

Тема 5 Развитие информационных технологий

5.1 Основы искусственного интеллекта

5.1.1 Искусственный интеллект (ИИ). (отв. Мусаева Т.В.) сделано

5.1.2.Разновидности интеллектуальных систем (рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений.)

5.1.3 База знаний

5.1.4. Онтология в информационных технологиях.

5.1.5 Технология распознавания. (в том числе сюда входит

Компьютерное зрение, обработка естественного языка, распознавание и синтез речи.

5.1.6 Современные сферы применения технологий ИИ (примеры: нейропротезирование, нейроинтерфейсы, нейростимуляция, нейросенсинг и т.п.)

5.2 Квантовые технологии

5.2.1 Основы квантовых технологий

5.2.2 Принципы квантовых вычислений.

5.2.3 Квантовые коммуникации

5.2.4 Квантовый ретранслятор

5.2.5 Квантовая телепортация

5.2.6 Квантовый интернет

5.2.7 Квантовые сенсоры.

5.3 Новые производственные технологии.

5.3.1 Современные направления производственных технологий.

5.3.2 Системные требования к организации работы новых производственных технологий.

5.3.3 Отличительные характеристики умных производств.

5.3.4 Цифровое проектирование и моделирование

5.3.5. Технологические задачи цифрового проектирования

5.3.6 Опыт внедрения технологии сквозного цифрового проектирования

5.3.7 3D-моделирование в современном мире

5.3.8 Технология Digital Twin

5.3.9 Области применения цифровых двойников

5.3.10 Классификация «двойников»

5.3.11 Система PLM

5.3.12 Система MES

5.4 Компоненты робототехники и сенсорики

5.4.1 Сенсорика

5.4.2 Сенсоры, необходимые роботам

5.4.3 Датчики в робототехнике

5.4.4 Тенденции в сенсорики роботов

5.4.5 Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования.

5.4.6 Технологии пространственного позиционирования

5.4.7 Сенсоры и обработка сенсорной информации

5.4.8 Обработка сенсорной информации

5.1 Основы искусственного интеллекта

5.1.1 Искусственный интеллект (ИИ). (отв. Мусаева Т.В.) **сделано**

5.1.2. Разновидности интеллектуальных систем (рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений.)

5.1.3 База знаний

5.1.4. Онтология в информационных технологиях.

5.1.5 Технология распознавания. (в том числе сюда входит

Компьютерное зрение, обработка естественного языка, распознавание и синтез речи.

5.1.6 Современные сферы применения технологий ИИ (примеры: нейропротезирование, нейроинтерфейсы, нейростимуляция, нейросенсинг и т.п.)

5.1 Основы искусственного интеллекта

5.1.1 Искусственный интеллект (ИИ).

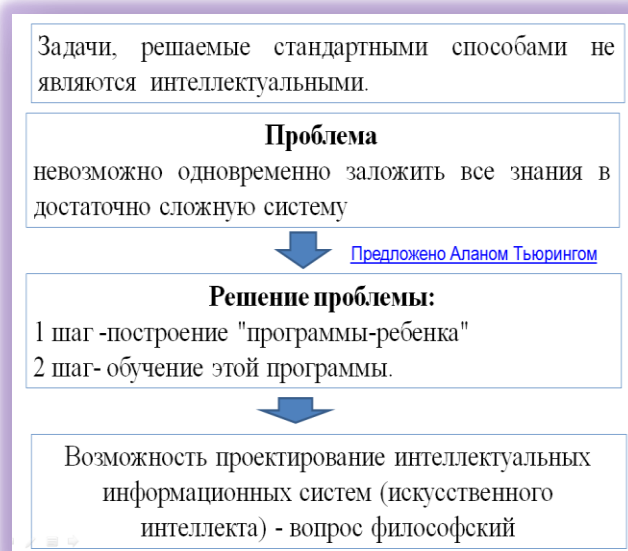
Интеллект (от лат. *intellectus* — понимание) — способность к адаптации и обучению на основе опыта, к пониманию и использованию своих знаний для управления окружающей средой.

Существует несколько определений ИИ.

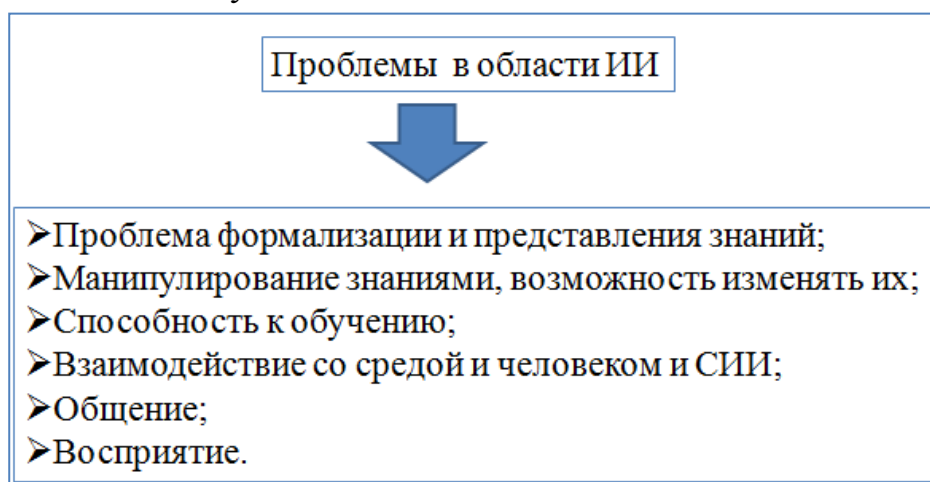
Искусственный интеллект — область информатики, занимающаяся изучением и созданием методов, наделяющих современные технологии (программные и технические средства) интеллектуальными способностями, частично присущими человеку.

Искусственный интеллект (artificial intelligence) — свойство автоматических систем брать на себя отдельные функции интеллекта человека, т.е. выбирать, анализировать и принимать эффективные решения на основе приобретенного опыта и знаний.

Создание искусственного интеллекта не является простой задачей. Есть сложности в создании и проблемы в однозначном понимании данного вопроса.



Цель создания ИИ – усиление интеллекта человека.



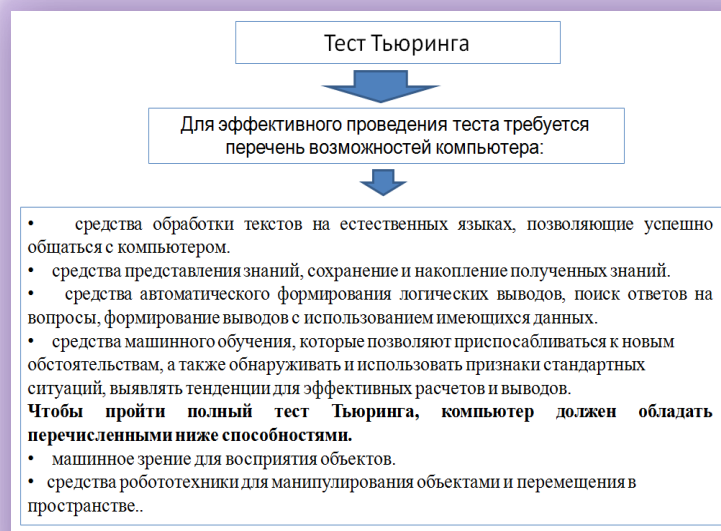
Существуют требования к безопасности создаваемых систем искусственного интеллекта.

Безопасность системы (робота):

1.исключение возможности причинения вреда действием или бездействием,

2.выполнение команд, с учетом 1 пункта,

3.забота о собственной безопасности, не противоречащей 1 и 2 пункту.



Как и любая область науки, развитие искусственного интеллекта имеет свою историю.

Первый этап (1948—60-е гг.) характеризуется широким общественным резонансом исследований и завышенными ожиданиями.

-становления исследовательских программ искусственного интеллекта,
-формирования круга задач, относящихся к данному научному направлению (игры, доказательство теорем, распознавание образов, понимание естественного языка, машинный перевод, планирование эксперимента, робототехника),
-создания методов и инструментов решения этих задач (языкЛисп, персептрон и т.д.).

Второй этап (1960—70-е гг.)

-приобретение искусственным интеллектом статуса “классической” научно-технической дисциплины,

- проведение первых международных конференций,
- начало издания журналов,
- чтение соответствующих курсов.
- разработка теории нечеткой логики,
- создание модели представления знаний, генетических алгоритмов и т.д.).

Третий этап (1980—90-е гг.)

- практическое использование разработок искусственного интеллекта в финансах, экономике, компьютерной и бытовой технике, менеджменте, управлении (экспертные системы, программы интеллектуального анализа данных, нейро- и биокомпьютеры).
- изучение и моделирование рациональных структур в связи с эмоциями, верованиями, чувствами, практическими навыками и неаналитическими методами обработки образной информации.

На 3 этапе происходит сближение современных моделей искусственного интеллекта с их естественным человеческим прототипом.

5.1.2. Разновидности интеллектуальных систем. (Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений.)

Интеллектуальные системы можно классифицировать по набору функциональных компонентов, позволяющих решать разные задачи:

- ✓ интеллектуальные информационно-поисковые системы;
- ✓ экспертные системы (ЭС);
- ✓ расчетно-логические системы;
- ✓ гибридные экспертные системы.

В соответствии с ГОСТ 7.73-96 СИБИД. Поиск и распространение информации. Термины и определения:

3.2 Информационно-поисковые системы

3.2.1 информационно-поисковая система; ИПС: Совокупность справочно-информационного фонда и технических средств информационного поиска в нем	en Information retrieval system; IR system
3.2.2 документальная информационно-поисковая система: ИПС, предназначенная для поиска документов и/или сведений о них	en Document retrieval system
3.2.3 библиографическая информационно-поисковая система: Документальная ИПС, обеспечивающая поиск библиографической информации	en Reference retrieval system
3.2.4 фактографическая информационно-поисковая система: ИПС, предназначенная для поиска фактов	en Factographic retrieval system
3.2.5 автоматизированная информационно-поисковая система: ИПС, реализованная на базе электронно-вычислительной техники	en Computerised information retrieval system
3.2.6 диалоговая информационно-поисковая система: Автоматизированная ИПС, обеспечивающая осуществление диалогового поиска	

Информационная система является интеллектуальной при наличии функций представления и обработки знаний, рассуждения и общения.

Знания – это совокупность сведений о сущностях (объектах, предметах, явлениях, процессах) реального мира, их свойствах и отношениях между ними в определенной предметной области, выявленные закономерности предметной области (принципы, связи, законы), позволяющие решать задачи в этой области.

- Интеллектуальные информационно-поисковые системы являются системами взаимодействия с проблемно-ориентированными (фактографическими) базами данных на естественном, точнее ограниченном как грамматически, так и лексически (профессиональной лексикой) естественном языке (языке деловой прозы). Для них характерно использование, помимо базы знаний, реализующей семантическую модель представления знаний о проблемной области, лингвистического процессора.
- Экспертные системы являются одним из развивающихся классов интеллектуальных систем. Данные системы в первую очередь стали

развиваться в математически слабо формализованных областях науки и техники, таких как медицина, геология, биология и др. Для них характерна в системе знаний и правил рассуждения и опыт специалистов в данной предметной области, а также наличие специальной системы объяснений.

- Расчетно-логические системы позволяют решать управленческие и проектные задачи по их постановкам (описаниям) и исходным данным вне зависимости от сложности математических моделей этих задач. При этом конечному пользователю предоставляется возможность контролировать в режиме диалога все стадии вычислительного процесса. В общем случае, по описанию проблемы на языке предметной области обеспечивается автоматическое построение математической модели и автоматический синтез рабочих программ при формулировке функциональных задач из данной предметной области. Эти свойства реализуются благодаря наличию базы знаний в виде функциональной семантической сети и компонентов дедуктивного вывода и планирования.
- В последнее время в специальный класс выделяются гибридные экспертные системы. Указанные системы должны вобрать в себя лучшие черты как экспертных, так и расчетно-логических и информационно-поисковых систем. Разработки в области гибридных экспертных систем находятся на начальном этапе.

Наиболее значительные успехи в настоящее время достигнуты в таком классе интеллектуальных систем, как экспертные системы (ЭС).

Экспертная система (ЭС) — компьютерная система, заменяющая специалиста-эксперта (частично) для дальнейшего принятия решения в проблемной области.

ЭС обладает способностями к накоплению знаний, выдаче рекомендаций и объяснению полученных результатов, возможностями модификации правил, подсказки пропущенных экспертом условий, управления целью или данными.

ЭС отличаются следующие характеристики: интеллектуальность, простота общения с компьютером, возможность наращивания модулей, интеграция неоднородных данных, способность разрешения многокритериальных задач при учете предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР), работа в реальном времени, документальность, конфиденциальность, унифицированная форма знаний, независимость механизма логического вывода, способность объяснения результатов.

В настоящее время можно выделить следующие основные сферы применения ЭС: диагностика, планирование, имитационное моделирование, предпроектное обследование предприятий, офисная деятельность, а также некоторые другие.

Практика показывает, что по сравнению со статическими ЭС гораздо больший эффект дают ЭС, используемые в динамических процессах (экспертные системы реального времени - ЭСРВ), которые занимают около 70% рынка таких систем и находят все более широкое применение в управлении непрерывными процессами (химические производства, цементная промышленность, атомная энергетика и т.д.).

В ЭС часто отсутствует возможность общения с системой на близком к естественному языку или с использованием визуальных средств, поскольку взаимодействие с такой системой осуществляется с использованием языка типа ПРОЛОГ или с применением ПРОЛОГ-идей.

Важное место в теории искусственного интеллекта (ИИ) занимает проблема представления знаний.

Модели представления знаний.

В настоящее время выделяют следующие основные типы моделей представления знаний:

- Семантические сети, в том числе функциональные;
- Фреймы и сети фреймов;
- Продукционные модели.

Семантические сети:

- знания - группа объектов предметной области и отношений между ними,
- ориентированный граф, вершинами которого являются понятия (информационные единицы), имеющие индивидуальные имена
- информационные единицы: события, действия, обобщённые понятия или свойства объектов
- вершины графа соединяются дугой, если соответствующие информационные единицы находятся в каком-либо отношении
- метки вершин используются как справочная информация.

Фрейм - структура данных для представления и описания стереотипных объектов, событий или ситуаций.

Фреймовая модель представления знаний состоит из двух частей:

1. набора фреймов, составляющих библиотеку внутри представляемых знаний;
2. механизмов их преобразования, связывания и т.д.

Существует два типа фреймов:

1. образец (прототип) - описание некоторого множества экземпляров;
2. экземпляр (пример) - представление фрейм-образца.

Продукционные модели - это набор правил вида «условия - действие», где

условия- утверждения о содержимом базы данных,

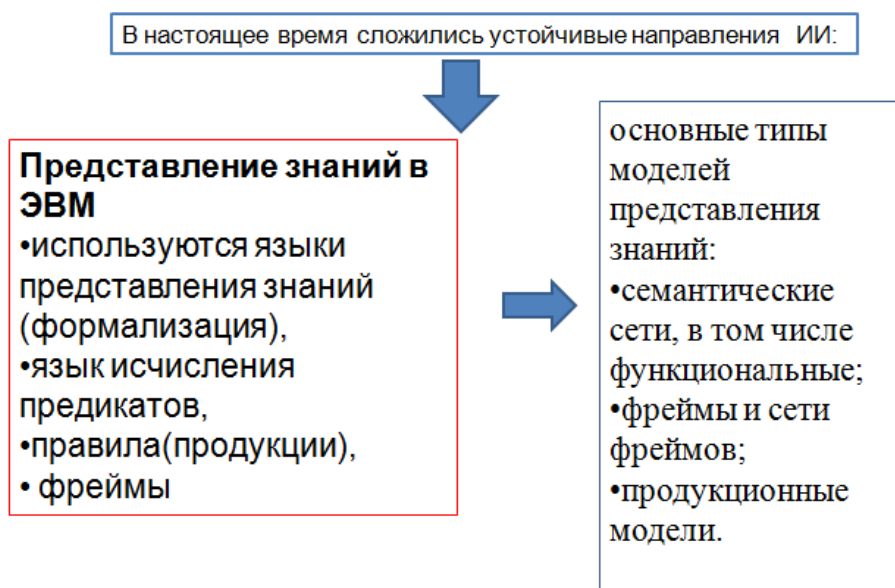
действия - процедуры, которые могут изменять содержимое БД.

Практически продукции строятся по схеме:

«ЕСЛИ» (причина), «ТО» (следствие).

Полученные в результате срабатывания продукций новые знания могут использоваться в следующих целях:

- понимание и интерпретация фактов и правил с использованием продукций, фреймов, семантических цепей;
- решение задач с помощью моделирования;
- идентификация источника данных, причин несовпадений новых знаний со старыми, получение метазнаний;
- составление вопросов к системе;
- усвоение новых знаний, устранение противоречий,
- систематизация избыточных данных.



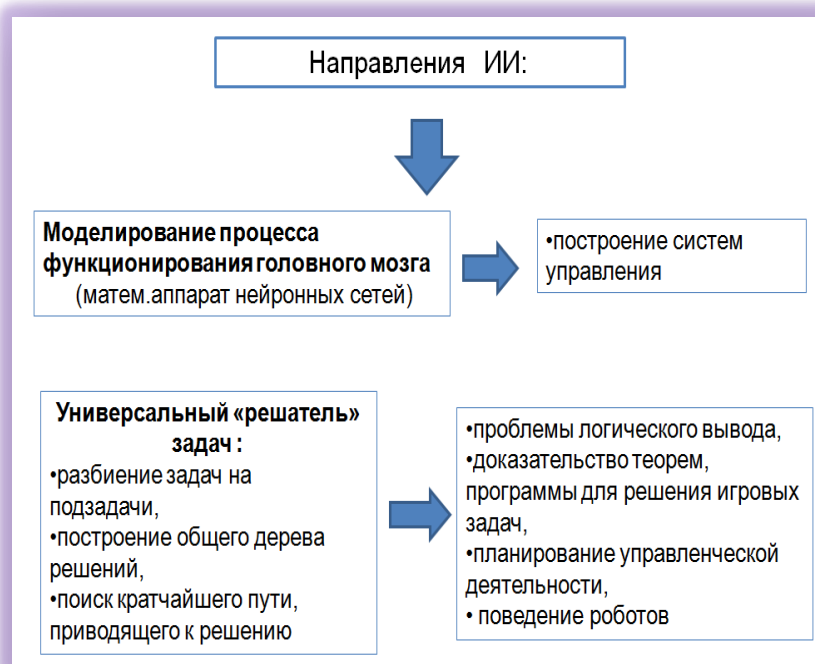
Рассмотрим разные сложившиеся устойчивые направления ИИ.

