъюнктуры и массы других обстоятельств).

3. Для получения информации о подсознательной реакции пользователя на стимульный материал он может предъявляться в значительно более высоком темпе, чем при сознательном тестировании.

4. При подсознательном тестировании пользователь может даже не знать о том, что оно проводится.

Все это в совокупности означает, что системы с семантическим резонансом позволяют получить и вывести на уровень сознания обычно ранее не осознаваемую адекватную информацию о состоянии своего сознания, систем мотивации, целеполагания, ценностей и т.д., т.е. расширить

область осознаваемого. Это позволяет создать качественно более благоприятные условия для управления состоянием сознания, чем ранее, что является важным эволюционным достижением технократической цивилизации.

Системы с семантическим резонансом могут эффективно использоваться в ряде направлений:

- психологическое и профессиональное тестирование, подбор персонала, в т.ч. для действий в специальных условиях и в измененных формах сознания;
- модификация сознания, систем мотиваций, целеполагания, ценностей и др. (компьютерное нейролингвистическое программирование: "компьютерные НЛП-технологии");
- компьютерные игры с системами семантической обратной связи.

#### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Опишите основной принцип функционирования диалоговых системы, основанные на распознавании рукописного текста.
2. Каким образом текст может представлять для читателя?
3. Какие основные характеристики клавиатурного почерка следует считать необходимыми для временных интервалы между различными моментами ввода текста?
4. Опишите основной принцип функционирования диалоговых систем, основанных на распознавании речи.
5. В чем заключается преимущества и недостатки системы с биологической обратной связью?

***Ключевые слова:** диалоговые системы, основанные на распознавании речи, системы с биологической обратной связью, системы с семантическим резонансом. Компьютерные П-технологии и интеллектуальный подсознательный интерфейс.*

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ

Современные системы видеонаблюдения по праву можно назвать интеллектуальными, поскольку помимо основной задачи непрерывного контроля за периметром, они позволяют с помощью заданных системе алгоритмов реализовать ряд дополнительных функций для организации полноценной и эффективной безопасности учреждения.

Интеллектуальные системы видеонаблюдения представляют собой программно-аппаратный комплекс для автоматизированного сбора и анализа информации с видеозаписей.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Наиболее востребованная и сложная функция, поскольку позволяет получить наиболее точную информацию об объекте, попавшем в поле зрения камеры. Система может с высокой точностью распознать человека, группу лиц, марку и номер транспортного средства. Идентификация может осуществляться в режиме реального времени — к примеру, система фиксирует лицо человека, сравнивает его с изображением в базе данных и подает оператору сигнал о легальности присутствия объекта на охраняемой территории. Системы интеллектуального видеонаблюдения можно подключить как к базам данных организации (для идентификации сотрудников), так и к доступным базам данных правоохранительных органов (для идентификации нарушителей, транспортных средств).

## ГЛАВА III. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ. СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ.

### 9. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

#### План:

1. Интеллектуальное видеонаблюдение
2. Видеонаблюдение для объектов любых масштабов
3. Программное обеспечение для видеоаналитики
4. Автоматические системы видеонаблюдения
5. IP или аналоговое видеонаблюдение

#### 9.1. Интеллектуальное видеонаблюдение

Современные системы видеонаблюдения по праву можно назвать интеллектуальными, поскольку помимо основной задачи непрерывного контроля за периметром, они позволяют с помощью заданных системе алгоритмов реализовать ряд дополнительных функций для организации полноценной и эффективной безопасности учреждения. Интеллектуальные системы видеонаблюдения представляют собой программно-аппаратный комплекс для автоматизированного сбора и анализа информации с видеозаписей.



Каким же функционалом могут обладать системы интеллектуального видеонаблюдения?

**Идентификация.** Наиболее востребованная и сложная функция, поскольку позволяет получить наиболее точную информацию об объекте, попавшем в поле зрения камеры. Система может с высокой точностью

распознать человека, группу лиц, марку и номер транспортного средства. Идентификация может осуществляться в режиме реального времени — к примеру, система фиксирует лицо человека, сравнивает его с изображением в базе данных и подает оператору сигнал о легальности присутствия объекта на охраняемой территории. Системы интеллектуального видеонаблюдения можно подключить как к базам данных организации (для идентификации сотрудников), так и к доступным базам данных правоохранительных органов (для идентификации нарушителей, транспортных средств).

**Слежение.** Анализ информации, поступающей с нескольких камер, позволяет осуществлять сопровождение объекта и определять траекторию и скорость его движения в рамках защищаемого периметра.

**Поиск предметов.** При анализе видеозаписи можно определить параметры формы и цвета искомого объекта.

**Тамперинг.** Специальный алгоритм, который производит постоянный мониторинг оборудования видеонаблюдения. Необходим для контроля технических неисправностей, а также обнаружения намеренного искажения видеоинформации (сдвиг камеры, блокировка, затемнение или засветка объектива, подмена изображения).

**Выявление тревожных ситуаций.** В соответствии с действующими правилами системы видеонаблюдения могут отслеживать нестандартные ситуации: наличие количества людей больше допустимого на территории, пересечение контрольных линий, резкие изменения местоположения объектов, несанкционированный въезд транспортного средства, наличие подозрительных предметов, возникновение возгорания и многое другое. При обнаружении подозрительной активности или бездействия объекта, система подает сигнал тревоги оператору.

Видеонаблюдение можно использовать не только с целью обеспечения безопасности организации, но и для повышения эффективности бизнес-процессов. Специальные алгоритмы позволяют анализировать продуктивность

персонала, выявлять недовольных клиентов и исследовать причины их недовольства, контролировать технологические процессы на производствах.

Компания “Информационные системы и аутсорсинг” предлагает комплексные решения по внедрению интеллектуальных систем видеонаблюдения, включая:

- поставку, установку и ввод в эксплуатацию управляемых IP камер (с функциями панорамного изображения, фокусировки и масштабирования и пр.), а также сопутствующего оборудования и программного обеспечения;
- организацию локальных архивов видеоинформации с метаданными для аналитики и интеллектуального поиска событий;
- организацию центра мониторинга систем видеонаблюдения и реагирования на тревожные ситуации.

При необходимости специалисты нашей компании осуществляют интеграцию системы видеонаблюдения с другими охранными системами (например, пожарно-охранной сигнализацией, СКУД и т.д.), что позволит всем системам повысить скорость реагирования на любые нештатные ситуации и в автоматическом режиме запустить мероприятия по локализации и устранению угрозы.

Одним из приоритетных принципов компании “Информационные системы и аутсорсинг” является индивидуальный подход при разработке проекта для реализации поставленных задач. Мы поможем подобрать оптимальное комплексное решение для обеспечения необходимого уровня безопасности организации.

Интеллектуальные системы видеонаблюдения создаются



на базе открытых платформ, что позволяет объединить различные продукты системы безопасности и видеонаблюдения в единую инфраструктуру с любым количеством камер и операторов.

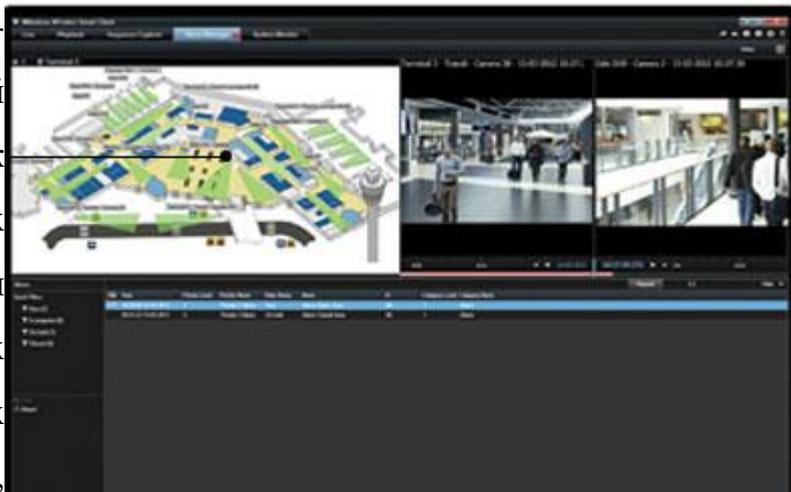
Единая платформа дает возможность интеллектуального анализа и обработки информации, полученной от всех подключенных систем.

Модульная архитектура позволяет использовать именно тот функционал, который необходим на конкретном объекте, исходя из определенного бюджета, что делает программные решения универсальными для объектов различного типа.

## **9.2 Видеонаблюдение для объектов любых масштабов**

Программное обеспечение для систем видеонаблюдения – это мощное и простое в использовании решение, содержащее большой набор функций для решения как самых простых, так и наиболее сложных задач видеонаблюдения.

ПО для управления IP-видео на открытой платформе применяется как для средних и крупных объектов, например для стадионов и торговых центров, так и для малых предприятий, например,



магазинов и офисов, которые нуждаются в базовых возможностях видеонаблюдения.

Мощный интерфейс централизованного управления позволяет эффективно управлять системами различного масштаба как единой системой. С помощью правил, управляемых по расписанию или при наступлении события, программное обеспечение легко автоматизирует действия по обеспечению безопасности и управляет внешними системами, уменьшая количество выполняемых вручную задач.

«МТИ Системы Безопасности» сотрудничает с мировыми лидерами на рынке программного обеспечения для управления IP-видео - компаниями Milestone Systems, Tyco, ACTiCorporation.

Кроме того, наша компания предлагает широкий модельный ряд аппаратных решений для СВН - видеорегистраторы, видеокодеры и сетевые системы хранения exacqVision, а также современные профессиональные IP-камеры для организации охранного видеонаблюдения Illustra.

## **ILLUSTRА CAMERAS**

## **TYCO SECURITY EXACQVISION**

Компания Exacq Technologies Inc., является бизнес-единицей концерна TycoInternationalLtd, крупнейшего в мире производителя противопожарной защиты и продуктов технической безопасности. Exacq



Technologies является ведущим мировым разработчиком решений с открытой архитектурой для систем управления видео (Video Management System – VMS) в области видеонаблюдения и безопасности. Клиент-серверные решения exacq Vision VMS масштабируются от одной IP-видеокамеры до больших кампусных или корпоративных систем на тысячи камер. Потoki записанного и on-line-видео могут просматриваться управляться и настраиваться из любого места корпоративной сети передачи данных.

Программное обеспечение VMS с открытой архитектурой от exacqVision обеспечивает совместную работу IP-видеокамер, серверов и сетевых накопителей от таких производителей, как IBM, HP и Dell. Открытая архитектура ПО позволяет клиентам выбирать компоненты высочайшего качества среди большого количества брендов. Поддерживаются IP-камеры от всех ведущих производителей, таких как Axis Communications, Arecont Vision, IQinvision, GE, Panasonic, Sony, ACTi, CBC Ganz, Vivotek и прочих. Благодаря открытой архитектуре ПО VMS обеспечивается гибкость выбора системы хранения данных, наиболее полно удовлетворяющей конкретным

требованиям к операционной системе, файловой системе и поддержке драйверов. Клиент может выбирать между встроенным накопителем, RAID, NAS, DAS или SAN.

Расширенная виртуальная матрица переключений и индикации eXacq Vision позволяет реализовывать интеллектуальные решения централизованного и удаленного видеонаблюдения. Виртуальная матрица переключений позволяет автоматически направлять видео на мониторы по внутренним или внешним событиям. Видео с быстрым управлением PTZ или активацией охранных туров IP-камер может выводиться на специально предназначенный для этого монитор в соответствии с внутренними или внешними событиями. К внешним событиям относятся команды от контактных датчиков, детекторов движения, систем контроля доступа с IP или последовательным интерфейсом, систем автоматизации, АТМ- и POS-систем.

Exacq предоставляет как программное обеспечение VMS, так и гибридные/IP сервера, обеспечивающие клиентам возможность выбора удобного способа развертывания систем под нужды конкретных объектов. Предварительно настроенные системы упрощают и ускоряют процесс установки. Программные решения позволяют клиентам самостоятельно определиться с аппаратной платформой сервера.

Ценность системы повышается благодаря возможности интеграции на многих уровнях. Видео может интегрироваться с текстом для АТМ- и POS-систем. Программное обеспечение VMS поддерживает подключение плагинов, за счет добавления которых можно расширять функциональность и добавлять поддержку различных систем. Кроме того, компания выпускает набор инструментов для разработчика (Software Development Kit – SDK), позволяющий интегрировать ПО на системном уровне.

Благодаря своей гибкости и масштабируемости, решения eXacq Vision VMS соответствуют самым строгим требованиям корпоративных, финансовых, государственных и федеральных учреждений.

Продукты нацелены на такие объекты, как школы и университеты, структуры здравоохранения, банки, оптовые и розничные магазины, производственные центры, транспортные компании, аэропорты, склады, а так же предназначены для домашнего использования.

### 9.3. Программное обеспечение для видеоаналитики

Видеоаналитика (videoanalytics) — аппаратно-программное обеспечение или технология, использующие методы компьютерного зрения для автоматизированного сбора данных на основании анализа потокового видео (видеоанализа). Видеоаналитика опирается на алгоритмы обработки изображения и распознавания образов, позволяющие анализировать видео без прямого участия человека. Видеоаналитика используется в составе интеллектуальных систем видеонаблюдения (CCTV, охранного телевидения), управления бизнесом (businessintelligence, BI) и видеопоиска.



Результатами работы видеоаналитики являются события (сообщения), которые могут быть переданы оператору системы видеонаблюдения или записаны в видеоархив для последующего анализа. Кроме этого, видеоаналитика формирует метаданные, то есть структуры данных, которые описывают содержание каждого кадра видеопоследовательности. Метаданные содержат такую информацию как местоположение и идентификаторы объектов, траекторию и скорость движения объектов, данные о разделении или слиянии объектов, данные о возникновении и окончании тревожной ситуации. Метаданные записываются в видеоархив и воспроизводятся вместе с видео.

Бизнес-аналитика (businessanalytics /intelligence, BI) применяется для управления организацией, оценки продуктивности персонала, оптимизации

бизнес-процессов и исследований поведения клиентов. Особенность бизнес-аналитики – развитые средства обобщения данных и подготовки отчетов, иногда с возможностью исключения персональных данных.

Поведенческая видеоаналитика (biometrical videoanalytics) применяется для идентификации и сопровождения лиц по биометрическим признакам лица. Классическая биометрия использует «черный» и «белый» списки для сравнения изображений людей. Биометрическая видеоаналитика может работать по более сложным сценариям, например, осуществлять профайлинг людей или сопоставляет наблюдений множества камер в территориально-распределенной сети наблюдения.

#### Общие преимущества видеоаналитики

Главное преимущества видеоаналитики перед обычными системами видеонаблюдения состоит в автоматическом выделении метаданных из потока видеоданных без участия оператора. Полученные метаданные могут быть использованы для быстрого поиска в видеоархиве, рассылки тревожных оповещений и сбора статистики.

В сравнении с «ручным видеонаблюдением», видеоаналитика позволяет уменьшить стоимость видеомониторинга и человеческого фактора в части обнаружения и времени реагирования.

Так как значительная часть видеоданных (более 99%) в системах видеонаблюдения не представляет интереса для пользователей, видеоаналитика позволяет кардинальным образом уменьшить нагрузку на каналы связи и систему архивирования за счет фильтрации ненужных видеоданных.

#### **AGENT VI**

Основанная в 2003 году израильская компания AgentVi (Video Intelligence) занимается разработкой программных решений в области видеоаналитики. Программные решения обеспечивают обработку и видеоанализ в реальном времени для широкого круга применений, включая



системы охраны и безопасности, интеллектуальные решения для бизнеса и решения, повышающие эффективность рабочих процессов.

Разработки компании AgentVi под названием savVi™ – это комплексные решения в области видеоаналитического программного обеспечения, которые предлагают широкий ассортимент аналитических функций посредством легкой в использовании платформы, интегрирующейся с существующими или с новыми системами наблюдения. Разработки включают в себя обнаружение событий в режиме реального времени, видео поиск и приложения бизнес-аналитики. SavVi предоставляет полноценные решения по видеаналитике для компаний и организаций различных типов и размеров.

Компания AgentVI предлагает три основных продукта savVi:

Автоматизированное обнаружение и сигналы тревоги в режиме реального времени (savVi Real-TimeEventDetection) – события, представляющие интерес, автоматически обнаруживаются посредством анализа множественных видео-источников в режиме реального времени.

Быстрый видео-поиск (savViVideoSearch) – масса видеозаписей может запрашиваться, а события, представляющие интерес, могут обнаруживаться и извлекаться за считанные секунды.

Комплексный бизнес-анализ (savViBusinessIntelligence) – статистическая информация в отношении объемов трафика, его направления и характера движения могут автоматически генерироваться с видеозаписе.

### **SavViReal-TimeEvent Detection**

savViReal-TimeEventDetection –

обнаружение и сигналы тревоги в режиме реального времени. Решение обеспечивает высокую точность обнаружения событий в режиме реального времени, что предотвращает необходимость полагаться на поддержание длительного пристального внимания или на дисциплинированное



реагирование оператора системы. Пользователи определяют события, потенциально представляющие интерес заранее, и получают сигналы тревоги, когда таковые происходят - это позволяет обеспечить быстрое реагирование на происшествия, как только они происходят.

Основные функции:

Превращает систему видеонаблюдения из пассивного инструмента в систему обнаружения, действующую в упреждающем режиме;

Определяет широкий спектр событий, относящихся к людям, транспортным средствам и статичным объектам;

Позволяет получить неограниченное количество правил аналитического обнаружения, которые можно применить к каждой из камер;

Позволяет использовать сложные сценарии обнаружения, которые совмещают / связывают правила обнаружения со многих камер;

Предлагает новаторскую «Проверку правил», которая позволяет выполнять автоматическую оценку точности обнаружения на этапе установки.

### **savVi VideoSearch**

Модуль интеллектуального анализа данных в уже записанном видеоархиве savVi Video Search освобождает от нередко многочасового поиска событий путем его просмотра. Пользователи определяют параметры, касающиеся искомого события/ объекта, и в



течение нескольких секунд получают доступ к именно нужным сегментам видеоданных.

Основные функции:

Предлагает широкий спектр фильтров поисковых параметров для того, чтобы точно определить интересующие сегменты видео;

Предоставляет разнообразные варианты визуализации, минимизирующие время просмотра;

Быстро предоставляет результаты: выполняет поиск в видео, отснятом за 24 часа, за несколько секунд;

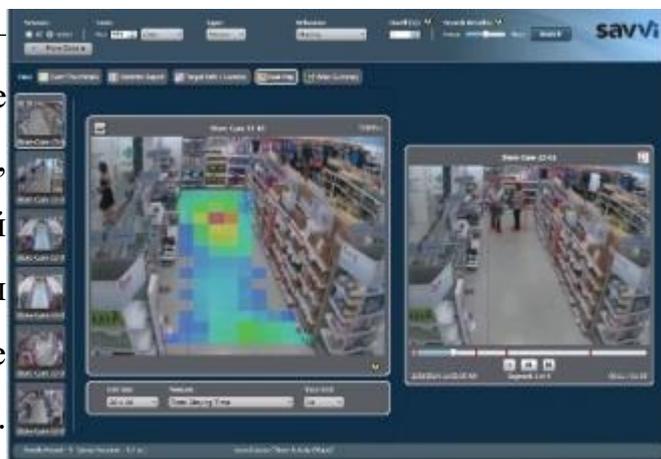
Позволяет выполнять одновременный поиск на любом количестве камер;

Увеличивает эффективность расследований, опираясь на видеозаписи;

Позволяет выполнять поиск почти в режиме реального времени для улучшения ситуационной осведомленности и реагирования на происшествия

### **savViBusiness Intelligence**

savVi Business Intelligence – система бизнес-аналитики на базе системы видеонаблюдения, которая производит автоматический статистический анализ поведения людей, а также фиксирует все действия посетителей на объекте. Самые распространённые сферы



применения бизнес аналитики – это торговля (торговые центры и розничные магазины) и транспорт.

savVi Business Intelligence предлагает точные инструменты визуализации, включая схемы, графики и тепловые карты. Позволяет выполнять экспорт необработанной информации для проведения дальнейшего анализа или интеграции с другими системами. Расширяет возможности деятельности и принятия рыночных решений для сферы розничной торговли посредством анализа поведения клиентов. Предоставляет ключевые параметры для операторов трасс посредством анализа движения транспорта и его скорости.

Основные функции бизнес-аналитики:

- Подсчет посетителей (мониторинг входа / выхода покупателей). Актуален для статистического анализа посещаемости объекта в различное время, а также может использоваться для оперативного определения текущего количества посетителей;
- Определение количества людей и времени их пребывания в очереди. Подсчет людей в очереди актуален для статистического анализа загруженности кассиров, а также управления количеством кассиров;
- Классификация людей (взрослый или ребенок, покупатель или персонал);
- Мониторинг поведения кассиров и менеджеров. Для целей менеджмента часто бывает необходимо слежение за активностью персонала торговых объектов.

Цели использования бизнес-аналитики в сфере розничной торговли:

- Получение объективных статистических данных по поведению покупателя в магазине;
- Проработка оптимального расположения торгового оборудования и товара;
- Объективный выбор средств маркетинговых коммуникаций;
- Контроль ценообразования;
- Контроль качества работы персонала;

Возможности бизнес-аналитики:

- Анализ передвижения и поведения посетителей - создание общей картины движения посетителей на объекте, выборка отдельных треков с сопровождением видеоряда, статистика времени нахождения в зонах интереса, подходы к определенному продукту;
- Создание теплокарт. Визуализация уровней движения для идентификации зон с высоким/низким уровнем движения;
- Анализ эффективности использования торговых площадей;

– Статистика по отдельной зоне интереса.

#### 9.4. Автоматические системы видеонаблюдения

Максимально эффективное использование системы видеонаблюдения возможно только в том случае если будет осуществляться своевременная реакция на полученную видео информацию. Как правило, крупные компании для этого применяют диспетчерские пункты наблюдения куда передается вся без исключения информация и где ключевые решения принимаются оператором.

Однако, для небольших организаций, не говоря уже о частных лицах, содержать дополнительного наемного служащего, который бы отслеживал ситуацию просто невыгодно.



Существуют определённые программно— аппаратные средства, которые могут частично выполнять функции оператора системы видеонаблюдения, чтобы информационная нагрузка была существенно снижена.

Давайте посмотрим что для этого нужно.

##### **Вычислительные мощности.**

Очевидно, что для автоматизации процесса обработки видеоданных необходима более мощная аппаратная база, способная поддерживать современное программное обеспечение. В этом случае обычные видеорегистраторы со статичным ПО, имеющим минимальные функциональные возможности, не подойдут.

Для компаний и организаций который использует многокамерные системы видеонаблюдения и обрабатывают значительный объем информации необходимо приобрести видеосервер, а для частных пользователей — плату видеозахвата.

Существует бюджетный вариант, который допускает применение некоторых моделей современных видеорегистраторов. Но так же необходим

круглосуточный доступ к сети интернет. В таких системах наблюдения видеореги­стратор выполняет роль сборщика информации, а аналитическую обработку данных берет на себя один из облачных сервисов.

Целесообразно обратиться к коммерческим ресурсам, которые имеют значительно большую функциональность и возможности по аналитической обработке информации.

Для автоматизации небольших систем видеонаблюдения (на 2—3 камеры), которые используются частными лицами можно вообще обойтись без физических носителей для хранения информации. Просто необходимо приобрести IP камеру и роутер. Подключить цифровые камеры видеонаблюдения к передающему устройству (роутеру), который в свою очередь должен быть подключён к интернету.

Единственное преимущество такого метода исключительно в отсутствии видеореги­стратора. Образовавшаяся экономия средств должна перекрыть разницу в стоимости цифровых и аналоговых камер.

Если общая политика безопасности требует сохранения видео данных на локальном устройстве, то необходимо приобрести несколько дополнительных жестких дисков, так как придется хранить значительно больший объем информации.

### **Автоматические регулировки камеры видеонаблюдения**

В случае построения автоматической системы видеонаблюдения, прежде всего, необходимо автоматизировать процесс получения качественной видеозаписи. Для этого камеры видеонаблюдения оборудуются устройствами, которые могут дистанционно изменять ключевые настройки:

#### **Автоматическая регулировка диафрагмы.**

Использование в бюджетных камерах видеонаблюдения электронного затвора или дешевых объективов имеющих фиксированное положение диафрагмы (это же касается и объективов имеющих ручную регулировку диафрагмы) негативно сказывается на глубине резкости, фактически такие устройства дают минимальную глубину.

Кроме того для цветных камер с фиксированным положением диафрагмы характерны существенное уменьшение цветовой насыщенности изображения.

В отличие от электронного затвора, объективы с автоматической регулировкой диафрагмы (обозначается как ALC — AutoIrisLensControl) регулируют величину отверстия открытия объектива в зависимости от внешней освещенности.

В ранних моделях объективов с автоматической диафрагмой использовался специальный сигнал который модулированного сама камера (VD — VideoDrive), сейчас управление может осуществляться непосредственно самим объективом, формирующим управляющие напряжение постоянного тока, которое изменяется в зависимости от уровня освещённости (DC/DD — DirectCurrent/DirectDrive).

Автоматическая регулировка усиления (AGC — Automatic Gain Control).

Эта функция автоматически стабилизирует уровень выходного сигнала камеры видеонаблюдения. Иногда бывает что ПЗС матрица видеокамеры не в состоянии сформировать достаточную амплитуду выходного сигнала. В этом случае AGC корректирует выходной сигнал и поднимает его до приемлемого уровня.

При использовании AGC усиливаются все сигналы присутствующие в видео данных, в том числе и помехи.

### **Трансфокатор.**

Так называется варифокальный объектив способный изменять фокусировку в системе линз автоматически или в соответствии с заданной программой. Для этого необходимо настроить начальную фокусировку объектива, относительно которой будут рассматриваться все остальные изменения.

Автоматизированные варифокальные объективы с трансфокаторами довольно дорогостоящие компоненты, поэтому их целесообразно

использовать в зоне ответственности видеокамеры где возможно появление удаленных объектов, которые необходимо тщательно рассмотреть. Трансфокаторами могут управляться дистанционно, Однако в большинстве случаев, достаточно предварительных настроек.

Наиболее эффективное использование обеспечивает объектив с трансфокатором в тандеме с поворотным устройством. Изменяя направление камеры видеонаблюдения по заранее заданной траектории можно использовать предустановки, чтобы настроить оптимальную глубину изображения.

Лучшие трансфокаторы имеют три электромотора для управления диафрагмой, фокусировкой, масштабированием. Однако существуют более дешевые модели, которые могут изменять только два параметра масштабирование и фокусировку.

#### **Автоматизация на уровне программного обеспечения**

ПО в той или иной мере управляет всеми функциями системы видеонаблюдения. Однако в некоторых случаях его можно настроить более эффективно, заменяя действия оператора:

##### **Съемка по времени и/или событию.**

Функция настройки начала видеозаписи по времени есть практически в каждом видеорегистраторе, тем более в специализированном программном обеспечении для систем видеонаблюдения. Можно настроить расписание которое будет периодически повторяться на день, месяц , год. Не менее полезной окажется функция записи по команде аппаратного или программного детектора движения. Особенно, если объем запоминающего устройства ограничен.

##### **Пересылка тревожных сообщений.**

Многие готовые комплекты систем видеонаблюдения могут выполнять функции тревожной сигнализации. Они могут передавать тревожное сообщение в виде: SMS, MMS, E—mail или просто дозвона на веденные в

память номера. Передача может осуществляться через интернет или через сотовую связь (при наличии 3G модема).

#### **Автоматическое сопровождение объекта.**

Данная функция может быть выполнена двумя способами. При наличии автоматической поворотной камеры с PTZ приводом ведение осуществляется одним устройством. Если система видеонаблюдения оборудована несколькими неподвижными камерами, то ведение объекта осуществляется при помощи программного обеспечения в несколько этапов:

- во-первых, происходит аутентификация объекта. Она также может быть автоматической. Если параметры уже находятся в базе данных;
- во-вторых, на объект, за которым необходимо произвести слежения, отмечаются оператором.

Затем, каждая из камер, в поле зрения которой появился объект, производит его опознание и отслеживание. Учитывая направление, в котором движется объект, общее сканирование и аутентификация начинается с той видеокамеры в сторону которой он направляется.

#### **Автоматическое распознавание.**

Данная функция, несмотря на всю свою сложность, получила довольно широкое распространение в многочисленном программном обеспечении. Ее эффективность зависит не только от алгоритма распознавания, но и от своевременной реакции. Учитывая, что в автоматизированных системах видеонаблюдения, как правило, нет постоянного оператора, скорость реакции зависит от способа информирования ответственного лица.

Как правило, — это звонок или отправка SMS/MMS на дежурный номер. Более сложные системы видеонаблюдения оборудованы исполнительными устройствами, функционирующими автоматически. К примеру, открытие шлагбаума или ворот, если система видеонаблюдения распознала номер занесенный в базу данных.

#### **9.5. IP или аналоговое видеонаблюдение**

Для того, чтобы сделать выбор в пользу установки аналоговой или IP системы видеонаблюдения требуется определить ряд задач, которые будут возложены на оборудование видеоконтроля на объекте.

Количество аппаратуры для контроля за входной дверью в квартиру и для организации видеонаблюдения и охраны в крупном супермаркете, с многочисленными службами, торговыми и кассовыми залами и автостоянками, кардинально различаются.



Различаются камеры и по стоимости, в зависимости от способа передачи, качества изображения и дополнительных функций:

- обнаружения — определяет примерный размер объекта, его удаленность и направление движения;
- опознавания — выделяет признаки объекта;
- идентификации — определяет личность, разборчивость номерных знаков и надписей.

Следует помнить, что бюджетный вариант видеонаблюдения не позволит считывать номерные знаки автомобиля и достоверно определить личность человека. Монтаж аналогового оборудования связан с прокладкой коммуникационного кабеля, что приводит к дополнительным работам и затратам. Использовать аналоговый способ передачи данных следует лишь в отдельных, частных случаях.

Цифровые технологии передачи и хранения данных, в последнее время получили заметное развитие. Если ранее качество изображения до 1080p было доступно лишь при просмотре кинофильмов, сейчас такой запрос по характеристикам, является обычным делом. Программно-технический комплекс использующий IP-технологии расширяет возможности контроля и слежения на объекте.

Система WiFi освобождает от прокладки кабелей и, в ряде случаев, дает качественное и надежное соединение. Подключенная к

интернету система видеонаблюдения, дает возможность просматривать данные с камер в режиме on-line, на любом гаджете — планшетном компьютере, мобильном телефоне.

Программное обеспечение IP-технологий имеет понятный, доступный малоопытным пользователям интерфейс, кроме того система способна эффективно работать с уже существующим программным обеспечением.

Кроме того:

- монтаж осуществляется одним кабелем — витой парой;
- доступен режим усиления в ночное время;
- дополнительно установленный процессор, позволит автоматически просчитать количество объектов на охраняемой площадке;
- для хранения данных можно использовать облачный сервис.

Сравнивая технологии, в первую очередь обращают внимание на цену оборудования, но при сравнении возможностей аналоговой и IP-технологий, преимущество остается за сетевыми системами.

Следует отметить, что стоимость IP-систем постоянно снижается, в связи с быстрым развитием этого направления. Важным моментом является то, что одна IP-камера способна заменить 2-3 аналоговые видеокамеры без потери качества работы системы. Это определяется тем, что рабочие характеристики IP-камеры, позволяют достаточно четко отследить далеко расположенные объекты.

#### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Основные принципы организации видеонаблюдения?
2. Каким же функционалом могут обладать системы интеллектуального видеонаблюдения?
3. Каким образом осуществляется видеонаблюдение для объектов любых масштабов?
4. Классифицируйте программное обеспечение для видео аналитики

5. Расскажите о принципе функционирования автоматических систем видеонаблюдения
6. Опишите механизм функционирования автоматической регулировки камеры видеонаблюдения
7. Каким образом происходит процесс автоматической регулировки диафрагмы.
8. Каким образом происходит автоматизация на уровне программного обеспечения в камерах наблюдения?
9. Опишите процесс пересылка тревожных сообщений.
10. Расскажите об автоматическом сопровождение объекта и автоматическом распознании.
11. Какое из видов наблюдения: IP или аналоговое видеонаблюдение целесообразно использовать?

**Ключевые слова:** интеллектуальное видеонаблюдение, видеонаблюдение для объектов любых масштабов, программное обеспечение для видеоаналитики, автоматические системы видеонаблюдения, IP или аналоговое видеонаблюдение

# СЕТЕВОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ. СЕТЕВЫЕ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ

## СЕТЕВОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ

это система, которая осуществляет передачу информации от камер видеонаблюдения по Ethernet (LAN) или Internet (WAN) сети. Для этого могут использоваться общедоступные локальные и глобальные сети, по которым, помимо передачи видео, идет информационный обмен между пользователями. В тех случаях, когда на объекте предполагается большой видео трафик, организовывается отдельная сеть Ethernet под систему видеонаблюдения. Передача видеопотока осуществляется по протоколам TCP/IPv4, TCP/IPv6 (пока используется редко) или UDP (для одновременной передачи данных множеству клиентов).

## СЕТЕВЫЕ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ

Главная задача сетевого (NVR) видеорегистратора заключается в том чтобы записывать и хранить информацию, которая поступает к нему от сетевых камер. Структура сетевого видеорегистратора состоит из аппаратных средств, кроме того он имеет операционную систему и прикладные программы, которые используются для обработки видео.

## ПРОГРАММНЫЙ ДЕТЕКТОР ДВИЖЕНИЯ

Одна из основных функций, которая реализована практически в любом регистраторе. Она позволяет начинать запись только при обнаружении изменения сцены видеонаблюдения, что существенно экономит место на жестком диске.

## **10. СЕТЕВОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ. СЕТЕВЫЕ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ.**

### **План:**

1. Сетевое видеонаблюдение
2. Интеллектуальные технологии управление событиями.
3. Сетевые камеры видеонаблюдения
4. Наружное видеонаблюдение

### **10.1. Сетевое видеонаблюдение**

Сетевое видеонаблюдение — это система, которая осуществляет передачу информации от камер видеонаблюдения по Ethernet (LAN) или Internet (WAN) сети. Для этого могут использоваться общедоступные локальные и глобальные сети, по которым, помимо передачи видео, идет информационный обмен между пользователями.

В тех случаях, когда на объекте предполагается большой видео трафик, организовывается отдельная сеть Ethernet под систему видеонаблюдения. Передача видеопотока осуществляется по протоколам TCP/IPv4, TCP/IPv6 (пока используется редко) или UDP (для одновременной передачи данных множеству клиентов).

Как правило, термины сетевое и IP видеонаблюдение являются синонимами. Исключение составляет, пожалуй, случай использования в качестве сетевой аналоговой системы наблюдения.

### **Структура системы сетевого видеонаблюдения.**

Сетевое видеонаблюдение в обязательном порядке включает себя:

- IP и (или) аналоговые камеры;
- видеорегистраторы или видеосерверы;
- программное обеспечение.

Для хранения и обработки данных может быть использовано стандартное ИТ оборудование: компьютеры, мониторы, винчестеры, коммутаторы.

### **Возможности и преимущества сетевых систем**

К основным преимуществам сетевого IP видеонаблюдения можно отнести:

- широкие возможности организации удаленного доступа;
- получение изображения высокого качества;
- технологии интеллектуальной обработки видео;
- возможность интеграции с информационными сетями, системами безопасности, СКУД;
- гибкость и масштабируемость системы.