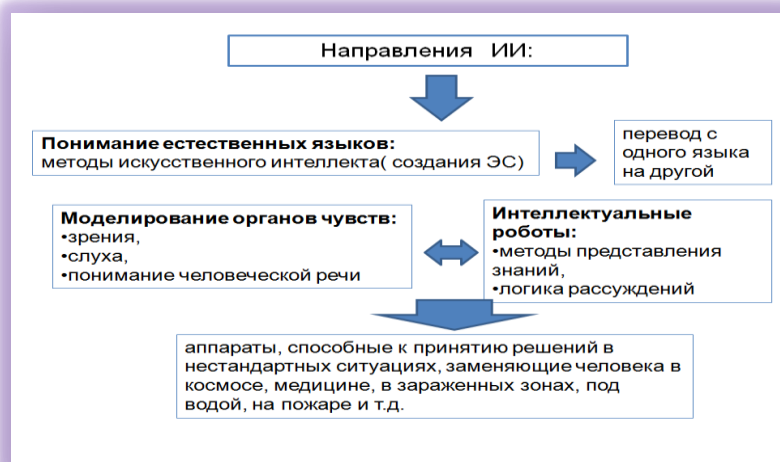
Направления развития ИИ

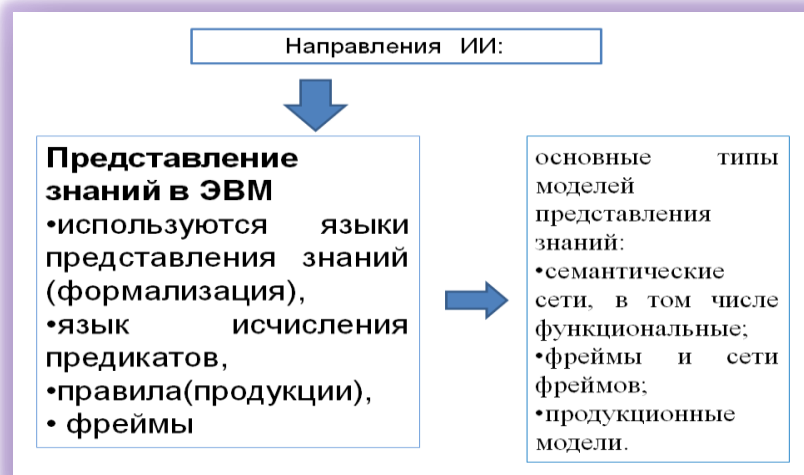
- создание систем ИИ близкими к возможностям человека;
- создание искусственного разума, интеграция ранее созданных систем ИИ в единую систему, способную решать проблемы человечества.

Задачи ИИ.

- понимание машиной естественного языка (вопрос-ответ),
- доступ к базам данных на естественном языке,
- перевод с одного языка на другой,
- распознавание образов,
- анализ изображений 3-мерных сцен,
- логистические системы представления знаний и логический вывод,
- эвристическое программирование,
- доказательство теорем,
- принятие решений,
- игры,
- базы данных,
- базы знаний,
- роботы,
- экспертные системы.



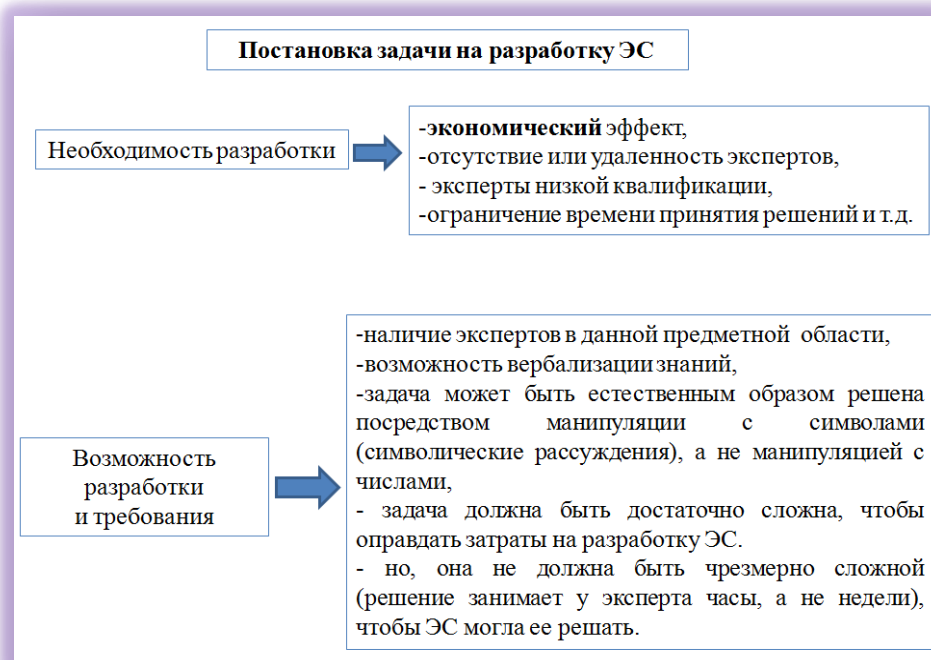




5.1.3 База знаний.

База знаний (БЗ) — совокупность фактов и правил логического вывода в выбранной предметной области деятельности.

ЭС + БЗ — модель поведения экспертов, предусматривающая логические выводы и принятие решения.



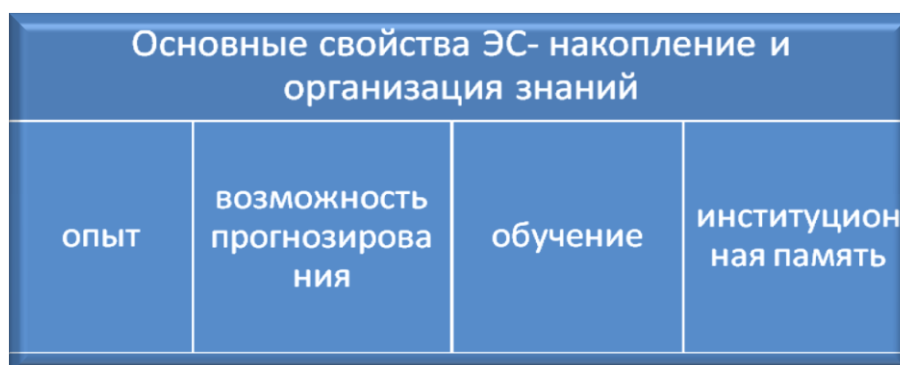
Проектирование базы знаний можно рассмотреть на примере этапов разработки экспертной системы.

ЭС используются для решения неформализованных задач, общим для которых является:

- алгоритмическое решение задачи неизвестно или не может быть использовано из-за ограниченности ресурсов ЭВМ;
- задача не может быть определена в числовой форме (требуется символьное представление);
- цели решения задачи не могут быть выражены в терминах точно определенной целевой функции;
- большая размерность пространства решения;
- динамически изменяющиеся данные и знания;
- неполнота, неоднозначность и противоречивость исходных данных и знаний о решаемой задаче.

Особенности ЭС

- Компетентность на уровне эксперта
- Возможность рассуждений
- Глубина сложности решаемых задач и используемых правил
- Самопроверка правильности рассуждений
- Объяснение действий

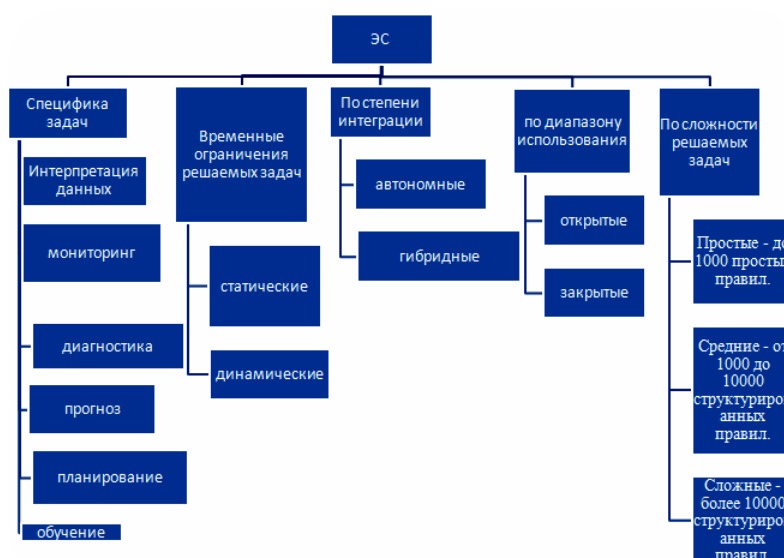


Институциональная память — это новое качество, которое может обеспечить БЗ, определяющая компетентность экспертной системы.

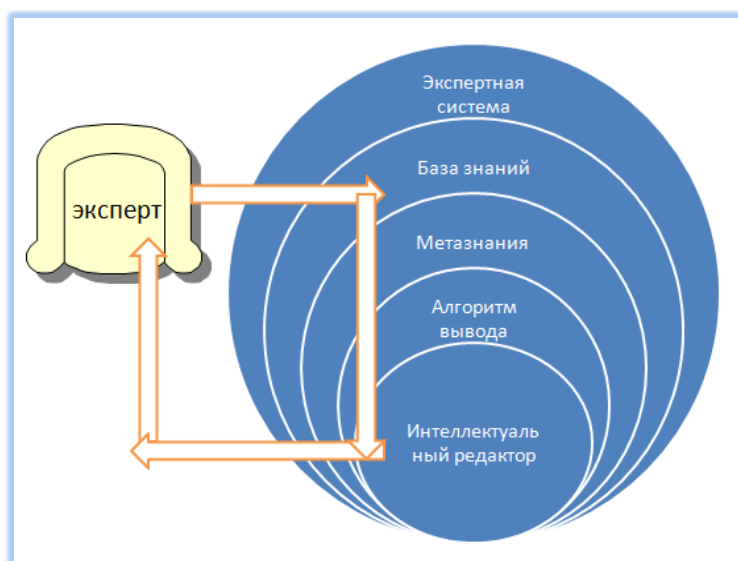
Процесс приобретения знаний делят на три фазы:

- предварительная фаза - знания приобретаются инженером по знаниям от эксперта (или из литературы).
- начальная фаза - введение знаний может осуществлять только инженер по знаниям.
- фаза накопления - приобретение знаний осуществляется экспертом совместно с инженером по знаниям.

Имеются следующая классификация ЭС.



Взаимодействие эксперта с системой с помощью интеллектуального редактора.



1 этап – Постановка задачи .

Составлении информационного (вербального) описания решаемой задачи:

- цели,
- участники процесса разработки и их роли(кол-во экспертов, инженеров по знаниям, формы взаимодействия),

ресурсы.

Цель:

описать структуры, поддерживающих ее знаний и работа по созданию БЗ.

Указать:

- общие характеристики задачи;
- подзадачи, выделяемые внутри данной задачи;
- ключевые понятия (объекты), характеристики и отношения;
- входные (выходные) данные;
- предположительный вид решения;
- знания, релевантные(степень соответствия запроса полученным результатам) решаемой задаче;

примеры (тесты) решения задачи.

2 этап – Анализ предметной области (концептуальная модель)

Проводится:

- анализ проблемной области,
- выявляются используемые понятия и их взаимосвязи,
- определяются методы решения задач,
- определяется состав терминов.

эксперт и инженер по знаниям выделяют:

- ключевые понятия,
- отношения и характеристики, необходимые для описания процесса решения задачи.

определяются особенности задачи:

- типы доступных данных;
- доступные и выводимые данные;
- подзадачи общей задачи;
- используемые стратегии и гипотезы;
- виды взаимосвязей между объектами предметной области;
- типы используемых отношений (иерархия, причина/следствие, часть/целое и т.п.);
- состав знаний, используемых для решения задачи и для объяснения решения.

1 этап – Формализация

- выбираются инструментальные средства
- определяются способы представления всех видов знаний, моделируется работа системы,
- оценивается адекватность целям системы зафиксированных понятий, методов решений, средств представления и манипулирования знаний.

Инструментальные средства разработки ЭС

Традиционные языки программирования и ООП: С, С++, Паскаль, Бейсик, SmallTalk и др.

Символьные языки программирования для решение задач обработки символьной информации: Lisp, Prolog, Рефал, др.

Специализированные ПП программирования, содержащие некоторые компоненты ЭС: надстройки над языком искусственного интеллекта Lisp, OPS 5, ИЛИС, KEE (Knowledge Engineering Environment), FRL (Frame Representation Language), KRL (Knowledge Representation Language), др.

4 этап – Проектирование

- создается один или несколько прототипов экспертной системы, решающих требуемые задачи.
- по результатам этапов тестирования и опытной эксплуатации на данном этапе создается конечный продукт, пригодный для промышленного использования
- Разработка прототипа ЭС, в основе которой лежит БЗ, состоит в программировании его компонентов (или выборе их из имеющихся инструментальных средств) и наполнении экспертом базы знаний.

Процесс приобретения знаний разделяют на:

- извлечение знаний из эксперта;
- организацию знаний, обеспечивающую эффективную работу системы;
- представление знаний в виде понятном экспертной системе.

Процесс приобретения знаний осуществляется инженером по знаниям на основе анализа деятельности эксперта по решению реальных задач.

Поэтапное проектирования версий экспертных систем	
Предварительный прототип ЭС	Система решает часть задач, демонстрируя жизнеспособность подхода (несколько десятков правил или понятий)
Псевдореальный прототип ЭС	Система решает большинство задач, но не устойчива в работе и не полностью проверена (несколько сотен правил или понятий)
Реальный прототип ЭС	Система надежно решает все задачи на реальных примерах, но для сложной задачи требует много времени и памяти
Промышленный	Система обеспечивает высокое качество решений при минимизации требуемого времени и памяти; переписывается с использованием более эффективных средств представления знаний
Коммерческая система	Промышленная система, пригодная к продаже, т.е. хорошо документирована и снабжена сервисом

Рассмотрим пример классификации методов извлечения знаний

Методы извлечения знаний, могут включать методы исследования информации, рассмотренные в теме 1.6 Методы анализ и синтеза информации. Источники и объекты передачи и получения информации: человек, печатные издания, электронные документы, аудиовизуальная продукция, IP-телефония, интернет, электронная почта, WAP, GPRS, интернет, спутниковая связь и т.д. В современном обществе большая часть передается в электронном формате. Существует множество ГОСТ РФ в которых даны определения терминов. Рассмотрим определение «электронный документ».

✓ В соответствии с ГОСТ Р 7.0.83-2013 СИБИД. Электронные издания.

Основные виды и выходные сведения даны следующие определения:

п.3.1 электронный документ: Документ в цифровой форме, для использования которого необходимы средства вычислительной техники или иные специализированные устройства для воспроизведения текста, звука, изображения.

✓ В соответствии с ГОСТ Р 52292-2004. Информационная технология. Электронный обмен информацией. Термины и определения:

4.2 Электронный документ

4.2.1 данные: Интерпретируемое формализованным способом представление информации, пригодное для коммуникации, интерпретации или обработки.

(ИСО/МЭК 2382-1)]

✓ В соответствии с ГОСТ Р 52653-2006 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения:

3.1.10 электронный документ: Документ, в котором информация представлена в электронно-цифровой форме.

Пример классификации методов извлечения знаний представлен на рисунке.



Рис.Классификация методов извлечения знаний

5 этап – Тестирование

- эксперт (инженер по знаниям) в интерактивном режиме с использованием диалоговых и объяснительных средств системы проверяет компетентность экспертной системы.
- Специалисты выделяют три аспекта тестирования:
 - тестирование входных и исходных данных;
 - логическое тестирование базы знаний;
 - концептуальное тестирование прикладной системы.

6 этап – Эксплуатация

Проверяется пригодность экспертной системы для конечных пользователей.

По результатам этого этапа может потребоваться существенная модификация экспертной системы.

виды модификации системы:

- переформулирование понятий и требований;

- переконструирование представления;
- усовершенствование прототипа.

5.1. 4. Онтология в информационных технологиях

Онтология - раздел философии, изучающий фундаментальные принципы бытия, его наиболее общие сущности и категории, структуру и закономерности.

Онтология по Груберу – это описание декларативных знаний, сделанное в виде классов с отношением иерархии между ними. Каждая интеллектуальная система может предоставлять несколько таких описаний, соответствующих различным областям декларативных знаний, хранящихся в ней и, таким образом, выступает как хранилище библиотеки онтологий. Грубер представлял, что интеллектуальные системы будут выступать как библиотеки онтологий и свободно обмениваться онтологиями между собой.

Сейчас под онтологией понимается любое описание декларативных знаний, сделанное на формальном языке и снабжённое некоторой классификацией знаний, что позволяет человеку удобно воспринимать их.

В информационных технологиях онтология – описание множества объектов и связей между ними.

Цель создания - совместное использование данных:

- экспертами в определенной предметной области,
- программными агентами;
- повторное использование знаний,
- возможность модификации,
- отделение оперативных знаний от знаний в предметной области,
- анализ знаний,
- создание спецификаций.

Разработка онтологий – описание предметной области (создание тезауруса) , использование терминов и отношений между ними.

Процесс создания онтологии включает:



- Определение класса (понятия);
- Построение иерархии класса, разбиение на подклассы;
- Создание слотов, описание допускаемых ограничений;
- Заполнение слотов.

Проверка- создание списка вопросов на которые должна ответить созданная база знаний, основанная на онтологии.

Онтология вместе с экземпляром классов образует базу знаний.

Примеры онтологий:

- терминология в различных областях (товары, услуги)
- унифицированный медицинский язык,
- унифицированные словари,
- словарь лекарств,
- язык разметки web-агентов,
- язык кодирования знаний для web-агентов осуществляющих поиск информации.

5.1.5 Технологии распознавания.

Современные информационные системы и технологии включают в себя большое количество методов, моделирующих или поддерживающих процесс интеллектуального анализа данных. К простейшим процедурам такого типа относится любая классификация количественных данных по заданным пользователям критериям, более сложные обеспечивают анализ сцен, процессов, явлений с целью выделения объектов с заданными

характеристиками или свойствами. Задачи распознавания относятся к области искусственного интеллекта.

К технологиям распознавания могут относиться области:

- ✓ компьютерное зрение,
- ✓ биометрия,
- ✓ распознавание и синтез речи.