### **Удаленный доступ.**

Доступ к основным функциям сетевых видеорегистраторов и камер может осуществляться удаленно. Кроме того, права доступа могут быть распределены на администраторские и пользовательские. Это довольно удобно, если авторизованному пользователю необходимо обеспечить только просмотр видео.

### **Высококачественное изображение.**

Для современных систем видеонаблюдения важно не только зафиксировать сам факт правонарушения, но и дать возможность опознать преступника.

Современные мегапиксельной технологии и прогрессивная развертка — это возможность получить изображение улучшенного качества с более высоким уровнем разрешения, чем у большинства аналоговых камер.

Некоторые модели сетевых видеокамер могут передавать видео данные сразу несколькими потоками с различным уровнем разрешения. На сервер записывается информация максимального качества. На монитор в диспетчерской, службы безопасности поддается менее качественная картинка, которая, тем не менее, позволяет отследить ситуацию на объекте.

На удаленные мобильные устройства подается информация с максимальным уровнем сжатия, что связано с ограничениями пропускной способности канала.

## **10.2. Интеллектуальные технологии управление событиями.**

Глобальные системы видеонаблюдения ставят перед пользователями новую проблему — переизбыток информации. Для того чтобы своевременно распознать или быстро найти требуемый файл используется система аналитической обработки видео.

Такие функции могут быть интегрированы непосредственно в сами сетевые камеры или реализовываться модулями программного обеспечения, установленного на видеосервере, видеорегистраторе или ином оборудовании.

К примеру, множество современных сетевых камер имеют встроенные функции детектора движения и звука, активного оповещения при различных несанкционированных действиях. Использование этих функций помогает анализировать видео непосредственно в месте его получения, что существенно сокращает время отклика на наступившее событие.

Кроме того, можно настроить автоматическую реакцию на некоторые события: отправка уведомлений на email и SMS, звуковое или видео оповещение на мониторе диспетчера, включение видеозаписи.

### **Интеграция с другим оборудованием.**

Использование сетевых устройств, которые работают на открытых стандартах, позволяет легко интегрировать видеонаблюдение в системы:

#### **Масштабируемость.**

Сетевое видеонаблюдение может быть быстро расширено или свернуто в соответствии с запросами пользователя. В проводной или беспроводной сети IP видеонаблюдение может быть использовано произвольное количество устройств, как правило добавление любого числа камер или видеорегистраторов не приводит к ключевым изменениям архитектуры системы видеонаблюдения.

#### **Экономическая эффективность сетевого оборудования.**

- Несмотря на то, что цена IP камер несколько выше, чем аналоговых, в определенных ситуациях совокупная стоимость системы сетевого видеонаблюдения может оказаться ниже, чем аналоговой. Это относится, в первую очередь, к случаям с использованием уже существующей инфраструктуры передачи данных.

Новые сетевые технологии и оборудование, которые постоянно появляются на рынке, существенно удешевляют системы сетевого видеонаблюдения. К примеру, PoE (технология передачи питания по кабелю витая пара) избавляет от необходимости устройства специальной сети электроснабжения для камер.

Основные области применения систем сетевого видеонаблюдения:

- система мониторинга зданий и прилегающих территорий;
- мониторинг путей сообщения, скоростных автотрасс, поездов, системы безопасности аэропортов, железнодорожных станций и т.п.;
- системы безопасности банков: контроль кассовых операций, удаленный контроль банкоматов;
- контроль технологических процессов, мониторинг служб доставки и пр.

### **10.3. Сетевые камеры видеонаблюдения**

При выборе сетевой IP камеры особое внимание следует обращать на следующие параметры:

#### **Разрешение изображения.**

Как правильно указывается в мегапикселях. Стандартный формат PAL в котором дают изображение большинство аналоговых видеокамер равен 0,4 Mpix. Однако, новые аналоговые технологии HD видеонаблюдения достаточно успешно по этому показателю конкурируют с IP системами.

Кроме того, использование изображения с максимальным разрешением не всегда технически возможно или необходимо. Также такой видеоархив занимает очень большой объем. Так что для его хранения потребуются значительные затраты на дисковый массив.

Помимо разрешения качество видео неразрывно связано со скоростью формирования и передачи кадров. Большинство производителей сетевых IP камер декларируется скорость видеопотока 25 к/с (кадров в секунду). Однако, на практике передача видеоизображения формата Full HD с такой частотой возможна только для волоконно—оптических сетей. Обычную сеть Ethernet несколько таких видеокамер гарантированно "подвесят".

### **Стандарты сжатия.**

Обработка, получаемого с матрицы аналоговой камеры видеонаблюдения производится аппаратно. Получаемые файлы для передачи по сети Ethernet без дополнительной обработки не годятся. Для сжатия видеопотока сетевых камер чаще всего используются алгоритмы MJPEG и H.264.

Некоторые модели современных сетевых камер имеют функцию формирования двух потоков в различных форматах с разным разрешением.

### **Сетевые видеорегистраторы**

Главная задача сетевого (NVR) видеорегистратора заключается в том чтобы записывать и хранить информацию, которая поступает к нему от сетевых камер. Структура сетевого видеорегистратора состоит из аппаратных средств, кроме того он имеет операционную систему и прикладные программы, которые используются для обработки видео.

Подключение видеокамер к IP видеорегистратору осуществляется через сетевой коммутатор.

Среди основных функций, которые можно выделить в современных моделях сетевых видеорегистраторов наиболее важными считаются:

### **Тестирование состояния устройств и элементов системы.**

Операция мониторинга, которая оценивает статус видеорегистратора и камер, входящих в систему видеонаблюдения. Если в процессе проверки обнаружен разрыв соединения, функция подает сигнал тревоги на электронную почту, монитор или осуществляет другой вид информационного оповещения.

#### **Программный детектор движения.**

Одна из основных функций, которая реализована практически в любом регистраторе. Она позволяет начинать запись только при обнаружении изменения сцены видеонаблюдения, что существенно экономит место на жестком диске.

#### **Иерархичность прав доступа.**

Позволяет распределить права администратора, который может вносить изменения в основные настройки, и пользователя, который может воспользоваться только некоторыми функциями системы (просмотр архива, вызов фильтра, копирование информации и т.п.).

Кроме того, современные NVR видеорегистраторы имеют интерфейс для подключения различных датчиков (движения, разбития, загазованности) и исполнительных устройств, что позволяет частично использовать их в качестве бюджетной системы безопасности и контроля доступа.

При выборе NVR видеорегистратора следует обратить внимание на следующие параметры:

- наличие эффективной системы охлаждения дискового массива и других устройств аппарата;
- универсальное программное обеспечение максимально совместимое с сетевыми камерами различных производителей;
- достаточный перечень функциональных возможностей для аналитической обработки видео.

#### **10.4. Наружное видеонаблюдение**

Наружное видеонаблюдение – наиболее эффективное решение для обеспечения безопасности прилегающих территорий различных категорий объектов. Правильно установленные камеры гарантируют отличный обзор вне зависимости от времени суток и погодных факторов.



Однако специфика наружного наблюдения предъявляет повышенные требования к качеству используемых технических решений. К основным задачам таких систем относят:

- контроль и оценка текущей ситуации на территории, прилегающей к охраняемому объекту;
- охрана объекта (включая своевременное обнаружение преступных действий);
- обнаружение опасных ситуаций;
- идентификация объектов (установка личностей находящихся на территории, фиксация номерных знаков автотранспорта);
- визуальная проверка правильности срабатывания дополнительных подсистем безопасности (охранной сигнализации);
- другие задачи, включая нестандартные (видеонаблюдение за детскими площадками и т. д.).

Для правильного выбора оборудования, используемого в системе наружного видеонаблюдения, проводят анализ объекта обеспечения безопасности, руководствуясь приоритетными направлениями (защита жилья, охрана жизни и здоровья). Дополнительно учитывают экономическую составляющую – выбор оптимального оборудования в подходящей ценовой категории.

Например, наружное видеонаблюдение для частного дома оптимизируют с учетом наличия службы охраны или ее отсутствия (установка дополнительных мониторов для прямого наблюдения штатным оператором). Как правило, в первую очередь обращают внимание на

видеокамеры для наружного наблюдения и их соответствие поставленным задачам.

### **Видеокамеры наружного наблюдения**

На рынке камер для наружного видеонаблюдения прорисовывается четкая тенденция к универсализации моделей. В частности, большинство наружных камер оснащается дополнительной инфракрасной подсветкой для работы в темное время суток. Но неизменными остаются различия в форм-факторе видеокамер, технических характеристиках отдельных модулей и дополнительных нюансах эксплуатации системы видеонаблюдения.

#### **Форм-фактор.**

Распространенное исполнение видеокамер:

- корпусные - наиболее распространенные модели, часто оснащаются дополнительным оборудованием для поворота на заданный угол;
- купольные (Domecamera) – конструктивно выполнены в форме шара или полусферы, которые закрепляются на основании (оптимальный форм-фактор для управляемых камер).

#### **Угол обзора.**

Зона охвата объектива видеокамеры (угол обзора) – важный показатель для наружного видеонаблюдения. Для контроля больших площадей прилегающей территории необходимо использовать широкоугольные видеокамеры. Узкоугольные применяются для контроля ограниченного пространства (подъездные ворота, калитка) и оптимально подходят для систем идентификации объектов.

В полноценной системе наружного видеонаблюдения используются комбинации видеокамер с разным углом обзора.

#### **Автоматическая регулировка диафрагмы.**

Для уличных камер функция АРД (автоматическая регулировка диафрагмы) обязательна. При смене интенсивности освещения диафрагма автоматически закрывается (яркий свет) или открывается (темное время суток), что позволяет получить оптимальное качество изображения.

Для бюджетного видеонаблюдения допускается использовать камеры без АРД (если возможные убытки от сбоя системы безопасности меньше затрат на установку более качественного оборудования).

#### **Компенсация засветок.**

Функция HLC – High Light Compensation (компенсация яркой засветки) позволяет на программном уровне замаскировать чрезмерно яркие участки получаемого изображения, заменив их серым цветом. Таким образом, достигается наилучшее отображение объекта в сложных условиях, например распознавание номерного знака автомобиля, свет головных фар которого направлен прямо в объектив видеокамеры.

Для нормальной работы функции HLC в темное время суток необходимо правильно расположить источники внешнего освещения прилегающей территории (если таковые имеются).

#### **Цветность.**

До недавнего времени для наружного видеонаблюдения в основном использовались монохромные видеокамеры, отличающиеся высоким качеством изображения ночью и в сумерках. Более информативные цветные видеокамеры отличаются меньшей чувствительностью, и в темноте изображение существенно ухудшается.

Но большинство известных производителей в области систем охранного видеонаблюдения предлагают сбалансированное решение – камеры день/ночь, нормально функционирующие вне зависимости от времени суток.

#### **ИК- подсветка.**

Инфракрасная подсветка используется для нормальной работы видеокамеры в условиях недостаточной освещенности. Существует два проверенных решения – установка внешних ИК прожекторов, и интеграция подсветки в корпус видеокамеры. Первый вариант обычно используется для специализированных систем безопасности наивысшего качества.

Интегрированная подсветка позволяет исключить сложную настройку и отличается рациональным соотношением цена/качество. Современные сверхъяркие светодиоды, используемые в ИК подсветке камер, гарантируют качественное изображение в любых условиях.

### **Беспроводные наружные видеокамеры – актуальность и преимущества.**

Традиционная система наружного видеонаблюдения, как правило, ассоциируется с проводными камерами. Но широкое распространение сетевых технологий постепенно сдвигает приоритеты в пользу систем на основе беспроводных решений. Современные беспроводные видеокамеры наружного видеонаблюдения отличаются рядом преимуществ:

- удобная эксплуатация системы;
- быстрый монтаж и настройка;
- возможность установки в любом месте;
- простая реализация системы облачного видеонаблюдения.

Специалисты в области охранных технологий считают, что беспроводные решения, несмотря на более высокую стоимость, в скором времени займут значительную часть рынка систем наружного видеонаблюдения. Особенно актуально их применение на объектах, где установка традиционных систем (проводных камер) невозможна или затруднена внешними факторами.

### **Установка наружного видеонаблюдения**

Монтаж камер наружного видеонаблюдения проводится согласно разработанному проекту. Очень важно правильно выбрать угол обзора для исключения «мертвых зон». Дополнительно учитываются внешние факторы, обуславливающие специфику эксплуатации наружных видеокамер в общей концепции системы безопасности.

### **Климатическая защита**

Производители наружных камер уделяют повышенное внимание климатической защите, обеспечивающей нормальное функционирование

оборудования. В частности, камеры выполняются в пылевлагонепроницаемом корпусе. Дополнительно обеспечивается защита от перепада температур (термокожух).

Универсальные модели видеокамер нормально функционируют в диапазоне от +50°C до - 60 °C. Также над видеокамерами устанавливают дополнительные козырьки (защита от сосулек, талого снега). Особое внимание уделяется прочности крепежа (кронштейны выполняются из металла, и закрепляются на стене анкерными болтами). При установке на столбы используются специальные крепежные системы.

### **Вандалостойкость.**

Конструкция видеокамеры должна обеспечивать надежную защиту от внешних механических воздействий, включая целенаправленное повреждение видеокамеры злоумышленником. Обычная практика установки камеры на высоту от 2 м не дает достаточных гарантий, поэтому производители дополнительно оснащают камеру ударостойким корпусом, изготовленным из металлических сплавов или поликарбоната (бюджетный вариант).

Отдельное внимание уделяют защите сигнальных линий и цепей питания (рекомендуется скрытая прокладка коммуникаций).

### **Защита линий от атмосферных помех.**

Правильная установка камер наружного видеонаблюдения предусматривает использование специальных устройств грозозащиты, для предотвращения перебоев в работе системы вызванных атмосферными помехами. система грозозащиты исключает выход из строя элементов оборудования в результате воздействия электромагнитных наводок. Защита устанавливается на сигнальные линии, цепи питания и управляющие цепи (поворотные камеры).

Установка наружного наблюдения в соответствии с разработанными стандартами, позволяет обеспечить надлежащую эффективность системы

безопасности. Также необходимо обратить внимание на дополнительные рекомендации фирмы-производителя устанавливаемых камер.

**Контрольные вопросы и задания:**

1. Опишите принцип функционирования сетевого видеонаблюдения
2. Расскажите возможности и преимущества сетевых систем
3. Принципы обработки высококачественного изображения.
4. В чем заключается сущность интеллектуальных технологий управления событиями.
5. Опишите принцип интеграция с другим оборудованием.
6. Расскажите о сетевых камерах видеонаблюдения, сетевых видеорегистраторах
7. Каким образом производится тестирование состояния устройств и элементов системы.
8. В чем заключается форм-фактор распространенного исполнения видеокамер
9. Опишите принцип функционирования беспроводных наружных видеокамер – актуальность и преимущества?

***Ключевые слова:** сетевое видеонаблюдение, интеллектуальные технологии управление событиями, сетевые камеры видеонаблюдения, наружное видеонаблюдение, структура системы сетевого видеонаблюдения, возможности и преимущества сетевых систем, удаленный доступ, Интеллектуальные технологии управление событиями, интеграция с другим оборудованием, разрешение изображения, сетевые видеорегистраторы, программный детектор движения, иерархичность прав доступа, видеокамеры наружного наблюдения, компенсация засветок, беспроводные наружные видеокамеры – актуальность и преимущества.*

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ВИДЕО. ВИДЕОАНАЛИТИКА И РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬ- НАЯ ОБРАБОТКА ВИДЕО

направлена на автоматическое распознавание объектов и действий, заснятых на видео [21,22,24].

Основой такой обработки являются алгоритмы компьютерного зрения — подраздела науки искусственного интеллекта, специализирующегося на имитации человеческой способности визуального восприятия.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ

внутриклассовая вариативность объектов усложняет настройку модели обнаружения объектов;

изменение объекта в процессе движения требует механизма адаптации трекера под меняющуюся модель объекта, но адаптация модели нередко сопровождается искажением модели посторонними шумами;

модель объекта при изменении угла обзора также меняется;

неравномерность освещения объекта затрудняет его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и усложняет его сопровождение;

существенные различия между размерами объектов увеличивают количество вычислений;

перекрывания объектов друг другом затрудняют их обнаружение и сопровождение;

## **11. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ВИДЕО. ВИДЕОАНАЛИТИКА И РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ**

### **План:**

1. Интеллектуальная обработка видео. Обзор алгоритмов построения модели фона
2. Производительность Интеллект - системы видеонаблюдения. Качество видеоизображения
3. Интеллект - Система видеонаблюдения и аудиорегистрация
4. Интеллектуальные системы видеонаблюдения. Распределенная обработка видеоданных
5. Основные требования к оборудованию и его ориентировочная стоимость

### **11.1. Интеллектуальная обработка видео**

Интеллектуальная обработка видео направлена на автоматическое распознавание объектов и действий, заснятых на видео [21,22,24]. Основой такой обработки являются алгоритмы компьютерного зрения — подраздела науки искусственного интеллекта, специализирующегося на имитации человеческой способности визуального восприятия.

Рассмотрим некоторые ключевые компоненты систем видеонаблюдения. Подавляющее большинство систем видеонаблюдения для работы строят модель фона (backgroundmodel) , т.е. изображение статичной сцены без объектов. На основе модели фона строятся детекторы активности (motiondetector), формирующие маску объектов переднего плана (foregrounddetection, foregroundmodeling), как правило, как бинаризацию абсолютной разницы текущего кадра и текущей модели фона [25, 26]. Несмотря на кажущуюся простоту, построение и поддержка модели фона далеко не тривиальная задача, что подтверждается множеством проведенных исследований. Детектором объектов (objectdetector) называется алгоритм,

который обнаруживает объекты определенного класса (например, пешеходов) на одиночном изображении. Простейшим детектором объектов может быть детектор активности [22, 26, 27]. Детекторы активности также могут использоваться, чтобы запускать детектор объектов только на областях, где зафиксирована активность.

Детекторы объектов, как правило, вычислительно слишком сложны, чтобы запускаться на каждом кадре видеопоследовательности, поэтому после обнаружения объекта его сопровождение осуществляется более быстрым алгоритмом, называемым трекером (objecttracker) [22, 26, 27].

В системах видеофиксации нарушений обязательным компонентом также является блок обнаружения и распознавания номеров транспортных средств.

Несмотря на несколько десятков лет исследования алгоритмов обнаружения объектов не существует алгоритмов, способных стабильно решать нетривиальные задачи видеонаблюдения. Даже после калибровки параметров системы подконкретное место съемки достаточно велик процент ложных срабатываний и пропусков истинных объектов, что является ключевым препятствием для внедрения систем, занимающихся нетривиальной аналитикой видео. Кроме того, важен вопрос производительности, ведь обработка данных должна вестись в режиме реального времени и для решения задач фиксации нарушений должна использоваться камера достаточно высокого разрешения или даже несколько камер.

Решение задач обнаружения и сопровождения объектов, в частности, осложняется следующими факторами:

- внутриклассовая вариативность объектов осложняет настройку модели обнаружения объектов;
- изменение объекта в процессе движения требует механизма адаптации трекера под меняющуюся модель объекта, но адаптация модели нередко сопровождается искажением модели посторонними шумами;

- модель объекта при изменении угла обзора также меняется;
- неравномерность освещения объекта затрудняет его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и усложняет его сопровождение;
- существенные различия между размерами объектов увеличивают количество вычислений;
- перекрытия объектов друг другом затрудняют их обнаружение и сопровождение;
- похожесть объекта на фон затрудняет их разграничение, что сказывается на точности обнаружения объектов.

При разработке систем интеллектуального видеонаблюдения помимо задач, связанных с распознаванием образов, встает также ряд таких задач, как стабилизация видео (videostabilization) [28–31], устраняющая последствия колебания камеры, и удаление эффектов, вызванных погодными условиями (weather effects removal) [32–35] или сжатием видеосигнала [36].

### **Обзор алгоритмов построения модели фона**

Подавляющее большинство систем видеонаблюдения с неподвижной камерой включают алгоритмы построения модели фона вне зависимости от назначения системы и ее сложности. Модель фона позволяет регистрировать активность в кадре, отслеживать перемещения наблюдаемых объектов сцены, определять их характеристики, в том числе распознавать класс объектов и присваивать идентичность. В силу сложности задач видеонаблюдения не всегда удается добиться перечисленных целей только при помощи построенной модели фона. Однако, несмотря на необходимость использования дополнительных алгоритмов, маска объектов переднего плана, полученная с использованием модели фона, может быть использована либо как начальное приближение для задачи обнаружения объектов интереса, либо как механизм извлечения дополнительной информации о наблюдаемых объектах или сцене в целом.

При построении и обновлении модели фона при интеллектуальном видеонаблюдении возникает ряд сложностей, основными из которых являются следующие:

### **11.3. Интеллект - система интеллектуального видеонаблюдения**

Одно из важных преимуществ **комплекса безопасности Интеллект** - это функционально развитая система видеонаблюдения. Система видеонаблюдения, являясь частью "Интеллекта", обладает всеми преимуществами распределенной архитектуры: неограниченное количество видеосерверов и камер видеонаблюдения, подключение камер видеонаблюдения в одних местах, а осуществление мониторинга и управления из других, возможность установки любого количества рабочих мест как локальных, так и удаленных.

Система видеонаблюдения комплекса "Интеллект" позволяет с одного рабочего места осуществлять мониторинг неограниченного количества камер с нескольких объектов, что дает возможность централизовать видеонаблюдение множества территориально-распределенных объектов в единой точке.

### **Эргономичность интерфейсов системы видеонаблюдения Интеллект**

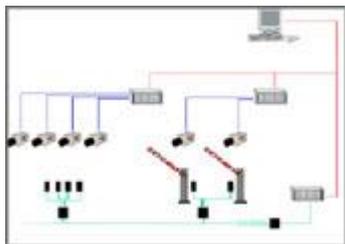
При разработке программного обеспечения для системы видеонаблюдения особое внимание было уделено разработке интерфейса оператора. Дизайн и эргономика системы видеонаблюдения созданы так, что овладеть навыками работы с ней действительно просто - не требуется предварительного обучения или специфических знаний работы с ПК. При проектировании интерфейсов *системы видеонаблюдения* были реализованы уникальные функции, существенно повышающие удобство и эффективность работы оператора:



- мгновенный доступ к списку записей в режиме архива;

- одновременное синхронное воспроизведение из архива по нескольким видеокамерам;
- сохранение и восстановление произвольных раскладок экранов.

## 11.2. Производительность Интеллект - системы видеонаблюдения



"Интеллект" позволяет построить систему видеонаблюдения практически на любом оборудовании. Широкий выбор оборудования оцифровки видеосигналов и уникальные алгоритмы компрессии и обработки видеоинформации обеспечивают отображение и сохранение видеоинформации с максимальным темпом и лучшим качеством.

Уникальные алгоритмы обработки видеоинформации, такие, как детектор движения, максимально оптимизированы и используют настолько незначительную часть ресурсов процессора, что система позволяет создавать неограниченное число зон детектирования движения для каждой камеры.

Много потоковая структура системы видеонаблюдения оптимизирована для работы на многопроцессорных машинах. Файловая подсистема оптимизирована с учетом требований работы на RAID-массивах объемом до 120Тбайт. Система видеонаблюдения оптимизирована на подключение новых клиентов так, что каждое новое подключение не увеличивает нагрузку на процессор видеосервера.

### **Стабильность работы системы видеонаблюдения Интеллект**

Главным требованием к системе видеонаблюдения является надежность, устойчивость и бесперебойность работы системы 7 дней в неделю, 24 часа в сутки, 365 дней в году.



Для соответствия этим требованиям как в аппаратной, так и в программной части всех подсистем комплекса реализованы специальные решения:

- контроля работоспособности системы;
- предотвращения возможных ошибок или сбоев;
- корректного восстановления работоспособности всех подсистем в случае сбоя.

### **Качество видеоизображения**

Важнейшим параметром системы видеонаблюдения является качество отображаемой и сохраняемой видеoinформации. Достижение максимального результата обеспечивается следующими решениями:

Использование плат на основе декодера Philips 7130 обеспечивает более высокое разрешение видеокadra в цвете (до 500ТВЛ) по сравнению с другими декодерами.

Уникальные технологии управления декодером позволяют добиться стабильного видеоизображения при более высоком темпе ввода, по сравнению с другими системами на основе Philips 7130.



Использование уникального алгоритма сжатия видеoinформации Motion Wavelet, основным преимуществом которого является именно высокое качество сжатого изображения при существенно меньшем размере кадра по сравнению с другими алгоритмами.

Использование уникального алгоритма деинтерлейсинга (устранение эффекта "гребенки") для кадра максимального разрешения, не вносящего искажения на границах объектов и не уменьшающего реальное разрешение кадра.

## **Сетевые возможности системы видеонаблюдения Интеллект**

Система видеонаблюдения в составе комплекса "Интеллект" обладает уникальными сетевыми возможностями:

- видеоархивы любых видеосерверов могут переноситься в реальном времени на выделенные серверы-архиваторы для долговременного хранения;
- каждый клиент может иметь доступ как к архиву видеосервера так и к архивам выделенных серверов-архиваторов;
- видеопотоки могут распределяться в системе по принципу мультикастинга, т.е. каждый следующий клиент, получающий видеопоток от конкретного сервера, не будет увеличивать нагрузку на канал связи с этим сервером;
- клиент может получить видеопоток от сервера, находящегося в другом сегменте сети посредством видеошлюза.

## **Интеллект - Система видеонаблюдения и аудиорегистрация**

Наряду с видеорегистрацией "Интеллект" может регистрировать аудио информацию. "Интеллект" позволяет синхронно записывать видеоизображение вместе со звуковым сигналом, записывать звук по акустопуску (при превышении настраиваемого уровня звукового сигнала) и комбинировать синхронную запись и запись по акустопуску.

Количество микрофонов и/или телефонных линий в распределенной системе не ограничено. На один компьютер данное количество не превышает 32. Частота оцифровки зависит от типа платы и ее характеристик - от 8000 до 44100 Hz соответственно. "Интеллект" позволяет использовать два типа звуковых сигналов: микрофонный (MIC, Soundblaster) и линейный (LINE), а при необходимости программно усиливать сигнал.

Инсталляции и безупречная работа "Интеллекта" на нескольких сотнях территориально-распределенных объектах позволяют говорить о том, что на сегодняшний день данный продукт является одним из лучших на рынке систем видеонаблюдения.

#### **11.4. Интеллектуальные системы видеонаблюдения**

Интеллектуальные системы видеонаблюдения — это аппаратно-программный комплекс, использующийся для автоматизированного сбора информации с потокового видео. В своей работе эти системы опираются на различные алгоритмы распознавания изображений, систематизации и обработки полученных данных.

Различают следующие разновидности аппаратно-программных комплексов интеллектуальных систем видеонаблюдения:

##### **Серверный.**

Аналитическая обработка данных осуществляется централизованно на видеосервере или ПК. В качестве аппаратной составляющей выступает центральный (CPU) или графический (GPU) процессор.

Главное преимущество серверной системы интеллектуального видеонаблюдения в используемом программном обеспечении, которое позволяет добавлять в уже существующую оболочку дополнительные модули и алгоритмы обработки видео, а так же комбинировать уже имеющиеся.

Основным недостатком является необходимость постоянной передачи видео с высоким разрешением от камер к видеосерверу, что существенно загружает каналы связи.

##### **Встроенные интеллектуальные алгоритмы.**

Используются непосредственно в камерах видеонаблюдения. На видеорегистратор или сервер передается частично или полностью обработанная картинка с результатами анализа (метаданными). Такой метод существенно снижает (в 10 — 100 раз) нагрузку на каналы передачи информации. Однако, видеокамеры имеют ограниченный набор аналитических функций, а их стоимость значительно превышает обычные устройства.

## **Распределенная обработка видеоданных.**

Первичный анализ информации не требующий сложных алгоритмов может производиться на видеокамерах. К примеру, обнаружение объекта. А более серьезная интеллектуальная обработка, требующая загрузки CPU, производится с использованием мощностей сервера.

## **Основные аналитические алгоритмы обработки видео**

Наиболее распространенными алгоритмами анализа видеoinформации в системах интеллектуального видеонаблюдения являются:

**Аналитика контроля периметра** — используется в системах охраняющих участки периметра, имеющие значительную протяженность. Реагируют на форму, скорость движения и местоположение объекта. Один из наименее надежных алгоритмов, так как вполне может сработать не только от ползущего или просто лежащего возле контролируемой зоны, но и от едущего на велосипеде.

**Ситуационный анализ** — используется для выявления тревожных ситуаций связанных с большим количеством людей. К примеру, выявление большего, чем типично для этого времени, плотности человека потока.

**Бизнес анализ** — применяется для контроля продуктивности работы персонала, оптимизации процесса обслуживания, выявления недовольных клиентов и исследования причин их недовольства. Отличается большим количеством разнообразных отчетов с возможностью формирования индивидуальных фильтров данных.

**Биометрический анализ** — используются различные способы биологической идентификации объекта. При этом традиционно алгоритм оперирует понятиями: база допусков, наличие черного и белого списков и т.п. Некоторые модели интеллектуальных систем видеонаблюдения могут работать по более сложным алгоритмам.

**Номерной анализ** — используется для распознавания автомобильных знаков, номеров вагонов и т.п.

**Анализ по нескольким камерам** — позволяет осуществлять автоматическое сопровождение объекта по нескольким камерам. Результатом становится формирование траектории движения объекта по охраняемой зоне.

**Анализ технологических процессов** — количественный анализ формы объекта. Обеспечивает качество процесса производства.

**Тамперинг** — производит постоянный мониторинг оборудования, особое внимание уделяется контролю технических неисправностей и предотвращения возможности блокировки камеры, засветки или затемнения объектива или сдвига корпуса или подмены картинка.

### **Область применения**

Экономический и организационный эффект, а так же повышение уровня безопасности от внедрения интеллектуальной системы видеонаблюдения, хорошо заметен не только в крупных сетях с широким территориальным распределением, но и в небольших системах малого бизнеса.

#### **Транспорт:**

- распознавание номерных знаков нарушителей или клиентов парковки;
- автоматический подсчет пассажиров;
- детекция пассажиров или оставленного предмета в запрещенной зоне;
- определение постороннего предмета на рельсах или упавшего пассажира.
- Системы городской безопасности:
  - распознавание лиц разыскиваемых преступников;
  - выявление драк и других противоправных действий;
  - выявление мест подозрительной активности, нетипичных скоплений граждан и т.п.
- Объекты закрытого или режимного типа:

- контроль периметра;
- дублирование функций системы пожарной сигнализации (визуальное обнаружение очага возгорания на ранних стадиях);
- выявление парного пересечения автоматического пропускного пункта;
- контроль работы персонала;
- Организации общественного питания, торговые и банковские учреждения, автомойки, СТО, парикмахерские и т.п.:
- автоматический подсчет и классификация клиентов;
- анализ состава и длины очереди;
- оценка внимания персонала переделяемого клиентам;
- Спортивные сооружения и развлекательные заведения:
- автоматический подсчет посетителей;
- выявление чрезмерных скоплений;
- выявление противоправных действий;
- оценка внимания посетителей.

### **Основные функции интеллектуальных систем**

В зависимости от целей использования системы видеонаблюдения интеллектуальная обработка видеосигнала может выполнять одну или несколько функций из представленного ниже перечня.

#### **Обнаружение объекта.**

Для первичного обнаружения широко используется программный и аппаратный детектор движения видеокамеры. Основное отличие от детекторов движения систем тревожной сигнализации заключается в возможности выявления одновременно нескольких объектов и их локализации в кадре.

#### **Слежение/сопровождение объектов.**

Используемые программы позволяют получить траекторию перемещения объекта при использовании нескольких статических или одной

поворотной PTZ камеры. При этом анализируется не только направление движения, но и скорость. Данная функция зачастую используется как фильтр, исключая возможность повторной регистрации нарушения одного и того же объекта, который перемещается из зоны действия одной камеры в другую.

### **Классификация и статистический анализ.**

Продвинутые интеллектуальные системы видеонаблюдения могут классифицировать отдельные объекты или события, используя статистические фильтры поступающих уведомлений о результатах поиска. К примеру, классифицировать человека, группу людей или автомобиль, используя фильтр размера и формы анализируемого объекта. На основе поступающих данных система может с высокой степенью точности определить не только половую принадлежность, но и приблизительную возрастную группу человека или марку транспортного средства.

### **Идентификация (распознавание).**

Является наиболее востребованной и одной из самых сложных функций. Кроме того она предъявляет высокие требования, как по используемым алгоритмам, так и к эксплуатационным параметрам применяемой техники. Кроме того, в сочетании с системами видеонаблюдения широко применяются другие способы идентификацииСКУД: электронный пропуск, магнитная карта, отпечатки пальцев и т.п.

### **Выявление тревожных ситуаций.**

Осуществляется на основе анализа потокового видео где запечатлена ситуация на контролируемом объекте. Основными критериями для анализа является: пересечение контрольной линии; резкое изменение положения объекта в пространстве (падение, прыжок и т.п.), возникновение очага возгорания, въезд на запрещенное место парковки и т.п.

В последнее время интеллектуальные системы видеонаблюдения широко используют аналитические функции:

1. Прогнозирования. К примеру, по числу вошедших в магазин посетителей, прогнозируется образование очереди в кассу, для

предотвращения этого система может подать соответствующий сигнал администратору торгового центра.

2. Интеллектуальное дополнительное сжатие видеофайла. Если в передаваемом видео не содержится требуемых событий, то оно подвергается дополнительной обработке более эффективными кодеками, максимально уменьшающими размер файла, даже в ущерб качеству изображения.

3. Ранжирование событий. Автоматическое распределение приоритетов ситуаций для последующего анализа.

4. Удаление персональных данных или блокировка записи приватных зон.

### **11.5. Основные требования к оборудованию и его ориентировочная стоимость.**

Наиболее оптимальными, с точки зрения эффективности и функциональности интеллектуальной системы видеонаблюдения, считаются продукты, разработанные на базе видеосерверов. При этом минимальные технические требования, так же как и стоимость оборудования довольно высоки.

К примеру, видеосервер на базе процессора Xeon E3 V3 для подключения 85 двух мегапиксельных видеокамер (без дискового массива) стоит не менее \$2500. При этом устройство поддерживает интеграцию любых модулей видео аналитики. Аналогичное устройство на 100 сетевых камер будет стоить не менее \$6000, а максимальная конфигурация на 700 камер — около \$29000.

При этом следует учитывать необходимость приобретения нескольких специализированных дисков для хранения видеоархива. К примеру, для хранения данных с ретроспективой всего 30 дней, на 60 камер с непрерывной записью в 12 кадр/сек, необходимо 6 HDD дисков с глубиной архива в 36 Тб объединенных в дисковый массив RAID 5 или RAID 6.

Рабочая станция диспетчера системы видеонаблюдения должна быть оснащена широкоформатными мониторами с диагональю не менее 23', для того чтобы была возможность одновременного вывода до 16 потоков на монитор. При необходимости ПК должен поддерживать аппаратное декодирование поступающего видеосигнала. Для этого нужны значительные вычислительные мощности и CPU не менее Intel Core i7.