Машинное зрение (Machine vision) – область научно-инженерных знаний, охватывающую все проблемы разработки практических систем, например:

- решение промышленных, производственных задач,
- выбор характеристик датчиков, их кол-ва и геометрии расположения,
- вопросы ориентирования,
- выбор или разработка оборудования для оцифровки и процессорной обработки,
- разработка алгоритма и их компьютерная реализация и т.д

Компьютерное зрение (Computer vision) – теория и базовые алгоритмы анализа изображения сцен, восстановление 3D структуры по 2D изображениям.

Компьютерное зрение – это комплекс задач, связанных с отслеживанием и классификацией объектов, синтеза видеоизображения.

Зрение роботов – узкая область технологий машинного зрения, обеспечивающих функционирование систем машинного зрения в условиях жестких временных ограничений.

Пример. Системы управления сложными динамическими объектами:

- самолет,

- автомобиль,
- системы контроля технических и технологических процессов на производстве,
- медицинские устройства проведения операций ,
- цифровая фотограмметрия (Photogrammetry) – измерение расстояний между объектами по 2D изображениям,
- обработка изображений (Image processing) – на входе и выходе изображение
- анализ изображений (Image analysis) – основано на работе с 2D изображениями,
- распознавание образов (Pattern recognition) – распознавание, обучение на абстрактных числовых величинах, полученных в том числе и из изображений,
- бесконтактные измерения – дистанционное измерение параметров объектов.

Примеры задач распознавания образов:

- Символы,
- штрих-коды,
- номера автомобилей,
- Лицо,
- Речь,
- Отпечатки,
- Изображения,
- локальные участки земной коры,
- классификация документов ,
- перспективными задачами обработки изображений является обработка аэрокосмических изображений (сжатие с восстановлением, сегментация,

обработка изображений), поиск, выделение и распознавание на изображении подвижных объектов заданной формы, обработка потоков изображений, обработка информации в высокопроизводительных сканерах.

Задачи распознавания имеют характерные черты.

- приведение исходных данных к виду, удобному для распознавания ;
- распознавание (указание принадлежности объекта определенному классу).
- можно вводить понятие аналогии или подобия объектов и формулировать понятие близости объектов в качестве основания для зачисления объектов в один и тот же класс или разные классы.
- трудно строить формальные теории и применять классические математические методы (часто недоступна информация для точной математической модели или эффективность от использования модели и математических методов не соизмерима с затратами).
- возможна "плохая" информация (информация с пропусками, разнородная, косвенная, нечеткая, неоднозначная, вероятностная).

Целесообразно выделить следующие типы задач распознавания.

1. Задача распознавания - отнесение предъявленного объекта по его описанию к одному из заданных классов (обучение с учителем).
2. Задача автоматической классификации - разбиение множества объектов (ситуаций) по их описаниям на систему непересекающихся классов.
3. Задача выбора информативного набора признаков при распознавании.
4. Задача приведения исходных данных к виду, удобному для распознавания.

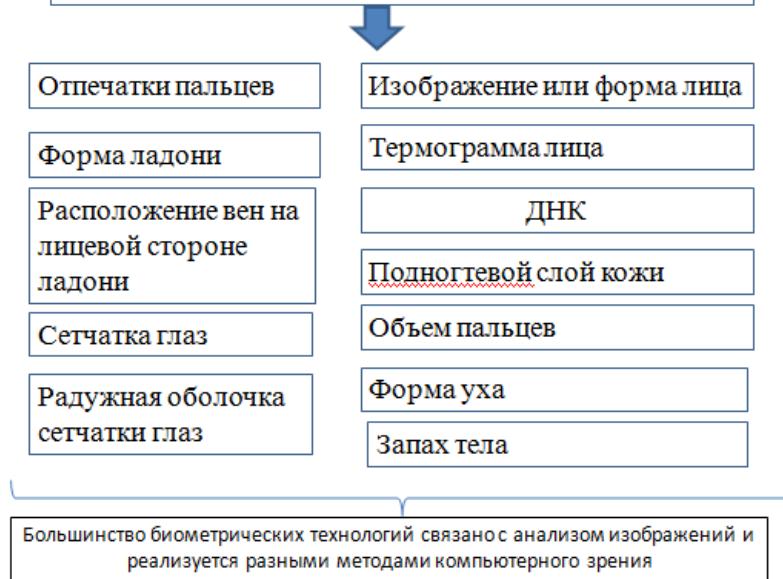
5. Динамическое распознавание и динамическая классификация - задачи 1 и 2 для динамических объектов.
6. Задача прогнозирования - это задачи 5, в которых решение должно относиться к некоторому моменту в будущем.

Примеры практических задач машинного зрения

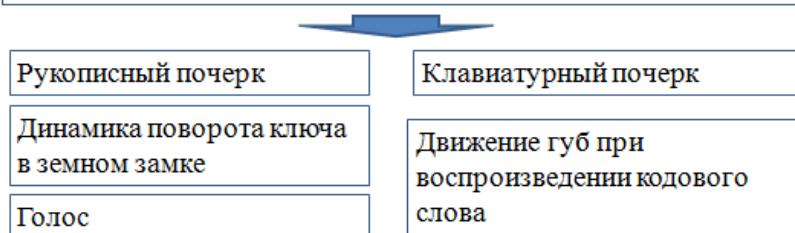
- Биометрия, машинное зрение, видеонаблюдение;
- Обработка документов, распознавание текста и штриховых кодов,
- Медицинские приложения,
- Автоматизация измерений и технический контроль.



Статические методы биометрической аутентификации



Динамические методы биометрической аутентификации – основаны на поведенческой характеристике человека, воспроизведения действия



Системы распознавания жестов

Жесты- любые движения человеческого тела

- Построение человеко-машинных интерфейсов,
- Управление различными техническими средствами,
- Управление системами виртуальной реальности.

Системы для биомеханических исследований на основе высокоскоростной стереосъемки движений человека предназначены для регистрации и анализа характеристик движений человека, измеряется траектория движения различных частей тела.

Системы слежения за положением головы и направлением взгляда

Практическое применение:

- бесконтактное управления компьютером,
- бесконтактное управление человеко-машинными системами,
- виртуальная реальность,
- система контроля направления взгляда водителя транспортного средства и т.д.

Оценивается:

- Положение головы,
- Положение глаз,
- Угол наклона головы,
- Состояние глаз(открыт/закрыт),
- Оценка направления взгляда

Автоматическое распознавание голоса является динамично развивающимся направлением в области искусственного интеллекта. Обработка естественного языка – задачи, направленные на понимание языка и генерацию текста, несущего смысл, а также общение на естественном языке при взаимодействии компьютера и человека.

Трудность использования голоса в качестве входного параметра заключается в фундаментальных различиях между человеческой речью и более традиционными формами ввода информации в компьютер. Технологии, основанные на методах голосового распознавания, имеют признаки взаимодействия: естественный язык, диалог, неограниченный словарный запас и грамматику. Распознавание устной речи относится к биометрическим способам установления личности наравне с установлением личности по отпечаткам пальцев, по сетчатке глаза.

Можно выделить несколько основных способов распознавания речи:

- ✓ Распознавание отдельных команд.
- ✓ Распознавание по грамматике.
- ✓ Поиск ключевых слов в потоке слитной речи.

- ✓ Распознавание слитной речи.
- ✓ Распознавание речи с помощью нейронных систем.

Распознавание речи является достаточно сложной задачей, так как имеется множество критериев, которые нужно учитывать при создании таких систем.

5.1.6 Современные сферы применения технологий ИИ (примеры: нейропротезирование, нейроинтерфейсы, нейросенсинг и т.п.) .

Современные информационные технологии решают задачи, связанные и с другими направлениями жизнедеятельности, помогающие человеку. Эта другая форма работы с информацией.

Нейротехнологии – технологии, которые используют или помогают понять работу мозга, мыслительные процессы, высшую нервную деятельность, в том числе технологии по усилению, улучшению работы мозга и психической деятельности.

Рассмотрим эти направления для понимания сути вопроса.

- Нейропротезирование – дисциплина, лежащая на стыке нейробиологии и биомедицинской инженерии и занимающаяся разработкой искусственных устройств нейронных протезов для восстановления нарушенных функций различных органов человека. (двигательные, сенсорные, когнитивные).

Нейронные протезы являются электронными имплантатами, которые могут восстановить двигательные, чувствительные и познавательные функции, если они были утрачены в результате травмы или болезни. Эти имплантаты обычно имеют беспроводную связь со своими протезами.

- Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) - система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством, например, компьютером. В однонаправленных интерфейсах

внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы. Двухнаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях. В основе нейрокомпьютерного интерфейса, часто используется метод биологической обратной связи.

- Нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг – класс решений, позволяющих отслеживать и влиять на нервную систему человека, посредством инвазивных и неинвазивных методов.

Источники.

1. ГОСТ Р 7.0.83-2013 СИБИД. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения даны следующие определения
2. ГОСТ Р 52292-2004. Информационная технология. Электронный обмен информацией. Термины и определения.
3. ГОСТ Р 52653-2006 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения.

5.2 Квантовые технологии

5.2.1 Основы квантовых технологий

5.2.2 Принципы квантовых вычислений.

5.2.3 Квантовые коммуникации

5.2.4 Квантовый ретранслятор

5.2.5 Квантовая телепортация

5.2.6 Квантовый интернет

5.2.7 Квантовые сенсоры.

5.2 Квантовые вычисления, коммуникации и сенсоры.

5.2.1 Основы квантовых технологий

Квантовые технологии — совокупность методов, использующих различные явления квантовой физики. Существующие уже многие десятилетия лазеры и транзисторы также можно отнести к квантовым технологиям — эти разработки часто называют плодами «первой квантовой революции». В основе функционирования этих устройств лежат явления, которые происходят на уровне макроскопического числа квантовых объектов.

Перспективы развития квантовых технологий находятся на переходном этапе. С одной стороны, это эффективные и во многом инновационные способы решения различных проблем, с другой, – существующие альтернативы не всегда уступают по качеству результата, но оказываются существенно дешевле.

Квантовые вычисления

Квантовые вычисления — это альтернатива классическим алгоритмам, основанная на процессах квантовой физики. Она гласит, что без взаимодействия с другими частицами (то есть, до момента измерения!), электрон не имеет однозначных координат на орбите атома, а одновременно находится во всех

точках орбиты. Область, в которой находится электрон, называется электронным облаком.

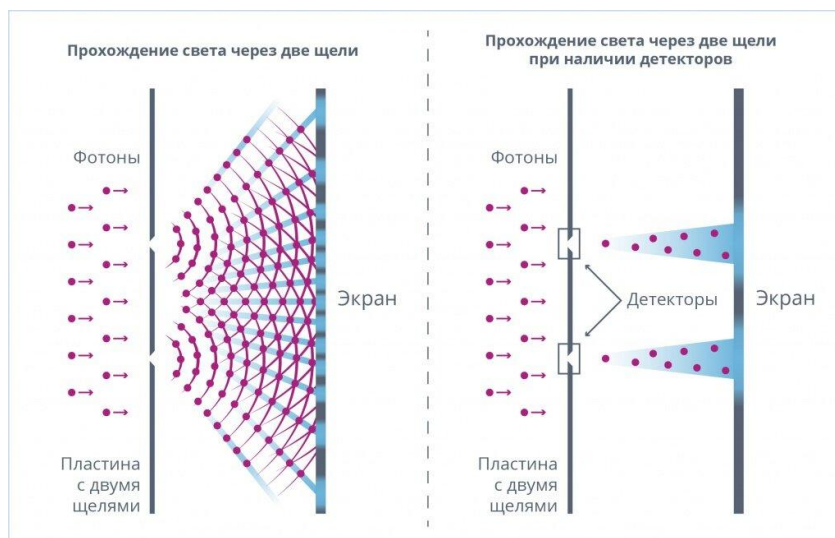


Рис.1 Эксперимент с двумя щелями

В ходе эксперимента с двумя щелями один электрон проходит одновременно через обе щели, интерферируя при этом с самим собой. Только при измерении эта неопределенность схлопывается и координаты электрона становятся однозначными. Пятиминутный видеоролик этого эксперимента можно посмотреть по ссылке [здесь](#).

В области квантовых вычислений (КВ) основным вызовом остается вопрос о возможности их полноценной реализации. Реальных квантовых компьютеров, тем более «универсальных», сейчас не существует. Сегодняшние машины на основе квантовых эффектов не способны выполнять все те задачи, с которыми справляются классические компьютеры, но в то же время и не являются по-настоящему квантовыми.

Квантовые компьютеры - это машины, которые используют свойства квантовой физики для хранения данных и выполнения вычислений. Это может быть

чрезвычайно выгодно для определенных задач, где они могут значительно превзойти даже наши лучшие суперкомпьютеры.

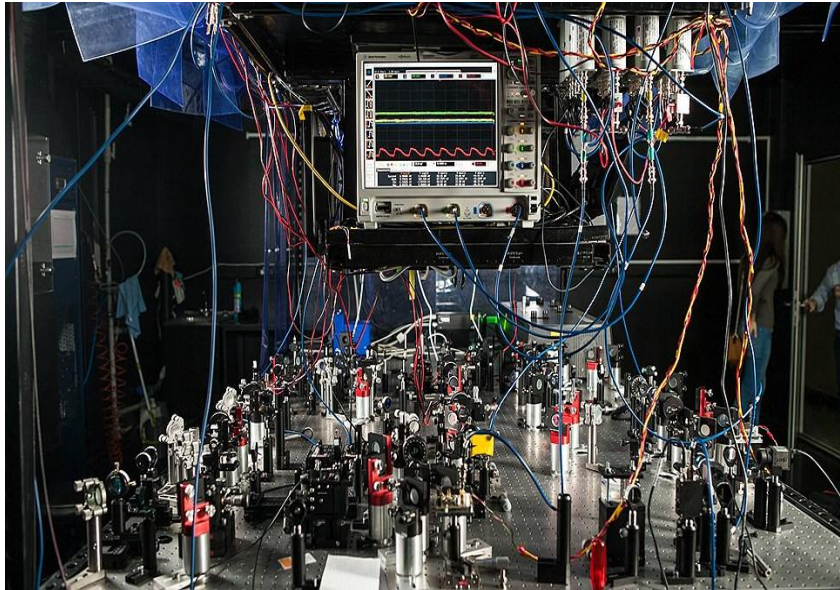


Рис.2 Квантовый компьютер.

Для той формы квантовых компьютеров, которые существуют сейчас, должна быть выбрана наиболее перспективная форма реализации. Сейчас у исследователей есть выбор как минимум из пяти архитектур, на которых может строиться квантовый компьютер:

- системы, основанные на одиночных фотонах;
- ультра-холодные атомы;
- сверхпроводящие цепи;
- спины в полупроводниках;
- захваченные ионы.

Можно назвать следующие основные направления приложений научных усилий в области квантовых вычислений:

1. Обработка больших данных, машинное обучение и искусственный интеллект. Квантовые нейронные сети, используемые для такого анализа,

опираются на реализацию кубитов и их соединений способом, похожим на связи нейронов и дендритов в мозге человека. За счет этого квантовые компьютеры и нейронные сети могут применяться для обнаружения скрытых паттернов в больших наборах данных

2. Создание эффективной квантовой памяти, что является вызовом, так как квантовое состояние кубита легко нарушить. В последнее время была предложена оптическая техника, позволяющая принципиально решать данную проблему путем использования возможностей эффекта электромагнитно индуцированной прозрачности) и демонстрации кубита на топологическом материале.
3. Разработки в области топологических квантовых вычислений позволят существенно уменьшить количество ошибок, а также сделать эти системы отказоустойчивыми.
4. Обеспечение проведения оптических квантовых вычислений при комнатной температуре сделает их более практичными для повседневного применения. Сейчас квантовые вычисления могут осуществляться при температурах не больше сотой доли Кельвина, что делает их чрезвычайно дорогостоящими.
5. Решение задач, в которых классический компьютер не применим. Такими задачами, как правило, являются варианты оптимизация систем, размеры которых заведомо превышают предел досягаемости обычных компьютеров: например, моделирование химических реакций и обучение квантовых нейросетей. Поскольку квантовый компьютер может быть использован для моделирования взаимодействия электронов в сложной молекуле, он позволит строить все более сложные модели, которые будут отображать, как молекулы собираются и кристаллизуются. Можно имитировать и анализировать атомные взаимодействия с большой точностью, что в свою очередь приведет к созданию новых и более эффективных материалов. Исследователи на ранних этапах смогут понять, будет ли молекула обладать желаемыми

свойствами, например, будет ли она связываться с ферментом или белком или катализировать определенные реакции. Это позволит в будущем найти и создать лучшие сверхпроводники и источники энергии, более мощные магниты, и т.д.

6. Поиск способов масштабирования квантового компьютера. Какие есть препятствия для этого? Например, помехи могут стать фундаментальной проблемой. Кроме того, ещё не найден простой способ управления сложными системами кубитов.
7. Работа с полиномиальным алгоритмом для решения задач факторизации, что может оказать революционное воздействие на кибербезопасность во всем мире. Факторизация простых чисел является задачей, в которой у квантовых компьютеров есть существенное преимущество перед обычными, что создает целый спектр производных задач в области криптографии и защиты данных. Так, например, на взлом PIN-кода к банковской карте у обычного компьютера уйдёт 10 миллиардов лет, а квантовый компьютер справится с этим примерно за три года.
8. Создание и оптимизация для дальнейшего использования квантовых денег. В настоящее время квантовые деньги моделируются только в лабораторных условиях. Их очевидным достоинством является высокая защищенность от несанкционированной подделки, но есть и недостатки. Главный из них 10 заключается в особой чувствительности. Код со временем может меняться под воздействием внешних факторов.
9. Миниатюризация и персонализация квантового компьютера. Хотя ученые предсказывают, что после 2040 г. мы будем, вероятно, жить в мире, в котором квантовый компьютер станет массовым и универсальным, сейчас единственной компанией, продающей коммерческие квантовые компьютеры (не являющиеся, впрочем, в полной мере квантовыми), является канадская D-

Wave. Стоимость 2000-кубитного компьютера этой фирмы в 2017 г. составляла около 15 миллионов долларов.

Источники.

[1]:<https://www.osp.ru/os/2019/03/13055130/>

[2]:<http://www.pitt.edu/~budny/papers/245.pdf>

[3]:<https://habr.com/ru/company/sberbank/blog/343308/>

[4]:<https://futurism.com/google-is-closer-than-ever-to-a-quantum-computer-breakthrough/>

5.2.2 Принципы квантовых вычислений

Кубит

Современные компьютеры используют биты - поток электрических или оптических импульсов, представляющих 1 или 0. Все от ваших твитов и электронных писем до ваших песен в iTunes и видео на YouTube - это по существу длинные строки этих двоичных цифр.