Большинство интеллектуальных систем видеонаблюдения поддерживают не только IP видеокamеры, но и аналоговые камеры с высоким разрешением форматов AHD, TVI, CVI. Подключение аналоговых устройств к видеосерверу может быть осуществлено через специализированный адаптер-переходник.

### **Видеоаналитика и распознавание лиц**

Функциональные возможности систем видеонаблюдения получают все больше средств для автоматического анализа видеоинформации.

Качественная современная система видеонаблюдения должна не только производить запись и выводить изображение на экран, но и осуществлять ряд аналитических функций. Одной из наиболее востребованных является распознавание и идентификация людей (лиц) в зоне контроля.



Функция распознавания лиц широко применяется в следующих случаях:

### **Система контроля управления доступа (СКУД).**

В этом случае видеонаблюдения интегрировано в систему безопасности и управляет контроллерами на турникетах. Она может использоваться как дублирующая система пропуска и как основная. Преимуществом такого применения является минимизация влияния человеческого фактора и повышение трудовой дисциплины.

### **Противодействие кражам в гипермаркетах.**

Проблема систематических хищений стоит перед каждым магазином, особенно перед организациями с большими торговыми площадями. Классическая система видеонаблюдения, установленная в магазине, не сможет в полной мере обезопасить магазин от воровства. К тому же, она обычно используется "postfactum" для получения доказательств уже совершенной кражи, когда ущерб уже нанесен.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Опишите принцип интеллектуальной обработки видео
2. Проведите обзор алгоритмов построения модели фона
3. Интеллект - система интеллектуального видеонаблюдения
4. Каким образом необходимо организовать эргономичность интерфейсов системы видеонаблюдения Интеллект
5. Опишите процесс производительности Интеллект - системы видеонаблюдения
6. Каким образом обеспечивается стабильность работы Интеллект системы видеонаблюдения
7. Основные параметры качество видеоизображения
8. Интеллект - Система видеонаблюдения и аудиорегистрация
9. Интеллектуальные системы видеонаблюдения
10. Принципы распределенной обработки видеоданных
11. Основные требования к оборудованию и его ориентировочная стоимость

**Ключевые слова:** интеллектуальная обработка видео. Обзор алгоритмов построения модели фона, производительность Интеллект - системы видеонаблюдения, качество видеоизображения, интеллект - Система видеонаблюдения и аудиорегистрация, интеллектуальные системы видеонаблюдения, распределенная обработка видеоданных, основные требования к оборудованию и его ориентировочная стоимость.

# МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ. ЦИФРОВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ. ПЕРЕДАЧА ВИДЕО НА РАССТОЯНИЕ

## МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Гибкое сравнение на графах.

Метод относится к 2D моделированию. Его суть заключается в сопоставлении графов, которые описывают изображения лиц. Само лицо представлено в виде сетки с индивидуальным расположением вершин и ребер.

**Нейронные сети.**

Довольно распространенный метод, который использует около десятка различных алгоритмов. Наиболее совершенным на данный момент является Convolutional Neural Network, который позволяет проводить быстрое и эффективное распознавание и использует многослойное сканирование, позволяющие быстро классифицировать полученное изображение.

## СКРЫТЫЕ МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ

Метод основан на статистическом сравнении объекта с базой эталонов.

Недостатки:

- дополнительные подбор модели для базы данных

- (низкая скорость срабатывания);
- низкая различающая способность и не оптимальный

- алгоритм обучения;

- система может оптимизировать только время

- обработки данных и отклика на собственную модель, но не может

- минимизировать время перебора других моделей.

## 12. МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ. ЦИФРОВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ. ПЕРЕДАЧА ВИДЕО НА РАССТОЯНИЕ

### План:

1. Постановка задачи построения маски объектов при видеоаналитике
2. Методы распознавания лиц: гибкое сравнение на графах; нейронные сети; скрытые Марковские модели.
3. Принцип действия системы распознавания лиц; камеры для распознавания лиц.
4. Обзор популярных программ распознавания лиц
5. Эффективность систем видеонаблюдения
6. Цифровая регистрация. Передача видео на расстояние

### 12.1. Постановка задачи построения маски объектов при видеоаналитике

Пусть  $\{F^f\}_{f=1}^L$  множество кадров входной видеопоследовательности длиной  $L$ .  $(F^f)$  представляют собой либо двумерные матрицы размером  $H \times W$ , если видео черно-белое, либо трехмерные размером  $H \times W \times 3$ , если видео цветное. Будем рассматривать обработку черно-белого видео (т.к. большинство камер видеонаблюдения черно-белые), тогда  $(F^f)(y, x)$  — значение пикселя, стоящего на пересечении  $y$ -го ряда и  $x$ -ой колонки  $f$ -го кадра видеопоследовательности.

Определим задачу построения маски объектов переднего плана, как получение бинарной матрицы  $(A^f)$  размером  $H \times W$  по кадрам входной видеопоследовательности  $F^f$

$$A^f(y, x) = \begin{cases} 1, & \text{если пиксель } (y, x) \text{ принадлежит движущемуся объекту} \\ 0, & \text{если пиксель } (y, x) \text{ принадлежит неподвижному фону.} \end{cases}$$

(12.1)

Заметим, что в терминах «движущийся объект», «неподвижный фон» есть некоторая неоднозначность, присущая всем задачам, касающихся семантического значения объектов реального мира. Так, объект, остановившийся на некоторое время, должен считаться объектом ( $A(y, x) = 1$ ), однако простоявший значительное время должен считаться фоном ( $A(y, x) = 0$ ). Тем не менее, такая неоднозначность не является ключевой проблемой данной задачи. Более того, в одной из наиболее цитируемых работ по моделям фона, перечисляющей фундаментальные принципы их построения, утверждается, что задача должна решаться без учета семантики [37].

Зададим маску объектов, как бинаризацию абсолютной разницы модели фона ( $B^f$ ) и текущего кадра ( $F^f$ ) по порогу ( $T^f$ )

$$A^f(y, x) = |F^f(y, x) - B^f(y, x)| > T^f(y, x), \quad (12.2)$$

В этом случае основная сложность задачи перекладывается на точное построение модели фона ( $B^f$ ). В приведенной постановке ( $B^f$ ) — это матрица такого же размера, как и ( $F^f$ ). В простейшем случае  $T = T^f(y, x)$ , однако в ряде методов, в том числе и часто используемых, порог бинаризации  $T$  может зависеть от положения пикселя ( $x, y$ ) (например, метод на основе одной гауссианы [42]) или от номера кадра. В некоторых методах, например, на основе оптического потока [44], модель фона ( $B^f$ ) в явном виде может и невычисляться.

В подавляющем большинстве работ качество методов построения модели фона или маски объектов оценивается по точности (precision), равной отношению количества правильно отмеченных пикселей к количеству отмеченных пикселей, и по полноте (recall), равной отношению правильно отмеченных пикселей к количеству пикселей, относящихся к объектам в эталоне [37, 56, 57, 59]:

$$\text{Precision} = \frac{|\{(y, x): A^f(y, x) = 1 \wedge G(y, x) = 1\}|}{|\{(y, x): A^f(y, x) = 1\}|}, \quad (12.3)$$

$$\text{Recall} = \frac{|\{(y,x):A^f(y,x)=1 \wedge G(y,x)=1\}|}{|\{(y,x):G^f(y,x)=1\}|}, \quad (12.4)$$

При обнаружении объектов, на вход подаются кадры видеопоследовательности  $\{F^f\}_{f=1}^L$ . Пусть  $P^{(f)}$  — множество позиций объектов искомого класса на  $f$ -ом кадре:

$$P^{(f)} = \left\{ P_i^{(f)} \right\}_{i=1}^{C(f)} \quad (12.5), \text{ где } P_i^{(f)} = (y, x) \text{ позиция } i\text{-го объекта } f\text{-го кадра,}$$

$y \in \{1, \dots, H\}, x \in \{1, \dots, W\}, C(f)$  - количество объектов на  $f$ -ом кадре. Ставится задача получения предполагаемых положений объектов (*целей* или *гипотез*)  $\widehat{P}^{(f)}$ . Будем считать объект  $P_i^{(f)}$  обнаруженным, если существует хотябы одна цель  $\widehat{P}_j^{(f)}$  на расстоянии не более  $R$  пикселей. Отметим, что приведенное условие обнаружения не единственно возможное. Качество обнаружения будем измерять при помощи точности и полноты, но с некоторыми изменениями, обусловленными спецификой задачи системы видеонаблюдения. А именно не будут штрафоваться так называемые *мультиобъекты* (*multiple objects*) и *мульти цели* (*multiple trackers*), т.е. когда одному объекту соответствует несколько целей или одной цели соответствует несколько объектов (рис. 12.1). Такие ситуации не критичны в контексте выявления каких-либо событий, потому что нам не важно знать точное число объектов, важно отметить мест а нахождения одного или не скольких объектов, а также не отмечать их там, где нет ни одного объекта. Для объектов дублирование целей или объектов не ведет к ошибкам системы, однако при обнаружении нарушения важно не выписывать одному объектов не сколько событий. В этом случае можно применить фильтрацию целей, ограничив снизу расстояние между ними.

Пусть  $N_i^{(f)}$  множество целей, выданных детектором, на расстоянии не более  $N$  пикселей от объекта  $P_i^{(f)}$  (*окрестность объекта*):

$$N_i^{(f)} = \left\{ \widehat{P}_j^{(f)} \mid \text{distance}(\widehat{P}_j^{(f)}, P_i^{(f)}) \leq R \right\}, \quad (12.6)$$

а  $\hat{N}_j^{(f)}$  -множество объектов, находящихся на расстоянии не более  $R_{ot}$  обнаружения  $\hat{P}_j^{(f)}$  (окрестность цели).

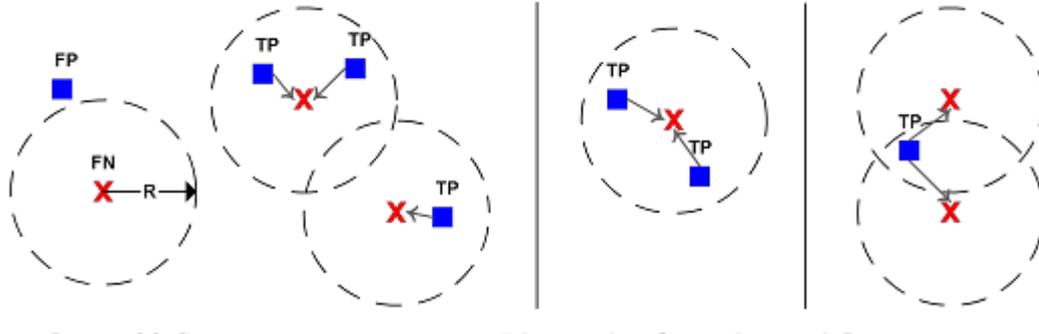


Рисунок 12.1: Слева: пример сопоставления целей (квадраты) и объектов (крестики). В центре: пример мульти цели. Справа: пример мульти объект а.

Определим число верных обнаружений  $TP$  (*true positives*), ложных обнаружений  $FP$  (*false positives*) и пропусков объектов  $FN$  (*false negatives*), а также точности  $Precision$  и полноты  $Recall$  следующим образом:

$$TP = \left| \left\{ \hat{P}_j^{(f)} \mid \hat{N}_j^{(f)} \neq \emptyset \right\} \right|, (12.7)$$

$$FP = \left| \left\{ \hat{P}_j^{(f)} \mid \hat{N}_j^{(f)} = \emptyset \right\} \right|, (12.8)$$

$$FN = \left| \left\{ \hat{P}_j^{(f)} \mid \hat{N}_i^{(f)} = \emptyset \right\} \right|, (12.9)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}, Recall = \frac{TP}{TP+FN} (12.10)$$

Помимо оценки покрытия объектов целями также рассчитывается среднее расстояние от объектов до соответствующих им целей:

$$D_i^{(f)} = \frac{\sum_{j: \hat{P}_j^{(f)} \in N_i^{(f)}} Distance(\hat{P}_j^{(f)}, P_i^{(f)})}{|N_i^{(f)}|}, (12.11) D^f = \frac{\sum_{i=1}^{C^f} D_i^{(f)}}{C^f}. (12.12)$$

Итоговой целью трекинга, как и задачи обнаружения объектов, является поиск положений объектов  $\left\{ P_i^{(f)} \right\}_{j=1}^{C^f}$  на кадрах видеопоследовательности  $\left\{ F^{(f)} \right\}_{f=1}^L$ , но трекер в отличие от детектора

получает информацию о положениях объектов на предыдущем кадре, т.е. продолжает траектории обнаруженных объектов. Поэтому результат работы трекера измеряется не только метриками покрытия (точность и полнота), но и метрикой согласованности целей на разных кадрах: цель, ведомая трекером, должна соответствовать на разных кадрах одному и тому же объекту:

$$\hat{E}_{\hat{Q}_j^{(f)}}^{(f-1)} = \hat{E}_j^{(f)}, \quad (12.13)$$

где  $\hat{E}_j^{(f)}$  идентификатор объекта, соответствующего  $j$ -ой цели трекера на  $f$ -ом кадре,  $\hat{Q}_j^{(f)}$  - номер цели на предыдущем кадре (т.е. трекер обновил положение цели с  $\hat{P}_j^{(f-1)}$  (предыдущий кадр) на  $\hat{P}_j^{(f)}$  (текущий кадр)), если цель существовала на предыдущем кадре, иначе  $\hat{Q}_j^{(f)} = 0$ . Отношение количества невыполнений этого условия в ходе работы трекера к суммарному числу целей на всех кадрах будем использовать как метрику межкадровой согласованности целей трекера, которую называют *количеством несоответствий (mismatch errors), ME*.

$$ME = \frac{\sum_{f=2}^L \sum_{j=1}^{\hat{C}^f} \left[ \hat{Q}_j^{(f)} > 0 \Delta \hat{E}_{\hat{Q}_j^{(f)}}^{(f-1)} \neq \hat{E}_j^{(f)} \right]}{\sum_{f=2}^L \hat{C}^f}, \quad (12.14)$$

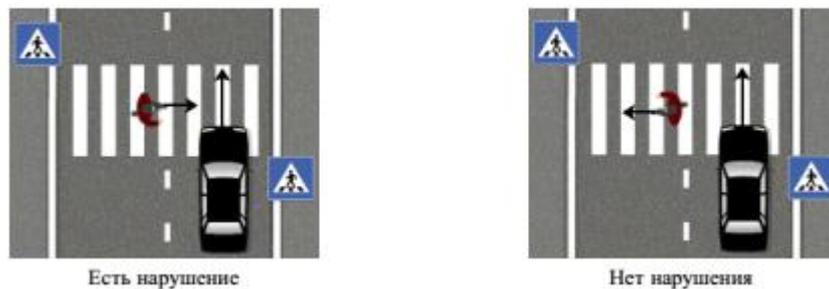


Рисунок 12.2: Факт нарушения зависит не только от положения объектов, но и от направления их движения.

Например, для задачи обнаружения нарушений на пешеходном переходе о слабом условии (12.13), так как нас не интересует точная поддержка идентификаторов наблюдаемых объектов, зато для определения

нарушений важно знать направление движения объектов (рис. 12.2). Поэтому (12.13) ослаблено до следующего условия:

$$Dir\left(\hat{E}_{\hat{Q}_j^{(f)}}^{(f)}\right) = Dir\left(\hat{E}_j^{(f)}\right), \quad (12.15)$$

где  $Dir(e) \in \{-1; +1\}$  направление движения объекта с идентификатором  $/i>$  (либо слева направо, либо в обратном направлении). Для простоты будем считать, что пешеходы не меняют направления движения в процессе пересечения перехода. Ввиду того, что автомобили перекрывают друг друга лишь частично и всегда важен ближайший к переходу автомобиль, межкадровая несогласованность целей трекеров автомобилей встречается гораздо реже, поэтому не требует специального измерения.

## 12.2. Методы распознавания лиц

На данный момент широко используется несколько эффективных алгоритмов распознавания лица в системах видеонаблюдения.

### Гибкое сравнение на графах.

Метод относится к 2D моделированию. Его суть заключается в сопоставлении графов, которые описывают изображения лиц. Само лицо представлено в виде сетки с индивидуальным расположением вершин и ребер.

Процедура распознавания происходит следующим образом - эталонный граф, характеризующий основной параметр распознавания, остается неизменным, в то время как другие деформируются под влиянием структура лица с привязкой к основным антропометрическим точкам: расстояние между глазами, ушами, линия носа, ширина губ и т.п.

Чем больше этих точек используется, тем точнее будет система распознавания, но и существенно увеличится время на обработку одного объекта.

### Недостатки метода:

- сложность алгоритма распознавания приводит к необходимости использования значительных вычислительных мощностей;
- низкая технологичность и сложная процедура введения новых эталонов в базу;
- быстродействие аналитической системы обратно пропорционально размерам баз данных:

### **Нейронные сети.**

Довольно распространенный метод, который использует около десятка различных алгоритмов. Наиболее совершенным на данный момент является Convolutional Neural Network, который позволяет проводить быстрое и эффективное распознавание и использует многослойное сканирование, позволяющие быстро классифицировать полученное изображение.

Недостатки:

- существенные сложности с добавлением нового эталона в базу данных, фактически внесение любого изменения требует полного переобучения сети;
- довольно сложная процедура внесения изменений, в зависимости от количества выбранных параметров по которым производится распознавание может занять от нескольких часов до нескольких дней;
- неупорядоченный выбор основных параметров алгоритма распознавания. архитектура сети и количество сканируемых слоев фактически не формализованы и для оптимизации этой функции распознавания требуется привлечение специалиста довольно высокого уровня.

### **Скрытые Марковские модели.**

Метод основан на статистическом сравнении объекта с базой эталонов.

Недостатки:

- дополнительные подбор модели для базы данных (низкая скорость срабатывания);

- низкая различающая способность и не оптимальный алгоритм обучения;
- система может оптимизировать только время обработки данных и отклика на собственную модель, но не может минимизировать время перебора других моделей.

### **12.3. Принцип действия системы распознавания лиц**

Независимо от выбранного алгоритма видео аналитики программная функция распознавания лиц работает по принципу сравнения отсканированного изображения с эталонами, имеющимися в базе.

Хорошим показателем эффективности и быстродействия считается, если комплекс идентифицировал человеческое лицо с расстояния не менее 10 метров от видеокамеры.

При этом, узнавание должно происходить даже при изменении определенных физических параметров: изменение прически, появление бороды, наличие или отсутствие очков и т.п. Период, за который осуществляется опознание и дается команда отклика на исполнительные устройства, не должен превышать определенного времени, например подхода объекта видеоконтроля от входной двери турникетам.

#### **Камеры для распознавания лиц.**

Для реализации различных функциональных возможностей систем видеоаналитики используются системы *ip* видеонаблюдения. В зависимости от решаемых задач используется несколько типов *ip* камер, обладающих соответствующими характеристиками:

#### **Обнаружение.**

Разрешение от 1 Мрiх, фокусное расстояние от 1 мм. Фиксирует проникновение объекта на подконтрольную территорию, может использоваться для панорамного сканирования и получения общего изображения ситуации на объекте. Не распознает лица, а только наводит на объект более совершенные дорогостоящие IP видеокамеры, которые производят сканирование основных биометрических параметров.

### **Опознавание.**

Разрешение от 2 Мрiх, фокусное расстояние от 6 мм. Может использоваться в системах идентификации со слабыми алгоритмами, которые производят распознавание 3-4 ключевым параметрам.

### **Идентификация.**

Разрешение от 5 Мрiх, фокусное расстояние 8-12 мм. Качество получаемого изображения достаточное для использования сложных алгоритмов распознавания.

Кроме основных эксплуатационных параметров видеокамеры на эффективность системы распознавания оказывает значительное влияние место установки видеокамеры, то есть угол обзора и расположение источников освещения.

Зачастую, мелкие противоправные действия, которые приносят не только финансовый урон, но и снижение репутации магазина, осуществляют одни и те же люди. Введение их изображения в особую базу данных и использование средств видеоаналитики поможет выявить потенциального злоумышленника еще на входе в магазин и более тщательно контролировать его действия в помещении.

## **12.4. Обзор популярных программ распознавания лиц**

### **«Face Интеллект» от компании HouseControl.**

Компания занимается монтажом, поставкой и обслуживанием систем безопасности высокого уровня сложности для промышленных объектов. Программа работает на основе алгоритма распознавания лиц от компании Cognitec. Данный алгоритм применяется уже несколько лет и имеет открытый код.

Часто используется только небольшими производителями инсталляторами систем безопасности и видеонаблюдения. Совместим с большинством аналоговых и цифровых видеокамер с соответствующим уровнем разрешения.

Имеет довольно высокий коэффициент распознавания, но при установке следует особое внимание уделить правильности расположения видеокамер. Для увеличения эффективности функционирования программы, камеры рекомендуется устанавливать позади турникета, чтобы человек притормаживал на несколько секунд в поле зрения камеры.

### **Facedirector от компании Синезис.**

Компания занимается разработкой интеллектуальных систем видеонаблюдения, а также программ бизнес-аналитики на их основе. Программа Facedirector может не только обнаруживать и идентифицировать лицо, которое попало в поле зрения камер, но и организовать сопровождение объектов по всему пути следования.

Основные преимущества:

- программа поддерживает широкий диапазон углов поворота (90 в горизонтальной и 30 в вертикальной плоскости);
- срабатывание тревожного сигнала при попытке прикрыть лицо;
- вероятность идентификации при обнаружении совпадении 99%.

### **VOCORD Fase Control от компании VOCORD.**

Компания основана в 1999 году, занимается разработкой и установкой систем безопасности с нестандартными характеристиками. Программа VOCORD FaseControl является собственной разработкой компании на основе оригинального алгоритма.

Основные функциональные возможности:

- выделение лиц людей в плотном пешеходном потоке;
- распознавание в режиме реального времени;
- может формировать несколько типов предупреждений оператору в зависимости от того какой статус присвоен идентифицированному объекту;
- аналитический поиск в архиве по базе сохраненных лиц;
- распознает пол и возраст объекта;
- имеет широкие возможности в составлении аналитических отчетов.

## Состав системы видеонаблюдения

Давайте посмотрим что входит в состав системы видеонаблюдения в зависимости от ее назначения, места установки, решаемых задач и целей. Условно все системы наблюдения можно разделить на три группы:



- слежения за ситуацией и фиксации событий;
- событийный анализ обстановки на контролируемом объекте;
- технологический контроль за различными процессами.

Первый момент является самым распространенным и простым. Такое видеонаблюдение устанавливается дома, на даче, в квартире, большинстве магазинов и офисов. Состав оборудования здесь минимален и включает в себя камеры видеонаблюдения различного типа и принципа действия и устройства записи - отображения видеоинформации.

Что касается обработки и записи информации, то большинство пользователей в этом случае предпочитают включать в состав системы видеорегистраторы. Современные модели обладают достаточным набором функциональных возможностей, просты и надежны в настройке и эксплуатации.

Вторая группа требует применения средств видео аналитики. Такие системы видеонаблюдения требуют значительных вычислительных мощностей, поэтому в их состав входит видеосервер. Специфика обработки и передачи данных в этом случае смещает акценты в сторону использования сетевого (IP) оборудования.

Первой ассоциацией при словах технологическое телевидение является какой-либо производственный процесс. Однако, этот термин еще подразумевает контроль над некоторыми, выполняемыми операциями и в сфере обслуживания. Например, контроль действий кассира, при обслуживании клиента.

Поскольку это одно из самых распространенных направлений организации технологического видеоконтроля стоит сказать о нем несколько подробнее. Основным требованием здесь является максимально полная идентификация действий как сотрудника, так и клиента:

- пересчет и передача денежной наличности;
- оформление и выдача сопроводительных документов;
- аудио запись переговоров.

Поэтому в состав технологического видеонаблюдения должны входить камеры с высокой разрешающей способностью, микрофоны, встроенные в видеокамеру или установленные отдельно, устройства событийного контроля.

Последние предназначены для впечатывания в видео кадры дополнительной информации, например, результат работы счетчика и (или) детектора банкнот (в просторечии машинки пересчета денег), дате и времени совершения операции и пр.

Естественно, записывающая аппаратура должна обеспечивать возможность идентификации всех перечисленных выше действий и обеспечивать необходимую глубину архива (времени хранения информации). Для этих целей может применяться как аналоговое, так и сетевое (IP) оборудование.

### **Аналоговое и IP оборудование**

Перед тем как говорить о таких всем привычных компонентах видеонаблюдения как камеры, регистраторы, всевозможные усилители, преобразователи и пр., хочется напомнить, что существует кабельно проводниковая продукция и коммутационные изделия.

Не стоит на них экономить — некачественные соединительные линии способны свести на нет все достоинства другого оборудования.

Давайте рассмотрим на конкретных примерах что нужно для организации видеоконтроля в случаях, наиболее часто интересующих массового пользователя.

## **"Стандартный" комплект для частного дома или дачи.**

Его состав в большинстве случаев таков:

- видеокамеры;
- регистратор;
- блок питания;
- монитор.

Что касается типа оборудования, то многие предпочитают (кстати, вполне оправданно) аналоговые системы или стремительно набирающее популярность АHD видеонаблюдение. Более подробно про все это можно почитать по приведенным ссылкам.

Добавлю только, что не рекомендую истязать себя вопросами и сомнениями выбора разрешающей способности камер и регистратора. 500-600 ТВЛ для "аналога", 720р для АHD — и по цене доступно и качество более чем приемлемое.

### **Беспроводное видеонаблюдение.**

Здесь стоит выделить два варианта. Чисто условно я бы их подразделил на:

- локальный;
- и глобальный.

Под первым понимается автономная система замкнутого контура (ССТV), под вторым — организация беспроводного доступа к системе через интернет. В любом из этих случаев в состав системы имеет смысл включать IP камеры. Они оптимально подходят для работы в составе сетей, кроме того, различные сервисы, предоставляющие услуги по удаленному доступу через интернет используют именно IP технологии.

В состав IP видеонаблюдения помимо камер и регистраторов (видео серверов) в обязательном порядке входят сетевые коммутаторы, а для беспроводных вариантов — WIFI роутер.

### **Монтаж и исполнительная документация**

Состав работ по монтажу системы видеонаблюдения включает в себя:

- проведение входного контроля оборудования, предназначенного для установки;
- собственно сами монтажные работы;
- пусконаладочные работы;
- сдачу системы в эксплуатацию.

Думается мне, что мало кто осуществляет входной контроль, особенно для небольших объектов. Чревато это, главным образом, тем, что при наличии в составе смонтированного оборудования неработоспособных устройств выяснится это после завершения монтажа. Значит возникают лишние финансовые и временные затраты на поиск и замену неисправного оборудования.

Остальные пункты выполняются всегда, хотя бы потому, что без этого невозможно получить работоспособную систему.

Исполнительная же документация должна подтверждать выполнение всех этапов монтажных работ, поэтому в ее состав входят акты выполнения монтажных и пусконаладочных работ, ведомости смонтированного оборудования и проведения его входного контроля, акты замеров необходимых параметров оборудования и акт приемки системы видеонаблюдения в эксплуатацию.

Перечисленные документы подписываются заказчиком и исполнителем с указанием дат и мест проведения указанных работ и мероприятий.

В заключение несколько слов про состав проектной документации. Она включает в себя:

- техническое задание на проектирование системы видеонаблюдения;
- рабочий проект.

Последний, в свою очередь состоит из пояснительной записки, содержащей необходимые расчеты и пояснения, спецификации и схем установки и подключения оборудования. Подробнее про все это можно посмотреть в разделе про проектирование видеонаблюдения.

## **12.5. Эффективность систем видеонаблюдения**

Система видеонаблюдения – одна из главных составляющих современной безопасности. Поэтому для достижения оптимальных результатов, очень важно грамотно оценить эффективность наиболее распространенных систем. При оценке обычно ориентируются на требования, предъявляемые общей концепцией безопасности конкретного объекта.

### **Эффективность прямого видеонаблюдения.**

Прямое видеонаблюдение, как правило, осуществляется в непрерывном режиме. Изображение с установленных камер выводится на монитор оператора. Эффективность зависит от нескольких факторов:

- количество камер, изображение с которых оценивается одним оператором (при увеличении числа камер эффективность снижается, оптимально – не более 4 шт.);
- психофизиологическое состояние оператора, а также уровень его мотивации при работе;
- режим работы оператора (эффективность отслеживания ситуации на мониторе постепенно снижается, поэтому рекомендована посменная работа персонала с обязательными перерывами);
- качество изображения – напрямую зависит от используемого оборудования и его правильной установки (угол обзора, освещенность объекта и т.д.).

В целом использование прямого видеонаблюдения оправданно только в том случае, когда требуется оперативная реакция на изменение ситуации на подконтрольном объекте. При этом определяющим фактором становится оператор. Именно от качества его работы зависит до 90% эффективности системы.

### **Эффективность видеонаблюдения с записью.**

Видеонаблюдение с записью позволяет зафиксировать события, происходящие на охраняемом объекте. Эффективность в первую очередь зависит от технических факторов:

- характеристики установленных видеокамер;
- параметры записывающего оборудования;
- автономность;
- дополнительная функциональность (запись по времени, включение камер при срабатывании датчиков движения).

Также на эффективность влияет правильная установка видеокамер (отсутствие «мертвых зон») и защита записывающего оборудования от постороннего вмешательства. Видеонаблюдение с записью часто интегрируют в уже установленную систему безопасности.

Качественное и правильно смонтированное оборудование позволяет в кратчайшие сроки установить личность правонарушителей, зафиксировать момент проникновения на подконтрольную территорию и ускорить процесс расследования совершенного преступления.

#### **Эффективность скрытого видеонаблюдения.**

Скрытое видеонаблюдение – наиболее эффективная система. Ее основные преимущества:

- самый высокий уровень антивандальной защиты;
- преступник не знает место расположения камер и соответственно зону охвата.
- правонарушитель действует свободно и уделяет минимум внимания маскировке, что повышает вероятность установления его личности.

Однако, использование этого типа камер сопряжено с рядом морально-этических факторов и регламентируется согласно действующему законодательству. В частности, существует список оборудования, разрешенный к применению только сотрудниками государственных спецслужб. Поэтому видеокамеры скрытой установки, несмотря на свою эффективность, редко используется в частных системах безопасности.

#### **Критерии оценки эффективности видеонаблюдения**

Оценку эффективности видеонаблюдения проводят с учетом следующих критериев:

### **Экономические.**

Оценивается соотношение фактической стоимости готовой системы с уровнем возможных потерь. Например, целесообразно ли прямое видеонаблюдение в небольшом магазине (затраты на зарплату штатному оператору) или можно обойтись системой с записью.

### **Функциональные.**

Насколько функциональные возможности системы соответствуют требованиям, предъявляемым разработанной концепцией безопасности (количество камер, длительность записи, возможность онлайн-наблюдения и т.д.).

### **Вероятностные.**

Соответствие используемого оборудования общей системе безопасности в плане достижения требуемых вероятностей обнаружения угроз. Например, вероятность того, что камеры зафиксируют момент правонарушения или оператор заметит факт проникновения на охраняемый объект.

Эти факторы требуют профессиональной оценки, с учетом дополнительных критериев (расположение объекта, уровень освещенности, все без исключения технические характеристики установленного оборудования).

Для оценки эффективности непрофессиональных систем с низкими требованиями к уровню безопасности, достаточно использовать только функциональные критерии. Так, доступность практичных IP видеокамер и широкое распространение онлайн-сервисов, позволяет исключить экономические факторы.

### **Способы повышения эффективности системы видеонаблюдения**

По мнению специалистов, можно повысить эффективность даже самой совершенной системы видеонаблюдения. К общим рекомендациям можно отнести:

1. Приобретение новых образцов видеотехники.

2.Использование комбинации различных систем. Например, прямое видеонаблюдение параллельно с записью.

3.Использование муляжей видеокамер для создания видимости полноценной системы безопасности. Как показывает статистика, муляжи значительно снижают процент краж в торговых точках. С муляжами часто используют системы скрытого монтажа, устанавливая специальные камеры в разрешенные законодательством места (например, в пожарные датчики).

4.Установка источника бесперебойного питания. Общее отключение электроэнергии не должно влиять на работоспособность видеонаблюдения. Качественный ИБП позволит системе работать автономно в течение определенного времени.

5.Использование интернет-технологий. Возможность получить доступ к IP камере из любой точки мира и удаленное управление системой существенно повышает ее эффективность.

6.Скрытая установка записывающего оборудования. Обнаружив камеры, правонарушители в 90 % случаев постараются найти и уничтожить видеорегистратор. Скрытая установка позволит сохранить видеофайлы и оборудование.

7.Разработка и установка нового программного обеспечения для видеорегистраторов.

8.Увеличение штата операторов и повышение их квалификации. Актуально для прямого видеонаблюдения, особенно на охраняемых объектах большой площади.

Объективная оценка и работа по повышению эффективности видеонаблюдения – это основа надежности современных систем безопасности на любых объектах. Поэтому необходимо своевременно выявлять возможные недоработки и использовать только проверенные решения и соответствующее оборудование.

## **12.6. Цифровая регистрация. Передача видео на расстояние**

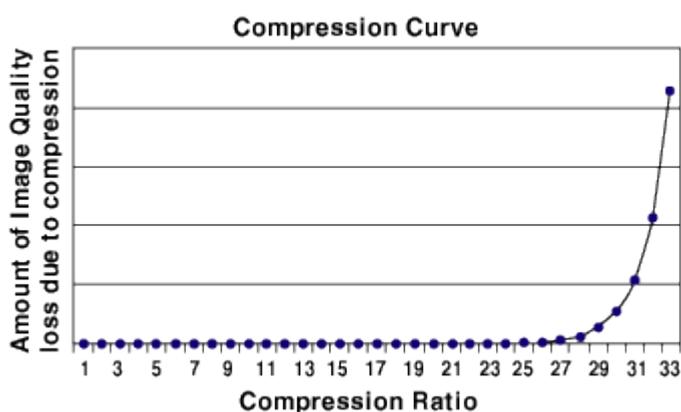
С начала 90-х годов компании воспользовались преимуществами, которые давали выросшая производительность чипсетов и общее движение к цифровой записи изображений. В то время как аналоговое изображение непосредственно записывалось на кассетный видеорегистратор, для записи изображения в цифровом виде его вначале необходимо конвертировать из аналогового в цифровое (рисунок 12.3).



**Рисунок 12.3 – Форматы цифрового изображения**

Как можно видеть, изображение размером 640x480 содержит в четыре раза больше информации (или пикселей), чем 320x240. Это означает, что цифровой размер изображения 640x480 в четыре раза больше, чем цифровой размер изображения 320x240. Если изображение 320x240 имело размер 7 Мб, то 480x240 будет иметь 28 Мб. В зависимости от используемого чипсета, цифровое изображение имеет различное число пикселей, которые взяты из аналогового видеосигнала. Наиболее распространенные размеры изображения - 640x480 или 320x240. Важно помнить, что аналоговое изображение состоит из двух полей. Так как каждое поле в среднем аналоговом изображении состоит из примерно 262-1/2 линий, легко видеть, как можно поле конвертировать в 320x240: просто путем выборки каждого второго пикселя по горизонтали и каждой линии по вертикали для каждого поля. Так как второе поле передается на 1/60 с позже, два цифровых изображения должны быть «расплетены» (de-interlaced), чтобы избежать артефактов в конечном изображении. В то время как 30-дневная емкость архива при применении Time-Laps VCR легко достигается использованием

30 лент и 24-часового режима, регистрирующие средства для цифровых видеорегистраторов, во-первых, значительно более дорогие, а во-вторых, использовать их как сменные более затруднительно. По этой причине цифровые видеорегистраторы требуют сжатия (компрессии) изображений для их хранения, но чтобы при этом визуальные потери были бы минимальные. Хотя методы сжатия могут быть разными, одна черта является общей для всех алгоритмов видеокомпрессии: с определенного уровня компрессии видеоизображение начинает быстро деградировать (рисунок 12.4).