Квантовые компьютеры, с другой стороны, используют кубиты, которые обычно являются субатомными частицами, такими как электроны или фотоны. Генерация и управление кубитами - это научная и инженерная задача. Некоторые компании, такие как IBM, Google и Rigetti Computing, используют сверхпроводящие схемы, охлажденные до температур, более низких, чем в космосе. Другие, такие как IonQ, удерживают отдельные атомы в электромагнитных полях на кремниевом чипе в сверхвысоковакуумных

камерах. В обоих случаях цель состоит в том, чтобы изолировать кубиты в контролируемом квантовом состоянии.

Кубиты имеют некоторые причудливые квантовые свойства, которые означают, что связанная группа из них может обеспечить гораздо большую вычислительную мощность, чем такое же количество двоичных битов. Одно из этих свойств известно как суперпозиция, а другое – запутывание.

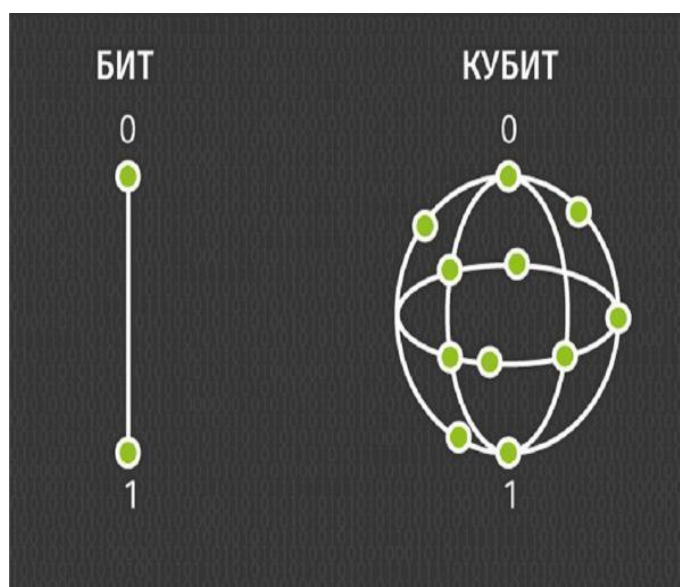


Рис.3 Бит и кубит.

Суперпозиция

Кубиты могут представлять множество возможных комбинаций 1 и 0 одновременно. Эта способность одновременно находиться в нескольких состояниях называется суперпозицией. Чтобы поместить кубиты в суперпозицию, исследователи манипулируют ими, используя точные лазеры или микроволновые лучи. Благодаря этому противоречивому явлению квантовый компьютер с несколькими кубитами в суперпозиции может одновременно обрабатывать огромное количество потенциальных результатов.

Окончательный результат вычисления появляется только после измерения кубитов, что немедленно приводит к их коллапсу их квантового состояния, равному 1 или 0.

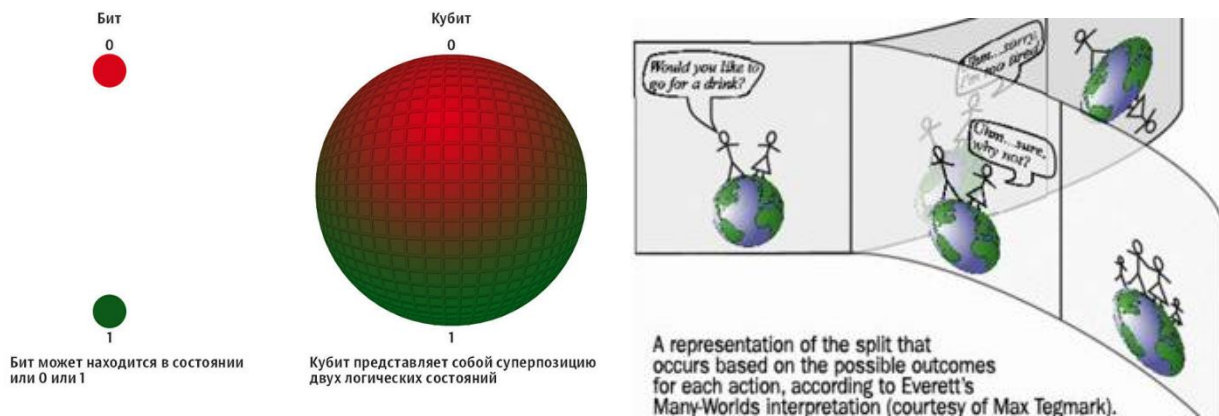


Рис. 4 Пример квантовой суперпозиции

Запутывание

Исследователи могут генерировать пары «запутанных» кубитов, что означает, что два члена пары существуют в одном квантовом состоянии. Изменение состояния одного из кубитов мгновенно изменит состояние другого предсказуемым образом. Это происходит, даже если они разнесены на очень большие расстояния.

Никто на самом деле не знает, как и почему работает запутывание. Это даже сбilo с толку Эйнштейна, который, как известно, назвал это «жутким действием на расстоянии». Но это ключ к мощности квантовых компьютеров. В обычном компьютере удвоение числа бит удваивает его вычислительную мощность. Но благодаря запутанности добавление дополнительных кубитов к квантовой машине приводит к экспоненциальному увеличению ее способности к сокращению чисел.

Квантовые компьютеры используют запутанные кубиты в своего рода цепочке квантовых последовательностей, чтобы творить свою магию. Способность машин ускорять вычисления с использованием специально разработанных квантовых алгоритмов - вот почему так много шума по поводу их потенциала. Это хорошие новости. Плохая новость в том, что из-за декогеренции квантовые машины более подвержены ошибкам, чем классические компьютеры.

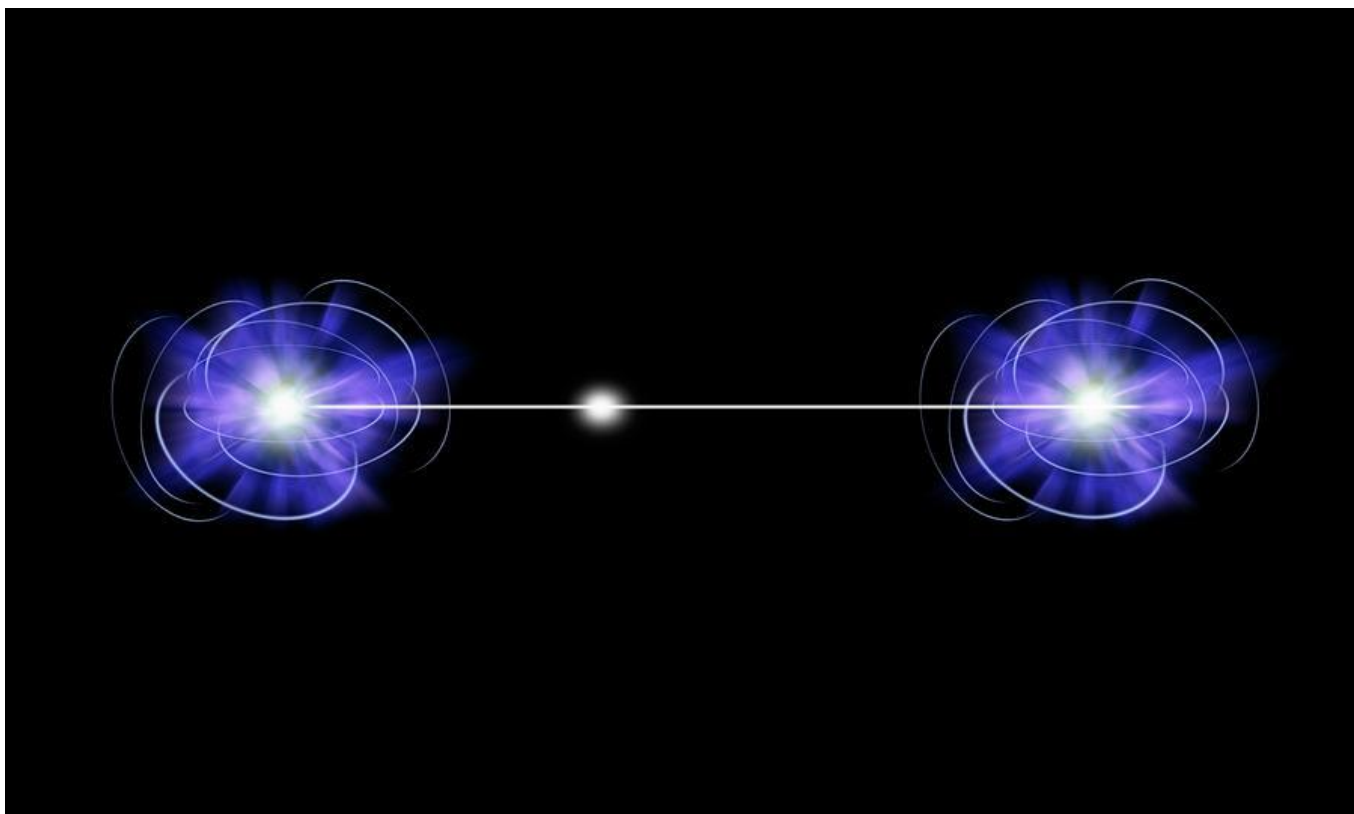


Рис. 5 Квантовая запутанность

Декогеренция

Взаимодействие кубитов с их средой таким образом, что их квантовое поведение затухает и в конечном итоге исчезает, называется декогеренцией. Их квантовое состояние чрезвычайно хрупкое. Малейшая вибрация или изменение температуры - помехи, известные как «шум» в квантовой речи, - могут заставить их выйти из суперпозиции до того, как их работа будет выполнена должным образом. Вот почему исследователи делают все возможное, чтобы

защитить кубиты от внешнего мира в этих переохлажденных холодильниках и вакуумных камерах.

Но, несмотря на их усилия, шум все еще приводит к появлению множества ошибок в расчетах. Умные квантовые алгоритмы могут компенсировать некоторые из них, и добавление большего количества кубитов также помогает. Однако для создания единого высоконадежного кубита, известного как «логический», вероятно, потребуются тысячи стандартных кубитов. Это значительно сократит вычислительные возможности квантового компьютера.

И здесь есть одна проблема: до сих пор исследователи не смогли сгенерировать более 128 стандартных кубитов. Таким образом, у нас еще много лет, чтобы получить квантовые компьютеры, которые будут широко полезны.

5.2.3 Квантовые коммуникации

Едва неделя проходит без сообщений о каком-то новом мега-хаке, который раскрыл огромные объемы конфиденциальной информации: от данных кредитных карт людей и медицинских записей до ценной интеллектуальной собственности компаний. Угроза, создаваемая кибератаками, заставляет правительства, военные и бизнес искать более безопасные способы передачи информации.

Сегодня конфиденциальные данные обычно шифруются, а затем отправляются по оптоволоконным кабелям и другим каналам вместе с цифровыми «ключами», необходимыми для декодирования информации. Данные и ключи отправляются в виде классических битов - потока электрических или

оптических импульсов, представляющих 1 и 0. И это делает их уязвимыми. Умные хакеры могут читать и копировать биты в пути, не оставляя следов.

Квантовая коммуникация использует преимущества законов квантовой физики для защиты данных. Эти законы позволяют частицам - обычно фотонам света для передачи данных по оптическим кабелям - переходить в состояние суперпозиции, что означает, что они могут представлять несколько комбинаций 1 и 0 одновременно. Частицы известны как квантовые биты или кубиты.

Прелесть кубитов с точки зрения кибербезопасности заключается в том, что если хакер пытается наблюдать их в пути, их сверххрупкое квантовое состояние «разрушается» до 1 или 0. Это означает, что хакер не может вмешиваться в кубиты, не оставляя позади контрольный признак активности.

Некоторые компании воспользовались этим свойством для создания сетей для передачи высокочувствительных данных на основе процесса, называемого распределением квантовых ключей. Теоретически, по крайней мере, эти сети очень безопасны.

Что такое квантовое распределение ключей?

Квантовое распределение ключей включает в себя отправку зашифрованных данных в виде классических битов по сетям, в то время как ключи для расшифровки информации кодируются и передаются в квантовом состоянии с использованием кубитов.

Для реализации квантового распределения ключей были разработаны различные подходы или протоколы. Широко используемый, известный как BB84, работает следующим образом. Представьте двух человек, Алису и Диму.

Алиса хочет безопасно отправить данные Диме. Для этого она создает ключ шифрования в форме кубитов, чьи состояния поляризации представляют отдельные битовые значения ключа.

Кубиты могут быть отправлены Диме через оптоволоконный кабель. Сравнивая измерения состояния доли этих кубитов - процесс, известный как «просеивание ключа» - Алиса и Дима могут установить, что они держат один и тот же ключ.

По мере того как кубиты перемещаются к месту назначения, хрупкое квантовое состояние некоторых из них разрушается из-за декогеренции. Чтобы учесть это, Алиса и Дима затем проходят через процесс, известный как «перегонка ключа», который включает в себя расчет, достаточно ли высока частота ошибок, чтобы предположить, что хакер попытался перехватить ключ.

Если это так, они отказываются от подозрительного ключа и продолжают генерировать новые, пока не будут уверены, что они используют общий ключ безопасности. Затем Алиса может использовать ее для шифрования данных и отправлять их в классических битах Диме, который использует свой ключ для декодирования информации.

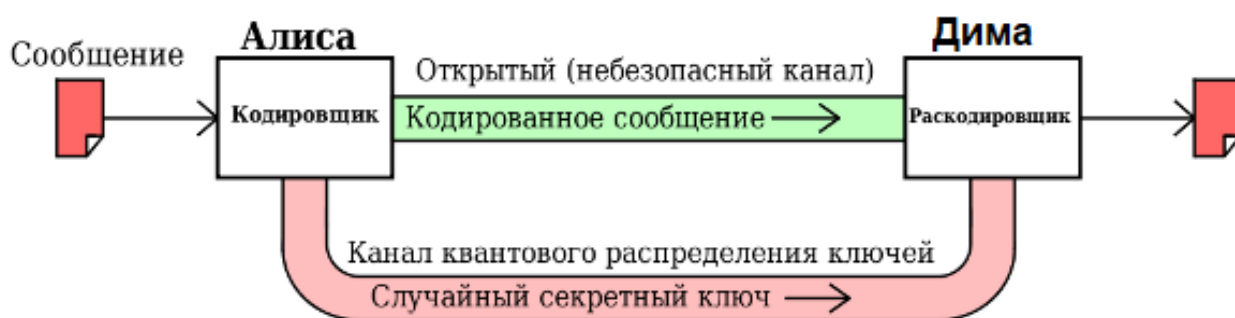


Рис. 6 Работа квантового распределения ключей

Мы уже начинаем видеть появление новых сетей квантовых ключей. Самый длинный находится в Китае, который может похвастаться 2 032-километровым

(1263-мильной) наземным сообщением между Пекином и Шанхаем. Банки и другие финансовые компании уже используют его для передачи данных. В США стартап под названием Quantum Xchange заключил сделку, предоставив ему доступ к оптоволоконному кабелю длиной 500 миль (805 километров), проложенному вдоль восточного побережья для создания сети распределения квантовых ключей. Первоначальный этап свяжет Манхэттен с Нью-Джерси, где многие банки имеют крупные центры обработки данных.

Хотя квантовое распределение ключей относительно безопасен, было бы еще безопаснее, если бы он мог рассчитывать на квантовые повторители.

5.2.4 Квантовый ретранслятор

Материалы в кабелях могут поглощать фотоны, что означает, что они обычно могут путешествовать не более нескольких десятков километров. В классической сети повторители в различных точках вдоль кабеля используются для усиления сигнала, чтобы компенсировать это.

Сети QKD придумали подобное решение, создавая «доверенные узлы» в различных точках. Например, в сети Пекин-Шанхай их 32. На этих путевых станциях квантовые ключи дешифруются в биты, а затем повторно шифруются в новом квантовом состоянии для их перехода к следующему узлу. Но это означает, что доверенным узлам нельзя доверять: хакер, нарушивший безопасность узлов, может скопировать необнаруженные биты и, таким образом, получить ключ, равно как и компания или правительство, управляющее узлами.

В идеале нам нужны квантовые ретрансляторы или станции с квантовыми процессорами в них, которые позволили бы ключам шифрования оставаться в

квантовой форме при их усилении и передаче на большие расстояния. Исследователи продемонстрировали, что в принципе возможно создание таких повторителей, но они еще не смогли создать работающий прототип.

Есть еще одна проблема с квантовым распределением ключей. Базовые данные все еще передаются в виде зашифрованных битов по обычным сетям. Это означает, что хакер, нарушивший сетевую защиту, может скопировать необнаруженные биты, а затем использовать мощные компьютеры, чтобы попытаться взломать ключ, используемый для их шифрования.

Самые мощные алгоритмы шифрования довольно надежны, но риск достаточно велик, чтобы побудить некоторых исследователей заняться альтернативным подходом, известным как квантовая телепортация.

5.2.5 Квантовая телепортация

Это может звучать как научная фантастика, но это реальный метод, который предполагает передачу данных полностью в квантовой форме. Подход основан на квантовом явлении, известном как запутывание.

Квантовая телепортация работает, создавая пары запутанных фотонов, а затем отправляя одну из каждой пары отправителю данных, а другую - получателю. Когда Алиса получает свой запутанный фотон, она позволяет ему взаимодействовать с «кубитом памяти», который содержит данные, которые она хочет передать Диме. Это взаимодействие меняет состояние ее фотона, и поскольку оно запутано с Димой, взаимодействие мгновенно также меняет состояние его фотона.

По сути, это «телепортирует» данные из кубита памяти Алисы от ее фотона к Диме.

Квантовая телепортация

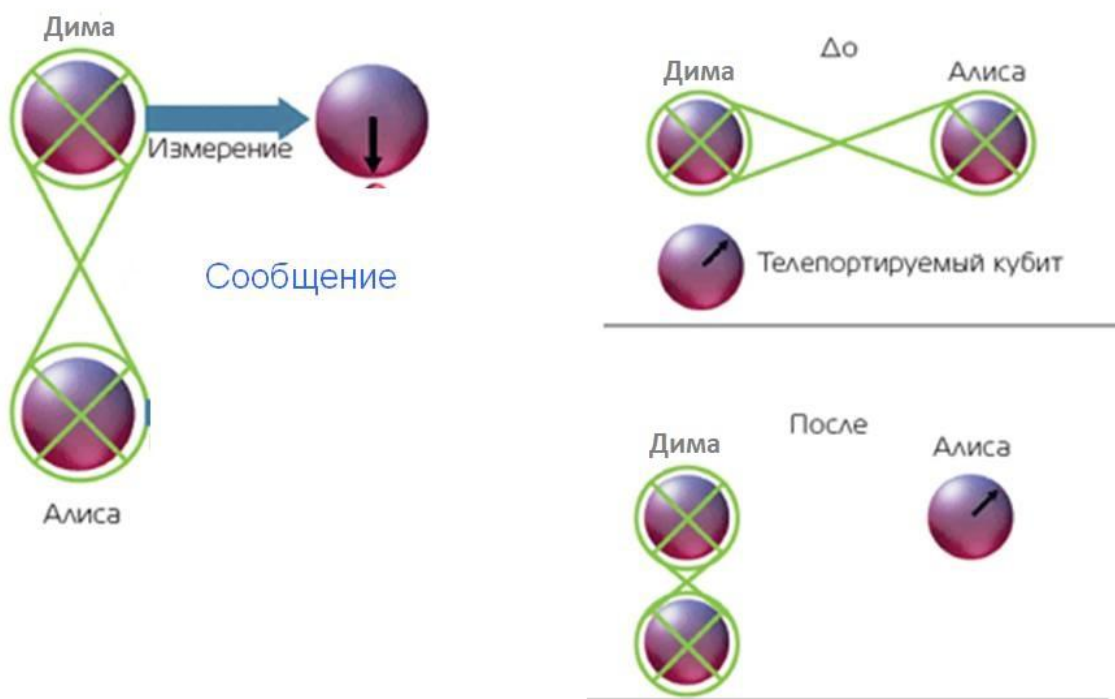


Рис. 7 Работа квантовой телепортации

Исследователи из США, Китая и Европы стремятся создать сети телепортации, способные распространять запутанные фотоны. Но получить их в масштабе будет огромной научной и технической проблемой. Многочисленные препятствия включают поиск надежных способов создания большого количества связанных фотонов по требованию и поддержание их запутывания на очень больших расстояниях - то, что квантовые ретрансляторы облегчили бы.

Тем не менее, эти проблемы не помешали исследователям мечтать о будущем квантовом интернете.

5.2.6 Квантовый интернет

Как и в традиционном Интернете, это будет глобальная сеть сетей. Большая разница в том, что базовые сети связи будут квантовыми.

Он не заменит интернет, как мы его знаем сегодня. Фотографии кошек, музыкальные клипы и большая часть нечувствительной деловой информации будут все еще перемещаться в форме классических битов. Но квантовый интернет понравится организациям, которым необходимо хранить особо ценные данные в безопасности. Это также может быть идеальным способом связать информацию, передаваемую между квантовыми компьютерами, которая все чаще становится доступной через вычислительное облако.

Китай находится в авангарде толчка к квантовому интернету. Несколько лет назад он запустил специальный спутник квантовой связи под названием *Micius*, а в 2017 году спутник помог организовать первую в мире межконтинентальную видеоконференцию с защитой квантовых распределений ключей между Пекином и Веней. Наземная станция уже связывает спутник с наземной сетью Пекин-Шанхай. Китай планирует запустить больше квантовых спутников, а несколько городов страны планируют создание муниципальных сетей квантовых распределение ключей.

Некоторые исследователи предупреждают, что даже полностью квантовый Интернет может в конечном итоге стать уязвимым для новых атак, которые сами по себе основаны на квантовых данных. Но, столкнувшись с хакерской атакой, от которой страдает современный интернет, предприятия, правительства и вооруженные силы будут продолжать изучать дразнящую перспективу более безопасной квантовой альтернативы.

5.2.7 Квантовые сенсоры

Квантовые сенсоры — высокочувствительные приборы, основанные на регистрации индивидуальных квантовых эффектов, то есть квантовых эффектов, касающихся отдельных квантовых систем. Примерами таких сенсоров будут лавинный однофотонный детектор и квантовый датчик случайных чисел.

На практике давно используют коллективные квантовые эффекты, которые основаны на участии в них большого числа квантовых объектов: электронов, атомных ядер, нейтронов, фотонов и других. Именно на их основе работают транзисторы, диоды и микросхемы, так мы получаем действие, осязаемое на макроскопическом уровне, например, видим луч лазера или регистрируем ток в полупроводниках компьютера. Разработать приборы, которые улавливают изменения в отдельных квантовых системах на уровне микромира, намного сложнее.

Назначение квантовых сенсоров

Квантовые сенсоры невероятно миниатюрные и чувствительные. Большие перспективы ждут их в медицине и биологии: анализ генома, диагностика заболеваний, в том числе онкологических, исследование процессов, происходящих в теле человека, внутренних органов, тканей, клеток и молекул.

Кроме того, высокочувствительные датчики нового поколения будут применять и в других областях: навигация (космическая отрасль, беспилотный транспорт), оборона и безопасность, геологоразведочные работы, нефтедобыча и строительство, технологии интернета вещей.



Рис. 8 Области использования квантовых сенсоров

Среди основных направлений научных исследований и разработок в области квантовых сенсоров можно назвать:

1. Использование дефектных алмазов как основы для сверхчувствительных квантовых сенсоров.

Дефектными считаются алмазы, в которых есть пустоты, со временем заполняющиеся атомами азота. Азотные пустоты ведут себя как «суператомы», встроенные в решетку алмаза. Они обеспечивают полный контроль их взаимодействия с окружающими ядерными спинами, что позволяет создавать крупномасштабные запутанные состояния между электронами и ядрами. Такие состояния могут обеспечить высокоточные измерения электромагнитного поля на наноуровне.

Одно из применений этой технологии – создание квантовых нейроинтерфейсов. Сверхчувствительные сенсоры магнитного поля для магнитокардиографии уже созданы, но на пути к серийному производству и переходу на уровень мозга предстоит еще много сделать: нужно, например, заставить сенсоры не «слышать» магнитное поле Земли, поля электрических и электронных приборов – весь тот магнитный шум, который нас постоянно окружает.

Плазмонные датчики могут обеспечить необходимое для этого микронное пространственное разрешение, но за это надо будет платить снижением чувствительности.

2. Разработка многоспектральных сенсоров во всех диапазонах, например, для неразрушающего строительного контроля. На основе этих технологий могут быть разработаны квантовые гравитационные поля и датчики наклона. Они могут использоваться для построения 3D-карты плотности материала вокруг них, что окажет значительное влияние на строительный и нефтегазовый сектор, позволяя рабочим насквозь просматривать землю для выявления скрытых объектов, которые невозможно обнаружить с использованием альтернативных технологий.
3. Полноценное распознавание видеообразов на основе квантовых технологий. Оно основано на сложных математических алгоритмах, которые преобразуют изображения в данные. Далее специальное ПО может определять, являются ли наблюдаемые события нормальными, или они должны быть помечены как требующие оповещения сотрудников службы безопасности или полиции или, например, содержат важные данные для бизнеса. Квантовые сенсоры смогут найти применение в медицине, фармацевтике, интернете вещей, оборонной промышленности, в космосе и при создании роботов, ЖКХ, ритейле, системах “умного дома”, электрических автономных автомобилях, а также различных вопросах безопасности.

Интересную разработку создали ученые США, Канады и Германии. Исследователи реализовали квантовый гравиметр, который поможет в поиске

нефти и других полезных ископаемых. Устройства с ним смогут обнаружить пустоты под землей, что сделает работу в шахтах безопаснее.

Другим примером коммерциализации этих приборов служит счетчик фотонов, разработанный под руководством Григория Гольцмана, профессора Московского педагогического государственного университета (МПГУ) и сооснователя компании СКОНТЕЛ. Его использует РКЦ для своих разработок в сфере квантовой криптографии. Особенность применяемой системы квантовой криптографии в том, что сигнал кодируется на одиночных фотонах, когда один бит записывается на один фотон. Детекторы очень чувствительны, они с высокой вероятностью показывают, когда фотон есть, и не показывают шум, когда фотона нет.

Квантовые сенсоры могут использоваться в системах квантовой криптографии для обеспечения случайности квантовых ключей. Например, квантовый генератор случайных чисел, который создали физики МГУ в 2017 году. Он работает с высокой производительностью и обеспечивает непредсказуемость ключей, гарантированную законами квантовой механики. Среди зарубежных разработчиков квантовых сенсоров можно выделить три компании: Microsemi Corp. (США), Oscilloquartz S.A. (Швейцария), Supracon AG (Германия).

Источники

- How Do Quantum Computers Work? // [Электронный ресурс]
URL: <https://www.sciencealert.com/quantum-computers>
- Explainer: What is a quantum computer? // [Электронный ресурс]
URL: <https://www.technologyreview.com/2019/01/29/66141/what-is-quantum-computing/>
- What is quantum communication? // [Электронный ресурс]

URL: <https://www.technologyreview.com/2019/02/14/103409/what-is-quantum-communications/>

Бизнес на квантах: как квантовые технологии изменят экономику //

URL: https://zen.yandex.ru/media/mcs/biznes-na-kvantah-kak-kvantovye-tehnologii-izmeniat-ekonomiku-5e2ff2ecaad43600ad4a2865?utm_source=serp

● Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «квантовые технологии» // [Электронный ресурс]

URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019kvantyi.pdf>

[1] <http://www.pitt.edu/~budny/papers/245.pdf>

[2] <https://futurism.com/google-is-closer-than-ever-to-a-quantum-computer-breakthrough/>

[3] <http://cen.acs.org/articles/95/i23/Tiny-temperature-sensors.html>

[4] <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101632/lbna28103enn.pdf>

[5]

http://www.acq.osd.mil/rd/basic_research/references/docs/Future_Directions_Quantum.pdf

[6] <https://www.somethingpossible.com/mind-uploading-5.html>

[7] <https://upside.tdwi.org/articles/2017/03/24/intelligent-video-key-to-analyzing-big-videodata.aspx>

[8] <https://www.technologyreview.com/s/417362/physicist-discovers-how-to-teleport-energy/>

[9] <https://www.ferra.ru/ru/techlife/news/2017/05/26/russian-quantum-blockchain/>

5.3 Новые производственные технологии.

5.3.1 Современные направления производственных технологий.

5.3.2 Системные требования к организации работы новых производственных технологий.

5.3.3 Отличительные характеристики умных производств.

5.3.4 Цифровое проектирование и моделирование

5.3.5. Технологические задачи цифрового проектирования

5.3.6 Опыт внедрения технологии сквозного цифрового проектирования

5.3.7 3D-моделирование в современном мире

5.3.8 Технология Digital Twin

5.3.9 Области применения цифровых двойников

5.3.10 Классификация «двойников»

5.3.11 Система PLM

5.3.12 Система MES

5.3 Новые производственные технологии.

5.3.1 Современные направления производственных технологий.

Невозможно представить свою жизнь без различных современных технологий, гаджетов и электронных устройств. Они стали неотъемлемой частью жизни людей и применяются в различной деятельности человека. Технический прогресс продолжает развиваться, и с каждым днём мы можем наблюдать за новинками и совершенствованиями в электронной технике, новыми открытиями в информационной сфере. Экономическая деятельность также тесно связана с технологией основного производства. Будущим инженерам, экономистам, менеджерам, способным работать в различных отраслях промышленности, важно не только знать основные закономерности производственных технологий, но также свободно ориентироваться в общих технических и технологических вопросах. В связи с этим стоит достаточно важный вопрос о необходимости изучения новых появляющихся технологий производства, чтобы

иметь, как минимум, базовое представление о каждой из них для возможности сравнения и анализа.

Новые производственные технологии — совокупность новых, с высоким потенциалом, демонстрирующих стремительное развитие, но имеющих пока по сравнению с традиционными технологиями относительно небольшое распространение, новых подходов, материалов, методов и процессов, которые используются для проектирования и производства глобально конкурентоспособных и востребованных на мировом рынке продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т. д.).

5.3.2 Системные требования к организации работы новых производственных технологий

Для организации работы умного производства существует минимальный набор средств, без которых, в наших реалиях, функционирование системы устроить попросту невозможно. К таковым относятся сенсоры, датчики (рис.9), а также сетевые технологии (рис.10).

Датчики позволяют умной среде собирать информацию о своем окружении, подобно органам чувств живых организмов. Распределенное расположение сенсоров является необходимым условием для того, чтобы система считалась “средой”, а не единичным устройством. Существует значительное число определений понятия “сенсор”, во многом благодаря тому, что к сенсорам можно отнести огромное число устройств, в том числе практически все измерительные приборы, начиная с самых простых, таких как отвес или термометр. Здесь определением сенсора может служить следующее: "Сенсор

представляет собой устройство, преобразующее изменения в объекте наблюдения в информацию для пользователя".

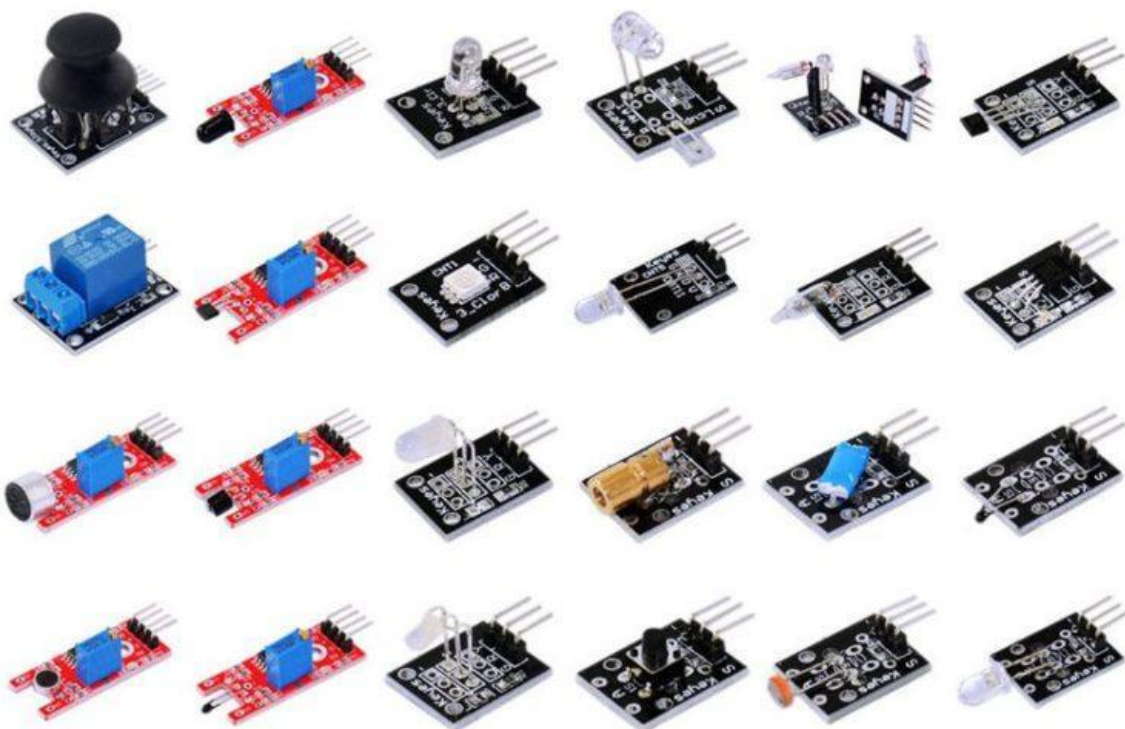


Рис.9: Модули, используемые вместе с микрокомпьютером Arduino

Интеграция систем сенсоров и актуаторов в умные среды обеспечивается развитыми системами компьютерных сетей. В рамках различных проектов создания умных сред используются различные виды как проводных, так и беспроводных сетей. Технологии персональных беспроводных сетей (Wireless Personal Network), такие как [Bluetooth](#), [ZigBee](#) и [IrDa](#), востребованы в сфере взаимодействия между элементами умной среды и системами управления и диагностики умной среды на ближнем расстоянии. Координация работы умных сред средних масштабов (от промышленного предприятия и здания до небольшого участка транспортной сети) обычно осуществляется с помощью беспроводных локальных сетей (Wireless Local Network), таких как [Wi-Fi](#). При применении умных сред в сфере управления транспортными потоками используются беспроводные сети масштаба города (Wireless Metropolitan Area

Networks) – [WiMax](#) и беспроводные глобальные сети (Wireless Wide Area Network).

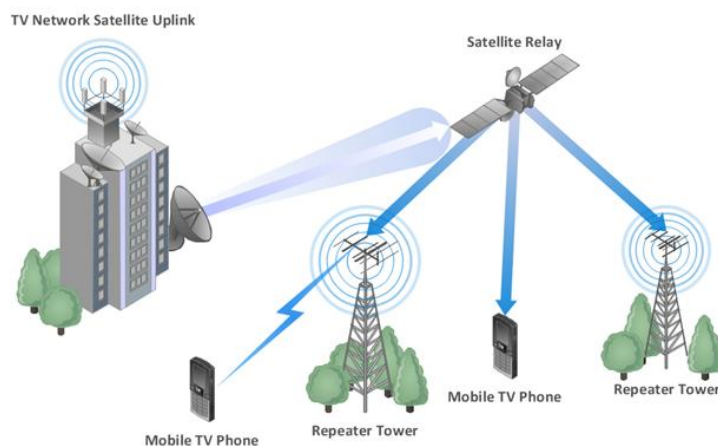


Рис.10: Наглядное представление работы Wireless Wide Area Network

Использование подобного рода инструментов позволяет программным приложениям умного предприятия действовать в зависимости от контекста производственного процесса. Под контекстом понимается любая информация, которая может быть использована для описания ситуации, в которой находится рассматриваемый объект. Объектами являются предметы реального мира, т.е. необходимо соотносить виртуально проистекающие процессы с реальными объектами, которые имеют физические характеристики (в т.ч. положение в пространстве). Технологии производства микроскопических сенсоров и беспроводных коммуникаций позволяют собирать больше информации об объектах реального мира. В свою очередь вызываемые реально произошедшими событиями автоматические сбор и распределение информации, знаний и задач между всеми рабочими местами обуславливают становление идеи умного предприятия. Вышеописанное позволяет определить цель функционирования умных машин как прогнозирование и предупреждение о возникновении условий, которые потенциально могут снизить производительность, точность или качество производства. Это означает, что такое оборудование должно вести себя так же, как человек с опытом выполнения определенного процесса, т. е. определять отклонения от нормального выполнения процесса (для этого оно

должно быть чувствительно к силовому воздействию, вибрации и температуре) и предлагать возможные пути решения.