**Рисунок 12.4 – Зависимость ухудшения качества изображения от степени сжатия**

Степень сжатия и размер изображения (в пикселях) следует варьировать в зависимости от количества изображений, которые необходимо сохранить на жестком диске. Кроме того, большинство цифровых видеорегистраторов на сегодняшний момент регистрируют только единичное поле для того чтобы избежать проблем с чересстрочной разверткой и чтобы вдвое обрезать количество информации, которую необходимо сжать - с изображения размером 640x480 до 640x240. В то время как изображение 320x240 может воспроизводиться с качеством VHS, для получения изображения с SVHS-качеством требуется разрешение 640x240 или 640x480. Обычная ошибка заключается в предположении, что изображение в формате 640x480 всегда имеет лучшее качество, чем в формате 320x240.

Предположим, что изображение 320x240 сжато с соотношением 1000:1, при этом размер результирующего изображения уменьшится с 7 Мб до 7 кб. Для достижения того же размера в 7 кб изображение в 640x480 пикселей должно быть сжато с фактором 4000:1. При таких крайне высоких степенях компрессии потери качества из-за сжатия могут в действительности привести к худшему изображению при 640x480 пикселей, чем при 320x240. Реальные алгоритмы компрессии могут меняться в широких пределах от индустриальных стандартов (JPEG, MPEG) до "самоделок", но могут быть разделены на две основные группы: полнокадровые (FullFrame) и обновляемые по условию (ConditionalRefresh). Новое свойство, которое было введено вместе с мультиплексором - это детектор активности. Детектор активности позволяет мультиплексору менять частоту изображений, посылаемых на кассетный видеореги­стратор. В результате изображения "с движением" будут регистрироваться с более высокой скоростью, чем "без движения". Некоторые из ранних моделей мультиплексоров даже включали режим, при котором изображения посылались на видеореги­стратор только в том случае, когда обнаруживалось движение в этих изображениях. Так как кассетный видеореги­стратор двигал магнитную ленту с установленной скоростью, это приводило к пропускам на ленте. Хотя теоретически этот режим должен был облегчить просмотр ленты с записью изображений от 16 камер, так как показывались только изображения с наличием активности, этот режим распространения не получил. Для цифровых видеореги­страторов этот режим обеспечивает значительно большую выгоду, так как он сохраняет пространство на жестком диске и может значительно расширить емкость памяти. Однако цифровые регистраторы - не более чем продвину­тая версия комбинации из мультиплек­сора и кассетного видеореги­стратора. Имеется третье свойство, предлагаемое в большинстве цифровых видеореги­страторов, которое в аналоговый век требовало приобретения дополнительного оборудования: дистанционного видеотрансмиттера. Как только модемы стали быстрее, чем 9600 бод, потребители стали выражать желание

рассматривать натуру прямо со своего рабочего места. Передача видео на расстояние не только экономит время на доставке лент, но также позволяет пользователям переключаться с одного объекта наблюдения на другой, и даже позволяет наблюдать несколько объектов одновременно. В то время как объединение кассетного видеорегистратора, мультиплексора и видеотрансмиттера представляет серьезную задачу (особенно применительно к воспроизведению), большинство цифровых видеорегистраторов предлагает это как часть интегрированного, легкого в использовании пакета. Рынок требует разных цифровых видеорегистраторов. Малые системы цифровой видеорегистрации могут использоваться в стандартной охранной схеме вместо системы с мультиплексором, если число камер ограничивается четырьмя или менее и если стоимость является основным фактором. Основная масса цифровых видеорегистраторов обычно предлагает все три основные преимущества, а также одновременные запись и воспроизведение, интеллектуальные алгоритмы поиска и другие продвинутое свойства. Большие системы цифровой видеорегистрации используют технологии, которые позволяют производить регистрацию по каждой камере в полнокадровом режиме и с полной скоростью, предлагают избыточную емкость для хранения информации, такую, как RAID - подсистемы, и сетевую архитектуру, которая делает легким развертывание регистраторов в больших приложениях, таких, как аэропорты, супермаркеты, казино и др. В дополнение к более традиционным цифровым видеорегистраторам, имеется также расширенное предложение DVR, которые являются интерфейсом в таких приложениях, как банкоматы и системы контроля доступа. При регистрации данных от этих и других приборов вместе с видео, сортировка видео и поиск в нем может производиться более умным и быстрым способом. При преимуществах, которыми обладают цифровые видеорегистраторы, нет ничего удивительного в том, что они являются самым быстрорастущим сегментом на рынке CCTV. Многие специалисты, связанные с управлением предприятий, широко пользуются системами передачи компьютерной

информации - специализированными компьютерными сетями. Они решают задачи передачи компьютерных данных, телефонных переговоров, видеоконференций и многого другого. Данные технологии могут быть использованы при организации управляемого видеонаблюдения. Известны различные системы охранного наблюдения на основе видеокамер. Основной недостаток таких систем заключается в очень ограниченной области их работы: расстояние передачи аналогового видеосигнала по физическим кабелям составляет всего несколько сот метров. Дальнейшее увеличение расстояния приводит к значительному ухудшению качества изображения, затрудняется распознавание объекта наблюдения, т.е. система перестает выполнять свои основные функции. Также представляется весьма затруднительным создание крупных систем наблюдения на аналоговом принципе. Современные цифровые технологии не только делают систему значительно более надежной и универсальной, но и более доступной по стоимости. Видеонаблюдение, основанное на цифровых технологиях, объединяет возможности передачи высококачественного видеосигнала с управлением на любом расстоянии вращающимися видеокамерами. Видеосигнал и дополнительная информация с видеокамеры поступают в реальном времени без задержек по сети связи в оцифрованном виде на пульт управления, который может находиться как в том же здании, так и в любом другом месте. Рабочим местом оператора могут быть персональный компьютер, видеомонитор или телевизор. При использовании персонального компьютера программное обеспечение оператора устанавливается непосредственно на компьютер. Очень простой и удобный для использования графический интерфейс обеспечивает прямой доступ ко всем функциям управления и отображению видеоизображения на экране монитора компьютера. Для управления поворотными устройствами могут использоваться джойстик, графический интерфейс или стандартная клавиатура. При этом возможен любой тип соединения к видеосерверу, включая локальную сеть, арендованную линию или Internet. Если в системе присутствуют два или

более поста наблюдения, будут выполняться необходимые уровни доступа и приоритеты. К одному видеосерверу может быть подключено одновременно несколько видеопотоков и телеметрических приемников. Приемники команд дистанционного управления разных изготовителей имеют различные и, как правило, несовместимые системы управления и протоколы. Однако оборудование обеспечивает легкую адаптируемость к различным системам и позволяет объединять оборудование различных производителей в единую систему. Представляемые системы могут быть использованы для наблюдения за технологическими процессами, за движением автотранспорта, в медицине, обучении, системах охранного видеонаблюдения, в игорном бизнесе. Они отличаются простотой использования, универсальностью и высокой защищенностью от несанкционированного доступа.

#### **Контрольные вопросы и задание:**

1. Опишите основные методы распознавания лиц.
2. Опишите принципы функционирования гибкого сравнения на графах; нейронные сети; скрытые Марковские модели. Чем они отличаются, достоинства и недостатки методов.
3. Опишите принцип действия системы распознавания лиц; камеры для распознавания лиц.
4. Обзор популярных программ распознавания лиц.
5. Опишите эффективность систем видеонаблюдения.
6. Цифровая регистрация. Передача видео на расстояние.

**Ключевые слова:** методы распознавания лиц; гибкое сравнение на графах; нейронные сети; скрытые Марковские модели, принцип действия системы распознавания лиц; камеры для распознавания лиц, обзор популярных программ распознавания лиц, эффективность систем видеонаблюдения, цифровая регистрация, передача видео на расстояние.

# СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ. ЭФФЕКТЫ ПРИСУТСТВИЯ, ДЕПЕРСОНАЛИЗАЦИИ И МОДИФИКАЦИЯ СОЗНАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ. СИСТЕМЫ С ДИСТАНЦИОННЫМ ТЕЛЕКИНЕТИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ

## ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

модельная трехмерная (3D) окружающая среда, создаваемая компьютерными средствами и реалистично реагирующая на взаимодействие с пользователями.

Технической базой систем виртуальной реальности являются современные мощные персональные компьютеры и программное обеспечение высококачественной трехмерной визуализации и анимации. В качестве устройств ввода-вывода информации в системах VR применяются виртуальные шлемы с дисплеями (HMD), в частности шлемы со стереоскопическими очками, и устройства 3D-ввода

## СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Совершенствование систем виртуальной реальности приводит ко все большей изоляции пользователя от обычной реальности, т.к. все больше каналов взаимодействия пользователя с окружающей средой замыкаются не на обычную, а на виртуальную среду – виртуальную реальность, которая, при этом, становится все более и более функционально-замкнутой и самодостаточной. Создание систем VR является закономерным следствием процесса совершенствования компьютерных систем отображения информации и интерфейса управления. При обычной работе на компьютере монитор занимает не более 20% поля зрения пользователя. Системы VR перекрывают все поле зрения

### **13. СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ. ЭФФЕКТЫ ПРИСУТСТВИЯ, ДЕПЕРСОНАЛИЗАЦИИ И МОДИФИКАЦИЯ СОЗНАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ. СИСТЕМЫ С ДИСТАНЦИОННЫМ ТЕЛЕКИНЕТИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ**

#### **План:**

- 13.2. Системы виртуальной реальности. Эффекты присутствия, деперсонализации и модификация сознания пользователя
- 13.3. Определение виртуальной реальности.
- 13.4. Системы с дистанционным телекинетическим интерфейсом

#### **13.1. Системы виртуальной реальности. Эффекты присутствия, деперсонализации и модификация сознания пользователя**

Виртуальная реальность (VR) – модельная трехмерная (3D) окружающая среда, создаваемая компьютерными средствами и реалистично реагирующая на взаимодействие с пользователями (рисунок 13.1).



**Рисунок 13.1 – Система виртуальной реальности для управления флотом**

Технической базой систем виртуальной реальности являются современные мощные персональные компьютеры и программное обеспечение высококачественной трехмерной визуализации и анимации. В

качестве устройств ввода-вывода информации в системах ВР применяются виртуальные шлемы с дисплеями (HMD), в частности шлемы со стереоскопическими очками, и устройства 3D-ввода, например, мышь с пространственно управляемым курсором или "цифровые перчатки", которые обеспечивают тактильную обратную связь с пользователем.

Совершенствование систем виртуальной реальности приводит ко все большей изоляции пользователя от обычной реальности, т.к. все больше каналов взаимодействия пользователя с окружающей средой замыкаются не на обычную, а на виртуальную среду – виртуальную реальность, которая, при этом, становится все более и более функционально-замкнутой и самодостаточной.

Создание систем ВР является закономерным следствием процесса совершенствования компьютерных систем отображения информации и интерфейса управления.

При обычной работе на компьютере монитор занимает не более 20% поля зрения пользователя. Системы ВР перекрывают все поле зрения.

Обычные мониторы не являются стереоскопическими, т.е. не создают объемного изображения. Правда, в последнее время появились разработки, которые, позволяют преодолеть это ограничение (достаточно сделать поиск в [yandex.ru](http://yandex.ru) по запросу "Стереоскопический монитор"). Системы ВР изначально были стереоскопическими.

Звуковое сопровождение, в том числе со стерео и квадро-звуком, сегодня уже стали стандартом. В системах ВР человек не слышит ничего, кроме звуков этой виртуальной реальности.

В некоторых моделях систем виртуальной реальности пользователи имеют возможность восприятия изменяющейся перспективы и видят объекты с разных точек наблюдения, как если бы они сами находились и перемещались внутри модели.

Если пользователь располагает более развитыми (погруженными) устройствами ввода, например, такими, как цифровые перчатки и

виртуальные шлемы, то модель может даже надлежащим образом реагировать на такие действия пользователя, как поворот головы или движение глаз.

Необходимо отметить, что в настоящее время системы виртуальной реальности развиваются очень быстрыми темпами и явно выражена тенденция проникновения технологий виртуальной реальности в стандартные компьютерные технологии широкого применения.

Развитие этих и других подобных средств привело к появлению качественно новых эффектов, которые ранее не наблюдались или наблюдались в очень малой степени:

- эффект присутствия пользователя в виртуальной реальности;
- эффект деперсонализации и модификации самосознания и сознания пользователя в виртуальной реальности.

Эффект присутствия – это создаваемая для пользователя иллюзия его присутствия в смоделированной компьютером среде, при этом создается полное впечатление "присутствия" в виртуальной среде, очень сходное с ощущением присутствия в обычном "реальном" мире.

При этом виртуальная среда начинает осознаваться как реальная, а о реальной среде пользователь на время как бы совершенно или почти полностью "забывает". При этом технические особенности интерфейса также вытесняются из сознания, т.е. мы не замечаем этот интерфейс примерно так же, как собственное физическое тело или глаза, когда смотрим на захватывающий сюжет. Таким образом, реальная среда замещается виртуальной средой.

Исследования показывают, что для возникновения и силы эффекта присутствия определяющую роль играет реалистичность движения различных объектов в виртуальной реальности, а также убедительность реагирования объектов виртуальной реальности при взаимодействии с ними виртуального тела пользователя или других виртуальных объектов. В то же

время, как это ни странно, естественность вида объектов виртуальной среды играет сравнительно меньшую роль.

Системы виртуальной реальности уже в настоящее время широко применяются во многих сферах жизни.

Одними из первых технологии виртуальной реальности были применены НАСА США для тренировки пилотов космических челноков и военных самолетов, при отработке приемов посадки, дозаправки в воздухе и т.п. Самолет-невидка "Стелс" вообще управляется пилотом, практически находящемся в виртуальной реальности. Из виртуальной реальности человек управляет роботом, выполняющим опасную или тонкую работу.

Технология MotionCapture, позволяет дистанционно "снять" движения с человека и присвоить их его трехмерной модели, что широко применяется для создания компьютерных игр и анимации рисованных персонажей в фильмах. Особенно эффективно применение виртуальной реальности в рекламе, особенно в Интернет-рекламе на стадии информирования и убеждения.

С использованием виртуальной реальности можно показывать различные помещения, например, совершить виртуальную экскурсию по музею, учебному заведению, дому, коттеджу или местности (прогулка по Парижу от туристической фирмы).

Во всех этих приложениях важно, что в отличие от трехмерной графики, виртуальная реальность обеспечивает эффект присутствия и личного участия пользователя в наблюдаемых им событиях.

Сегодня уже для всех вполне очевидно, что виртуальная реальность может с успехом использоваться для развлечений, ведь она помогает представить себя в другой роли и в другом облики.

Однако в действительности этот эффект связан с модификацией "Образа Я", т.е. сознания и самосознания пользователя. Это значит, что последствия этого в действительности значительно серьезнее, чем обычно представляют, и далеко выходит за рамки собственно развлечений.

Как показано автором в ряде работ, приведенных на сайте <http://Lc.kubagro.ru>, форма сознания и самосознания человека определяются тем, как он осознает себя и окружающее, т.е. тем:

– что он осознает, как объективное, субъективное и несуществующее;

– с чем он отождествляет себя и что осознает, как объекты окружающей среды.

Очевидно, что разработчики новейших компьютерных технологий совершенно неожиданно вторглись в абсолютно новую для себя сферу исследования измененных форм сознания, и далеко идущие системные последствия этого ими, как и вообще научным сообществом, пока еще очень мало осознаны.

Еще в 1979-1981 годах автором и Л.А. Бакурадзе были оформлены заявки на изобретение компьютерной системы, выполняющей все трудовые функции физического тела, обеспечивающую управление с использованием дистанционного мысленного воздействия, т.е. микротелекинеза. Телекинез представляет собой управление физическими объектами путем воздействия на них непосредственно с высших планов без использования физического тела, т.е. тем же способом, с помощью которого любой человек, осознает он это или нет, управляет своим физическим телом. Были предложены технические и программные решения и инженерно – психологические методики. Система предлагалась адаптивной, т.е. автоматически настраивающейся на индивидуальные особенности, "почерк" оператора и его состояние сознания, с плавным переключением на дистанционные каналы при повышении их надежности (которая измерялась автоматически) и могла одновременно с выполнением основной работы выступать в качестве тренажера. Человек, начиная работу с системой в обычной форме сознания с использованием традиционных каналов (интерфейса), имея мгновенную адекватную по форме и содержанию обратную связь об эффективности своего телекинетического воздействия, должен быстро переходить в форму

сознания, оптимальную для использования телекинеза в качестве управляющего воздействия.

### **13.2. Определение виртуальной реальности.**

С учетом вышесказанного, предлагается следующее определение виртуальной реальности.

Система ВР – это система, обеспечивающая:

1. Генерацию полиперцептивной модели реальности в соответствии с математической моделью этой реальности, реализованной в программной системе.

2. Погружение пользователя в модель реальности путем подачи на все или основные его перцептивные каналы – органы восприятия, программно-управляемых по величине и содержанию воздействий: зрительного, слухового, тактильного, термического, вкусового и обонятельного и других.

3. Управление системой путем использования виртуального "образа Я" пользователя и виртуальных органов управления системой (интерфейса), на которые он воздействует, представляющие собой зависящую от пользователя часть модели реальности.

4. Реалистичную реакцию моделируемой реальности на виртуальное воздействие и управление со стороны пользователя.

5. Разрыв отождествления пользователя со своим "Образом Я" из обычной реальности (деперсонализация), и отождествление себя с "виртуальным образом Я", генерируемым системой виртуальной реальности (модификация сознания и самосознания пользователя).

6. Эффект присутствия пользователя в моделируемой реальности в своем "виртуальном образе Я", т.е. эффект личного участия пользователя в наблюдаемых виртуальных событиях.

7. Положительные результаты применения критериев реальности, т.е. функциональную замкнутость и самодостаточность виртуальной реальности, вследствие чего никакими действиями внутри виртуальной реальности, осуществляемыми над ее объектами, в т.ч. объектами виртуального

интерфейса, с помощью своего виртуального тела, невозможно установить, "истинная" эта реальность или виртуальная.

В этой связи вспоминается ставший уже классическим первый фильм "Матрица", в котором Морфей, обращаясь к Нео, произносит свою знаменитую фразу: "Сейчас я покажу тебе, как выглядит окончательная истинная реальность". Эта фраза сразу вызвала у меня массу ассоциаций и вопросов, в частности:

1. А каковы критерии реальности?

2. А вдруг и эта реальность, которую Морфей назвал окончательной, истинной, в действительности является не более, чем симулятором следующего иерархического уровня, так сказать более фундаментальным симулятором? Здесь возникает сложный мировоззренческий вопрос о том, возможно ли хотя бы в принципе находясь в виртуальной реальности, не выходя за ее пределы установить, что ты находишься именно в виртуальной, а не истинной реальности, или это возможно сделать только задним числом, после выхода из виртуальной реальности и перехода в истинную реальность?

Итак, каковы же критерии реальности?

По нашему мнению, прежде всего это само согласованность реальности, т.е. получение одной и той же информации качественно различными способами и по различным каналам связи (принцип наблюдаемости):

- согласованность реальности самой с собой во времени;
- согласованность и взаимное подтверждение информации от различных органов восприятия, которые обычно реагируют на различные формы материи и часто являются парными (зрение, слух, обоняние) и расположенными в различных точках пространства.

Например, мы не только что-то видим, но и слышим, и осязаем, и можем попробовать его на вкус и ощутить запах и все эти восприятия от различных органов чувств соответствуют друг другу и означают, что перед нами некий определенный объект, а не галлюцинация или визуализация.

Согласованная и взаимно подтверждающая информация с различных органов чувств, в соответствии с принципом наблюдаемости, также может рассматриваться как повышающая достоверность и адекватность восприятия.

В современных компьютерных играх мы не только видим довольно качественную визуализацию, но и соответствующее реалистичное звуковое сопровождение. А в системах виртуальной реальности – визуализация стереоскопическая (то, что мы видим РАЗНЫМИ глазами как бы с разных точек в ПРОСТРАНСТВЕ, также взаимно подтверждается), а также появляется тактильный канал с обратной связью, который позволяет ощутить даже твердость, вес и температуру моделируемого в виртуальной реальности объекта. Все это вместе уже создает на столько высокую степень реалистичности, что может возникнуть эффект присутствия в виртуальной реальности, деперсонализация и отождествление с измененным образом Я, моделируемым в виртуальной реальности (переход в измененную форму сознания).

Представим, что эти сформулированные критерии реальности не выполняются, т.е. нарушается ее самосогласованность. По-видимому, как своего рода "сбои" и различные "нарушения физических законов" и несогласованности в виртуальной реальности:

- "заикливание" событий, как на заезженной пластинке, т.е. их многократное повторное осуществление без каких-либо изменений (пример: повторный проход черной кошки, с характерной остановкой и поворотом головы, в дверном проеме в "Матрице");
- прохождение сквозь стены;
- полеты и очень длинные прыжки, а также телепортация в своем "реальном" теле;
- действия в другом темпе времени, т.е. эффект замедления внешнего времени, соответствующий аналогичному ускорению внутреннего времени;

- действия в другом масштабе пространства, "увеличение" и "уменьшение" размеров, наблюдение мезо и микроструктуры материи;
- видение сквозь стены, видение на больших расстояниях (в т.ч. с увеличением "как в телескоп"), видение прошлого и будущего;
- телекинез, пирокинез, психосинтез, левитация и т.п.;
- одновременное нахождение в нескольких местах.

Нетрудно заметить, что все эти проявления весьма напоминают так называемые "паранормальные явления", которые традиционно связывают с сверхвозможностями человека, т.е. с его возможностями при высших формах сознания.

Эти явления хотя и редко, но все же наблюдаются в нашем мире, что может указывать на то, что наша "истинная реальность" в определенной мере возможно является виртуальной, по крайней мере в большей степени, чем ранее предполагалось.

Вспомним известные в физике принципы относительности Галилея и Эйнштейна:

1. Никакими экспериментами внутри замкнутой системы невозможно отличить состояние покоя от состояния равномерного и прямолинейного движения (Галилей). Следовательно, покоящаяся система отсчета физически эквивалентна системе отсчета, движущейся равномерно и прямолинейно под действием сил инерции.

2. Никакими экспериментами внутри ограниченной по размерам замкнутой системы невозможно установить, движется она под действием сил гравитации или по инерции (Эйнштейн).

Следовательно, система отсчета, движущаяся в поле сил тяготения физически эквивалентна системе отсчета, движущейся под действием сил инерции.

Легко заметить, что формулировка 7-го пункта в определении системы виртуальной реальности весьма сходна с формулировками принципов относительности Галилея и Эйнштейна: никакими действиями внутри

виртуальной реальности, осуществляемыми над ее объектами, в т.ч. объектами виртуального интерфейса, с помощью своего виртуального тела, невозможно установить, "истинная" эта реальность или виртуальная.

Следовательно, виртуальная система отсчета, локализованная в полнофункциональной виртуальной реальности полностью физически эквивалентна физической системе отсчета, локализованной в "истинной реальности".

Учитывая эту аналогию, принцип, предложенный автором, назовем принципом относительности или принципом эквивалентности виртуальной и истинной реальности.

### **13.3. Системы с дистанционным телекинетическим интерфейсом**

В 1981 году Л.А. Бакурадзе и Е.В. Луценко были оформлены заявки на изобретение компьютерной системы, выполняющей все трудовые функции физического тела, обеспечивающую управление с использованием дистанционного мысленного воздействия, т.е. микротелекинеза.

Телекинез представляет собой управление физическими объектами путем воздействия на них непосредственно с высших планов без использования физического тела, т.е. тем же способом, с помощью которого любой человек, осознает он это или нет, управляет своим физическим телом. К подобным системам могут быть отнесены системы с жестовым управлением (рисунок 13.2).

К настоящему времени предложены различные технические и программные решения и инженерно-психологические методики.

Системы являются адаптивными, т.е. автоматически настраиваются на индивидуальные особенности, "почерк" оператора и его состояние сознания, с плавным переключением на дистанционные каналы при повышении их надежности (которая измерялась автоматически) и могла одновременно с выполнением основной работы выступать в качестве тренажера для овладения высшими формами сознания.



**Рисунок 13.2 – Жестовое управление бортовой навигационной системой на автомобиле BMW**

Человек, начиная работу с системой в обычной форме сознания с использованием традиционных каналов (интерфейса), имея мгновенную адекватную по форме и содержанию обратную связь об эффективности своего телекинетического воздействия, должен быстро переходить в одну из высших форм сознания, оптимальную для использования телекинеза в качестве управляющего воздействия.

**Контрольные вопросы и задания:**

1. Опишите основные системы виртуальной реальности.
2. Опишите принципы и эффекты присутствия, деперсонализации и модификация сознания пользователя
3. Определение виртуальной реальности.
4. Системы с дистанционным телекинетическим интерфейсом
5. Опишите свойства телекинетического воздействия

**Ключевые слова:** системы виртуальной реальности, эффекты присутствия, деперсонализации и модификация сознания пользователя, определение виртуальной реальности, системы с дистанционным телекинетическим интерфейсом.

# НЕЙРОННЫЕ СЕТИ. МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА. МОДЕЛИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Особенностью интеллектуальных систем является способность решать слабоструктурированные и плохо формализованные задачи. Эта способность основана на применении различных методов моделирования рассуждений для обработки символьной информации. Традиционным подходом к построению механизмов рассуждения является использование дедуктивного логического вывода на правилах (rule-based reasoning), который применяется в экспертных системах продукционного и логического типа

## МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это упрощённая модель биологического мозга, точнее нервной ткани [2, 5, 9, 12]. Естественная нервная клетка (нейрон) состоит из тела (сомы), содержащего ядро, и отростков – дендритов, по которым в нейрон поступают входные сигналы.

## МОДЕЛИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

модель нейрона в виде простейшего процессорного элемента, который вычисляет значение переходной функции от скалярного произведения вектора входных сигналов и вектора весовых коэффициентов

## **14. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ. МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА. МОДЕЛИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

### **План:**

1. Особенность интеллектуальных систем
2. Модель искусственного нейрона
3. Модели нейронных сетей
4. Построение нейронной сети
5. Обучение нейронной сети

### **14.1. Особенность интеллектуальных систем**

Особенностью интеллектуальных систем является способность решать слабоструктурированные и плохо формализованные задачи. Эта способность основана на применении различных методов моделирования рассуждений для обработки символической информации. Традиционным подходом к построению механизмов рассуждения является использование дедуктивного логического вывода на правилах (rule-based reasoning), который применяется в экспертных системах продукционного и логического типа. При таком подходе необходимо заранее сформулировать весь набор закономерностей, описывающих предметную область. Альтернативный подход основан на концепции обучения по примерам (case-based reasoning). В этом случае при построении интеллектуальной системы не требуется заранее знать обо всех закономерностях исследуемой области, но необходимо располагать достаточным количеством примеров для настройки разрабатываемой адаптивной системы, которая после обучения будет способна получать требуемые результаты с определённой степенью достоверности. В качестве таких адаптивных систем применяются искусственные нейронные сети.

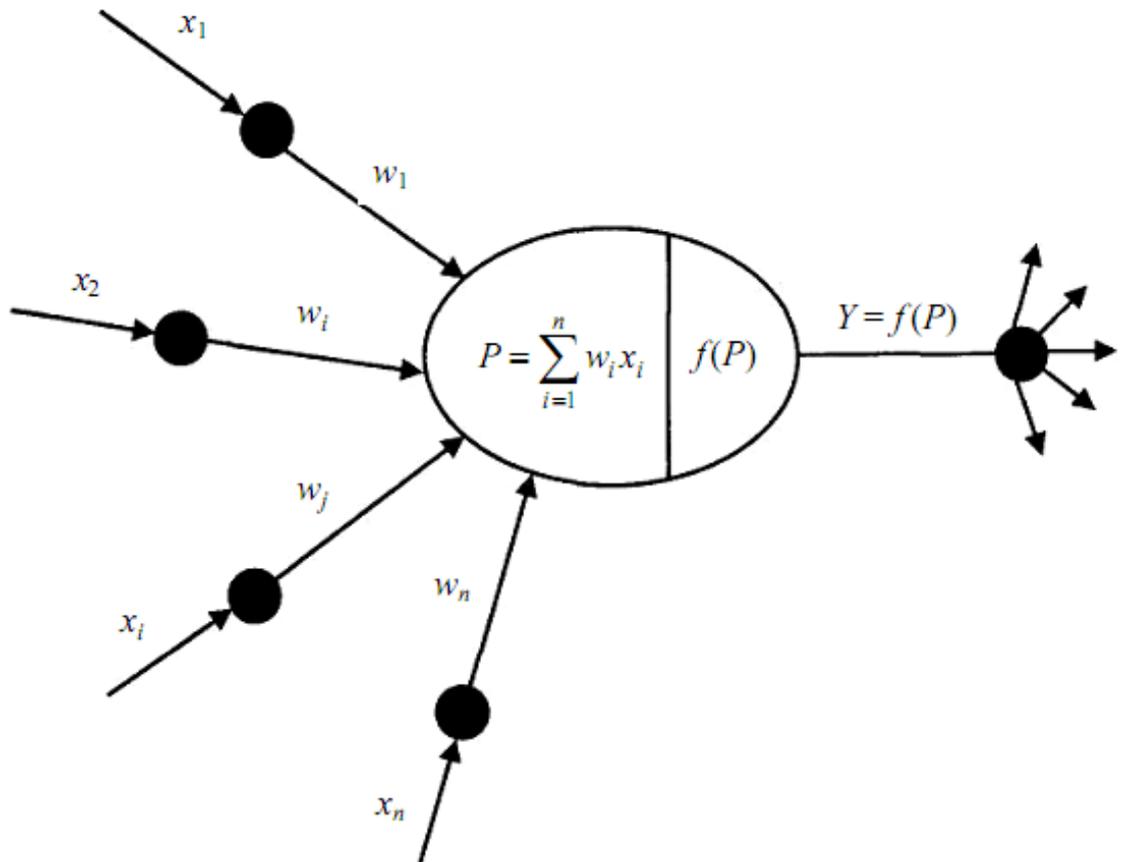
### **14.2. Модель искусственного нейрона**

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это упрощённая модель биологического мозга, точнее нервной ткани [2, 5, 9, 12]. Естественная

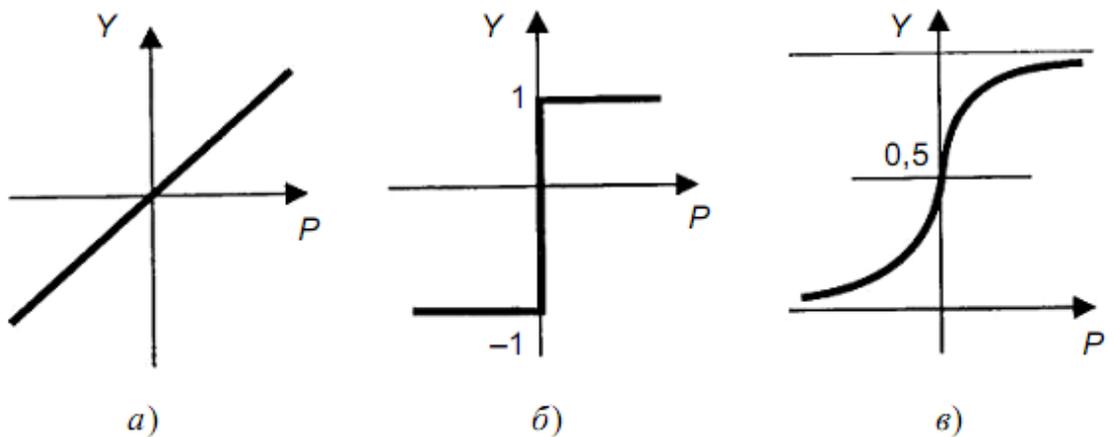
нервная клетка (нейрон) состоит из тела (сомы), содержащего ядро, и отростков – дендритов, по которым в нейрон поступают входные сигналы. Один из отростков, ветвящийся на конце, служит для передачи выходных сигналов данного нейрона другим нервным клеткам. Он называется аксоном. Соединение аксона с дендритом другого нейрона называется синапсом. Нейрон возбуждается и передаёт сигнал через аксон, если число пришедших по дендритам возбуждающих сигналов больше, чем число тормозящих.

Сеть ИНС представляет собой совокупность простых вычислительных элементов – искусственных нейронов, каждый из которых обладает определённым количеством входов (дендритов) и единственным выходом (аксоном), разветвления которого подходят к синапсам, связывающим его с другими нейронами. На входы нейрона поступает информация извне или от других нейронов. Каждый нейрон характеризуется функцией преобразования входных сигналов в выходной (функция возбуждения нейрона). Нейроны в сети могут иметь одинаковые или разные функции возбуждения. Сигналы, поступающие на вход нейрона, неравнозначны в том смысле, что информация из одного источника может быть более важной, чем из другого. Приоритеты входов задаются с помощью вектора весовых коэффициентов, моделирующих синаптическую силу биологических нейронов.

Модель искусственного нейрона (рис. 14.1) представляет собой дискретно-непрерывный преобразователь информации. Информация, поступающая на вход нейрона, суммируется с учётом весовых коэффициентов  $w_i$ , сигналов  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , где  $n$  – размерность пространства входных сигналов. Потенциал нейрона определяется по формуле  $P = \sum_{i=1}^n w_i x_i$ .



**Рис. 14.1.** Схема кибернетической модели нейрона



**Рис. 14.2.** Функции переноса искусственных нейронов:

а – линейная; б – ступенчатая; в – сигмоидальная

Взвешенная сумма поступивших сигналов (потенциал) преобразуется с помощью передаточной функции  $f(P)$  в выходной сигнал

нейрона  $Y$ , который передается другим нейронам сети, т.е.  $Y = f(P)$ . Вид передаточной (активационной) функции является важнейшей характеристикой нейрона. В общем случае эта функция может быть ступенчатой (пороговой), линейной или нелинейной (рис. 14.2). Пороговая функция пропускает информацию только в том случае, если алгебраическая сумма входных сигналов превышает некоторую постоянную величину  $P^*$ , например:

$$Y = \{1, \text{если } P \geq P^*\}$$

$$Y = \{-1, \text{если } P \geq P^*\}$$

Пороговая функция не обеспечивает достаточной гибкости ИНС при обучении. Если значение вычисленного потенциала не достигает заданного порога, то выходной сигнал не формируется, и нейрон «не срабатывает». Это приводит к снижению интенсивности выходного сигнала нейрона и, как следствие, к формированию невысокого значения потенциала взвешенных входов в следующем слое нейронов.

Линейная функция  $Y = kP$  дифференцируема и легко вычисляется, что в ряде случаев позволяет уменьшить ошибки выходных сигналов в сети, так как передаточная функция сети также является линейной.

Однако она не универсальна и не обеспечивает решения многих задач. Определённым компромиссом между линейной и ступенчатой функциями является сигмоидальная функция переноса  $Y = 1/(1 + e^{-kp})$ , которая удачно моделирует передаточную характеристику биологического нейрона (рис. 14.2, в) Коэффициент  $k$  определяет крутизну нелинейной функции: чем больше  $k$ , тем ближе сигмоидальная функция к пороговой; чем меньше  $k$ , тем она ближе к линейной. Подобно ступенчатой функции она позволяет выделять в пространстве признаков множества сложной формы, в том числе невыпуклые и несвязные. При этом сигмоидальная функция, в отличие от ступенчатой, не имеет разрывов. Она дифференцируема, как и линейная функция, и это качество можно использовать при поиске экстремума в пространстве параметров ИНС.

Тип функции переноса выбирается с учётом конкретной задачи, решаемой с применением нейронных сетей. Например, в задачах аппроксимации и классификации предпочтение отдают логистической (сигмоидальной) кривой. Нейронная сеть представляет собой совокупность искусственных нейронов, организованных слоями. При этом выходы нейронов одного слоя соединяются с входами нейронов другого.

В зависимости от топологии соединений нейронов ИНС подразделяются на одноуровневые и многоуровневые, с обратными связями и без них. Связи между слоями могут иметь различную структуру.

В однолинейных сетях каждый нейрон (узел) нижнего слоя связан с одним нейроном верхнего слоя. Если каждый нейрон нижнего слоя соединён с несколькими нейронами следующего слоя, то получается пирамидальная сеть. Воронкообразная схема соединений предполагает связь каждого узла верхнего слоя со всеми узлами нижнего уровня.

Существуют также древовидные и рекуррентные сети, содержащие обратные связи с произвольной структурой межнейронных соединений. Чтобы построить ИНС для решения конкретной задачи, нужно выбрать тип соединения нейронов, определить вид передаточных функций элементов и подобрать весовые коэффициенты межнейронных связей [1, 2, 5 – 7, 12].

При всём многообразии возможных конфигураций ИНС на практике получили распространение лишь некоторые из них. Классические модели нейронных сетей рассмотрены ниже.

### **14.3. Модели нейронных сетей**

Теоретические основы нейро математики были заложены в начале 1940-х гг. Попытки построить машины, способные к разумному поведению, были в значительной мере вдохновлены идеями «отца кибернетики» Норберта Винера, который писал в своей знаменитой работе

«Кибернетика или управление и связь в животном и машине», что все машины, претендующие на «разумность», должны обладать способностью преследовать определённые цели и приспособляться, т.е. обучаться. Идеи Винера были применены Дж. Маккалохом и У. Питтсом, которые разработали собственную теорию деятельности головного мозга [3], основанную на предположении, что функционирование компьютера и мозга сходно. К главным результатам их работы относятся следующие:

- модель нейрона в виде простейшего процессорного элемента, который вычисляет значение переходной функции от скалярного произведения вектора входных сигналов и вектора весовых коэффициентов;
- конструкция нейронной сети для выполнения логических и арифметических операций;
- предположение о том, что нейронная сеть способна обучаться, распознавать образы, обобщать полученную информацию.

В формализме Дж. Маккалоха и У. Питтса нейроны имеют пороговую функцию перехода из состояния в состояние. Каждый нейрон в сети определяет взвешенную сумму состояний всех других нейронов и сравнивает её с порогом, чтобы определить своё собственное состояние.

Аппаратная реализация ИНС на основе пороговых элементов, оперирующих двоичными числами, оказалась чрезвычайно трудной из-за высокой стоимости электронных элементов в то время. Самые совершенные системы тогда содержали лишь сотни нейронов, в то время как нервная система муравья содержит более 20 тыс.

Серьёзное развитие нейрокибернетика получила в трудах американского нейрофизиолога Ф. Розенблата, который предложил свою модель нейронной сети в 1958 г. и продемонстрировал созданное на её основе электронное устройство, названное перцептроном [8]. Розенблат Ф. ввёл возможность модификации межнейронных связей, что сделало ИНС обучаемой. Первые перцептроны были способны распознавать некоторые буквы латинского алфавита. Впоследствии модель перцептрона была

значительно усовершенствована, а наиболее удачным её применением стали задачи автоматической классификации.

Алгоритм обучения перцептрона включает следующие шаги.

1. Системе предъявляется эталонный образ.
2. Если результат распознавания совпадает с заданным, весовые коэффициенты связей не изменяются.
3. Если ИНС неправильно распознаёт результат, то весовым коэффициентам даётся приращение в сторону повышения качества распознавания.

Теоретический анализ перцептрона, проведённый М. Минским и С. Пейпертом [4], показал его ограниченные возможности, поскольку не всегда существует такая комбинация весовых коэффициентов, при которой заданное множество образов будет распознаваться правильно.

Причина этого недостатка состоит в том, что однослойный перцептрон реализует линейную поверхность, разделяющую пространство эталонов, вследствие чего происходит неверное распознавание образов в случаях, когда задача не является линейно сепарабельной. Для решения таких проблем предложены модели многослойных перцептронов, способные строить ломаную границу между распознаваемыми образами. Несмотря на то, что перцептрон Розенблата имел невысокие возможности обучения, разработка этой концепции привлекла внимание исследователей к проблеме ИНС и привела к созданию более «разумных» интеллектуальных систем.

Многослойные сети. В многослойных сетях устанавливаются связи только между нейронами соседних слоёв, как показано на рис. 14.3.

Каждый элемент может быть соединён модифицируемой связью с любым нейроном соседних слоёв, но между элементами одного слоя связей нет. Каждый нейрон может посылать выходной сигнал только в вышележащий слой и принимать входные сигналы только с нижерасположенного слоя. Входные сигналы подаются на нижний слой, а

Выходной вектор сигналов определяется путём последовательного вычисления уровней активности элементов каждого слоя (снизу вверх) с использованием уже известных значений активности элементов предшествующих слоёв. При распознавании образов входной вектор соответствует набору признаков, а выходной – распознаваемым образом.

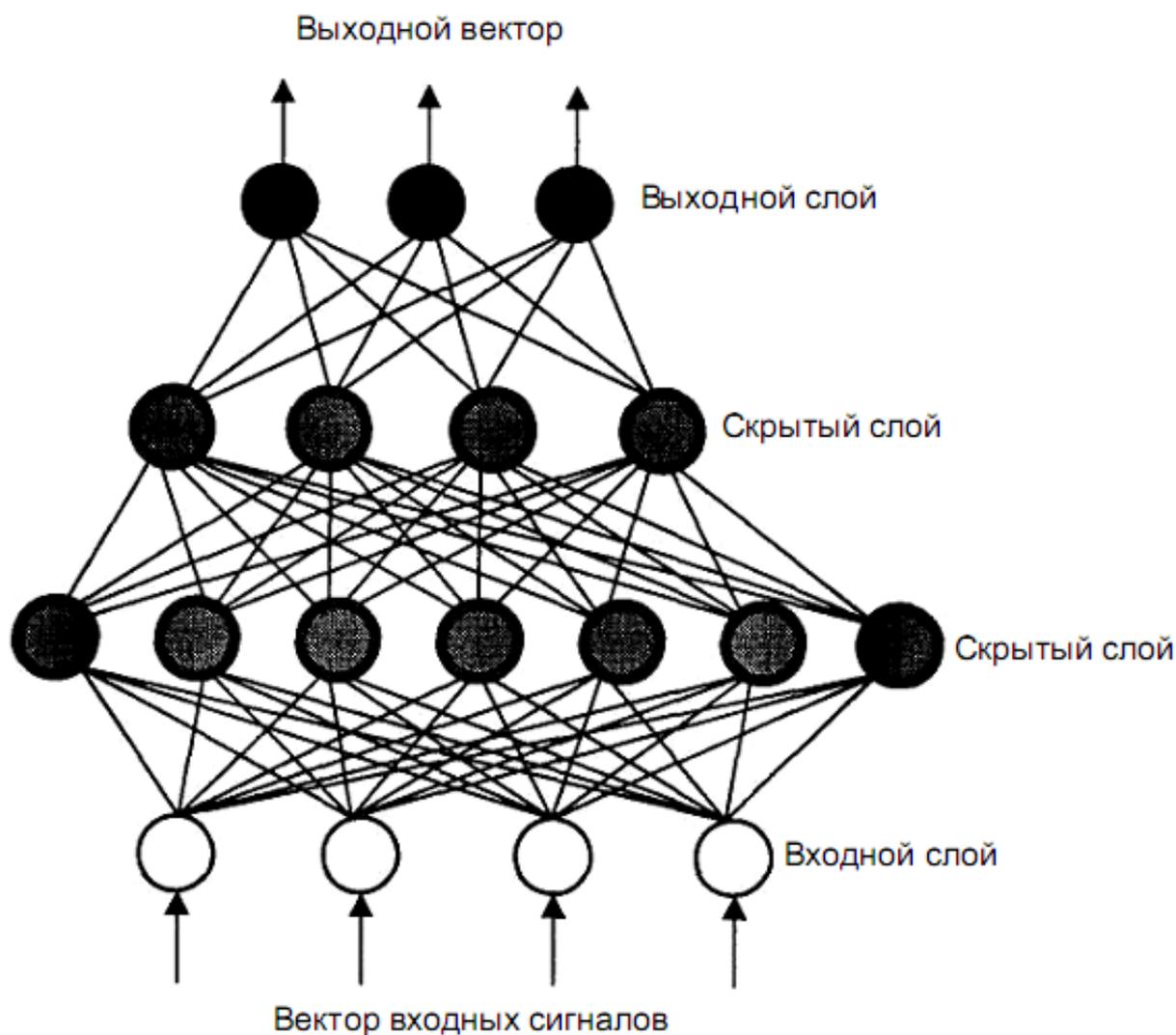


Рис. 14.3. Схема многослойного перцептрона

Скрытый слой (один или несколько) предназначен для отражения специфики знаний. В таких сетях обычно используются передаточные сигмоидальные функции.

Структура нейронной сети определяется типом, например 25–10–5, т.е. двадцать пять узлов находится в первом слое, десять – в скрытом и пять – в выходном. Определение числа скрытых слоёв и числа нейронов в каждом

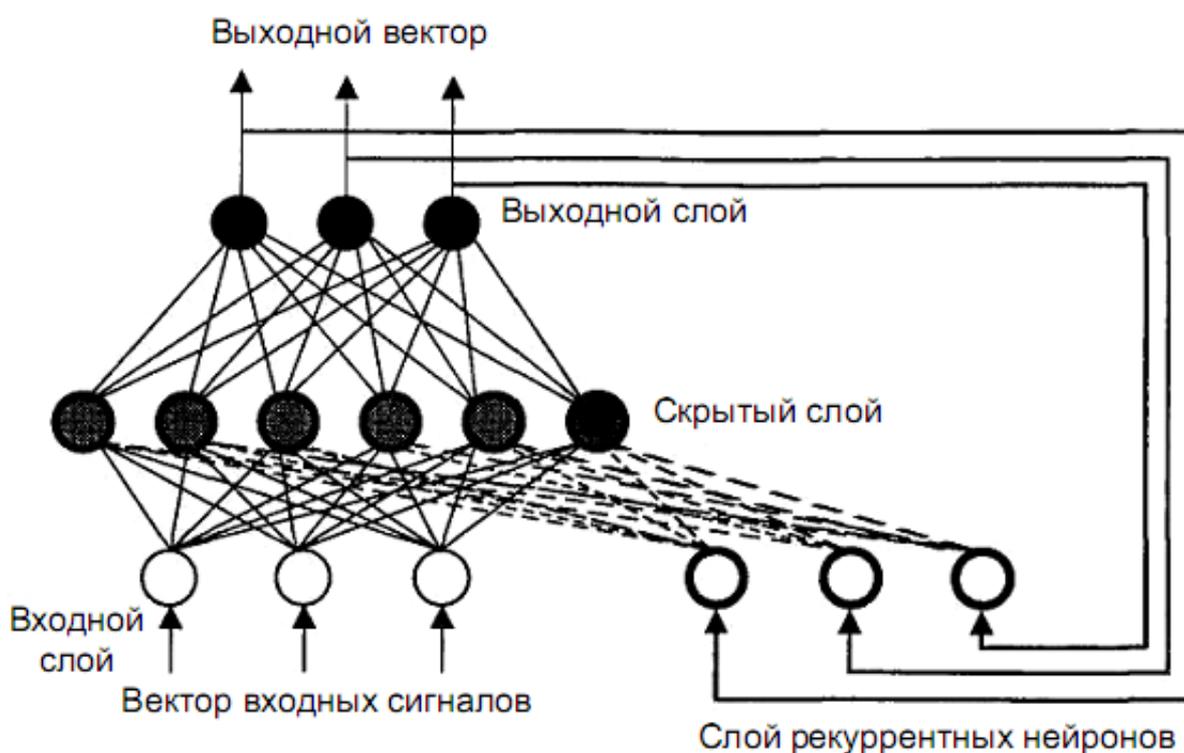
слое для конкретной задачи является неформальной проблемой, при решении которой можно использовать эвристическое правило: число нейронов в следующем слое в два раза меньше, чем в предыдущем [10, 14].

Выше отмечалось, что простой перцептрон с одним слоем обучаемых связей формирует границы областей решений в виде гиперплоскостей. Двухслойный перцептрон может выполнять операцию логического И над полупространствами, образованными гиперплоскостями первого слоя весов. Это позволяет формировать любые выпуклые области в пространстве входных сигналов. С помощью трёхслойного перцептрона, используя логическое ИЛИ для комбинирования выпуклых областей, можно получить области решений произвольной формы и сложности, в том числе невыпуклые и несвязные. То, что многослойные перцептроны с достаточным множеством внутренних нейроподобных элементов и соответствующей матрицей связей в принципе способны осуществлять любое отображение вход–выход, отмечали ещё М. Минский и С. Пейперт, однако они сомневались, что для таких процедур можно открыть мощный аналог процедуры обучения простого перцептрона. В настоящее время в результате возрождения интереса к многослойным сетям предложено несколько таких процедур. Одной из них является алгоритм обратного распространения ошибки, который будет рассмотрен ниже.

Рекуррентные сети. Они содержат обратные связи, благодаря которым становится возможным получение отличающихся значений выходов при одних и тех же входных данных. Наличие рекуррентных нейронов позволяет ИНС накапливать знания в процессе обучения.

Рекуррентные сети (рис. 14.4) являются развитием модели Хопфилда на основе применения новых алгоритмов обучения, исключающих попадание системы в локальные минимумы на поверхности энергетических состояний. Важной особенностью рекуррентных сетей является их способность предсказывать существование новых классов объектов.

Модель Хопфилда. Работы американского биофизика Дж. Хопфилда положили начало современному математическому моделированию нейронных вычислений [11]. Ему удалось привлечь к анализу нейросетевых моделей мощный математический аппарат статистической физики. В результате была сформулирована математическая модель ассоциативной памяти на нейронной сети с использованием правила Д. Хебба для модификации весовых коэффициентов. Это правило основано на простом предположении: если два нейрона возбуждаются вместе, то сила связи между ними возрастает; если они возбуждаются порознь, то сила связи между ними уменьшается.



**Рис. 14.4. Схема рекуррентной нейронной сети**

Сеть Хопфилда строится с учётом следующих условий:

- все элементы связаны со всеми;
- $w_{ji} = w_{ij}$  – прямые и обратные связи симметричны;
- $w_{ii} = 0$  – диагональные элементы матрицы связей равны нулю, т.е.

исключаются обратные связи с выхода на вход одного нейрона.

Для однослойной нейронной сети со связями типа «все ко всем» характерна сходимость к одной из конечного множества равновесных точек, которые являются локальными минимумами функции энергии, отражающей структуру всех связей в сети. Введённая Хопфилдом функция вычислительной энергии нейронной сети описывает поведение сети через стремление к минимуму энергии, который соответствует заданному набору образов. В связи с этим сети Хопфилда могут выполнять функции ассоциативной памяти, обеспечивая сходимость к тому образу, в область притяжения которого попадает начальный паттерн (образец) активности нейронов сети.

Этот подход привлекателен тем, что нейронная сеть для конкретной задачи может быть запрограммирована без обучающих итераций. Веса связей вычисляются на основе вида функции энергии, сконструированной для решаемой задачи.

Развитием модели Хопфилда является машина Больцмана, предложенная и исследованная Дж. Е. Хинтоном и Р. Земелом [5, 7, 12] для решения комбинаторных оптимизационных задач и задач искусственного интеллекта. В ней, как и в других моделях, нейрон имеет состояния  $(1,0)$ , межнейронные связи представлены весовыми коэффициентами, а каждое состояние сети характеризуется определённым значением функции консенсуса (аналог функции энергии). Максимум функции консенсуса соответствует оптимальному решению задачи.

Сети Хопфилда получили применение на практике в основном как реализации подсистем более сложных систем. Они имеют определённые недостатки, ограничивающие возможности их применения:

- предположение о симметрии связей между элементами, без которой нельзя ввести понятие энергии;
- нейронная сеть – это устройство для запоминания и обработки информации, а не устройство минимизации энергии. Экономия энергии играет в этих процессах вспомогательную роль;

– сети Хопфилда поддерживают множество лишних, неэффективных, иногда дублирующих друг друга связей. В реальных нервных системах такие связи не поддерживаются, так как их реализация требует определённых затрат. В биологических нервных системах происходит освобождение от лишних связей за счёт их структуризации. При этом вместо организации связей «всех ко всем» используется многослойная иерархическая система связей.

Самоорганизующиеся сети Т. Кохонена [15]. Идея сетей с самоорганизацией на основе конкуренции между нейронами базируется на применении специальных алгоритмов самообучения ИНС. Сети Кохоненаобычно содержат один (выходной) слой обрабатывающих элементов с пороговой передаточной функцией. Число нейронов в выходном слое соответствует количеству распознаваемых классов. Настройка параметров межнейронных соединений проводится автоматически на основе меры близости вектора весовых коэффициентов настраиваемых связей к вектору входных сигналов в эвклидовом пространстве.

В конкурентной борьбе побеждает нейрон, имеющий значения весов, наиболее близкие к нормализованному вектору входных сигналов.

Кроме того, в самоорганизующихся сетях возможна классификация входных образцов (паттернов). На практике идея Кохонена обычно используется в комбинации с другими нейросетевыми парадигмами.

#### **14.4. Построение нейронной сети**

При построении модели ИНС прежде всего необходимо точно определить задачи, которые будут решаться с её помощью. В настоящее время нейросетевые технологии успешно применяются для прогнозирования, распознавания и обобщения. Первым этапом построения нейросетевой модели является тщательный отбор входных данных, влияющих на ожидаемый результат. Из исходной информации необходимо исключить все сведения, не относящиеся к исследуемой проблеме. В то же время следует

располагать достаточным количеством примеров для обучения ИНС. Существует эмпирическое правило, которое устанавливает рекомендуемое соотношение  $X$  между количеством обучающих примеров, содержащих входные данные и правильные ответы, и числом соединений в нейронной сети:  $X < 10$ .

Для факторов, которые включаются в обучающую выборку, целесообразно предварительно оценить их значимость, проведя корреляционный и регрессионный анализ, и проанализировать диапазоны их возможных изменений.

На втором этапе осуществляется преобразование исходных данных с учётом характера и типа проблемы, отображаемой нейросетевой моделью, и выбираются способы представления информации. Эффективность нейросетевой модели повышается, если диапазоны изменения входных и выходных величин приведены к некоторому стандарту, например  $[0,1]$  или  $[-1,1]$ .

Третий этап заключается в конструировании ИНС, т.е. в проектировании её архитектуры (число слоёв и число нейронов в каждом слое). Структура ИНС формируется до начала обучения, поэтому успешное решение этой проблемы во многом определяется опытом и искусством аналитика, проводящего исследования.

Четвёртый этап связан с обучением сети, которое может проводиться на основе конструктивного или деструктивного подхода. В соответствии с первым подходом обучение ИНС начинается на сети небольшого размера, который постепенно увеличивается до достижения требуемой точности по результатам тестирования. Деструктивный подход базируется на принципе «прореживания дерева», в соответствии с которым из сети с заведомо избыточным объёмом постепенно удаляют «лишние» нейроны и примыкающие к ним связи. Этот подход даёт возможность исследовать влияние удалённых связей на точность сети. Процесс обучения нейронной сети представляет собой уточнение значений весовых коэффициентов и для

отдельных узлов на основе постепенного увеличения объема входной и выходной информации.

Началу обучения должна предшествовать процедура выбора функции активации нейронов, учитывающая характер решаемой задачи. В частности, в трёхслойных перцептронах на нейронах скрытого слоя применяется в большинстве случаев логистическая функция, а тип передаточной функции нейронов выходного слоя определяется на основе анализа результатов вычислительных экспериментов на сети. Индикатором обучаемости ИНС может служить гистограмма значений межнейронных связей [13].

На пятом этапе проводится тестирование полученной модели ИНС на независимой выборке примеров.

#### **14.5. Обучение нейронной сети**

Важнейшим свойством нейронных сетей является их способность к обучению, что делает нейросетевые модели незаменимыми при решении задач, для которых алгоритмизация является невозможной проблематичной или слишком трудоёмкой. Обучение нейронной сети заключается в изменении внутренних параметров модели таким образом, чтобы на выходе ИНС генерировался вектор значений, совпадающий с результатами примеров обучающей выборки. Изменение параметров нейросетевой модели может выполняться разными способами в соответствии с различными алгоритмами обучения. Парадигма обучения определяется доступностью необходимой информации. Выделяют три парадигмы:

- обучение с учителем (контролируемое);
- обучение без учителя (неконтролируемое);
- смешанное обучение.

При обучении с учителем все примеры обучающей выборки содержат правильные ответы (выходы), соответствующие исходным данным (входам). В процессе контролируемого обучения синаптические веса настраиваются так, чтобы сеть порождала ответы, наиболее близкие к правильным.

Обучение без учителя используется, когда не для всех примеров обучающей выборки известны правильные ответы. В этом случае предпринимаются попытки определения внутренней структуры поступающих в сеть данных с целью распределить образцы по категориям модели Кохонена).

При смешанном обучении часть весов определяется посредством обучения с учителем, а другая часть получается с помощью алгоритмов самообучения.

Обучение по примерам характеризуется тремя основными свойствами: ёмкостью, сложностью образцов и вычислительной сложностью. Ёмкость соответствует количеству образцов, которые может запомнить сеть. Сложность образцов определяет способности нейронной сети к обучению. В частности, при обучении ИНС могут возникать состояния «перетренировки», в которых сеть хорошо функционирует на примерах обучающей выборки, но не справляется с новыми примерами, утрачивая способность обучаться.

Рассмотрим известные правила обучения ИНС. Правило коррекции по ошибке. Процесс обучения ИНС состоит в коррекции исходных значений весовых коэффициентов межнейронных связей, которые обычно задаются случайным образом. При вводе входных данных запоминаемого примера (стимула) появляется реакция, которая передаётся от одного слоя нейронов к другому, достигая последнего слоя, где вычисляется результат. Разность между известным значением результата и реакцией сети соответствует величине ошибки, которая может использоваться для корректировки весов межнейронных связей. Корректировка заключается в небольшом (обычно менее 1%) увеличении синаптического веса тех связей, которые усиливают правильные реакции, и уменьшении тех, которые способствуют ошибочным. Это простейшее правило контролируемого обучения (дельта-правило) используется в однослойных сетях с одним уровнем настраиваемых связей между множеством входов и множеством выходов. При этом на каждом  $k$ -м шаге для  $j$ -го нейрона вес  $i$ -й связи вычисляется по формуле  $w_{jik} = w_{ji(k-1)} +$

$\Delta w_{jik}$ , где  $\Delta w_{jik} = \mu \delta_{jk} x_{jik}$ ,  $\delta_{jk} = T_{jk} - R_{jk}$ ,  $T_{jk}$  – известное (правильное) значение выхода  $j$ -го нейрона;  $R_{jk}$  – рассчитанное значение выхода  $j$ -го нейрона;  $x_{jik}$  – величина сигнала на  $i$ -м входе;  $\mu$  – коэффициент скорости обучения.

Оптимальные значения весов межнейронных соединений можно определить путём минимизации среднеквадратичной ошибки с использованием детерминированных или псевдослучайных алгоритмов поиска экстремума в пространстве весовых коэффициентов. При этом возникает традиционная проблема оптимизации, связанная с попаданием в локальный минимум.

Правило Хебба [7]. Оно базируется на следующем нейрофизиологическом наблюдении: если нейроны по обе стороны синапса активизируются одновременно и регулярно, то сила их синаптической связи возрастает. При этом изменение веса каждой межнейронной связи зависит только от активности нейронов, образующих синапс. Это существенно упрощает реализацию алгоритмов обучения.

Обучение методом соревнования. В отличие от правила Хебба, где множество выходных нейронов может возбуждаться одновременно, в данном случае выходные нейроны соревнуются (конкурируют) между собой за активизацию. В процессе соревновательного обучения осуществляется модификация весов связей выигравшего нейрона и нейронов, расположенных в его окрестности («победитель забирает всё»).

Метод обратного распространения ошибки. Он является обобщением процедуры обучения простого перцептрона с использованием дельта-правила на многослойные сети [2, 6, 10]. В данном методе необходимо располагать обучающей выборкой, содержащей «правильные ответы», т.е. выборка должна включать множество пар образцов входных и выходных данных, между которыми нужно установить соответствие. Перед началом обучения межнейронным связям присваиваются небольшие случайные значения. Каждый шаг обучающей процедуры состоит из двух фаз. Во время первой

фазы входные элементы сети устанавливаются в заданное состояние. Входные сигналы распространяются по сети, порождая некоторый выходной вектор. Для работы алгоритма требуется, чтобы характеристика вход–выход нейроподобных элементов была неубывающей и имела ограниченную производную. Обычно для этого используют сигмоидальные функции. Полученный выходной вектор сравнивается с требуемым (правильным).

Если они совпадают, то весовые коэффициенты связей не изменяются. В противном случае вычисляется разница между фактическими и требуемыми выходными значениями, которая передаётся последовательно от выходного слоя к входному. На основе этой информации проводится модификация связей в соответствии с обобщённым дельта правилом, которое имеет вид:  $\Delta_p w_{ji} = \mu \delta_{jp} u_{ip}$ , где изменение в силе связи  $w_{ji}$  для  $p$ -й обучающей пары  $\Delta_p w_{ji}$  пропорционально произведению сигнала ошибки  $j$ -го нейрона  $\delta_{jp}$  получающего входной сигнал по этой связи, и выходного сигнала  $i$ -го нейрона  $u_{ip}$ , посылающего сигнал по этой связи. Определение сигнала ошибки является рекурсивным процессом, который начинается с выходных блоков. Для выходного блока сигнал ошибки  $\delta_{jp} = y_j^i (T_{jp} - R_{jp})$ , где  $T_{jp}, R_{jp}$  – соответственно желаемое и действительное значения выходного сигнала  $j$ -го блока;  $y_j^i$  – производная от выходного сигнала  $j$ -го блока. Сигнал ошибки для скрытого блока определяется рекурсивно через сигнал ошибки блоков, с которым соединён его выход, и веса этих связей равны  $\delta_{jp} = y_j^i \sum_k \delta_{kp} w_{kj}$ . Для сигмоидальной функции  $y_j' = y_j(1 - y_j)$  поэтому на интервале  $(0 < y_j < 1)$  производная имеет максимальное значение в точке  $y_j = 0.5$ , а в точках  $y_j = 0$  и  $y_j = 1$  обращается в ноль. Максимальные изменения весов соответствуют блокам (нейронам), которые ещё не выбрали своё состояние. Кроме того, при конечных значениях весовых коэффициентов выходные сигналы блоков не могут достигать значений 0 или 1. Поэтому за 0 обычно принимают значения  $y_j = 0,1$ , а за 1 – значения  $y_j = 0,9$ .

Модификация весов производится после предъявления каждой пары вход–выход. Однако если коэффициент  $\eta$ , определяющий скорость обучения, мал, то можно показать, что обобщённое дельта правило достаточно хорошо аппроксимирует минимизацию общей ошибки функционирования сети  $D$  методом градиентного спуска в пространстве весов. Общая ошибка функционирования сети определяется по формуле

$$D = \frac{1}{2} \sum_p \sum_j (T_{jp} - R_{jp})^2.$$

Обучение продолжается до тех пор, пока ошибка не уменьшится до заданной величины. Эмпирические результаты свидетельствуют о том, что при малых значениях  $\mu$  система находит достаточно хороший минимум  $D$ . Один из основных недостатков алгоритма обратного распространения ошибки заключается в том, что во многих случаях для сходимости может потребоваться многократное (сотни раз) предъявление всей обучающей выборки. Повышения скорости обучения можно добиться, например, используя информацию о второй производной  $D$  или путём увеличения  $\mu$ .

Алгоритм обратного распространения ошибки используется также для обучения сетей с обратными связями. При этом используется эквивалентность многослойной сети с прямыми связями и синхронной сети с обратными связями на ограниченном интервале времени (слой соответствует такту времени). В настоящее время предложены алгоритмы обучения, более привлекательные в смысле биологической аналогии. Примером является алгоритм рециркуляции для сетей, в которых скрытые блоки соединены с входными. При обучении веса связей перестраиваются таким образом, чтобы минимизировать частоту смены активности каждого блока. Таким образом, обученная сеть имеет стабильные состояния и может функционировать в режиме ассоциативной памяти.

### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Опишите особенность интеллектуальных систем
2. Принцип формирования модели искусственного нейрона
3. Особенность модели нейронных сетей
4. Опишите алгоритм обучения перцептрона
5. Специфика многослойных сетей
6. Опишите построение нейронной сети
7. В чем заключается сущность обучение нейронной сети

***Ключевые слова:** особенность интеллектуальных систем, модель искусственного нейрона, модели нейронных сетей, построение нейронной сети, обучение нейронной сети*

# ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ. МЕТОДЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ

Классическая генетика обосновала наследственность и изменчивость благодаря созданию фундаментальной теории гена, основные положения которой формулируются следующим образом:

- все признаки организма определяются наборами генов;
- гены - это элементарные единицы наследственной информации, которые находятся в хромосомах;
- гены могут изменяться - мутировать;
- мутации отдельных генов приводят к изменению отдельных элементарных признаков организма, или фенотипов.

## ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРЕСЛЕДУЮТСЯ ДВЕ ГЛАВНЫЕ ЦЕЛИ:

- абстрактное и формальное объяснение процессов адаптации в естественных системах;
- проектирование искусственных программных систем, воспроизводящих механизмы функционирования естественных систем.

## ОСНОВНЫЕ ОТЛИЧИЯ ГА ОТ ДРУГИХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ

- используются не параметры, а закодированные множества параметров;
- поиск осуществляется не из единственной точки, а из популяции точек;
  - в процессе поиска используются значения целевой функции, а не её приращения;
  - применяются вероятностные, а не детерминированные правила поиска и генерации решений;
  - выполняется одновременный анализ различных областей пространства решений, в связи с чем возможно нахождение новых областей с лучшими значениями целевой функции за счёт объединения квазиоптимальных решений из разных популяций.

## 15. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ. МЕТОДЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

### План:

1. Генетические алгоритмы
2. Анализ начальной популяции на первом шаге простого генетического алгоритма
3. Результаты операций репродукции и кроссинговера в простом генетическом алгоритме
4. Фундаментальная теорема генетического алгоритма

### 15.1. Генетические алгоритмы

В основе генетических алгоритмов лежат генетика и хромосомная теория эволюции организмов. Хромосомы – это нитевидные структуры, находящиеся в клеточном ядре, которые являются носителями наследственности. Каждая хромосома уникальна морфологически и генетически и не может быть заменена другой либо восстановлена при утере (при потере хромосомы клетка, как правило, погибает). Каждый биологический вид имеет определённое, постоянное количество хромосом. Каждая клетка содержит удвоенный набор морфологически и генетически сходных хромосом. Например, в клетках человека содержится 23 пары хромосом, в клетках комара – 3.

На процесс наследования признаков существенно влияет поведение хромосом при делении клеток. Существует митозное и мейозное деление клеток. Митозное деление обеспечивает распределение исходных хромосом между двумя образующимися дочерними клетками, которые будут иметь равноценные наборы хромосом и будут очень похожи друг на друга. При этом происходит редупликация исходных хромосом, вследствие чего к моменту деления клетки каждая хромосома состоит из двух копий исходной материнской хромосомы – сестринских хроматид (рис. 15.1).

Во время мейоза происходит два последовательных деления: редукционное и эквационное. Мейоз приводит к образованию клеток, у которых число хромосом вдвое меньше по сравнению с исходной клеткой.

В фазе редукции хроматиды обмениваются генами, т.е. участками дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). После этого клетка разделяется на две новые, причём каждая из них содержит удвоенный набор хромосом, структуры которых отличаются от исходных. Механизм обмена генами называется кроссинговером.

В результате эквационного деления из двух получившихся клеток образуются четыре клетки, каждая из которых содержит одиночный набор хромосом (рис. 15.1).

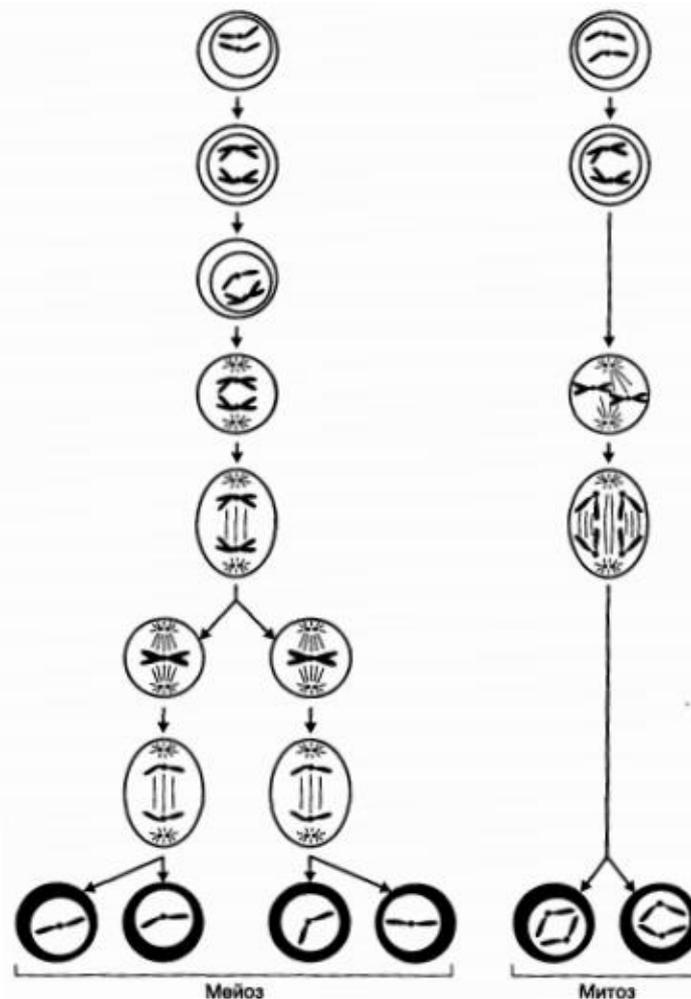
Таким образом, митоз обеспечивает возобновление клеток, а мейоз отвечает за передачу наследственной информации и способствует генетическому разнообразию организмов данного вида.