5.3.3 Отличительные характеристики умных производств

В качестве отличительных черт умных производств выделяются следующие:

1. Способность к умному действию и умному реагированию, максимально увеличивающим техническую эффективность, эффективность затрат и выгоду благодаря планированию, постоянному мониторингу операций и непрерывному обучению;
2. Оперативные активы — работники, завод, оборудование, операционные модели и базы данных — интегрированы и осведомлены о своем состоянии благодаря системе сенсоров. Периферийные устройства, исполнительные механизмы и производственное оборудование обладают способностями к обработке информации и оснащены сенсорами для автоматического самоанализа. Каждое устройство способно определить свое состояние и сообщить об этом всем связанным с ним устройствам;
3. Оборудование умного производства способно обнаружить внештатные ситуации и приспособиться к ним. Благодаря постоянному мониторингу и применению полученного знания, система обладает способностью адекватно функционировать в зависимости от меняющихся обстоятельств, таких как внезапное прерывание рабочих процессов, изменений в свойствах получаемого сырья и т.п.;
4. Оборудование обладает полным доступом к необходимой информации в любое время работы;
5. Для предотвращения аварий в рамках “умного” производства осуществляется сбор информации в реальном времени;

6. Система обладает способностью к оперативному реагированию на изменения в технологическом процессе и неполадки;
7. Умное производство является экологически устойчивым, использует рециклинг и обладает минимальным воздействием на окружающую среду;
8. Необходимой чертой умного производства является высококвалифицированная рабочая сила;
9. Система обладает пониманием границ автоматического действия и снабжает всей необходимой информацией операторов и управленцев для принятия необходимых решений;
10. Работники умного производства обучены для осуществления действий, обеспечивающих стратегическую эффективность предприятия.

Ряд упомянутых выше элементов свойственен лучшим практикам лидирующих производств. Отсутствие полномасштабных промышленных образцов умных сред в производстве делает концепцию умного производства во многом идеальной ситуацией, нежели каким-либо стандартом. Такая ситуация, скорее всего, сохранится до первичного распространения умных сред в промышленности, после чего это понятие сможет быть более точно определено. С технической и организационной точки зрения для реализации умных производств должен быть выполнен ряд условий:

1. Дальнейшее улучшение, удешевление и автономизация умных устройств;
2. Развитие сетевых протоколов, в частности переход от IPv4 к IPv6;
3. Развитие мобильных устройств, позволяющих осуществлять распределенные вычисления (без опоры на центральные серверы). Архитектура мобильных устройств должна быть способна к улучшениям без перепрограммирования всей производственной системы;

4. Развитие системы открытых стандартов связи, поддерживаемых всеми производителями устройств, а также стандартов взаимодействия между электронными устройствами и автоматическими системами планирования.

Потенциал развития и использования технологии умного производства практически безграничен. Но большинство технологий умных сред всё ещё находятся на достаточно раннем этапе своего развития, им еще предстоит преодолеть многие ограничения технического и регулятивного характера. Но при этом уже сегодня существуют отдельные примеры их эффективного применения в промышленности, на транспорте и в энергетике. Об этом свидетельствуют соответствующие программы и проекты в США, Европейском союзе, прочих странах ОЭСР, гибкие инструменты государственной политики, созданная нормативно-правовая база, включающая необходимые стандарты. В России, конечно, существует значительный потенциал развития умных сред, однако пока он сдерживается сложившейся в советский период моделью производства, масштабным выбытием исследовательских центров и конструкторских бюро в 1990-е годы, слабой развитостью электронной промышленности. Исходя из этого можно сказать, что уже в ближайшее время можно ожидать первые глобальные задействования технологии Smart Manufacturing, которое и приведёт к той самой 4-ой промышленной революции.

ИСТОЧНИКИ

1. “Производственные технологии”, А.В.Мовшович [Электронный ресурс]. - URL: <https://studfile.net/preview/5271116/>
2. “Умное производство” [Электронный ресурс].
3. “Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing”, Dominik Lucke [Электронный ресурс]. - URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84800-267-8_23
4. “On the Journey to a Smart Manufacturing Revolution”, Conrad Leiva [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/systems-integration/article/21967056/on-the-journey-to-a-smart-manufacturing-revolution?page=2>
5. “Smart factory - умное производство” [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/smart-factory>

6. “Фабрики будущего” [Электронный ресурс]. - URL: <https://technet-nti.ru/article/fabriki-buducshego>
7. “Smart factory - интеллектуальная система управления производством” [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.kg.ru/solutions/smart-factory/>
8. “How industrial edge insights software works” [Электронный ресурс]. - URL: <https://software.intel.com/content/www/ru/ru/develop/articles/get-started-with-the-ai-ready-vision-kit-for-smart-manufacturing.html>
9. “Производственные технологии” [Электронный ресурс]. - URL: http://infomanagement.ru/lekcija/Proizvodstvenie_tehnologii
10. “What is digital manufacturing?” [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-digital-manufacturing>
11. “Что такое Промышленный интернет вещей (IIoT)?” [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.hpe.com/ru/ru/what-is/industrial-iiot.html>

5.3.4 Разновидности новых технологий.

Рассмотрим существующие новые технологии и направления

- Технология Smart Manufacturing
- Цифровое производство Digital Manufacturing
- Промышленный Интернет вещей Industrial Internet of Things.
- Облачные сервисы Cloud Services

Технология Smart Manufacturing

Умное производство (англ. Smart Manufacturing) — это максимально интенсивное и всеобъемлющее использование сетевых информационных технологий и киберфизических систем на всех этапах производства продукции и её поставки. Понятие умного производства сформировалось совсем недавно и не имеет устоявшегося значения.

Одно из основополагающих определений умного производства сформулировали учёные из Штутгартского университета в своей работе ["Умные предприятия - шаг к новому поколению производства"](#). Согласно трактовке учёных, умное

производство — это система производства, способная учитывать контекст и помогать людям и машинам в решении их задач, благодаря масштабному внедрению информационно-коммуникационных технологий в систему управления рабочим процессом.

Умное производство неразрывно связано с [“Индустрией 4.0”](#) – понятием, появившимся в стратегии немецкого правительства по развитию высоких технологий, предполагающей компьютеризацию производства. “Индустрия 4.0” — это современный тренд на автоматизацию производства с широким использованием облачных технологий, [Интернета вещей \(IIoT\)](#) и киберфизических систем. Так, приход «Индустрии 4.0» невозможен без массового распространения умного производства.

Многие связывают развитие и утверждение «Индустрии 4.0» с четвёртой промышленной революцией. Интересно, что концепция четвёртой революции уже существует несмотря на то, что на сегодняшний день еще не завершена третья.

Умное производство предполагает использование следующих технологий (рис.11):

1. Умные машины, способные обмениваться информацией с другими производственными системами и работать с высокой степенью автономности, и продвинутые роботы;
2. Индустриальный интернет вещей. Устройства и технологии, обеспечивающие интернет-соединение для всех машин на производстве;
3. Облачные сервисы, предоставляющие удобный и непрерывный сетевой доступ к общему пулу настраиваемых вычислительных ресурсов;
4. Интеграционные платформы предприятия, задача которых - принимать данные от оборудования, анализировать и агрегировать их;

5. Технологии Big Data.

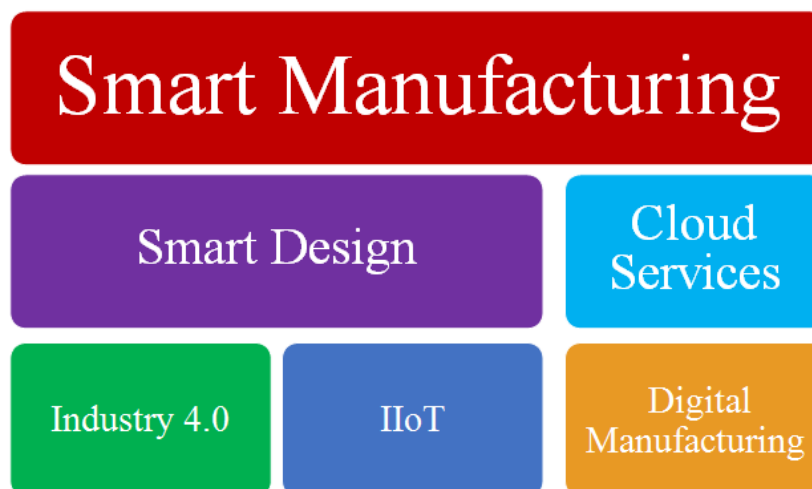


Рис.11. основополагающие элементы организации Smart Manufacturing

Цифровое производство Digital Manufacturing

Цифровое производство — это способ применения компьютерных систем для производственных услуг, цепочек поставок, продуктов и процессов. Целью технологий цифрового производства является объединение систем и процессов во всех областях производства для создания комплексного подхода к производству, от проектирования до производства и до обслуживания конечных продуктов.

Моделируя процессы, можно улучшить качество принятия производственных решений, одновременно улучшая процессы, чтобы сэкономить средства, сократить время выхода на рынок и создать объединенный производственный процесс, который объединяет цифровые инструменты с физическим исполнением производства.

Можно выделить три основных аспекта цифрового производства:

- ✓ жизненный цикл продукта,
- ✓ умный завод,
- ✓ управление цепочкой создания стоимости.

Жизненный цикл продукта начинается с инженерного проектирования, а затем переходит к охвату источников, производства и срока службы. На каждом этапе используются цифровые данные, позволяющие вносить изменения в проектные спецификации в процессе производства.

Умный завод включает в себя использование интеллектуальных машин, датчиков и инструментов, чтобы обеспечить реальную обратную связь времени о процессах и технологии изготовления. Объединяя операционные технологии и информационные технологии, это цифровое преобразование обеспечивает лучшую видимость заводских процессов, контроль и оптимизацию для повышения производительности.

Каждый из них относится к разным аспектам производственного процесса, от дизайна и инновационных продуктов до улучшения производственных линий и оптимизации ресурсов для повышения качества продукции и удовлетворенности клиентов.

Промышленный Интернет вещей (IIoT)

Промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things) — многоуровневая система, включающая в себя датчики и контроллеры, установленные на узлах и агрегатах промышленного объекта, средства передачи собираемых данных и их визуализации, мощные аналитические инструменты интерпретации получаемой информации и многие другие компоненты. Интернет состоит из подключенного к интернету оборудования и платформ

расширенной аналитики, которые выполняют обработку данных, получаемых от подключенных устройств.

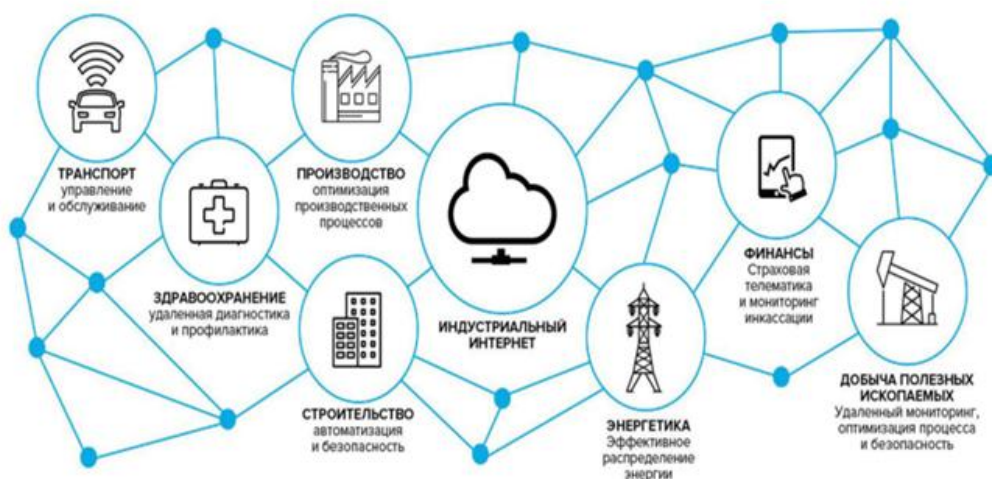


Рис.12: Сферы применения Промышленного интернета вещей

Устройства **ПоТ** могут быть самыми разными — от небольших датчиков погоды до сложных промышленных роботов. Несмотря на то, что слово «промышленный» вызывает такие ассоциации, как склады, судовой верфи и производственные цеха, технологии ПоТ имеют большой потенциал использования в самых различных отраслях, включая сельское хозяйство, здравоохранение, финансовые услуги, розничную торговлю и рекламу.

Облачные сервисы (Cloud Services)

Облачные сервисы — это модель предоставления удобного сетевого доступа в режиме «по требованию» к коллективно используемому набору настраиваемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, хранилищ данных, приложений или сервисов), которые пользователь может оперативно

задействовать под свои задачи и высвободить при сведении к минимуму числа взаимодействий с поставщиком услуги или собственных управленческих усилий.

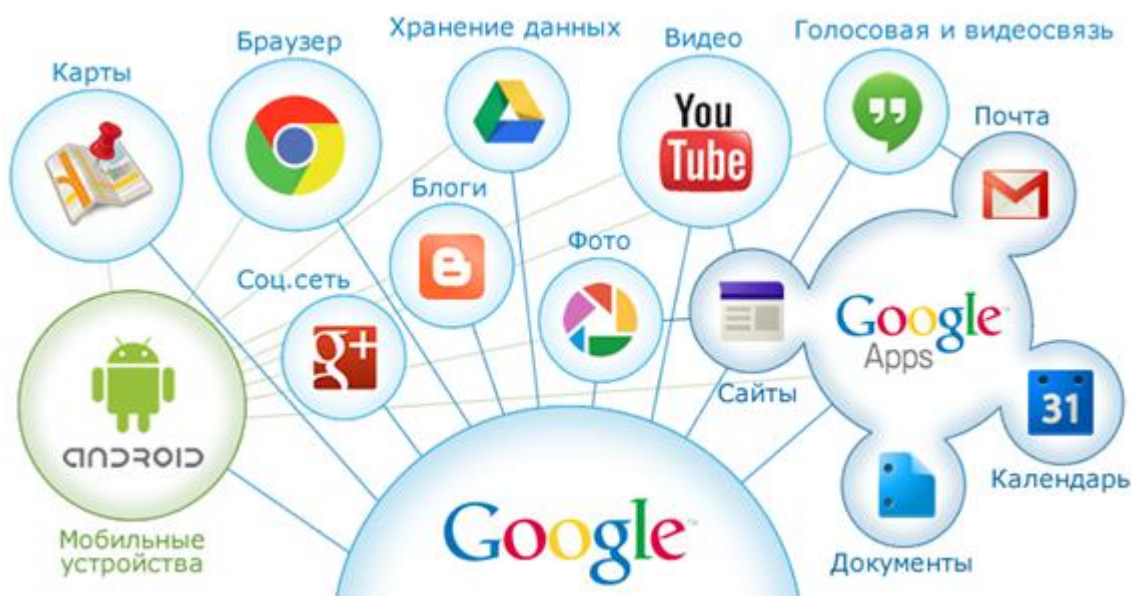


Рис.13: Пример облачных сервисов, созданных компанией Google

Концепция облачных вычислений значительно изменила традиционный подход к доставке, управлению и интеграции приложений. По сравнению с традиционным подходом, облачные вычисления позволяют управлять более крупными инфраструктурами, обслуживать различные группы пользователей в пределах одного облака, а также означают полную зависимость от провайдера облачных услуг.

5.3.4 Цифровое проектирование и моделирование

Цифровое проектирование и моделирование— это набор технологий и программ, позволяющий автоматизировать процесс разработки объектов, от архитектурных сооружений до электронных приборов. В основе цифрового

проектирования и моделирования лежит использование сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим производственным процессам, применение лучших технологий, разработка **цифровых двойников** (Digital twins) продукции и производственных процессов.

Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design) включает технологии, обеспечивающие реализацию концепции передового цифрового «умного» проектирования.

Драйвером этого процесса выступает технология разработки цифрового двойника (Digital Twin) на основе создания и применения многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений, на основе математических моделей разных классов, уровней сложности и адекватности.

Цели внедрения цифрового проектирования (Smart Design)

Применение цифровой информационной модели в качестве инструмента сопровождения проекта на всех стадиях жизненного цикла позволит достичь следующих целей:

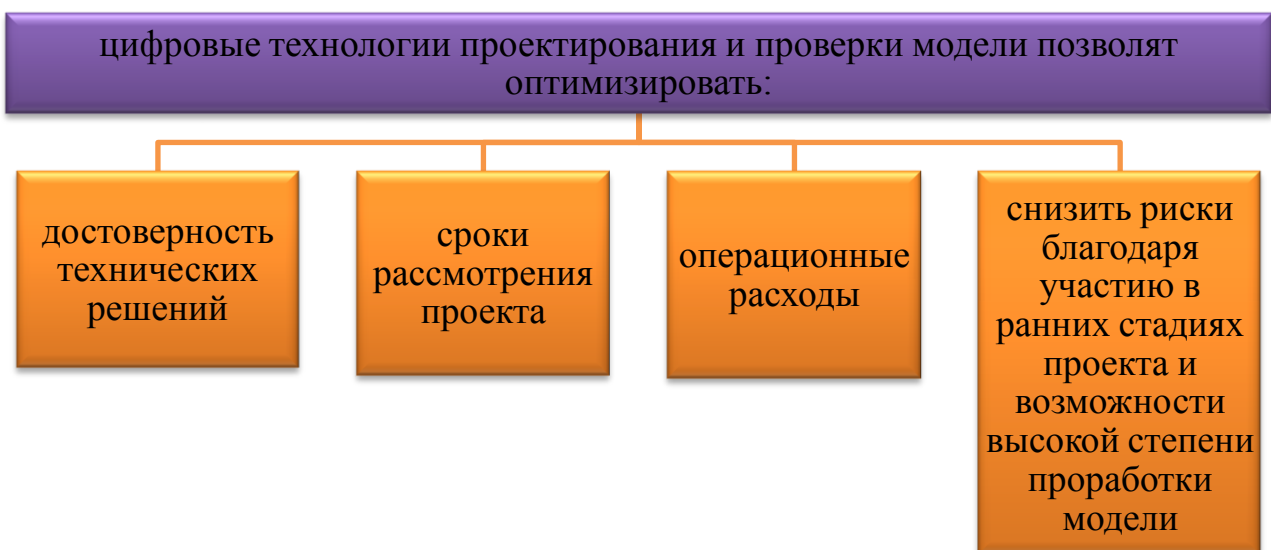


Рис. 14.

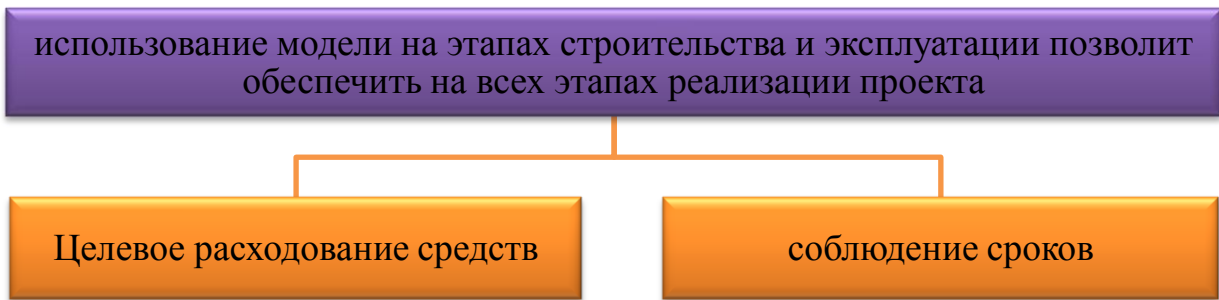


Рис. 15.

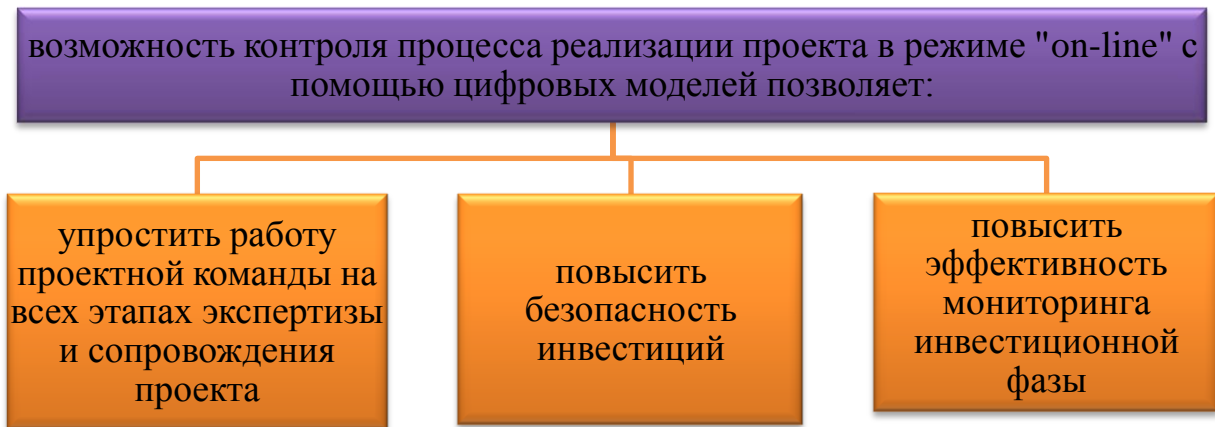


Рис. 16.

5.3.5 Технологические задачи цифрового проектирования

Переход от традиционных методов проектирования к новой парадигме цифрового проектирования и моделирования:

- формирование национального Digital Brainware (направление подразумевает преемственность научной школы, оцифровку всех имевшихся разработок, начиная с советского наследия)
- цифровая платформа разработки цифровых двойников, способная учитывать 150 000 целевых показателей и ресурсных ограничений, использующая смежные «сквозные» цифровые технологии.
- платформа цифровой сертификации, обеспечивающая экспертное сопровождение разработки и применения цифровых моделей и виртуальных испытательных стендов.

- платформенные решения для правовой охраны и управления правами на цифровые модели и объекты, обеспечивающие охрану в режиме авторского/патентного права / лицензирование.
- платформа полного жизненного цикла, обеспечивающая сервисы для разработки специализированного прикладного инженерного ПО на базе отечественной платформы и геометрического ядра.
- разработка решений, отдельных функциональных элементов решений, соответствующих элементам технологической карты субтехнологии / перечню востребованных решений.
- создание цифровых двойников исследовательских установок и цифровой среды.
- создание сервиса, обеспечивающего доступ к облачным вычислительным мощностям, функционирующего по модели «on demand».
- разработка платформенных решений, реализующих сервисный подход «База доступных технологий» и «База доступных мощностей».

5.3.6 Опыт внедрения технологии сквозного цифрового проектирования

Большинство современных производств, занимающихся автоматизированным проектированием, в качестве конечного продукта, реализуют 2D документацию, как правило, в бумажной форме, которая впоследствии используется для изготовления, в том числе и на оборудовании с числовым программным управлением. Такое несоответствие принципов автоматизации с реальностью снижает качество продукции и отрицательно влияет на внедрение новых технологий. Реализация принципа сквозного проектирования, являющегося основополагающим при создании цифрового производства, базируется на использовании трехмерных моделей на всех стадиях технологической подготовки. Это позволяет исключить ошибки неизбежно возникающие при

перевод информации из одного формата в другой, и снижает влияние человеческого фактора.

Также в настоящий момент становится крайне актуальным управление жизненным циклом сложных инженерных объектов. Большой вклад в эту область внесли военные, сформулировавшие в 80-е годы концепцию CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support, Непрерывная поддержка закупок и жизненного цикла) – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции. Причиной развития CALS технологии стало то, что разработчики современных средств автоматизации формировали свои собственные модели, которые нередко оказывались несовместимыми у партнеров по производству и эксплуатации техники. Поскольку термин CALS всегда носил военный оттенок, в гражданской сфере широкое распространение получила концепция PLM или управление жизненным циклом.

Сквозное цифровое проектирование позволяет снизить себестоимость продукции, повысить эффективность и качество, обеспечить сквозное управление проектом, например, в условиях групповой работы обеспечить соответствие ГОСТ (*межгосударственный стандарт*) / ЕСКД (*единая система конструкторской документации*), ЕСТД (*единая система технической документации*), ИСО (*международная организация по стандартизации*). По сути, это совокупность программного обеспечения и методик его применения для создания на предприятии единого информационного пространства по управлению жизненным циклом изделия в цифровом формате по безбумажным технологиям.

Основными преимуществами являются:

- автоматически корректируемая объектно-ориентированная 3D модель, доступная для всех приложений;
- повышение качества конструирования и достоверности передаваемой в производство информации;

- возможность электронного моделирования процессов формирования блоков;
- сокращение сроков и снижение стоимости вывода на рынок новой продукции, снижение стоимости самой продукции и повышение эффективности ее эксплуатации;
- обеспечение полноты, согласованности, контролируемой доступности информации о конфигурации, эксплуатации, состоянии объекта в рамках предприятия;
- обеспечение информационной поддержки принятия управленческих решений с учетом всех этапов жизненного цикла продукции;
- поддержка основных бизнес-процессов предприятий и их интеграция между этапами жизненного цикла и функциональными рабочими местами.

Состав сквозной технологии:

- 3D модель, включая линейные статические, тепловые, усталостные расчеты и визуализацию;
- модельные испытания, включая доработку геометрии с учетом испытаний, параметрическое задание технологических данных;
- модель техпроцесса - управляющая программа для станка с ЧПУ, подготовка технологических карт, добавление деталей в корзину заказа, расчет материальных и трудовых затрат, параллельное проектирование сложных и сквозных техпроцессов в реальном времени, формирование заказов, поддержка актуальной технологической информации);
- опытный образец;
- испытания опытного образца;
- документация для серийного производства;
- справочная документация – электронный документооборот, управление изменениями, поддержка актуальной технологической информации, поиск деталей по каталожным спискам.

На сегодняшний день в организациях и на предприятиях широко применяются современные CAD (*Computer-Aided Design - проектирование с использованием компьютерной технологии*) / CAM (*Computer-Aided Manufacture - изготовление с использованием компьютерной технологии*) системы и различного рода приложения на ее базе.

Практически все специализированное программное обеспечение, применяемое при конструировании армированных композиционных материалов различных компаний, имеет возможность интеграции с системами CAD высокого уровня – Creo Elements/Pro, Siemens NX (*ранее Unigraphics*), CATIA (система автоматизированного проектирования (САПР) французской фирмы Dassault Systèmes).

В настоящее время на предприятиях, создающих композитные изделия, применяют в основном ручной труд формовщиков, вследствие чего при расчете изделия необходимо делать запас на возможную ошибку. Для облегчения ручной выкладки ткани и сокращения отходов применяются раскройные машины для автоматической резки ткани/препрега, лазерные проекторы LAR и LPT для контурной проекции при выкладке на технологическую оснастку, выполненную роботизированными фрезерными комплексами по 3D модели.

Используя модуль лазерного проецирования, имеется возможность автоматически генерировать данные для проецирования непосредственно из 3D-модели композитного изделия. Это значительно сокращает временные издержки, увеличивает эффективность процесса, снижает вероятность дефектов и ошибок, делает управление данными проще.

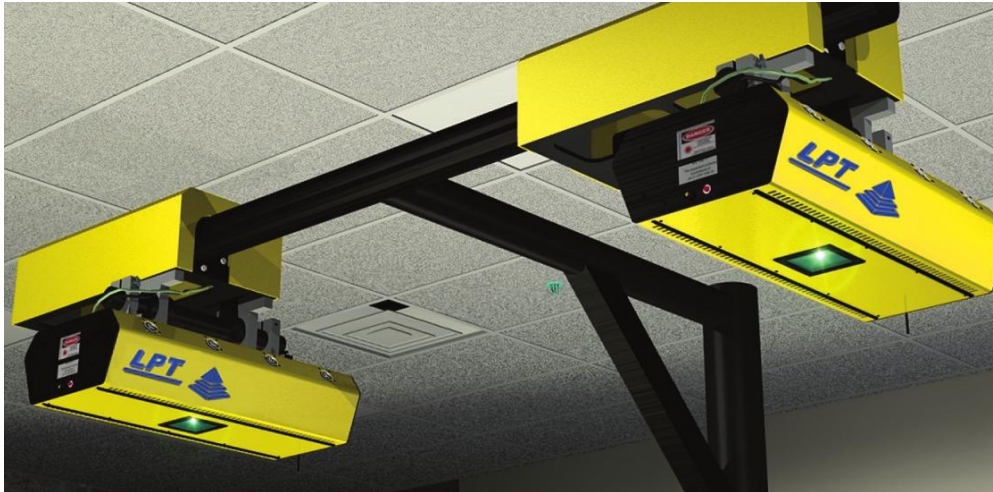


Рис.17 LPT проектор

Система позволяет при проектировании осуществлять интеграцию 2D и 3D проектирования, получать необходимые данные, например, осуществлять весовые расчеты, расчеты предельной и усталостной прочности, пассивной безопасности, расчет трудоемкости изготовления, формировать данные для машин с ЧПУ (*числовое программное управление*), выпускать отчеты, изометрические данные, сборочные чертежи, рабочие схемы со спецификациями и др.



Рис.18 ЧПУ

5.3.7 3D-моделирование в современном мире

3D моделирование играет важную роль в жизни современного общества. Сегодня оно широко используется в сфере маркетинга, архитектурного дизайна и кинематографии, не говоря уже о промышленности. 3D-моделирование позволяет создать прототип будущего сооружения, коммерческого продукта в объемном формате. Важную роль 3D моделирование играет при проведении презентации и демонстрации какого-либо продукта или услуги.

Благодаря появлению и популяризации 3D-печати 3D-моделирование перешло на новый уровень и стало востребовано как никогда. Каждый человек уже может напечатать нарисованный им самим или загруженный из интернета 3D-объект, будь то дизайнерская модель или персонаж любимого мультфильма. Естественно, не все разбираются в 3D-программах и умеют моделировать объемные объекты. Отсюда и востребованность профессии в области 3D-моделирования выросла в разы за последнее десятилетие.

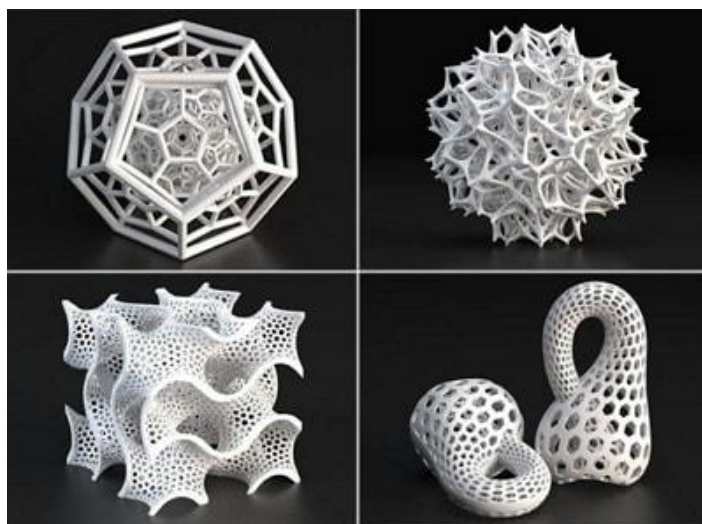


Рис. 19 Модели для 3D-принтера

3D моделирование — это проектирование трехмерной модели по заранее разработанному чертежу или же эскизу. Для построения объемной модели предмета используются специальные программные продукты визуализации и

аппаратные устройства в виде компьютеров, планшетов и оргтехники. При моделировании важным этапом является рендеринг — преобразование черновой вариации модели в приятный для глаз формат.

Современная трехмерная компьютерная графика позволяет создавать максимально реалистичные модели объекта, которые бывает трудно отличить от обычной картинки. Профессионально смоделированная презентация позволяет на высоком уровне продемонстрировать продукт или услугу потенциальным клиентам, партнерам, инвесторам.



Рис. 20 3D-модель квартиры

Некоторые направления применения 3D-моделирования

- **Создание различных моделей персонажей.** Обычно это используется при создании мультфильмов и при проектировании современных компьютерных видеоигр;
- **3D визуализация зданий.** Этим занимаются проектные организации, которые желают оценить для заказчика конструктивные особенности будущего объекта;
- **Создание 3D моделей предметов интерьера.** В большинстве случаев их выполняют дизайнерские компании с целью демонстрации эстетических свойств представленных экспозиций;

- **Реклама и маркетинг.** Часто требуются нестандартные объекты для рекламирования. Важную составляющую трехмерная графика играет при демонстрации какой-либо услуги. Это позволяет произвести более эффектное впечатление на заинтересованных лиц;
- **Изготовление эксклюзивных украшений.** Профессиональные художники и ювелиры используют специальные программы, которые позволяют создать оригинальный и неповторимый эскиз;
- **Производство мебели и комплектующих.** Производственные мебельные компании нередко используют разработку трехмерной модели для размещения своей продукции в электронных каталогах;
- **Промышленность.** Современное производство невозможно представить без моделирования продукта компании. Каждую деталь или полноценный объект проще собирать по готовой и продуманной 3D-модели;
- **Медицина.** Например, при проведении пластической операции или же хирургическом вмешательстве, все чаще используют трехмерную графику для того, чтобы наглядно продемонстрировать пациенту, как будет проходить процедура, и каким будет результат.

3D моделирование, анимация и визуализация объектов играет важную роль в современном мире при реализации различных бизнес-процессов и успешном взаимодействии с заказчиком.

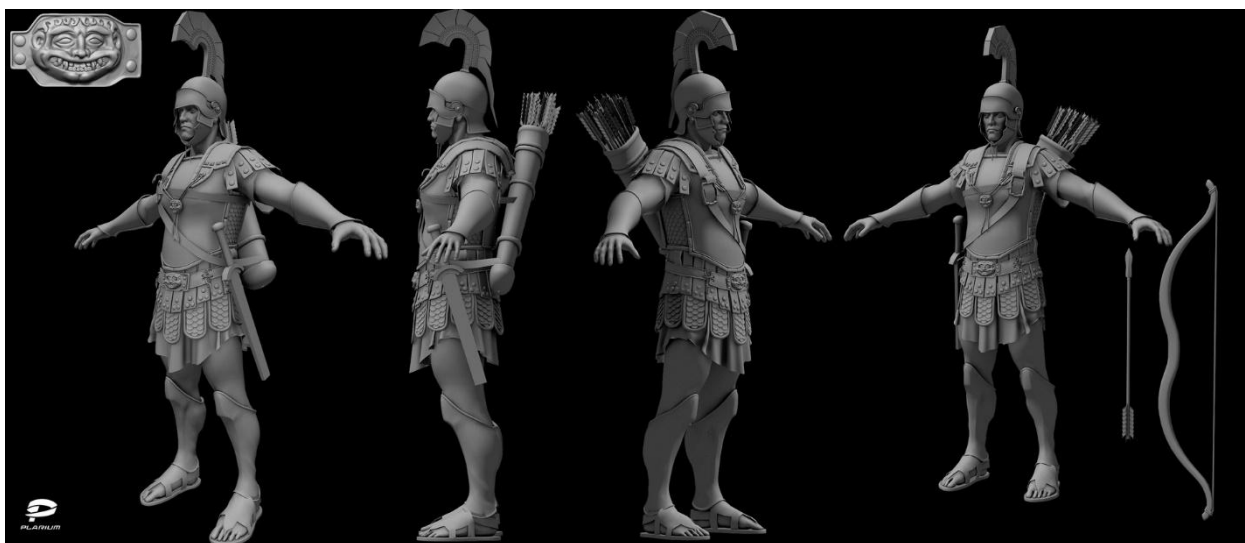


Рис.21 3D-модель персонажа



Рис.22 3D-модель предметов интерьера

Необходимость создания цифровых двойников (3D моделей)

К 2021 г. половина всех крупных промышленных компаний, по прогнозу Gartner, будет использовать «цифровых двойников», и это повысит их

производительность на 10%. Создание цифрового двойника позволяет смоделировать работу физического объекта еще на этапе его проектирования, более того, на протяжении всего жизненного цикла модель непрерывно генерирует данные о состоянии своего физического аналога в режиме реального времени.

Обычно цифровой двойник продукта создается еще на этапе определения его концепции и проектирования. Это позволяет инженерам моделировать и оценивать особенности продукта в зависимости от установленных требований к нему, например, будет ли предлагаемая форма кузова обеспечивать минимально возможный коэффициент аэродинамического сопротивления или какова вероятность сбоев электроники в заданных условиях. С помощью цифрового двойника можно заранее протестировать и оптимизировать любые компоненты решения: механическую часть, электронные элементы, программное обеспечение, или производительность системы.

То же относится и к цифровому двойнику производства. Технология позволяет смоделировать в виртуальной среде практически что угодно, от станков и контроллеров до целых производственных линий, а также запустить предварительную оптимизацию производства, включая создание программ для программируемых логических контроллеров и виртуальную пусконаладку. Благодаря этому источники ошибок или сбоев можно выявить и устранить еще до начала реальной эксплуатации. При этом заметно экономится время и закладывается основа для индивидуализированного массового производства, поскольку даже самые сложные производственные маршруты можно быстро рассчитать, протестировать и запрограммировать с минимумом затрат времени и усилий.