Классическая генетика обосновала наследственность и изменчивость благодаря созданию фундаментальной теории гена, основные положения которой формулируются следующим образом:

- все признаки организма определяются наборами генов;
- гены – это элементарные единицы наследственной информации, которые находятся в хромосомах;
- гены могут изменяться – мутировать;
- мутации отдельных генов приводят к изменению отдельных элементарных признаков организма, или фенотипов.

Ген определяется как структурная единица наследственной информации, далее неделимая в функциональном отношении. Он представляет собой участок молекулы ДНК, на котором сохраняется постоянный порядок следования пар нуклеотидов. Комплекс генов, содержащихся в наборе хромосом одного организма, образует геном. Роль молекул ДНК, обладающих уникальной способностью к

самовоспроизведению, заключается в хранении и передаче генетической информации последующим поколениям.



**Рис. 15.1. Механизмы деления клеток**

В задачах поиска оптимальных решений каждое решение из множества возможных можно представить набором информации, который может быть изменён путём введения в него элементов другого решения. Другими словами, возможные решения соответствуют хромосомам, состоящим из генов, причём в ходе оптимизации происходит обмен генами между хромосомами (рекомбинация). При построении генетических алгоритмов важен выбор принципа генетической рекомбинации. Существует несколько типов перераспределения наследственных факторов:

- 1) рекомбинация хромосомных и нехромосомных генов;
- 2) рекомбинация целевых негомологических хромосом;

3) рекомбинация участков хромосом, представленных непрерывными молекулами ДНК.

Для построения генетических алгоритмов наибольший интерес представляет третий тип рекомбинации, который используется для накопления в конечном решении лучших функциональных признаков, какие имелись в наборе исходных решений. Существует несколько типов рекомбинации участков хромосом: кроссинговер, сайт, иллегальная рекомбинация.

Кроссинговер соответствует регулярной рекомбинации, при которой происходит обмен определёнными участками между гомологичными хромосомами. Он приводит к появлению нового сочетания сцепленных генов.

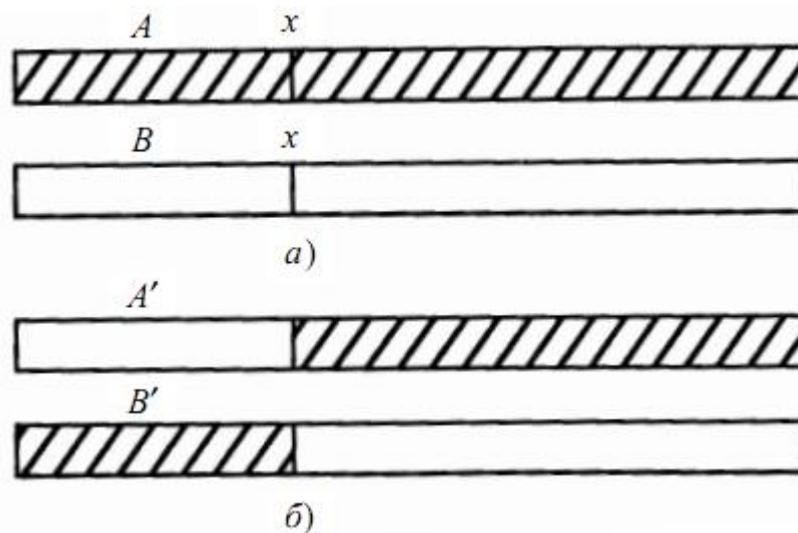
Сайт – это вид рекомбинации, при которой на коротких специализированных участках хромосом происходит обмен генофорами (генных носителей), часто различных по объёму и составу генетической информации.

Иллегальная рекомбинация допускает негомологичные обмены, к которым относятся транслокации, инверсии и случаи неравного кроссинговера. Такие способы могут оказаться полезными при генерации новых решений.

В генетических алгоритмах наибольшее распространение получила операция кроссинговера, заключающаяся в разрыве гомологичных хроматид с последующим соединением их в новом сочетании. Схема кроссинговера, демонстрирующая образование двух новых хромосом после обмена генетическим материалом, приведена на рис. 15.2.

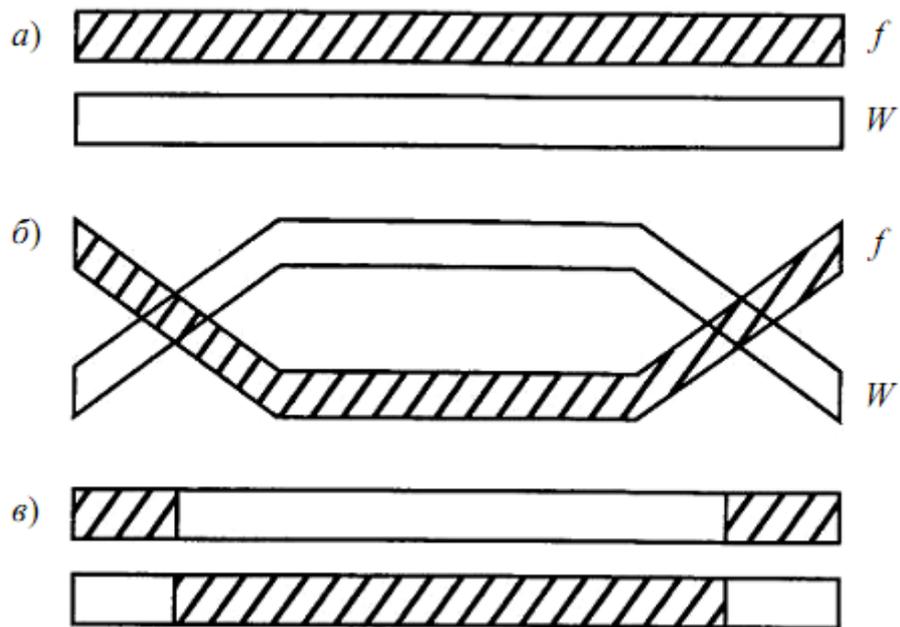
Основная цель кроссинговера заключается в создании из имеющегося генетического материала желаемой комбинации признаков в одном решении.

Кроссинговер может происходить в нескольких точках. Пример двойного кроссинговера между хромосомами приведён на рис. 15.3.



**Рис. 15.2. Схема кроссинговера:**

а – родительские хромосомы А, В до кроссинговера;  
 б – хромосомы-потомки А', В' после кроссинговера



**Рис. 15.3. Схема двойного кроссинговера:**

а – до кроссинговера; б – во время кроссинговера; в – после кроссинговера

Помимо кроссинговера для решения различных прикладных задач полезными являются такие генетические операции, как мутация, инверсия, транслокация, селекция (инбридинг и гибридизация), генная инженерия.

Под мутацией понимается генетическое изменение, приводящее к качественно новому проявлению основных свойств генетического материала: дискретности, непрерывности или линейности. Свойство дискретности позволяет выделить в исходном генетическом материале отдельные фрагменты, контролирующие те или иные функции. Непрерывность означает, что определённые комбинации генов совместно контролируют некоторую функцию. Линейность проявляется в определённой последовательности генов в пределах группы сцепления.

Процессы мутации ведут к получению более разнообразного генетического материала. В связи с этим применение операции мутации в генетических алгоритмах направлено на получение решений, которые не могут быть улучшены качественно посредством кроссинговера.

Инверсия, транслокация, транспозиция, делеция и дупликация относятся к разновидностям хромосомной мутации. При инверсии участок хромосомы поворачивается на  $180^\circ$ . Транслокацией называют перенос части одной хромосомы в другую. При перемещении небольших участков генетического материала в пределах одной хромосомы используют термин транспозиция. Делеция – это выпадение отдельных участков хромосом, дупликация – повторение участка генетического материала. Кроме перечисленных, существуют другие разновидности хромосомных мутаций [7].

Селекция представляет собой форму искусственного отбора, который может быть массовым или индивидуальным. Установлено, что массовый отбор по фенотипу (совокупности всех внешних и внутренних признаков) менее эффективен, чем индивидуальный, когда популяцию делят на отдельные линии, а для размножения выбирают носителей желаемых свойств. Применение процедуры селекции в генетических алгоритмах оптимизации способствует ускорению процесса синтеза искомого решения.

Генная инженерия представляет собой совокупность методов для получения рекомбинантной ДНК и операции над нею. Рекомбинантная ДНК получается путём объединения фрагментов ДНК различных организмов. Использование подходов генной инженерии позволяет в ряде задач значительно быстрее находить желаемое решение.

Механизм эволюции основан на трёх повторяющихся процессах: отборе, амплификации (процесс производства потомков) и мутации.

Он используется в качестве механизма случайно направленного комбинаторного перебора при решении задач оптимизации и слабоструктурированных проблем принятия решений.

Генетический алгоритм – это поисковый алгоритм, основанный на природных механизмах селекции и генетики. Эти алгоритмы обеспечивают выживание сильнейших решений из множества сгенерированных, формируя и изменяя процесс поиска на основе моделирования эволюции исходной популяции решений. Генетические алгоритмы сконструированы таким образом, что при генерации каждой новой популяции используются фрагменты исходных решений, к которым добавляются новые элементы, обеспечивающие улучшение решений относительно сформулированного критерия отбора. Другими словами, генетические алгоритмы используют информацию, накопленную в процессе эволюции [2, 3, 7, 8, 16, 22 – 26].

В генетических алгоритмах используются специфические термины, взятые из генетики, которые трактуются следующим образом:

При разработке генетических алгоритмов преследуются две главные цели:

- абстрактное и формальное объяснение процессов адаптации в естественных системах;
- проектирование искусственных программных систем, воспроизводящих механизмы функционирования естественных систем.

Основные отличия ГА от других алгоритмов оптимизации:

– используются не параметры, а закодированные множества параметров;

– поиск осуществляется не из единственной точки, а из популяции точек;

Генетика	Генетические алгоритмы
Хромосома	Решение, стринг, строка, последовательность, родитель, потомок
Популяция	Набор решений (хромосом)
Локус	Местоположение гена в хромосоме
Поколение	Цикл работы генетического алгоритма, в процессе которого сгенерировано множество решений
Ген	Элемент, характеристика, особенная черта, свойство, детектор
Аллель	Значение элемента, характеристики
Фенотип	Структура
Эпистасис	Множество параметров, альтернативные решения
Скращивание, рекомбинация, кроссинговер	Оператор рекомбинации
Мутация	Оператор модификации

в процессе поиска используются значения целевой функции, а не её приращения;

– применяются вероятностные, а не детерминированные правила поиска и генерации решений;

– выполняется одновременный анализ различных областей пространства решений, в связи с чем возможно нахождение новых областей с лучшими значениями целевой функции за счёт объединения квазиоптимальных решений из разных популяций.

Согласно репродуктивному плану Холланда [14, 26] генетические схемы поиска оптимальных решений включают следующие этапы процесса эволюции:

1. Конструируется начальная популяция. Вводится начальная точка отсчёта поколений  $t = 0$ . Вычисляются приспособленность хромосом

популяции (целевая функция) и средняя приспособленность всей популяции.

2. Устанавливается значение  $t = t + 1$ . Выбираются два родителя (хромосомы) для кроссинговера. Выбор осуществляется случайным образом пропорционально жизнеспособности хромосом, которая характеризуется значениями целевой функции.

3. Формируется генотип потомка. Для этого с заданной вероятностью над генотипами выбранных хромосом производится операция кроссинговера. Случайным образом выбирается один из потомков  $A(t)$ , который сохраняется как член новой популяции. Далее к потомку  $A(t)$  последовательно с заданными вероятностями применяются операторы инверсии и мутации. Полученный в результате генотип потомка сохраняется как  $A'(t)$ .

4. Обновление текущей популяции путём замены случайно выбранной хромосомы  $A'(t)$ .

5. Определение приспособленности  $A'(t)$  и пересчёт средней приспособленности популяции.

6. Если  $t = t^*$ , где  $t^*$  – заданное число шагов, то переход к этапу 7, в противном случае – переход к этапу 2.

7. Конец работы.

Основная идея эволюции, заложенная в различные конструкции генетических алгоритмов, проявляется в способности «лучших» хромосом оказывать большее влияние на состав новой популяции за счёт длительного выживания и более многочисленного потомства.

## **15.2. Анализ начальной популяции на первом шаге простого генетического алгоритма**

Простой генетический алгоритм [23, 26] включает операцию случайной генерации начальной популяции хромосом и ряд операторов, обеспечивающих генерацию новых популяций на основе начальной.

Этими операторами являются репродукция, кроссинговер и мутация.

Репродукцией называется процесс копирования хромосом с учётом значений целевой функции, т.е. хромосомы с «лучшими» значениями целевой функции имеют большую вероятность попадания в следующую популяцию. Этот процесс является аналогией митозного деления клеток. Выбор клеток (хромосом) для репродукции проводится в соответствии принципом «выживания сильнейшего». Простейшим способом представления операции репродукции в алгоритмической форме является колесо рулетки, в котором каждая хромосома имеет поле, пропорциональное значению целевой функции.

Рассмотрим пример применения простого генетического алгоритма для максимизации функции  $f(x) = x^2$  на целочисленном интервале  $[0, 31]$  (пример взят из монографии В.М. Курейчика «Генетические алгоритмы» [7]).

Значения аргумента функции  $f(x) = x^2$ , изменяющегося в интервале от 0 до 31, можно представить пятиразрядными двоичными числами. Первоначальная популяция, состоящая из четырёх строк пятиразрядных чисел, полученная с помощью процедуры генерации случайных чисел, приведена во втором столбце табл. 15.1. Значение целевой функции для каждой хромосомы определяется путём возведения в квадрат значения двоичного числа, кодирующего решение  $x$ . Претенденты для скрещивания (кроссинговера) могут выбираться из начальной популяции или после выполнения оператора репродукции.

Репродукция начального множества заключается в четырёхкратном вращении колеса рулетки (4 – мощность популяции), в результате чего состав исходной популяции может измениться (рис. 15.4). Вероятность выбора  $i$ -й хромосомы вычисляется по формуле

$$P_i = \frac{f_i(x)}{\text{sum}f(x)}$$

где  $f_i(x)$  – значение целевой функции  $i$ -й хромосомы в популяции;  
 $sumf(x)$  – суммарное значение целевой функции всех хромосом в популяции.

Ожидаемое число копий  $i$ -й хромосомы после оператора репродукции равно

$$N = nP_i$$

где  $n$  – число анализируемых хромосом.

**Таблица 15.1. Анализ начальной популяции на первом шаге простого генетического алгоритма**

Номер хромосомы	Двоичный код хромосомы	Значение $x$ (десятичный код)	Значение целевой функции $f(x)$	Нормированное значение $f(x)/sumf(x)$	Ожидаемое количество копий хромосомы в следующем поколении	Реальное количество копий хромосомы в следующем поколении
1	01101	13	169	0,14	0,56	1
2	11000	24	576	0,49	1,96	2
3	01000	8	64	0,06	0,24	0
4	10011	19	361	0,31	1,24	1
Суммарная целевая функция			1170	1,00	3,00	4
Среднее значение целевой функции			293	0,25	1,00	1
Максимальное значение целевой функции			576	0,49	1,97	2

Число копий хромосомы, переходящих в следующее поколение, определяют по формуле  $A_i = \frac{f_i(x)}{f_{cp}(x)}$ , где  $f_{cp}(x)$  – среднее значение целевой функции.

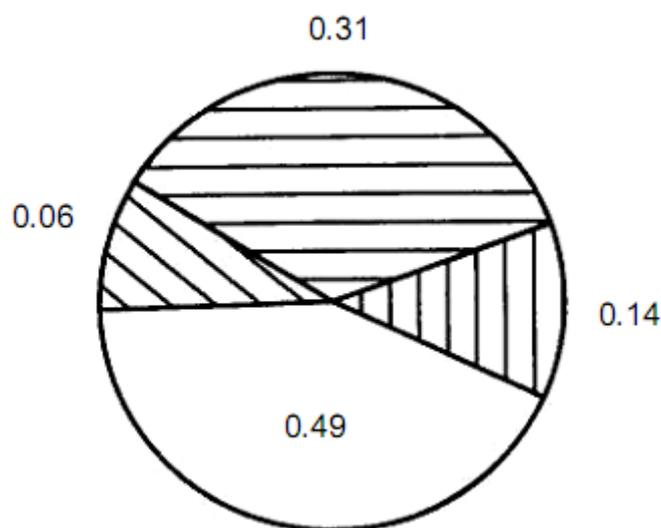


Рис. 15.4. Колесо рулетки

Таблица 15.2. Результаты операций репродукции и кроссинговера в простом генетическом алгоритме

Номер хромосомы	Популяция после репродукции	Случайно выбранные пары	Точка разрыва кроссинговера	Популяция после кроссинговера	Значение $x$ (десятичный код)	Значение $f(x)$
1	0110 1	1–2	4	01100	12	144
2	1100 0	1–2	4	11001	25	625
3	11 000	3–4	2	11011	27	729
4	10 011	3–4	2	10000	16	256

Суммарное значение целевой функции  $\sum f(x) = 1754$

Среднее значение целевой функции  $f_{cp}(x) = 439$

Максимальное значение целевой функции  $f(x) = 729$

### 15.3. Результаты операций репродукции

Значение  $N$  для первой хромосомы будет равно  $0,14 \times 4 = 0,56$  копий, для второй –  $0,49 \times 4 = 1,96$  копий, для третьей –  $0,06 \times 4 = 0,24$  и для четвертой –  $0,31 \times 4 = 1,23$ . В результате репродукции в новой популяции (второй столбец в табл. 3.2) будут присутствовать по одной копии

первой и четвёртой хромосомы и две копии второй, а третья хромосома будет исключена. Таким способом оператор репродукции отбирает лучших представителей популяции.

На шаге 2 с помощью колеса рулетки осуществляется выбор хромосом для кроссинговера. Поля колеса рулетки соответствуют нормированным значениям целевой функции. Указатель рулетки после остановки колеса определяет выбранную хромосому.

Следует заметить, что случайный механизм не гарантирует выбора лучших хромосом, т.е. иногда результатом выбора могут оказаться хромосомы с низкими значениями целевой функции.

После репродукции выполняется оператор кроссинговера, который может повторяться несколько раз. При этом каждый раз будет осуществляться выбор двух кандидатур из множества хромосом. Затем каждая пара хромосом (стрингов) пересекается. Место пересечения  $K$  выбирается случайным образом на интервале  $(1, L - 1)$ , где  $L$  – длина хромосомы, определяемая количеством значащих цифр в двоичном коде. В нашем случае  $L = 5$ . Две новые хромосомы создаются путём взаимного обмена всех значений после точки пересечения, т.е. между позициями  $(K + 1)$  и  $L$ . При выборе двух первых хромосом из популяции (см. табл. 3.1) и значения  $K = 4$  до применения оператора кроссинговера имеем описание

$$\text{родители} \begin{cases} \text{хромосома 1: } 0110|1 \\ \text{хромосома 2: } 1100|1 \end{cases}$$

после применения оператора кроссинговера получаем описание

$$\text{потомки} \begin{cases} \text{хромосома 1: } 0110|1 \\ \text{хромосома 2: } 1100|1 \end{cases}$$

Аналогично были получены потомки от третьей и четвёртой хромосом. Анализ полученных результатов (см. табл. 15.2) показывает, что после проведения одной генерации улучшились и среднее, и максимальное значение целевой функции по сравнению с начальной популяцией (см. табл. 15.1). Согласно схеме простого генетического алгоритма на шаге 3

выполняется оператор мутации, который играет существенную роль в естественной генетике и эволюции, но менее значим в генетических алгоритмах. Обычно выбирают одну мутацию на 1000 бит. Оператор мутации относится к унарным операциям и реализуется в два этапа.

Этап 1. В хромосоме  $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_{L-2}, a_{L-1}, a_L\}$ , случайным образом определяют две позиции, например, 2 и  $L - 1$ .

Этап 2. Гены, соответствующие выбранным позициям, меняют местами и формируют новую хромосому  $A = \{a_1, a_{L-1}, a_3, \dots, a_{L-2}, a_2, a_L\}$ .

Если длина обрабатываемых последовательностей невелика, то в процессе мутации можно осуществить полный перебор возможных перестановок генов и найти комбинацию с максимальным значением целевой функции. При длине хромосомы  $L = 50 - 200$  полный перебор вариантов становится затруднительным, поэтому здесь производится случайно-направленный поиск, который может быть реализован на основе простого генетического алгоритма. Рассмотрим этот механизм на исследуемой задаче.

Выберем третью хромосому из пятого столбца табл. 3.2 со значением целевой функции  $f(x) = 729$  и применим операцию мутации к позициям 3 и 4:

хромосома 3: 11011  $\rightarrow$  хромосома 3': 11101

У новой хромосомы 3' значение целевой функции равно  $29^2 = 841$ . Сделаем ещё одну перестановку 4 и 5 генов в хромосоме 3':

хромосома 3': 11101  $\rightarrow$  хромосома 3'': 11110.

Значение целевой функции для хромосомы 3'' равно 900, что соответствует квази оптимальному решению задачи нахождения максимального значения функции  $f(x) = x^2$  на интервале  $[0,31]$ .

В генетических алгоритмах и эволюционном программировании используют два основных механизма воспроизводства хромосом:

– воспроизводство без мутаций, соответствующее митозу, результатом которого являются потомки – копии родителей;

– воспроизводство потомков, имеющих большие отличия от родителей. Этот механизм соответствует половому размножению. В генетических алгоритмах в основном используется механизм родительского воспроизводства [4] с рекомбинацией и мутацией, а в эволюционном программировании – механизм на основе мутации без рекомбинации.

В алгоритмических реализациях механизма воспроизводства хромосом следует придерживаться следующих правил.

1. Выбор начальной популяции можно выполнять произвольным образом, например подбрасыванием монеты.
2. Репродукция осуществляется на основе моделирования движения колеса рулетки.
3. Оператор кроссинговера реализуется как взаимный обмен короткими фрагментами двоичных строк гомологичных хромосом.
4. Вероятность оператора кроссинговера принимается равной  $P(CO) < 1.0$ .
5. Вероятность оператора мутации принимается равной  $P(MO) > 0.001$ .

Разновидности генетических алгоритмов. Генетический алгоритм Девиса [25] включает следующие шаги:

1. Инициализация популяции хромосом.
2. Оценка каждой хромосомы в популяции.
3. Создание новых хромосом посредством изменения и скрещивания текущих хромосом (применение операторов мутации и кроссинговера).
4. Устранение хромосом из популяции для замены их новыми.
5. Оценка новых хромосом и включение их в популяцию.
6. Проверка условия исчерпания ресурса времени, отведённого на поиск оптимального решения (если время исчерпано, то работа алгоритма завершается и производится возврат к наилучшей хромосоме, в противном случае – переход к шагу 3).

Холланд [14, 26] предложил для генетического алгоритма оператор инверсии, который реализуется по схеме:

1. Строинг (хромосома)  $B = b_1, b_2, \dots, b_L$  выбирается случайным образом из текущей популяции.
2. Из множества  $Y = \{0, 1, 2, \dots, L + 1\}$  случайным образом выбираются два числа  $y_1$  и  $y_2$  и определяются значения  $x_1 = \min\{y_1, y_2\}$  и  $x_2 = \max\{y_1, y_2\}$ .
3. Из хромосомы  $B$  формируется новая хромосома путём инверсии (обратного порядка) сегмента, лежащего справа от позиции  $x_1$  и слева от позиции  $x_2$  в хромосоме  $B$ . После применения оператора инверсии строка  $B$  примет вид  $B' = \{b_1, b_{x_1}, b_{x_2-1}, b_{x_2-2}, b_{x_1+1}, b_{x_2}, \dots, b_L\}$ .

Операции кроссинговера и мутации, используемые в простом ГА, изменяют структуру хромосом, в том числе разрушают удачные фрагменты найденных решений, что уменьшает вероятность нахождения глобального оптимума. Для устранения этого недостатка в генетических алгоритмах используют схемы (схематы или шаблоны), представляющие собой фрагменты решений или хромосом, которые желательно сохранить в процессе эволюции. При использовании схем в генетическом алгоритме вводится новый алфавит  $\{0, 1, *\}$ , где  $*$  интерпретируется как «имеет значение 1 или 0».

Схемы небольшой длины называются строительными блоками. Размер строительных блоков заметно влияет на качество и скорость нахождения результата. Вид строительного блока выбирается с учётом специфики решаемой задачи, а их разрыв в генетических алгоритмах допускается только в исключительных случаях, определяемых пользователем. Например, в схеме  $(****1)$  строительным блоком является элемент 1, а в схеме  $(10****)$  – составной элемент 10. При использовании большого числа строительных блоков генетические алгоритмы, основанные на случайной генерации популяций и хромосом, переходят в разряд беспорядочных.

Стационарные генетические алгоритмы отличаются от поколенческих тем, что у первых размер популяции является заданным постоянным

параметром, который определяется пользователем, а у вторых размер популяции в последующих генерациях может увеличиваться или уменьшаться.

Процедура удаления лишних хромосом в стационарных и поколенческих генетических алгоритмах основана на эвристических правилах, примерами которых являются следующие:

- случайное равновероятное удаление хромосом;
- удаление хромосом, имеющих худшие значения целевой функции;
- удаление хромосом на основе обратного значения целевой функции;
- удаление хромосом на основе турнирной стратегии.

Следует иметь в виду, что использование в генетических алгоритмах тех или иных эвристик удаления хромосом может повлечь за собой негативные последствия. Например, удаление худших хромосом приводит к преждевременной утрате разнообразия и, как следствие, к попаданию целевой функции в локальный оптимум, а при наличии большого числа хромосом с плохими значениями целевой функции утрачивается направленность поиска, и он превращается в «слепой» поиск.

#### **15.4. Фундаментальная теорема генетического алгоритма**

Пусть в момент времени  $t$  в популяции  $S(t)$  содержится множество хромосом  $S_j, j = 1, 2, \dots, n$ , а схема  $H$  строится на основе алфавита  $V = \{0, 1, *\}$ . Тогда схема может быть определена на двоичной хромосоме длины  $L$ . Очевидно, что для алфавита мощности  $M$  существует  $(M + 1)^2$  схем и  $n2^L$  схем, содержащихся в популяции размера  $n$ , поскольку стринг представляется двумя схемами.

Для количественной оценки схем введём две характеристики: порядок схемы  $O(H)$  и определённая длина схемы  $L(H)$ . Порядок схемы определяет число закреплённых позиций (в двоичном алфавите – число единиц и нулей), представленных в шаблоне. Определённая длина схемы – это расстояние между первой и последней числовой позицией стринга.

Предположим, что заданы шаг по времени  $t$  и  $m$  примеров схем  $H$ , содержащихся в популяции  $S(t)$ , которые определяют возможное число различных схем  $H$  при заданном  $t$ , т.е.  $m = m\{H, t\}$ .

В процессе репродукции вероятность попадания хромосомы  $S_i$  в репродуцированное множество равна  $P_i = \frac{f_i(x)}{\sum f(x)}$ , т.е. зависит от значения целевой функции. За время  $t + 1$  в популяции  $S(t)$  ожидается получить  $m(H, t + 1)$  представителей схемы  $H$ , которое вычисляется по формуле

$$m(H, t + 1) = m(H, t)n \frac{f(H)}{\sum f(x)},$$

где  $f(H)$  – среднее значение целевой функции хромосом, представленных схемой  $H$  за время  $t$ .

Так как среднее значение целевой функции для всей популяции равно

$$f_{cp}(S) = \frac{\sum f(x)}{n}, \text{ то } m(H, t + 1) = m(H, t) \frac{f(H)}{f_{cp}(S)}.$$

Из этой формулы можно сделать вывод о том, что увеличение количества частных схем определяется отношением среднего значения целевой функции схемы к среднему значению целевой функции популяции. Поэтому схема, для которой значение целевой функции  $f(H)$  выше  $f_{cp}(S)$ , имеет большую вероятность копирования.

Правило Холланда: Схема со значением целевой функции вышесреднего живёт и копируется, а схема со значением ниже среднего умирает.

Если предположить, что схема  $H$  является жизнеспособной, то  $f(H) \geq f_{cp}(S)$ . Тогда значение целевой функции для схемы  $H$  можно выразить через среднее значение для всей популяции, например, следующим образом:  $(1 + c)f_{cp}(S)$ , где  $c$  – константа. Число представителей схемы в следующем поколении будет

$$m(H, t + 1) = m(H, t) \frac{(1+c)f_{cp}(S)}{f_{cp}(S)} = (1 + c)m(H, t).$$

Если принять значение  $c$  постоянным во времени, то за период  $0 < t < t^*$  можно вычислить количество представителей схемы  $H$  по формуле  $m(H, t) = (1 + c)^t m(H, 0)$  из которой следует, что репродукция может приводить к экспоненциальному увеличению ( $c > 0$ ) или уменьшению ( $c < 0$ ) числа схем. Лемма. Если на некотором шаге генетического алгоритма  $P_1$  есть вероятность того, что хромосома  $A$  порождает потомка, и  $P_2$  есть вероятность, что  $A$  уничтожается, то ожидаемое число потомков хромосомы  $A$  равно  $P_1 / P_2$  [26].

Вероятность выживания хромосомы  $A$  на шаге  $t$  после операции репродукции определяется по формуле  $P_s(t) = (1 - P_2)^{t-1} P_1$ , где  $t = 1, 2, \dots, g$ ;  $g$  – число шагов (генераций) генетического алгоритма. Значение вероятности выживания хромосомы изменяется после операций кроссинговера и мутации. Использование оператора кроссинговера может вызывать увеличение или уменьшение числа схем в популяции. Если кроссинговер не применяется, то обмен между хромосомами отсутствует, поэтому поисковое пространство не увеличивается, и процесс затухает. Вероятность выживания схемы после применения оператора кроссинговера определяется по формуле

$$P_s(H) = 1 - \frac{O(H)}{L - 1}$$

где  $O(H)$  – порядок схемы;  $L$  – длина стринга. Если оператор кроссинговера выполняется на основе случайного выбора с вероятностью  $P(CO)$ , то вероятность выживания схемы определяется по формуле

$$P_s(H) \geq 1 - \frac{P(CO)L(H)}{L - 1},$$

где  $L(H)$  – определённая длина схемы.

Приведённое выражение свидетельствует о том, что вероятность выживания схемы уменьшается при возрастании  $P(CO)$ . Вычислим число схем  $N$  в новой генерации после операций репродукции и кроссинговера, допуская их взаимную независимость:

$$m(H, t + 1) \geq m(H, t) \frac{f(H)}{f_{cp}(S)} \left[ 1 - P(CO) \frac{L(H)}{L - 1} \right]$$

Из этого выражения следует, что число схем  $m(H, t + 1)$  зависит от значений целевой функции для схемы и для всей популяции, а также от длины схемы  $L(H)$ .

Рассмотрим влияние мутации на выживание схем. Известно, что единственная хромосома выживает с вероятностью  $1 - P(MO)$ , где  $P(MO)$  – вероятность оператора мутации. Если учесть тот факт, что частная схема выживает в случаях, когда выживает каждая из  $L(H)$  закреплённых позиций схемы, то для малых величин  $P(MO) \ll 1$  вероятность выживания схемы при мутации может быть представлена выражением [23]:  $P_s(MO) = 1 - L(H) P(MO)$ .

С учётом вышесказанного и согласно [26] для частной схемы  $H$  можно определить ожидаемое число копий в следующей генерации после реализации операторов репродукции, кроссинговера и мутации по следующей формуле:

$$m(H, t + 1) \geq m(H, t) \frac{f(H)}{f_{cp}(S)} \left[ 1 - P(CO) \frac{L(H)}{L - 1} - L(H) P(MO) \right]$$

Данная формула отражает фундаментальную теорему генетического алгоритма, которая определяет асимптотическое число схем, выживающих при его реализации на каждой итерации. Наиболее существенное влияние на число выживающих схем оказывают значения целевых функций отдельной схемы и всей популяции, а эффективность реализации генетических алгоритмов зависит от размера строительных блоков.

Примеры практического применения генетических алгоритмов. Генетические алгоритмы нашли широкое практическое применение в менеджменте и управлении [13] для решения задач поиска оптимальных решений, формирования моделей и прогнозирования значений различных показателей. Они осуществляют поиск лучших решений на основе заданной целевой функции. Значение целевой функции для многих задач весьма непросто вычислить, поэтому в ряде случаев при исследовании плохо

обусловленных проблем с этой целью применяются нейронные сети, позволяющие найти решение при отсутствии явной модели. Кроме того, для вычисления целевых функций в условиях неопределённости применяются статистические методы и методы логического вывода в чёткой или нечёткой среде.

Формирование системы прогнозирующих правил. Генетические алгоритмы могут использоваться для нахождения оптимального набора правил, позволяющих прогнозировать страховые риски с учётом ряда определяющих его факторов [13]. Для решения этой задачи необходимо иметь базу данных, содержащую фактические значения переменных, влияющих на страховой риск.

Следует отметить, что подобный подход к формированию системы правил может приводить к некорректным правилам продукций.

В то же время он освобождает разработчиков и экспертов от трудоёмкой работы по формулированию и оценке правил, так как некорректные результаты отбрасываются при сопоставлении сгенерированных продукций с реальными страховыми ситуациями. Привлечение прошлого опыта для оценки пригодности прогнозирующих правил не позволяет предвидеть новые ситуации, которые не имели места в прошлом. Поэтому при решении задач описанным способом очень важно следить за своевременным пополнением и модификацией информации в БД, которая отражает появление новых фактов, атрибутов и тенденций.

Классифицирующие системы. На основе генетических алгоритмов Дж. Холланд предложил классифицирующие системы, которые можно использовать для целей управления [11, 14, 17, 30]. Классифицирующая система состоит из трёх вложенных друг в друга подсистем(рис. 15.5): классификатора, системы обучения и генетического алгоритма. В классификатор поступают внешние сообщения и положительные оценки (поощрения) его действий. Классификатор содержит правила вида ЕСЛИ<условие>, ТО<сообщение>, с помощью которых формируются

выходные сообщения. Обучающая система выполняет оценку используемых правил. Генетический алгоритм предназначен для случайно направленной модификации правил. Схема обработки правил представлена на рис. 15.6.

Каждому правилу приписывается численная оценка силы правила. Сообщения и условные части правил (антецеденты) формулируются в одних и тех же терминах. Список сообщений содержит все текущие сообщения – поступающие из внешней среды и те, что формируются внутри системы. В процессе работы КС все сообщения из списка сравниваются с условиями всех правил. Классификатор выполняет следующие действия.



**Рисунок 15.5. Схема классифицирующей системы**

Шаг 1. В список сообщений (рабочую память) добавляются все сообщения, поступившие извне.

Шаг 2. Проводится сравнение всех сообщений из списка с антецедентами всех правил. Все правила, антецеденты которых совпадают с присутствующими в рабочей памяти сообщениями, записываются в список правил М.

Шаг 3. Выполняются правила из списка М, при этом сообщения каждого правила посылаются в список новых сообщений.

Шаг 4. Обновление списка сообщений.

Шаг 5. Сообщения из списка посылаются в выходной интерфейс.

Вероятность выдачи сообщения зависит от силы правила: не каждое сообщение выдаётся на управляемый объект, часть их может быть связана с изменением внутренней структуры системы (правил).

Шаг 6. Возврат к шагу 1.

В процессе обучения каждому правилу присваивается численное значение силы, а алгоритм обучения регулирует это значение с учётом полезности правила для системы. На шаге 3 описанного алгоритма для каждого отобранного правила  $C$  вычисляется цена по формуле  $B(C, t) = bR(C)s(C, t)$ , где  $s(C, t)$  – сила правила  $C$  в момент  $t$ ;  $R(C)$  – специфичность условия в правиле, равная числу символов, отличающихся от символа \* в условии, делённому на длину условия;  $b$  – коэффициент, который обычно принимают равным  $1/8$  или  $1/6$ .

Цена  $B$  определяет вероятность того, что правило пошлёт сообщение в список новых сообщений. Вероятностный подход позволяет аутсайдерам тоже изредка посылать сообщения, что при благоприятных условиях может сделать их лидерами.

Послать сообщение могут все правила с допустимым значением  $B$ , т.е. такие, у которых  $B$  превышает определённый порог. Правило, пославшее сообщение в новый список, расплачивается за это уменьшением своей силы:

$$s(C, t + 1) = s(C, t) - B(C, t)$$

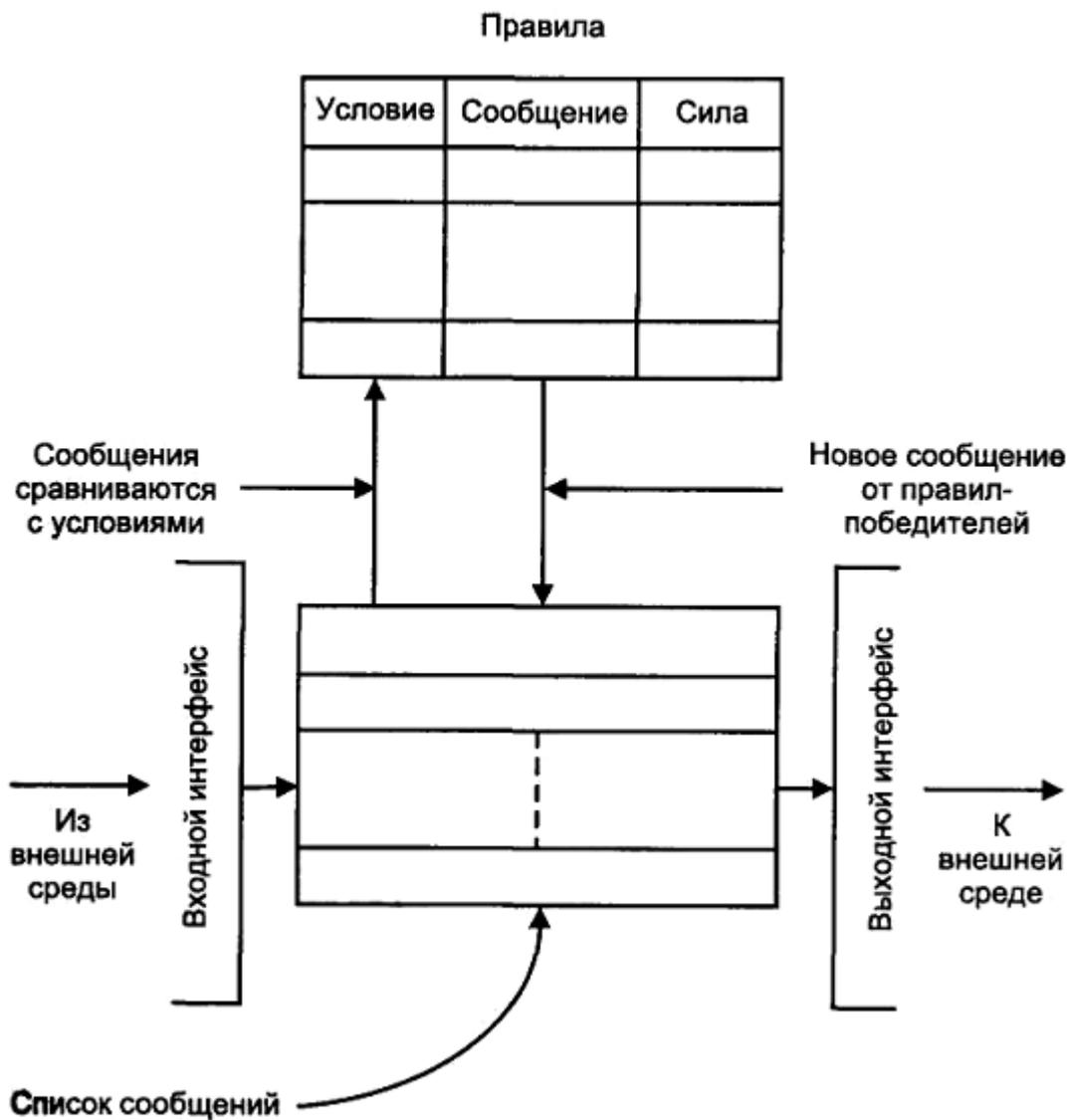
Для правил  $C$ , пославших сообщения, которые на следующем шаге работы оказались полезными (совпали с условиями правила победителя, имеющего высокую цену), оценка силы возрастает на долю  $B$ :

$$s(C', t + 1) = s(C', t) - aB(C, t),$$

где  $a = 1/K$ ,  $K$  – число правил  $C'$ , т.е. каждый поставщик получает равную долю  $B$ . Правило полезно только тогда, когда его потребители в своих локальных действиях тоже получают выигрыш. В противном случае правило обесценивается, так как его цена  $s$  уменьшается при отсылке сообщения. В свою очередь, полезность потребителей зависит от их

потребителей и т.д. Цепочка приводит к конечным потребителям, достигающим цели и получающим поощрения от внешней среды.

Классификатор и обучающая система не порождают новых правил. Эту функцию выполняет генетический алгоритм, который работает с учётом силы правил, определённой в системе обучения. Работа генетического алгоритма рассмотрена в предшествующем примере.



**Рисунок15.6. Схема обработки правил в классифицирующей системе**

Комбинированные методы и интеллектуальные системы. В настоящее время активно развиваются методы, основанные на объединении технологий

инженерии знаний и генетических алгоритмов. В области ГА разрабатываются операторы, ориентированные на обработку знаний.

Генетические алгоритмы используют в теории нечётких систем для настройки параметров функций принадлежности. Интеграция чётких и нечётких нейронных сетей и генетических алгоритмов обеспечивает реализацию оптимизационной задачи. Средства fuzzy–neuro–genetic используются в интеллектуальных системах и содержат следующие процедуры:– преобразование входных примеров в нечёткое представление;– извлечение знаний, представленных в виде продукций ЕСЛИ–ТО из нечёткой обучающей выборки с помощью нейронной сети;– оптимизацию структуры продукционных правил с помощью генетического алгоритма.

Активно развивается направление, ориентированное на использование генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей [5] и корректировки структуры уже обученной сети [18]. В отличие от метода обратного распространения ошибки генетические алгоритмы мало чувствительны к архитектуре сети. Напомним, что основными характеристиками нейронной сети являются следующие:–  $HLN$  – количество скрытых слоёв;–  $N_k$ – число нейронов в каждом слое;–  $w_{ij}$  – весовые коэффициенты межнейронных связей;–  $F_j(X, W)$ – передаточные функции нейронов скрытых слоёв, а также нейронов выходного слоя.

Сформулируем общую задачу оптимизации сети: при заданных количествах входных и выходных нейронов на основе заданного множества обучающих примеров определить оптимальные значения  $HLN$ ,  $N_k$ ,  $k = 1, \dots, HLN$ , значения всех весовых коэффициентов межнейронных связей  $w_{ij}$ , где  $j$  – индекс нейрона;  $i$  – индекс межнейронной связи (синапса);  $F_j(X, W)$  – передаточные функции всех нейронов за исключением нейронов входного слоя. Критерием оптимизации является максимальное отклонение выходного вектора сети  $Y'$  от эталонного значения выхода  $Y$ , полученное в результате обработки всех примеров, т.е. необходимо найти

$$\delta^* = \min_{HLN, N_k, W, F_j(X, W)} \max_Q \delta$$

где  $\delta = Y' - Y$ ,  $Q$ -множество обучающих примеров, содержащих значения  $X$ ,  $Y$ ;  $Y' = F(HLN, N_k, X, W)$ ;  $F(HLN, N_k, X, W)$  – передаточная функция ИНС, которая строится на основе частных функций отдельных нейронов  $F_j(X, W)$ .

Даже для простых сетей эта задача является очень сложной, поэтому для её решения применяется декомпозиция, т.е. сеть оптимизируется в процессе последовательного решения частных задач оптимизации. Например, на первом шаге подбираются оптимальные значения  $HLN$  и  $N_k$ , затем определяется оптимальный вид передаточных функций нейронов, а на конечной стадии подбираются веса межнейронных связей.

Генетические алгоритмы чаще всего применяются для улучшения характеристик ИНС, уже созданных и обученных с применением других методов.

#### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Опишите основы генетических алгоритмов
2. Опишите принцип механизма деления клеток
3. Опишите схему кроссинговера
4. Анализ начальной популяции на первом шаге простого генетического алгоритма
5. Результаты операций репродукции и кроссинговера в простом генетическом алгоритме
6. В заключается фундаментальная теорема генетического алгоритма

**Ключевые слова:** *генетические алгоритмы, анализ начальной популяции на первом шаге простого генетического алгоритма, результаты операций репродукции и кроссинговера в простом генетическом алгоритме? фундаментальная теорема генетического алгоритма.*

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ERP - Enterprise Resource Planing – система промышленного планирования ресурсов

KLL – knowledge level learning - обучение на уровне знаний

SLL – symbol level learning - обучение на символьном уровне

БД - база данных

БОС- биологической обратной связью

БЗ - база знаний

БНФ - бэкусовская нормальная форма

ГА - генетический алгоритм

ЕЯ - естественный язык

ИАД - интеллектуальный анализ данных

ИИ- искусственный интеллект

ИС - информационная система

ИИС - интеллектуальная информационная система

ИНС - искусственная нейронная сеть

ИО - информационный образ

НС - нейронная сеть

ОД - объект диагностирования

ПО - предметная область

ПО - программное обеспечение

СЕЯИ - система естественно-языкового интерфейса

СИИ - система искусственного интеллекта

СКНФ - совершенная конъюнктивная нормальная форма

СОЗ-система, основанная на знаниях

СППР - система поддержки принятия решений

СУБД - система управления базами данных

ТНМ - теория нечетких множеств

ТНЛ - теория нечеткой логики

ТРИЗ - технология решения изобретательских задач

ЭДС - экспертно-диагностическая система

ЭС - экспертная система

## ГЛОССАРИЙ

**Alpha-channel** (альфа-канал) – дополнительный канал в видео или растровом изображении. В отличие от трех основных цветовых каналов (R – красный, G - зеленый, B - синий) альфа-канал прозрачен, т.е. цветом не является. В видеофайлах альфа-канал несет функцию маски в Фотошопе: черный – прозрачен, белый – непрозрачен, серый – частично прозрачен. Применяется в видеомонтаже при вставке эффектов, надписей поверх имеющегося видео (см. также **imagesequence**).

**AspectRatio** - это пропорции экрана, т.е. отношение ширины к высоте. Стандартное соотношение для телевизоров и мониторов 4:3. Широкоформатные (widescreen) DVD и HDTV - 16:9.

**AVI** (Audio-VideoInterleaved) - это расширение контейнера, в котором могут находиться видео и аудио любого формата, а также текстовая информация и midi. Не является форматом или кодеком.

**AVCHD** - (AdvancedVideoCodecHighDefinition - Расширенный Видео Кодек Высокой Четкости) - формат видео высокой четкости (HD).

**Bitrate** (количество бит) - характеристика видео или аудио-потока. Измеряется в kbit/s (килобит в секунду). Чем больше bitrate, тем лучше качество и больше объем видеофайла.

**Blu-ray** - новый оптический формат дисков для записи и воспроизведении HD-видео.

**CBR** (ConstantBitrate – постоянный битрейт) – способ кодировки MPEG формата, означающий, что скорость получаемого MPEG потока постоянна и не зависит от вида кодируемого видео. (См также **VBR**).

**Codec** (Compressor-Decompressor) – кодек – это способ или технология сжатия/восстановления видео и аудио информации. Compressor преобразует аналоговый сигнал в цифровой, Decompressor – цифровой в аналоговый. (См. также **encoder**).

**DV** (DigitalVideo - цифровое видео) - формат видео, используется для передачи видеoinформации между цифровыми видеокамерами,

видеомагнитофонами и компьютерами. Видео обычно передается через интерфейс **IEEE-1394 (FireWire)**. У формата DV малый коэффициент сжатия видеосигнала 5:1, видеопоток составляет 3.515 MBytes/s, что обуславливает высокое качество видео.

**DVB-T** (DigitalVideoBroadcasting — Terrestrial) - европейский стандарт эфирного цифрового вещания

**DVD** (DigitalVersatileDisc — цифровой многоцелевой диск или DigitalVideoDisc— цифровой видеодиск) - это лазерный диск, носитель цифровой информации. Отличается от компакт-диска большим объемом, поскольку записывается лазерным лучом с меньшей длиной волны.

**Encoder (кодировщик)**- это программа, микросхема или алгоритм, выполняющая кодирование, например, MPEG-encoder. Не путать с кодеком (codec).

**FLV**- формат FlashVideo для размещения и передачи в Интернете.

**fps**(framespersecond) – число кадров в секунду - единица измерения framerate.

**Framerate** - частота кадров данного видео. Для PAL стандартной является частота 25 fps, для NTSC – 30 fps.

**HD (HighDefinition) или HDV** (HighDefinitionVideo) - формат высокого разрешения (или высокой четкости).

**IEEE-1394** - последовательная высокоскоростная шина, предназначенная для передачи видео с видеокамеры на компьютер или обратно. Синонимы FireWire, i-Link. О подключении IEEE-1394.

**Imagesequence** -последовательность изображений. Способ вывода видео не целиком, а покадрово, (чаще всего в формате TGA) для последующей вставки в видеофильм. Другими словами: каждый кадр – отдельная картинка. Этот способ наиболее часто используется для сохранения и передачи альфа-канала.

**KeyFrames**- частота ключевых кадров.

**MOD**- расширение видеофайлов некоторых камер марок JVC, Canon и Panasonic. Обычно содержит видео формата mpeg2. Как работать с таким видео - далее>>.

**MOV** - формат AppleMacintoshQuickTime, для проигрывания этого формата обычно используется QuickTimePlayer.

**MKV**(Матрешка или Matroska) - контейнер, в котором может содержаться видео и аудио, сжатые различными кодеками, а также субтитры, данные меню и др. В отличие от более распространенного AVI, имеет открытый код, из него легко извлекаются видео и аудио, аудиодорожки могут быть на разных языках. Пока мало распространен.

**MPEG**(MovingPicturesExpertGroup) - это название международного комитета, занимающегося разработкой данного стандарта сжатия. Об этом стандарте читаем на странице "Видеоформаты".

**MTS**- расширение формата AVCHD, содержит видео высокой четкости (HD).

**NLE** - нелинейный монтаж видео.

**NTSC**(NationalTelevisionStandardsCommittee - Национальный комитет по телевизионным стандартам) – видеостандарт, размер видео 720x480 (или 525 строк для телевидения), частота 29,97 fps (кадров в секунду). Используется в Северной и Центральной Америке, Японии и др.

**PAL** (PhaseAlterationLine - построчное изменение фазы) – видеостандарт, размер видео 720x576 (или 625 строк для телевидения), частота 25 кадров в секунду. Разработан в Германии, преобладает в Европе, распространен в Китае, Австралии, ряде стран Южной Америки, Африки.

**Plug-In**(плагин) - подключаемый модуль. Это дополнительная программа, которая добавляет возможности основной программе. Чаще всего загружается вместе с основной программой и обнаруживается как опция в каком-то разделе меню.

**SECAM** (SequentialColeuravecMemorie – фр.) – видеостандарт на основе системы PAL (25 кадров в секунду, 625 строк), используется для

цветного телевидения во Франции, Восточной Европе, России, некоторых странах Африки и Средней Азии.

**SWF** (ShockwaveFlash) - Flash-ролик, созданный в программе AdobeFlash, проигрывается браузерами с помощью FlashPlayer. Видеоролики в этом формате широко распространены в Интернете.

**VBR**(VariableBitrate – переменный bitrate) - способ кодировки MPEG формата, означающий, что скорость получаемого MPEG потока меняется в зависимости от вида кодируемого видео. На динамических сценах скорость потока увеличивается, на статических – уменьшается, что приводит к лучшему качеству.

**Video8** - видеосистема, использующая 8-миллиметровую ленту. Видеокамеры на основе Video8 создают композитные сигналы.

**VHS**(VideoHomeSystem - домашняя видеосистема) - формат видео, используемый домашними видеоманитфонами для записи и воспроизведения на ленте шириной полдюйма, используется композитный сигнал.

**VOB**(VersionedObjectBase) - расширение DVD контейнера, который может содержать несколько потоков видео (формата MPEG-2) и аудио, а также субтитры и меню DVD фильма.

**WMV**(WindowsMediaVideo) - видеоформат от Microsoft.

**Видеосистема компьютера** - совокупность трех компонент: монитора, видеоадаптера и драйверов видеосистемы.

**Аппаратное обеспечение** - комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав системы или сети. Аппаратное обеспечение включает: - компьютеры и логические устройства; - внешние устройства и диагностическую аппаратуру; - энергетическое оборудование, батареи и аккумуляторы;

**Видеоадаптер** - электронная плата, которая обрабатывает видеоданные (текст и графику) и управляет работой дисплея. Видеоадаптер определяет разрешающую способность дисплея и количество цветов.

Видеоадаптер содержит видеопамять, регистры ввода вывода и модуль BIOS. Видеоадаптер посылает в дисплей сигналы управления яркостью лучей и сигналы развертки изображения.

**Видеоввод** - устройство, обеспечивающее физическое взаимодействие пользователя с персональным компьютером в ходе работы с развлекательными и деловыми программами и ресурсами Интернета.

**Видеопамять** - специальная память, реализованная на плате управления дисплеем и предназначенная для хранения текстовой или графической информации, отображаемой на экране дисплея. Содержимое видеопамати одновременно доступно процессору и дисплею, что позволяет изменять изображение на экране одновременно с обновлением видеоданных в памяти.

**Все-в-Одной** - системная плата со встроенным видеоадаптером и контроллером дисковых накопителей.

**Курсор** - специальная метка, показывающие текущую позицию на экране.

**Курсор**- светящийся символ на экране монитора, указывающий позицию, на которой будет отображаться следующий вводимый с клавиатуры знак.

**Монитор** - устройство визуального отображения информации в виде текста, таблиц, рисунков, чертежей и др. Большинство мониторов сконструированы на базе электронно-лучевой трубки.

**Фрейм-граббер** - устройство, которое позволяет отображать на экране компьютера видеосигнал от видеомагнитофона, камеры, лазерного проигрывателя и т.п., с тем, чтобы захватить нужный кадр в память и впоследствии сохранить его в виде файла. Фрейм-граббер реализует в режиме реального времени аналого-дискретное преобразование.

**Интеллектуальная система** - система или устройство с программным обеспечением, имеющие возможность с помощью встроенного процессора настраивать свои параметры в зависимости от состояния внешней среды.

**Интеллектуальная сеть** - коммуникационная сеть, совмещающая передачу и обработку данных.

**Интеллектуальная телефония** - телефония, позволяющая:

- постановку вызова на ожидание в случае, если абонент занят;
- перевод вызова на другого абонента;
- подключение во время разговора еще одного абонента;
- разнообразные оповещения пользователя;
- одновременное соединение группы телефонных аппаратов;
- автоматический вызов абонента в заранее заданное время;
- определения номера вызывающего абонента;
- выполнение операций с банковскими счетами;
- передачу сведений о начисленной плате за разговор и др.

**Интеллектуальный агент** - вспомогательная программа, помогающая пользователю в организации распределенной обработки данных. Интеллектуальный агент выполняет ряд функций, связанных с использованием прикладных программ, расположенных в различных абонентских системах сети.

**Прикладная программа** - в широком смысле - программа или пакет прикладных программ, реализующие обработку данных в определенной области применения. Прикладная программа непосредственно выполняет функции, необходимые пользователю.

**Прикладная программа** - в узком смысле - программа, решающая проблему конечного пользователя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга курамиз. 2017.
2. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. 2017.
3. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. 2017.
4. Мирзиёев Ш.М. Танқидий таҳлил, қатъий тартиб-интизом ва шахсий жавобгарлик – ҳар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қоидаси
5. Игнатъев Н.А. Интеллектуальный анализ данных и гипотеза о компактности классов: Меры компактности, критерии оценок (Russian Edition), Palmarium Academic Publishing, 2016.-100 с.
6. Игнатъев Н.А. Интеллектуальный анализ данных на базе непараметрических методов классификации и разделения выборок объектов поверхностями, Монография. — Ташкент: Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, 2010. — 140 с.
7. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие для студентов специальности «прикладная информатика (по отраслям)». – Краснодар: Куб. ГАУ, 2004. – 633 с.
8. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: учебное пособие. / Под ред. д.э.н. проф. Н.П. Тихомирова. – М.: изд. «Экзамен», 2003. – 496 с.
9. Гаврилов А.В. Системы искусственного интеллекта. Методические указания для студентов. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 59 с.
10. Интеллектуальные информационные системы: программа дисциплины для студентов специальности «Прикладная информатика в экономике» -Ставрополь: СФ МГГУ им. М.А. Шолохова, 2008. – 22 с.
11. Искусственный интеллект. – В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: справочник. / Под ред. Д.А. Поспелова – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.

12. Сотник С.Л. Основы проектирования систем искусственного интеллекта [Эл.ресурс]. 1998. – URL: <http://neuroschool.narod.ru/books/sotnik.html> (дата доступа 01.02.2009).
13. Сотник С.Л. Проектирование систем искусственного интеллекта: курс лекций для Интернет-университета информационных технологий [Эл. ресурс]. – М.: Интернет-университет информационных технологий [www.INTUIT.ru](http://www.INTUIT.ru). URL: <http://www.intuit.ru/department/expert/artintell/>
14. Макушкин В.А., Афонин В.Л. Интеллектуальные робототехнические системы: курс лекций для Интернет-университета информационных технологий [Эл. ресурс]. – М.: Интернет-университет информационных технологий - [www.INTUIT.ru](http://www.INTUIT.ru). – URL: <http://www.intuit.ru/department/human/isrob/>
15. Терехов С.А. Лаборатория Искусственных нейронных сетей [Эл. ресурс]. – Снежинск: ВНИИТФ НТО-2. – URL: [http://alife.narod.ru/lectures/neural/Neu\\_index.htm](http://alife.narod.ru/lectures/neural/Neu_index.htm) (дата доступа 01.02.2009).
16. Короткий С. Нейронные сети: основные положения. – URL: [http://www.shestopaloff.ca/kyriako/Russian/Artificial\\_Intelligence/Some\\_publications/Korotky\\_Neuron\\_network\\_Lectures.pdf](http://www.shestopaloff.ca/kyriako/Russian/Artificial_Intelligence/Some_publications/Korotky_Neuron_network_Lectures.pdf)
17. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992.
18. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 76 с.
19. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография. - Тюмень: изд. Тюменского гос. университета, 2000. – 352 с.
20. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Введение в математические методы принятия решений. - Липецк: изд. ЛГПИ. 1999. – 100 с.
21. Батыршин И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения. – Казань: Отечество, 2001. – 100 с.

22. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. Изд. 2-е испр. – М.: Диалог-МГУ, 2003. – 81 с.
23. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие. — М.: Интернет-Университет Информационных технологий; Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. – 316 с.
24. Исаев С. Популярно о генетических алгоритмах. // Алгоритмы, методы, исходники [Эл. ресурс]. – URL: <http://algotlist.manual.ru/ai/ga/ga1.php>
25. Андреев А. Электродарвин. // Парадокс [Эл. ресурс]. №3. 2004. – URL: <http://www.fuga.ru/articles/2004/03/genetic-pro.htm>
26. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. / Вороновский Г.К. Махотило К.В. Петрашев С.Н. Сергеев С.А. – Х.: Основа, 1997. – 112 с.
27. Кузюрин Н.Н., Мартишин С.А., Храпченко М.В. Генетические алгоритмы в задаче поиска часто встречающихся комбинаций. // Труды Института системного программирования РАН. Т. 6, 2004. – С. 109-136. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskie-algoritmy-v-zadache-poiska-chasto-vstrechayuschih-sya-kombinatsiy>
28. Суркова Н.Е. Методы проектирования информационных систем / Н.Е. Суркова, А.В. Остроух – М.: РосНОУ, 2004. – 144 с. – ISBN 5-89789-021-8.
29. Остроух А.В. Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий: монография / А.В. Остроух. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2008. – 280 с. – ISBN 978-5-94385-033-2.
30. Пшеничный Д.А. Анализ параметров и сравнение СУБД для реализации информационного обеспечения промышленного предприятия / Д.А. Пшеничный, А.В. Будихин, А.В. Остроух // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2010. – №12. – С. 7-11.

31. Помазанов А.В. Методика оптимизации баз данных / А.В. Помазанов, А.И. Белоусова, А.О. Васильева, А.В. Остроух // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». – 2012. – №12. – С.49-54.
32. Ostroukh A.V., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Obukhov A.D. Development of Automated Control System for University Research Projects // Middle East Journal of Scientific Research. 2014. Vol. 20 (12). pp. 1780-1784. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2014.20.12.21091.
33. Ostroukh A., Pomazanov A. Realtime Development and Testing of Distributed Data Processing System for Industrial Company // Middle East Journal of Scientific Research. 2014. Vol. 20 (12). pp. 2184-2193. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2014.20.12.21106.
34. Ostroukh A.V., Belousova A.I., Pavlov D.A., Yurchik P.F. Problems of organization and search the knowledge base in the CRM-systems // IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). 2014. Vol. 04. Issue 02. V3. pp. 18-23. DOI: 10.9790/3021-04231823. ANED: 0.4/3021-04231823.
35. Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Obukhov A.D., Ostroukh A.V. Automated control system for university research projects // International Journal of Advanced Studies (iJAS). 2014. Vol. 4, Issue 1, pp. 22-26. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-1-4.
36. Баринов К.А. Опыт разработки и использования ролевых игр для подготовки и переподготовки специалистов предприятий промышленности и транспортного комплекса / К.А. Баринов, Д.А.
37. Буров, А.В. Бугаев, А.В. Остроух // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. – №141. – С. 189-197.
38. Лукащук П.И. Адаптивная методика прогнозирования пассажиропотоков в АСУ пассажирского автотранспортного предприятия / П.И. Лукащук, С. Бенгедаш, А.Г. Николаев, А.В.
39. Остроух // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – №11. – С. 7-11.

40. Куфтинова Н.Г. Процессно-ориентированный подход к автоматизации планирования и управления транспортировкой продукции предприятий промышленности / Н.Г. Куфтинова, А.В. Остроух // Вестник МАДИ – 2010. – Вып. 4(23). – С. 62-66.
41. Остроух А.В., Куфтинова Н.Г. Имитационное моделирование управления транспортными потоками в мегаполисе // Автотранспортное предприятие. – 2010. – №12. – С. 41-42.
42. Польшун М.Б. Анализ моделей оперативного диспетчерского управления городским пассажирским транспортом / М.Б.
43. Польшун, А.В. Воробьева, А.В. Остроух // Молодой ученый. – 2011. – №4. Т.3. – С. 9-13.
44. Ostroukh A.V., Kuftinova N.G. Automation of Planning and Management of the Transportation of Production for Food Processing Industry Enterprises // Automatic Control and Computer Sciences. 2012. Vol. 46. No. 1. pp. 41-48. DOI: 10.3103/S0146411612010063.
45. Данчук К.А. Автоматизированные информационные системы на автотранспортном предприятии / К.А. Данчук, А.Б. Львова, С.А. Порфирьева, А.В. Остроух, П.С. Якунин // В мире научных открытий. – 2012. – №2.6 (27). – С. 34-38.
46. Вахтин, А.А. Лабораторный практикум по программированию на языке CLIPS для курса «Представление знаний в информационных системах» : учебно-методическое пособие для вузов / А.А. Вахтин, В.В. Гришина. – Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2010. – 95 с.
47. Джарантино, Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирования / Дж. Джарантино, Г. Райли. – 4-е изд. ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2007. – 1152 с.
48. Джексон, П. Введение в экспертные системы / П. Джексон ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2001. – 622 с.

49. Люгер, Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Люгер, С. Рассел, П. Норвиг. – 4-е изд. ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
50. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
51. Белда И. Разум, машины и математика. Искусственный интеллект и его задачи / ИгнасиБелда. – М. : Де Агостини, 2014.
52. Домингос П.. Верховный алгоритм. Как машинное обучение изменит наш мир / Педро Домингос. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016.
53. Сидоркина И. Г. Системы искусственного интеллекта / И. Г. Сорокина. – М. : КноРус, 2015. – 245 с.
54. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Джозеф Джарратано, Гари Райли. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1152 с.
55. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем : учебник / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000.
56. Курцвейл Р.. Эволюция разума / РэйКурцвейл.– М. : Эксмо-Пресс, 2016. – 448 с.
57. Частиков, А.П. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / А.П. Частиков, Т.А. Гаврилов, Д.Л. Белов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
58. Valera M., Velastin S. Intelligent distributed surveillance systems: a review // IEEProceedings – Vision, Image and Signal Processing. Vol. 152. 2005. P. 192–204.
59. Intelligent distributed video surveillance systems / Ed. by S. Velasin, P. Remagni-no; The Institution of Engineering and Technology. United Kingdom: IET, 2006. Vol. 5 of Professional Applications of Computing. 282 p.

60. Nam Y., Rho S., Park J. H. Intelligent video surveillance system: 3-tier context-aware surveillance system with metadata // *Multimedia Tools and Applications*. 2012. Vol. 57, no. 2. P. 315–334.
61. Karimaa A. Efficient video surveillance: performance evaluation in distributed video surveillance systems // *Video Surveillance*. 2011. P. 17–26.
62. Background modeling and foreground detection for video surveillance / Ed. By T. Bouwmans, F. Porikli, B. H. J. P. Oosterlinck et al. United Kingdom: Chapman and Hall/CRC, 2014. 616 p.99
63. Forsyth D., Ponce J. *Computer Vision: A Modern Approach* (2nd Edition). USA: Prentice Hall, 2011. 793 p.
64. Szeliski R. *Computer vision: algorithms and applications*. Texts in Computer Science. Springer, 2011. 812 p.
65. Rawat P., Singhai J. Efficient Video Stabilization Technique for Hand Held Mobile Videos // *International Journal of Signal Processing, Image Processing & Pattern Recognition*. 2013. Vol. 6, no. 3. P. 17–32.
66. Full-frame video stabilization / Y. Matsushita, E. Ofek, X. Tang et al. // *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) / IEEE*. Vol. 1. 2005. P. 50–57.
67. Chereau R., Breckon T. P. Robust motion filtering as an enabler to video stabilization for a tele-operated mobile robot // *Proceedings of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Electro-Optical Remote Sensing, Photonic Technologies, and Applications VII / SPIE*. No. 88970I. 2013. 21 p.
68. Cohen I., Medioni G. Detecting and tracking moving objects for video surveillance // *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) / IEEE*. Vol. 2. 1999. 7 p.
69. Fast single-image defogging / Z. Tan, X. Bai, B. Wang et al. // *Fujitsu scientific & technical journal (FSTJ)*. 2014. Vol. 50, no. 1. P. 60–65.
70. Garg K., Nayar S. K. Vision and rain // *International Journal of Computer Vision (IJCV)*. 2007. Vol. 75, no. 1. P. 3–27.

71. Narasimhan S. G., Nayar S. K. Contrast restoration of weather degraded images // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI). 2003. Vol. 25, no. 6. P. 713–724.
72. Kang L.-W., Lin C.-W., Fu Y.-H. Automatic single-image-based rain streaks removal via image decomposition // IEEE Transactions on Image Processing. 2012. Vol. 21, no. 4. P. 1742–1755.
73. Тропченко А. Ю., Тропченко А. А. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 108 с.
74. Wallflower: Principles and practice of background maintenance / K. Toyama, J. Krumm, B. Brumitt et al. // The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) / IEEE. Vol. 1. 1999. P. 255–261.
75. Huwer S., Niemann H. Adaptive change detection for real-time surveillance applications // The Proceedings of Third IEEE International Workshop on Visual Surveillance / IEEE. 2000. P. 37–46.
76. Fuentes L. M., Velastin S. A. People tracking in surveillance applications // In Proceedings of the 2nd IEEE International workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance (PETS). Vol. 24, no. 19. Elsevier, 2006. P. 1165—1171.
77. Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams / R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi et al. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI). 2003. Vol. 25, no. 10. P. 1337–1342.
78. An integrated traffic and pedestrian model-based vision system / P. Remagnino, A. Baumberg, T. Grove et al. // British Machine Vision Conference (BMVC). British Machine Vision Association, 1997. 10 p.
79. Pfister: Real-time tracking of the human body / C. R. Wren, A. Zabayejani,
80. T. Darrell et al. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI). 1997. Vol. 19, no. 7. P. 780–785.

81. Stauffer C., Grimson W. E. L. Adaptive background mixture models for real-time tracking // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) / IEEE. Vol. 2. 1999. 7 p.
82. A background model initialization algorithm for video surveillance /D. Gutches, M. Trajkovic, E. Cohen-Solal et al. // Eighth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) / IEEE. Vol. 1. 2001. P. 733–740.
83. Остапенко О.Г. Создание фонограмм и обработка звука, Инфинити, Москва, 2014 г., с.489
84. Квинт И. Sound Forge 9, Питер, Санкт-Петербург, 2009, 978-5-388-00378-2, с.453
85. Жуковский Н. Руководство по программе Audacity, Инфинити, Москва, 2003, с. 450
86. Альберт Д.И., Альберт Е.Э. Самоучитель Macromedia Flash MX 2004. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
87. Самоучитель Macromedia Flash Professional 8. – СПб. :БХВ-Петербург, 2006.
88. А.Левин. Самоучитель полезных программ. Питер. Санкт-Петербург, 2002.
89. Giamb Bruno M. Three-dimensional graphics and animation. - M.Williams, 2003. – 640p.
90. Ratner P. Three-dimensional modeling and animation of man.- M.Williams, 2005. -272p.
91. Tozik V., A. Mezhenin 3ds Max 8. Three-dimensional modeling and animation. - St. Petersburg.: BHV-Petersburg, 2006. –900p.
92. Lee K. 3ds Max: The Art of three-dimensional animation. Platinum Edition.- K.: DiaSoft 2005. - 896p.
93. Pekarev L D Tutorial 3ds Max.- St. Petersburg.: BHV-Petersburg, 2003. – 336p.
94. Chumachenko I. 3ds Max., Ed. 2th, rev. and add.- Moscow: NT-Press, 2004. –544p.

95. Стиренко А.С. 3ds Max 2009/3ds Max Design 2009. Самоучитель. – ДМК Пресс, 2008.

96. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2016 йил яқунлари ва 2017 йил истиқболларига бағишланган мажлисидаги Ўзбекистон Республикаси Президентининг нутқи. // Халқ сўзи газетаси. 2017 йил 16 январ, № 11.

97. «<http://www.secuteck.ru/articles2/videonabl/10-trendov-videonablyudeniya>

98. 2014po-versii-kompanii-ihb/,» [В Интернете].

99. «<http://www.shotspotter.com/>,» [В Интернете].

100. «<http://habrahabr.ru/post/200850/>,» [В Интернете].

101. «<http://sarov-itc.ru/>,» [В Интернете].

102. «[http://sarov-itc.ru/docs/acoustic\\_monitoring\\_description.pdf](http://sarov-itc.ru/docs/acoustic_monitoring_description.pdf),» [В Интернете].

103. «<http://www.audioanalytic.com/>,» [В Интернете]

104. «<http://www.freesound.org/>,» [В Интернете].

105. «<http://sounds.bl.uk/>,» [В Интернете].

106. «<http://www.pdsounds.org/>,» [В Интернете].

107. «<http://macaulaylibrary.org/>,» [В Интернете].

108. «<http://www.audiomicro.com>» [В Интернете].

## ТЕСТЫ

### 1. Что такое Интеллектуальная система?

А. автоматизированная система, основанная на знаниях, или комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке

В. комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке

С. автоматизированная система, комплекс лингвистических и логико-математических средств

Д. автоматизированная система, основанная на знаниях осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке

### 2. Что такое Нейронная сеть?

А. кибернетическая модель нервной системы, которая представляет собой совокупность большого числа сравнительно простых элементов – нейронов

В. кибернетическая модель нервной системы, топология соединения которых зависит от типа сети

С. кибернетическая модель нервной системы, которая представляет собой совокупность большого числа сравнительно простых элементов – нейронов, топология соединения которых зависит от типа сети

Д. кибернетическая модель нервной системы, которая представляет собой совокупность большого числа сравнительно простых элементов – нейронов, топология соединения нейронов друг с другом и значения параметров межнейронных соединений

### 3. Что такое Интеллектуальные информационные технологии?

A. информационные технологии, помогающие человеку ускорить анализ политической, экономической, социальной и технической ситуации, а также - синтез управленческих решений

B. информационные технологии, помогающие человеку ускорить анализ политической, социальной и технической ситуации, а также - синтез управленческих решений

C. информационные технологии, помогающие человеку ускорить анализ политической, а также - синтез управленческих решений, логически непротиворечивы или копировать процессы человеческого мышления

D. информационные технологии, помогающие человеку ускорить анализ политической, экономической, социальной и технической ситуации, логически непротиворечивы или копировать процессы человеческого мышления

**4. Какой первой системой считается программа «Логик–Теоретик»?**

A. Интеллектуальной

B. Экспертной

C. База данных

D. Автоматизированной

**5. ... понимается наука о том, как заставить машину делать то, что умеет делать умный человек.**

A. Интеллектуальная система

B. Искусственный интеллект

C. Экспертная система

D. Автоматизированная система

**6. Какой научной дисциплиной является ИИ, в которой роль эксперимента заключается в проверке и уточнении интеллектуальных систем, представляющих собой аппаратно-программные информационные комплексы?**

A. Экспериментальной

- B. Фундаментальной
- C. Прикладной
- D. Инновационной

**7. Основной целью построения, каких систем являются выявление, исследование и применение знаний высококвалифицированных экспертов для решения сложных задач, возникающих на практике?**

- A. Интеллектуальная информационная система
- B. Искусственный интеллект
- C. Экспертная система
- D. Автоматизированная система

**8. Какие системы строятся как интеллектуальные системы, поскольку в их основе лежат БЗ в определённой предметной области и сложные модели, обеспечивающие дополнительную трансляцию «исходный язык оригинала – язык смысла – язык перевода»?**

- A. Машинного перевода
- B. Рукописных системы
- C. Системы контекстной помощи
- D. Нейронная сеть

**9. В каких интеллектуальных системах при синтезе изображений на вход системы поступает алгоритм построения изображения, а выходными данными являются графические объекты?**

- A. Обработка визуальной информации
- B. Генерация и распознавание речи
- C. Обучение и самообучение
- D. Игры и машинное творчество

**10. В каких интеллектуальных системах речевого общения создаются в целях повышения скорости ввода информации в ПК, разгрузки зрения и рук, а также для реализации речевого общения на значительном расстоянии?**

- A. Обработка визуальной информации
- B. Генерация и распознавание речи
- C. Обучение и самообучение
- D. Игры и машинное творчество

**11. В каких интеллектуальных системах актуальная область ИИ включает модели, методы и алгоритмы, ориентированные на автоматическое накопление и формирование знаний с использованием процедур анализа и обобщения данных?**

- A. Обработка визуальной информации
- B. Генерация и распознавание речи
- C. Обучение и самообучение
- D. Игры и машинное творчество

**12. ...- направление ИИ охватывает сочинение компьютером музыки, стихов, сказок и даже афоризмов.**

- A. Обработка визуальной информации
- B. Генерация и распознавание речи
- C. Обучение и самообучение
- D. Игры и машинное творчество

**13. ... основной подход – описание классов объектов через определенные значения значимых признаков, каждому объекту ставится в соответствие матрица признаков, по которой происходит его распознавание.**

- A. Распознавание образов
- B. Генерация и распознавание речи
- C. Обучение и самообучение
- D. Игры и машинное творчество

**14. Сколько поколений условно можно выделить в истории создания и развития робототехники?**

А. 3 поколения: Роботы с жесткой схемой управления. Адаптивные роботы с сенсорными устройствами. Самоорганизующиеся, или интеллектуальные, роботы.

В. 3 поколения: Роботы с жесткой схемой управления. Самоорганизующиеся роботы. Интеллектуальные роботы.

С. 2 поколения: Роботы с жесткой схемой управления. Адаптивные роботы с сенсорными устройствами.

Д. 4 поколения: Роботы с жесткой схемой управления. Адаптивные роботы с сенсорными устройствами. Самоорганизующиеся роботы. Интеллектуальные роботы.

**15. Какие признаки характерны для ИИС?**

А. развитые коммуникативные способности, умение решать сложные плохо формализуемые задачи, способность к самообучению, адаптивность

В. решение сложных плохо формализуемых задач, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, характеризующейся неопределённостью и динамичностью исходных данных и знаний

С. умение системы автоматически извлекать знания из накопленного опыта и применять их для решения задач

Д. способность системы к развитию в соответствии с объективными изменениями области знаний

**16. Какой вид интерфейса систем с интеллектуальным интерфейсом применяется для доступа к интеллектуальным базам данных, контекстного поиска документальной текстовой информации, голосового ввода команд в системах управления, машинного перевода с иностранных языков?**

А. Естественно-языковой интерфейс

В. Интеллектуальные базы данных

С. Гипертекстовые системы

D. Экспертные системы

**17. Какой вид интерфейса систем с интеллектуальным интерфейсом используются для реализации поиска по ключевым словам в базах данных с текстовой информацией?**

A. Естественно-языковой интерфейс

B. Системы контекстной помощи

C. Гипертекстовые системы

D. Экспертные системы

**18. Решение сложной семантической организации ключевых слов осуществляется с помощью ... в которых механизм поиска сначала работает с базой знаний ключевых слов.**

A. Естественно-языковой интерфейс

B. Интеллектуальные базы данных

C. Гипертекстовые системы

D. Экспертные системы

**19. В каких системах с интеллектуальным интерфейсом пользователь описывает проблему, а система на основе дополнительного диалога конкретизирует её и выполняет поиск относящихся к ситуации рекомендаций?**

A. Естественно-языковой интерфейс

B. Системы контекстной помощи

C. Гипертекстовые системы

D. Экспертные системы

**20. У какого вида интерфейса систем с интеллектуальным интерфейсом ориентирован на общение с пользователем ИИС посредством графических образов, которые генерируются в соответствии с изменениями параметров моделируемых или наблюдаемых процессов?**

A. Системы контекстной помощи

B. Гипертекстовые системы

- C. Экспертные системы
- D. Системы когнитивной графики

**21. ... как самостоятельное направление в искусственном интеллекте сформировалось в конце 1970-х гг. Их история началась с сообщения японского комитета по разработке ПК пятого поколения, в котором основное внимание уделялось развитию «интеллектуальных способностей» компьютеров с тем, чтобы они могли оперировать не только данными, но и знаниями, как это делают специалисты при выработке умозаключений.**

- A. Системы контекстной помощи
- B. Гипертекстовые системы
- C. Экспертные системы
- D. Системы когнитивной графики

**22. Какие системы называются динамические ЭС, основанные на интеграции нескольких разнородных источников знаний?**

- A. Мультиагентные системы
- B. Трансформирующие системы
- C. Гипертекстовые системы
- D. Доопределяющие системы

**23. Какие ЭС относятся к синтезирующим динамическим экспертным системам, в которых предполагается повторяющееся преобразование знаний в процессе решения задач?**

- A. Трансформирующие
- B. Доопределяющие
- C. Мультиагентные
- D. Классифицирующие

**24. В каких ЭС возникают задачи интерпретации нечётких знаний и выбора альтернативных направлений поиска в пространстве возможных решений?**

- A. Трансформирующие

- B. Доопределяющие
- C. Мультиагентные
- D. Классифицирующие

**25. Какие ЭС решают задачи распознавания ситуаций, основанные на методе формирования решений в системах дедуктивным логическим выводом?**

- A. Трансформирующие
- B. Доопределяющие
- C. Мультиагентные
- D. Классифицирующие

**26. ...— это предметно-ориентированное, интегрированное, привязанное ко времени, неизменяемое собрание данных, применяемых для поддержки процессов принятия управленческих решений.**

- A. Хранилище данных
- B. База данных
- C. Интеллектуальные базы данных
- D. База знаний

**27. Какие системы называются сложными программными комплексами, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультаций менее квалифицированных пользователей?**

- A. Системы контекстной помощи
- B. Гипертекстовые системы
- C. Экспертные системы
- D. Системы когнитивной графики

**28. Сколько основных этапов включает традиционная технология реализации ЭС?**

A. 6 идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование, опытную эксплуатацию

В. 5 идентификацию, концептуализацию, завершение, выполнение, тестирование

С. 7 идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование, опытную эксплуатацию, завершение

Д. 4 идентификацию, концептуализацию, тестирование, опытную эксплуатацию

29. На каком этапе традиционной технологии реализации ЭС выбираются инструментальные средства и способы представления всех видов знаний, формализуются основные понятия, определяются способы интерпретации знаний, моделируется работа системы, оценивается адекватность системы зафиксированных понятий, методов решения, средств представления и манипулирования знаниями рассматриваемой предметной области?

- А. Этап Формализации
- В. Этап Идентификации
- С. Этап Выполнения
- Д. Этап Тестирования

**30. Данные, хранящиеся в памяти или на внешних носителях, лишены имен, таким образом, отсутствует возможность их однозначной идентификации системой - это?**

- А. Внутренняя интерпретируемость
- В. Структурированность
- С. Семантическая метрика
- Д. Активность

**31. ... – это знания о предметной области, отражающие факты, закономерности, свойства и характеристики, типичные для конкретных ситуаций или классов однотипных ситуаций, которые могут возникнуть в этой области**

- А. Экстенциональные знания
- В. Технологические знания

C. Методологические знания

D. Процедурные знания

**32. На какие типы можно разделить языки представления знаний по формальным моделям представления знаний?**

A. логическая, сетевая, фреймовая, продукционная

B. логическая, сетевая, фреймовая, процедурная

C. логическая, фреймовая, продукционная, декларативная

D. логическая, фреймовая, процедурная, декларативная

**33. Каким функционалом могут обладать системы интеллектуального видеонаблюдения?**

A. Идентификация

B. Слежение

C. Тамперинг

D. Идентификация, тамперинг, слежение

**34. ...— аппаратно-программное обеспечение или технология, использующие методы компьютерного зрения для автоматизированного сбора данных на основании анализа потокового видео.**

A. Видеоаналитика

B. Видеоанализа

C. Видеопоиск

D. Видеоархив

**35. ...-это комплексные решения в области видеоаналитического программного обеспечения, которые предлагают широкий ассортимент аналитических функций посредством легкой в использовании платформы, интегрирующейся с существующими или с новыми системами наблюдения.**

A. SavVi

B. SavVi Real-TimeEventDetection

C. SavViVideoSearch

D. SavViBusinessIntelligence

**36. Что такое SavViReal-TimeEvent Detection ...**

A. обнаружение и сигналы тревоги в режиме реального времени, обеспечивает высокую точность обнаружения событий в режиме реального времени

B. освобождает от нередко многочасового поиска событий путем его просмотра

C. производит автоматический статистический анализ поведения людей, а также фиксирует все действия посетителей на объекте

D. предлагает точные инструменты визуализации, включая схемы, графики и тепловые карты

**37. ...— это система, которая осуществляет передачу информации от камер видеонаблюдения по Ethernet (LAN) или Internet (WAN) сети.**

A. Сетевое видеонаблюдение

B. Глобальные системы видеонаблюдения

C. Наружное видеонаблюдение

D. Сетевые камеры

**38. ...— наиболее эффективное решение для обеспечения безопасности прилегающих территорий различных категорий объектов.**

A. Наружное видеонаблюдение

B. Глобальные системы видеонаблюдения

C. Сетевое видеонаблюдение

D. Сетевые камеры

**39. Какая система используется для того чтобы своевременно распознать или быстро найти требуемый файл?**

A. Аналитической обработки видео

B. Видеосерверы

C. Система WiFi

D. Автоматические системы видеонаблюдения

**40. Что включает себя сетевое видеонаблюдение?**

A. IP и аналоговые камеры, видеореги­страторы или видеосерверы, программное обеспечение

B. аналоговые камеры, программное обеспечение, видеосерверы

C. IP, аналоговые камеры, видеореги­страторы, видеосерверы

D. видеосерверы, программное обеспечение

**41. На какие параметры следует обращать внимание при выборе сетевой IP камеры?**

A. разрешение изображения, стандарты сжатия, сетевые видеореги­страторы, тестирование состояния устройств и элементов системы, программный детектор движения, иерархичность прав доступа

B. разрешение изображения, стандарты сжатия, сетевые видеореги­страторы, тестирование состояния устройств

C. тестирование состояния устройств и элементов системы, программный детектор движения, иерархичность прав доступа

D. сетевые видеореги­страторы, тестирование состояния устройств, иерархичность прав доступа

**42. Какая функция системы видеонаблюдения автоматически стабилизирует уровень выходного сигнала камеры видеонаблюдения?**

A. AGC — AutomaticGainControl

B. VideoDrive

C. DC/DD — DirectCurrent/DirectDrive

D. ALC — AutoIrisLensControl

**43. Как называется варифокальный объектив способный изменять фокусировку в системе линз автоматически или в соответствии с заданной программой?**

A. Трансфокатор

B. Диафрагма

C. Теплокарт

D. VideoDrive

**44. Какими дополнительными функциями различаются камеры для организации видеонаблюдения?**

- A. Функция обнаружения — определяет примерный размер объекта, его удаленность и направление движения; опознавания — выделяет признаки объекта; идентификации — определяет личность, разборчивость номерных знаков и надписей.
- B. Функция обнаружения — определяет примерный размер объекта, его удаленность и направление движения; опознавания — выделяет признаки объекта.
- C. Функция опознавания — выделяет признаки объекта; идентификации — определяет личность, разборчивость номерных знаков и надписей.
- D. Функция обнаружения — определяет примерный размер объекта, его удаленность; идентификации — определяет личность, разборчивость номерных знаков.

**45. ...— это система, которая осуществляет передачу информации от камер видеонаблюдения по Ethernet (LAN) или Internet (WAN) сети.**

- A. Сетевое видеонаблюдение
- B. Глобальные системы видеонаблюдения
- C. Наружное видеонаблюдение
- D. Сетевые камеры

**46. ...— наиболее эффективное решение для обеспечения безопасности прилегающих территорий различных категорий объектов.**

- A. Наружное видеонаблюдение
- B. Глобальные системы видеонаблюдения
- C. Сетевое видеонаблюдение
- D. Сетевые камеры

**47. Какая система используется для своевременного распознавания или быстрого обнаружения требуемого файла?**

- A. Аналитической обработки видео
- B. Видеосерверы
- C. Система WiFi
- D. Автоматические системы видеонаблюдения

**48. Что включает себя сетевое видеонаблюдение?**

- A. IP и аналоговые камеры, видеорегистраторы или видеосерверы, программное обеспечение
- B. аналоговые камеры, программное обеспечение, видеосерверы
- C. IP, аналоговые камеры, видеорегистраторы, видеосерверы
- D. видеосерверы, программное обеспечение

**49. На какие параметры следует обращать внимание при выборе сетевой IP камеры?**

- A. разрешение изображения, стандарты сжатия, сетевые видеорегистраторы, тестирование состояния устройств и элементов системы, программный детектор движения, иерархичность прав доступа
- B. разрешение изображения, стандарты сжатия, сетевые видеорегистраторы, тестирование состояния устройств
- C. тестирование состояния устройств и элементов системы, программный детектор движения, иерархичность прав доступа
- D. сетевые видеорегистраторы, тестирование состояния устройств, иерархичность прав доступа

**50. Какие признаки используются для классификации ЭС?**

- A. способ формирования решения, способ учёта временного признака, вид используемых данных и знаний, число используемых источников знаний
- B. исходные данные и знания о предметной области обладают неоднозначностью, неточностью, противоречивостью

С. алгоритмическое решение существует, но его нельзя использовать по причине большой размерности пространства решений и ограничений на ресурсы

Д. вид используемых данных и знаний, число используемых источников знаний, знания о предметной области обладают неоднозначностью, неточностью

**51. Главное отличие ЭС и систем искусственного интеллекта от систем обработки данных состоит в том, что...**

А. в них используется символьный, а не числовой способ представления данных, а в качестве методов обработки информации применяются процедуры логического вывода и эвристического поиска решений

В. в них используется символьный, а в качестве методов обработки информации применяются процедуры логического вывода

С. в них используется символьный, а не числовой способ представления данных и эвристического поиска решений, а в качестве методов обработки информации применяются процедуры логического вывода

Д. в них используется символьный, а не числовой способ представления данных и эвристического поиска решений

**52. Какие наиболее распространенные алгоритмы анализа видеоинформации применяются в системах интеллектуального видеонаблюдения?**

А. Аналитика контроля периметра, Ситуационный анализ, Бизнес анализ, Биометрический анализ, Номерной анализ, Анализ по нескольким камерам, Анализ технологических процессов

В. Аналитическая обработка данных, Аналитика контроля периметра, Ситуационный анализ, Бизнес анализ, Биометрический анализ, Номерной анализ

С. Тамперинг, Аналитическая обработка данных, Номерной анализ, Анализ по нескольким камерам, Анализ технологических процессов

Д. Анализ состава и длины очереди, Аналитика контроля периметра, Ситуационный анализ, Бизнес анализ, Биометрический анализ, Анализ технологических процессов

**53. ...— используется в системах охраняющих участки периметра, имеющие значительную протяженность, реагируют на форму, скорость движения и местоположение объекта.**

А. Аналитика контроля периметра

В. Ситуационный анализ

С. Анализ технологических процессов

Д. Биометрический анализ

**54. Биометрический анализ-...**

А. используются различные способы биологической идентификации объекта.

В. используется для выявления тревожных ситуаций связанных с большим количеством людей.

С. используется в системах охраняющих участки периметра, имеющие значительную протяженность.

Д. используется для распознавания автомобильных знаков, номеров вагонов и т.п.

**55. Какие аналитические функции используют интеллектуальные системы видеонаблюдения в последнее время?**

А. Прогнозирования, Ранжирование событий

В. Интеллектуальное дополнительное сжатие видеофайла

С. Удаление персональных данных или блокировка записи частных зон

D. Прогнозирования, Ранжирование событий, Интеллектуальное дополнительное сжатие видеофайла, Удаление персональных данных или блокировка записи приватных зон

**56. Чему равен стандартный формат PAL в котором дают изображение большинство аналоговых видеокамер?**

- A. 0,4 Мрiх
- B. 0,5 Мрiх
- C. 0,3 Мрiх
- D. 0,6 Мрiх

**57. Укажите скорость видеопотоков в IP камерах?**

- A. 25 к/с
- B. 26 к/с
- C. 24 к/с
- D. 30 к/с

**58. Какие алгоритмы используются для сжатия видеопотока сетевых камер?**

- A. MJPEG и H.264
- B. MJPEG и H.232
- C. MJPEG и H.228
- D. MJPEG и H.265

**59. Какая функция сетевых камер видеонаблюдения позволяет начинать запись только при обнаружении изменения сцены видеонаблюдения, что существенно экономит место на жестком диске?**

- A. Программный детектор движения
- B. Иерархичность прав доступа
- C. Стандарты сжатия
- D. Тестирование состояния устройств

**60. Какая функция сетевых камер видеонаблюдения позволяет распределить права администратора, который может вносить**

**изменения в основные настройки, и пользователя, который может воспользоваться только некоторыми функциями системы?**

- A. Программный детектор движения
- B. Иерархичность прав доступа
- C. Стандарты сжатия
- D. Тестирование состояния устройств

**61. Какая функция наружного видеонаблюдения позволяет на программном уровне замаскировать чрезмерно яркие участки получаемого изображения, заменив их серым цветом?**

- A. Компенсация яркой засветки
- B. Автоматическая регулировка диафрагмы
- C. Угол обзора
- D. Цветность

**62. Искусственный интеллект — это...?**

- A. область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, — понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т. д.
- B. область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем— понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т. д.
- C. область информатики,обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, — понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т. д.
- D. область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом.

**63. Для чего используется DeepFake?**

- A. объединения и наложения существующих изображений на видео
- B. значительное улучшение существующих разработок
- C. наложения существующих изображений на видео
- D. создавать фотореалистичные видеоролики

**64. ... - это автоматическая локализация человеческого лица на изображении или видео и, при необходимости, идентификация личности человека на основе имеющихся баз данных.**

- A. Системы распознавания лиц
- B. DeepFake
- C. Искусственный интеллект в видео
- D. Искусственный интеллект

**65. Базовая задача обработка визуальной информации для получения знаний-это...**

- A. детектирование объекта на изображениях и видео
- B. детектирование объекта в аудио
- C. детектирования трекинга
- D. прогнозирование действия

**66. Основная задача компьютерного зрения?**

- A. сегментация изображения и оценка глубины
- B. понимание расстояния до того или иного объекта
- C. восстановление трехмерной геометрии
- D. прогнозирование действия других объектов

**67.Какая функция наружного видеонаблюдения используется для нормальной работы видеокамеры в условиях недостаточной освещенности?**

- A. Инфракрасная подсветка
- B. Автоматическая регулировка диафрагмы
- C. Угол обзора
- D. Цветность

**68. Перечислите основные преимущества современных беспроводных видеокамер наружного видеонаблюдения?**

- A. удобная эксплуатация системы, быстрый монтаж и настройка
- B. возможность установки в любом месте
- C. простая реализация системы облачного видеонаблюдения
- D. удобная эксплуатация системы, быстрый монтаж и настройка, возможность установки в любом месте, простая реализация системы облачного видеонаблюдения

**69. В каком климатическом диапазоне универсальные модели видеокамер нормально функционируют?**

- A. от +50°C до - 60 °C
- B. от +60°C до - 70 °C
- C. от +70°C до - 80 °C
- D. от +55°C до - 65 °C

**70. Каким дополнительным корпусом оснащают видео камеры для обеспечения вандалостойкости?**

- A. ударостойким корпусом, изготовленным из металлических сплавов или поликарбоната
- B. пластмассовый корпусом, изготовленным из металлических сплавов или поликарбоната
- C. поликарбонатный корпус
- D. смешанный корпус

**71. Интеллектуальная обработка видео направлена на...**

- A. автоматическое распознавание объектов и действий, заснятых на видео
- B. обнаружение контуров объектов
- C. построение модели объектов
- D. сегментация объектов

**72. Изображение статичной сцены без объектов-это...**

- A. Backgroundmodel

- B. Motiondetector
- C. Foregrounddetection
- D. Foregroundmodeling

**73. Функции, формирующие маску объектов переднего плана-это...**

- A. Backgroundmodel
- B. Motiondetector
- C. Foregrounddetection
- D. Objectdetector

**74. На основе какой модели фона строятся детекторы активности?**

- A. Backgroundmodel
- B. Motiondetector
- C. Foregrounddetection
- D. Objectdetector

**75. Алгоритм, который обнаруживает объекты определенного класса на одиночном изображении-это...**

- A. Backgroundmodel
- B. Motiondetector
- C. Foregrounddetection
- D. Objectdetector

**76. Какие функции реализованы при проектировании интерфейсов системы видеонаблюдения, существенно повышающие удобство и эффективность работы оператора?**

- A. мгновенный доступ к списку записей в режиме архива; сохранение и восстановление произвольных раскладок экранов
- B. одновременное синхронное воспроизведение из архива по нескольким видеокамерам
- C. восстановление произвольных раскладок экранов; одновременное синхронное воспроизведение
- D. мгновенный доступ к списку записей в режиме архива; одновременное синхронное воспроизведение из архива по

нескольким видеокамерам; сохранение и восстановление произвольных раскладок экранов

**77. Основным параметром системы видеонаблюдения является...**

- A. качество отображаемой и сохраняемой видеoinформации
- B. качества звука
- C. скорость обработки данных
- D. скорость потока данных

**78. Какими факторами осложняется решение задач обнаружения и сопровождения объектов?**

- A. внутриклассовая вариативность объектов
- B. изменение объекта в процессе движения
- C. модель объекта при изменении угла обзора также меняется
- D. внутриклассовая вариативность объектов; изменение объекта в процессе движения; модель объекта при изменении угла обзора также меняется

**79. Неравномерность освещения объекта затрудняет...**

- A. его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и осложняет его сопровождение
- B. увеличивают количество вычислений
- C. затрудняют их обнаружение и сопровождение
- D. искажает точность обнаружения объектов

**80. Существенные различия между размерами объектов...**

- A. его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и осложняет его сопровождение
- B. увеличивают количество вычислений
- C. затрудняют их обнаружение и сопровождение
- D. искажает точность обнаружения объектов

**81. Перекрытия объектов друг другом...**

- A. его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и осложняет его сопровождение
- B. увеличивают количество вычислений
- C. затрудняют их обнаружение и сопровождение
- D. искажает точность обнаружения объектов

**82. Похожесть объекта на фон затрудняет их разграничение и ...**

- A. его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и осложняет его сопровождение
- B. увеличивают количество вычислений
- C. затрудняют их обнаружение и сопровождение
- D. искажает точность обнаружения объектов

**83. Какие алгоритмы включают в себя системы видеонаблюдения с неподвижной камерой?**

- A. построения модели фона вне зависимости от назначения системы и ее сложности
- B. отслеживать перемещения наблюдаемых объектов сцены
- C. определять их характеристики
- D. распознавать класс объектов

**84. Свойства сетевых видеоархивов?**

- A. могут переноситься в реальном времени на выделенные серверы-архиваторы для долговременного хранения
- B. может получить видеопоток от сервера, находящегося в другом сегменте сети посредством видеошлюза
- C. каждый следующий клиент, получающий видеопоток от конкретного сервера, не будет увеличивать нагрузку на канал связи с этим сервером
- D. может иметь доступ как к архиву видеосервера так и к архивам выделенных серверов-архиваторов

**85. Какова частота оцифровки сетевых видео файлов?**

- A. от 8000 до 44100 Hz
- B. от 9000 до 44500 Hz
- C. от 8000 до 45500 Hz
- D. от 9000 до 44000 Hz

**86. Что является основным недостатком аналитической обработки данных на видеосервере?**

- A. необходимость постоянной передачи видео с высоким разрешением от камер к видеосерверу
- B. необходимость постоянной обработки данных
- C. необходимость обращения к серверу
- D. необходимость сложных вычислений

**87. Во сколько раз метод обработки данных полученных с видеорегистратора или сервера снижает нагрузку на каналы связи, которые передают частично или полностью обработанную картинку с результатами анализа метаданными?**

- A. в 10 — 100 раз
- B. в 1 — 2 раз
- C. в 20 — 200 раз
- D. в 10 — 200 раз

**88. Перечислите основные аналитические алгоритмы обработки видео?**

- A. Аналитика контроля периметра, Ситуационный анализ, Бизнес анализ
- B. Биометрический анализ, Номерной анализ, Тамперинг
- C. Анализ по нескольким камерам, Анализ технологических процессов
- D. Аналитика контроля периметра, Ситуационный анализ, Бизнес анализ, Биометрический анализ, Номерной анализ, Анализ по

нескольким камерам, Анализ технологических процессов,  
Тамперинг

**89. ... - применяются для контроля продуктивности работы персонала, оптимизации процесса обслуживания, выявления недовольных клиентов и исследования причин их недовольства.**

- A. Биометрический анализ
- B. Ситуационный анализ
- C. Тамперинг
- D. Номерной анализ

**90. Основные методы распознавания лиц строятся на...**

- A. Нейронные сети
- B. Гибкое сравнение на графах
- C. Скрытые Марковские модели
- D. Нейронные сети, гибкое сравнение на графах, скрытые Марковские модели

**91. На чем основан принцип действия системы распознавания лиц?**

- A. сравнения отсканированного изображения с эталонами, имеющимися в базе
- B. сравнение полученного изображения с монтажом
- C. сравнение отсканированного изображения с монтажным изображением
- D. сравнение модели распознавания лиц

**92. Какими характеристиками обладают камеры для распознавания лиц?**

- A. Обнаружение. Оpozнание.
- B. Оpozнание. Идентификация.
- C. Обнаружение. Идентификация.
- D. Обнаружение. Оpozнание. Идентификация.

**93. Эффективность прямого видеонаблюдения зависит от...**

- A. количество камер, качество изображения

- В. психофизиологическое состояние оператора
- С. режим работы оператора
- Д. количество камер, качество изображения, психофизиологическое состояние оператора, режим работы оператора

**94. Основные преимущества скрытого видеонаблюдения?**

- А. самый высокий уровень антивандальной защиты
- В. преступник не знает место расположения камер и соответственно зону охвата
- С. правонарушитель действует свободно и уделяет минимум внимания маскировке, что повышает вероятность установления его личности
- Д. защита, скрытые камеры, вероятность установления личности правонарушителя

**95. Перечислите основные критерии оценки эффективности видеонаблюдения?**

- А. Экономические.
- В. Функциональные.
- С. Вероятностные.
- Д. Экономические. Функциональные. Вероятностные.

**96. Как называется поисковый алгоритм, основанный на природных механизмах селекции и генетики?**

- А. Генетический алгоритм
- В. Алгоритм распознавания образов
- С. Алгоритм движения
- Д. Алгоритм сегментации изображения

**96. Абстрактное и формальное объяснение процессов адаптации в естественных системах и проектирование искусственных программных систем, воспроизводящих механизмы функционирования естественных систем- это цели присущие какому алгоритму?**

- A. Генетический алгоритм
- B. Алгоритм распознавания образов
- C. Алгоритм движения
- D. Алгоритм сегментации изображения

**97. В каких целях генетические алгоритмы используют теории нечётких систем?**

- A. для настройки параметров функций принадлежности
- B. для настройки параметров сегментации изображения
- C. для настройки параметров обнаружения объектов
- D. для настройки параметров обработки данных

**98. Перечислите эвристические правила, используемые в генетических алгоритмах?**

- A. случайное равновероятное удаление хромосом; удаление хромосом, имеющих худшие значения целевой функции
- B. удаление хромосом на основе обратного значения целевой функции; удаление хромосом на основе турнирной стратегии
- C. случайное равновероятное удаление хромосом; удаление хромосом на основе турнирной стратегии
- D. случайное равновероятное удаление хромосом; удаление хромосом, имеющих худшие значения целевой функции; удаление хромосом на основе обратного значения целевой функции; удаление хромосом на основе турнирной стратегии

**99. Генетический алгоритм Девиса включает в себя следующие этапы?**

- A. Инициализация популяции хромосом, оценка каждой хромосомы в популяции
- B. Создание новых хромосом посредством изменения и скрещивания текущих хромосом (применение операторов мутации и кроссинговера), устранение хромосом из популяции для замены их новыми.

- C. Оценка новых хромосом и включение их в популяцию, проверка условия истощения ресурса времени
- D. Инициализация популяции хромосом, оценка каждой хромосомы в популяции, создание новых хромосом посредством изменения и скрещивания текущих хромосом (применение операторов мутации и кроссинговера), удаление хромосом из популяции для замены их новыми, оценка новых хромосом и включение их в популяцию, проверка условия истощения ресурса времени

**100. ... определяется как структурная единица наследственной информации, далее неделимая в функциональном отношении**

- A. Ген
- B. Хромосома
- C. Объект
- D. Популяция

### Ключи тестов:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	A	A	A	A	C	C	B	D	C	A	A	B	D
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
A	C	A	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	D
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
D	A	D	A	B	C	D	A	A	A	A	A	D	A	D	A	D	D	D	D	A	A	D	D	A

## **Интеллектуальные видео системы**

Учебное пособие  
по дисциплине “Интеллектуальные видео системы”  
для магистрантов специальности  
магистратуры 5А351002 – Видеотехнологии

Рассмотрено и рекомендовано  
к публикации на заседании  
кафедры Аудиовизуальные технологии,  
протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г .

Рассмотрено и рекомендовано  
к публикации на заседании НМС факультета  
Телевизионные технологии,  
протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г .

Рассмотрено и рекомендовано  
к публикации на заседании  
Научно-методического Совета ТУИТ им. Мухаммада ал-Хоразми  
протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_\_ г .

Составитель: С.С. Бекназарова,  
А.Ш. Мухамадиев,  
М.К. Жаумытбаева

Рецензенты: Ш. Анарова  
Н.А. Игнатъев

Отв. редактор: С.С. Бекназарова

Корректор: С.С. Бекназарова

Формат 60x84 1/16. Печ.лист 20  
Заказ №314. Тираж 20.  
Отпечатано в «Редакционно издательском»  
Отделе при ТУИТ.  
Ташкент ул. Амир Темур, 108.

## Муаллифлар хақида маълумот



**Бекназарова Саида Сафибуллаевна**- техника фанлари доктори, доцент.

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети “Аудиовизуал технологиялари кафедраси в.в.б. профессор.

Мультимедиа тизимларида ахборот ресурсларга ишлов бериш, қайта ишлашнинг усул, алгоритмлар ва дастурий таъминотларни яратиш, жараёнларини моделлаштиришга қаратилган илмий тадқиқотлари юзасидан жами 197 та илмий ишлари чоп этилган.



**Мухаммадиев Абдивали Шукурович**– физика-математика фанлари номзоди, доцент.

Тошкент давлат университети (ҳозирги Ўзбекистон Миллий университети)ни 1986 йилда механика мутахассислиги бўйича тугаллаган.

1993 йилда номзодлик диссертациясини химоя қилган. Илмий-педагогикстажи 26 йил. 100 данортиқ илмий мақола, тезислар ва компютер дастурлари гувоҳномаси муаллифи. 2013 йилдан Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетида “Аудиовизуал технологиялар” кафедраси мудири лавозимида ишлаб келмоқда.



**Жаумьтбаева Мехрибан Караматдин қизи**

2016 йил Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Телевизион технологиялари факультетига 5330400-Компютер графикаси ва дизайн таълим йўналиши тугаллаган 2018 йилдан 5А351002-Видеотехнологиялар магистратура мутахассислиги магистранти. Илмий фаолияти мобайнида 19 илмий иш чоп этилган.