Кроме того, продукты или производственные установки непрерывно передают данные о своей работе в цифровую модель производительности, благодаря чему ведется постоянный мониторинг состояния оборудования и показателей энергопотребления производственных систем. Это заметно упрощает процесс профилактического техобслуживания, предотвращает простои и уменьшает потребление электроэнергии.

Так, на одном из европейских нефтеперерабатывающих предприятий система предиктивной аналитики Schneider Electric позволила предсказать сбой большого компрессора за 25 дней до того, как он случился. Это сэкономило компании несколько миллионов долларов.

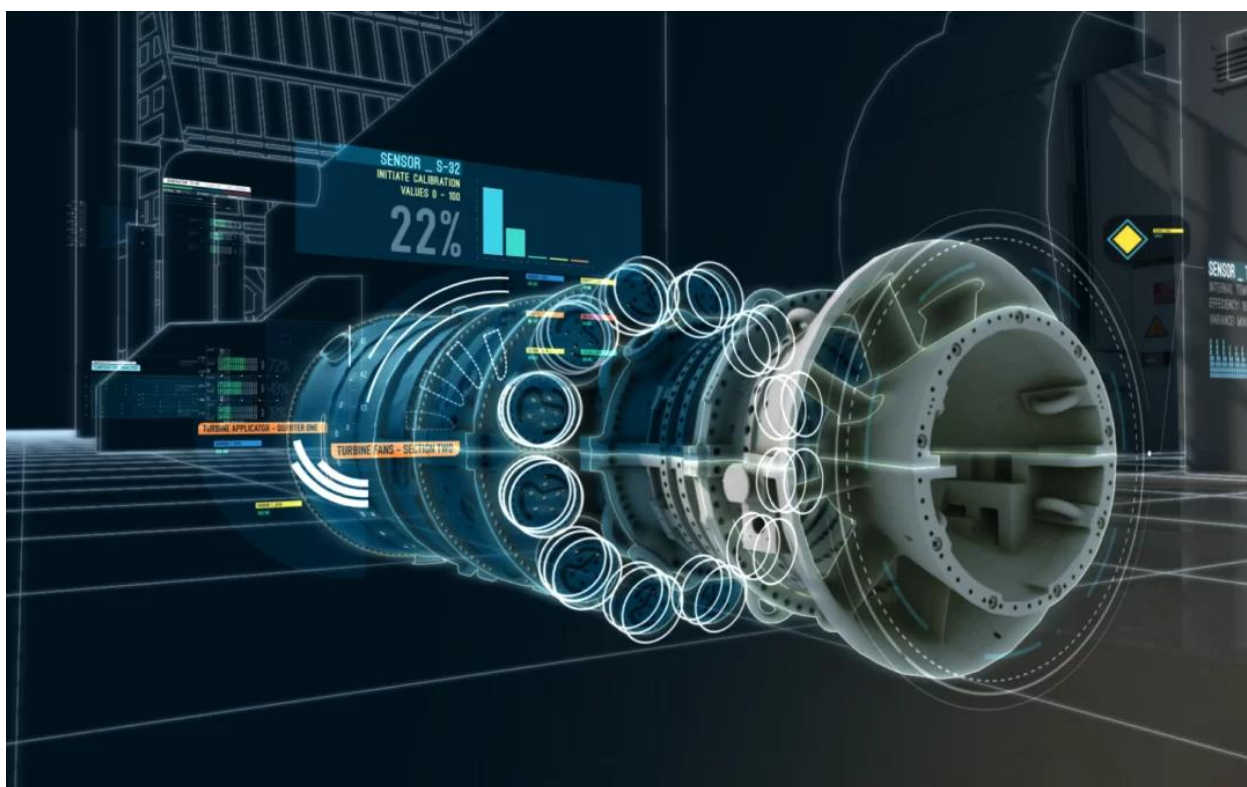


Рис.23. Цифровой двойник компрессора

Цифровые двойники могут использоваться несколькими организациями одновременно — например, производителем автомобиля, обслуживающей и

страховой компанией. Несколько цифровых двойников можно также объединить в одну систему.

Решение включило в себя множество различных пакетов — предиктивная аналитика, real-time визуализация, система моделирования различных сценариев работы предприятия и различных инцидентов. Также проект предполагал моделирование и оптимизацию энергопотребления.

Эксперты предсказывают, что совсем скоро потребители и владельцы продуктов смогут пользоваться цифровым двойником в повседневной жизни, причем технологию можно будет применять не только с целью улучшения работы какого-то устройства, но и с целью улучшения качества человеческой жизни.

«В университете имени Лобачевского ученые разрабатывают цифровую копию человека с точными аналогами жизненных систем. Такой «нейродвойник» позволяет контролировать физическое состояние пациента и предупреждать риски развития заболеваний. В перспективе применение таких виртуальных моделей органов и организма в медицинских учреждениях даст работникам возможность в онлайн-режиме отслеживать данные о здоровье клиентов и состоянии медицинского оборудования».



Рис.24. Цифровая копия человека «Нейродвойник»

С каждым годом роль цифрового проектирования растет, захватывая все больше областей нашей жизни и во многом ее упрощая. Целью цифрового проектирования является обеспечение безопасности и эффективности, уменьшения временных, а также инвестиционных затрат, в создании проектов. Внедрение цифровых двойников показало, что цель осуществляется в полном объеме, хоть и имеет свои недостатки.

Источники

1. <https://anrotech.ru/blog/3d-modelirovanie-v-sovremennom-mire/>
2. <https://design.hse.ru/dop/programs/83>
3. https://digitech.ac.gov.ru/technologies/new_manufacturing_technologies/tsifrovoe-proektirovanie
4. <http://www.iksmedia.ru/articles/5585041-Czifrovye-dvojniki-v-promyshlennost.html>
5. <https://rb.ru/longread/digital-twin/>
6. <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=34569>
7. https://vebeng.ru/company/about/digital_model/

5.3.8 Технология Digital Twin

Цифровой двойник (Digital Twin) – это программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики

и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды.

Важной особенностью цифрового двойника является то, что для задания на него входных воздействий используется информация с датчиков (сенсоров), установленных на реальном устройстве.

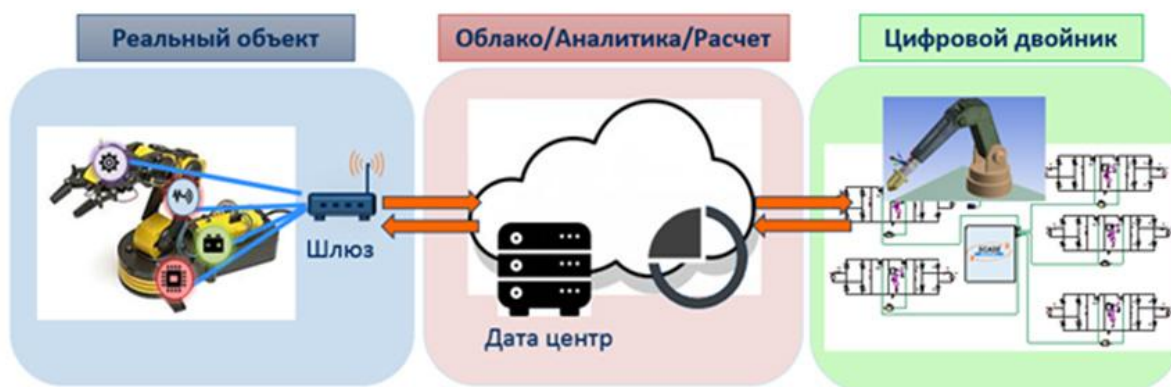


Рис.25 Принцип работы технологии

Цифровой двойник может работать как в онлайн, так и в офлайн режимах. Информация, поступающая с реальных датчиков, сравнивается с показаниями виртуальных датчиков цифрового двойника, что позволяет выявлять аномалии и устанавливать причины их возникновения.

Цифровой двойник в жизненном цикле устройств

Цифровой двойник применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, включающих в себя разработку, изготовление и эксплуатацию. Уже на этапе эскизного проектирования с использованием ПО для системного/имитационного моделирования возможно создание вариаций системной модели разрабатываемого изделия для оценки и выбора наилучшего технического решения.

Далее на этапе технического проектирования, полученная на предыдущем этапе модель может дорабатываться и уточняться при помощи более точных системных моделей элементов, которые могут быть получены на основе результатов многовариантных численных расчетов, сконвертированных в модели пониженного порядка – ROM-модели. Данная системная модель позволяет учесть и оптимизировать взаимодействие всех элементов с учетом режимов работы и воздействий окружающей среды.

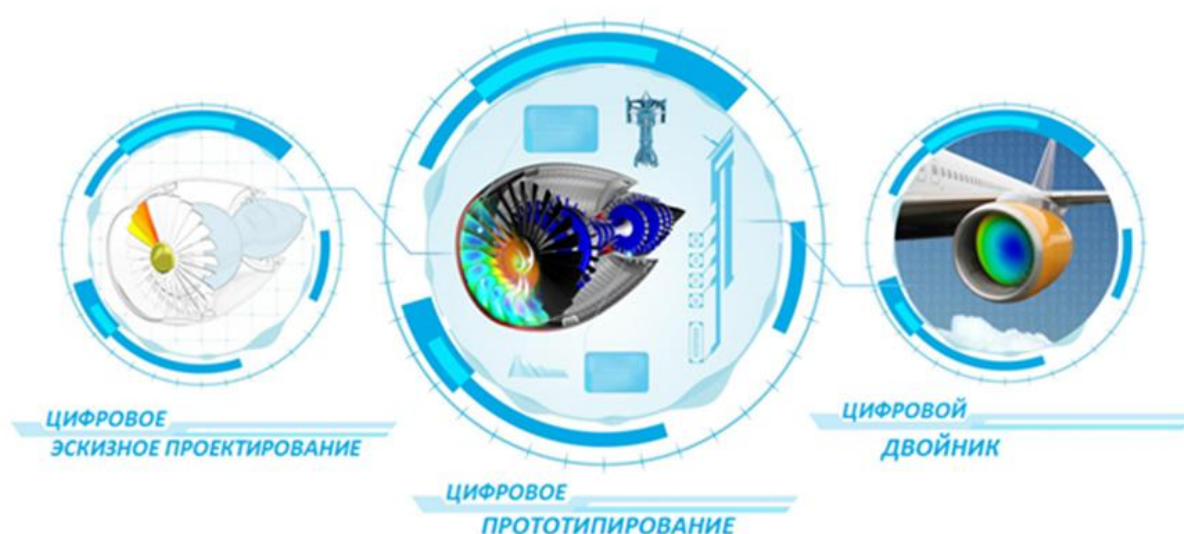


Рис.26 Этапы проектирования

На этапе изготовления, разработанная системная модель (которая уже может называться Цифровым двойником изделия) поможет в определении требуемых допусков, точностей изготовления для соблюдения характеристик и безотказной работы изделия в течении всего срока службы, а также позволит быстро выявить причины неисправностей в процессе тестирования.



Рис.27. Сбор данных с цифрового двойника

При переходе к этапу эксплуатации изделия модель Цифрового двойника может быть доработана и использована для реализации обратной связи с разработкой и изготовлением изделий, диагностикой и прогнозированием неисправностей, повышением эффективности работы, перекалибровки, выявления новых потребностей потребителя.

5.3.9 Области применения цифровых двойников

Наиболее эффективным применением Цифровых двойников является для продукции со следующими критериями	Сопровождение продукции квалифицированным специализированным сервисом (контроль состояния, мониторинг, техническое сопровождение).
	Длительный жизненный цикл изделия (более 5 лет).
	Большое количество экземпляров установленного оборудования.
	Широкий диапазон и многообразие условий эксплуатации.
	Труднодоступность изделия для проведения обслуживания.

Рис.28. Категории продукции

Это весьма обширный список критериев, под которые подпадает продукция из различных отраслей промышленности, таких как	Энергетика (атомная, нефтегазовая отрасль, турбомашиностроение).
	Авиационные двигатели и авиационное оборудование.
	Сложное промышленное оборудование (насосы, приводы, пр.).
	Железнодорожные и автомобильные транспортные системы.
	Медицинское оборудование.

Рис.29. Отрасли промышленности, в которых используется технология Digital Twin

5.3.10 Классификация «двойников»

Двойники изделия:

Цифровые двойники-прототипы (Digital Twin Prototype, DTP). DTP-двойник содержит информацию, необходимую для описания и создания физических версий экземпляров изделия. Эта информация включает геометрическую и структурную модели, технические требования и условия; стоимостную модель, расчетную (проектную) и технологическую модели изделия. DTP-двойник можно считать условно-постоянной виртуальной моделью изделия.

Цифровые двойники-экземпляры (Digital Twin Instance, DTI). DTI-двойники изделия описывают конкретный физический экземпляр изделия, с которым двойник остается связанным на протяжении всего срока службы. Двойники этого типа создаются на базе DTP-двойника и дополнительно содержат производственную и эксплуатационную модели, которые включают историю изготовления изделия, применяемость материалов и комплектующих, а также статистику отказов, ремонтов, замены узлов и агрегатов и др. Таким образом, DTI-двойник изделия подвергается изменениям в соответствии с изменениями физического экземпляра при его эксплуатации.

Агрегированные двойники (Digital Twin Aggregate, DTA). DTA-двойники изделия определяются как информационная система управления физическими экземплярами семейства изделий, которая имеет доступ ко всем их цифровым двойникам.

Цифровой двойник всей производственной системы (ПС)

Цифровой двойник производственной линии

Цифровой двойник конкретного актива в производственной линии

Рис.30. Классификация двойников ПС

Цифровой двойник ПС включает в себя:

- Инжиниринговую модель ПС, содержащую цифровое описание ресурсов предприятия, структуру производственных активов, средства технологического оснащения, номенклатуру и технологии изготовления изделий, систему сбора информации о текущем состоянии оборудования.
- Эксплуатационную модель ПС, являющуюся цифровой платформой для описания логистической структуры предприятия, формирования планов-графиков изготовления изделий, межцеховой и внешней кооперации, включая регламенты технического обслуживания и ремонта оборудования. Математическому описанию также подлежит динамика внутрицеховых материальных потоков, на основе цифровизации которых формируются оптимальные производственные расписания выполняемых работ.

Таким образом, цифровой двойник — фундаментальное понятие «умной фабрики» (Smart Factory), которое следует связывать как с самим изделием (в

этом случае применяется термин «цифровой двойник изделия»), так и с процессом изготовления изделий — в этом случае следует использовать термин «цифровой двойник производственной системы». Используемые совместно на каждом этапе жизненного цикла изделия (PLM), эти цифровые двойники должны быть функционально связаны между собой и обеспечивать эксплуатационные характеристики проектируемого и изготавливаемого изделия в соответствии с его назначением. [9]

5.3.11 Система PLM

Технология управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM) представляет собой организационно-техническую систему, обеспечивающую управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации.[2]

PLM системы можно назвать логическим продолжением процесса автоматизации промышленного производства, начавшегося с массового внедрения компьютеров в 1960-х гг., CAD/CAM систем автоматизированного проектирования в 1970-х и появления в 1980-х первых СУБД, персональных компьютеров и архитектуры «клиент-сервер». Но ни одни из этих систем не смогли выйти на уровень управления бизнесом в целом. Сделать это удалось только с появлением PLM систем.

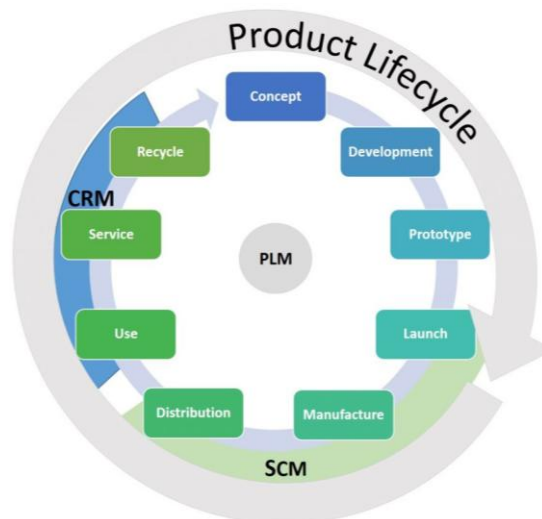
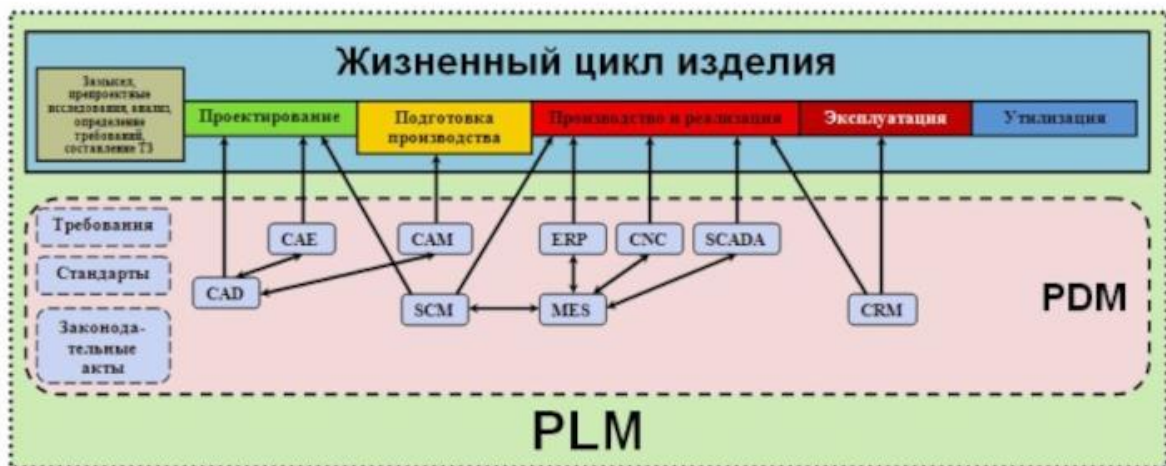


Рис.31 PLM - система (product lifecycle management) поддерживает все стадии жизненного цикла продукции – от концептуальной идеи его создания до утилизации.

PLM - это стратегический бизнес-подход и интегрированное решение для коллективной разработки, управления, распространения и использования информации в рамках предприятия и между его партнерами от момента формирования концепции до вывода продукции с рынка, объединяющие людей, процессы, бизнес-системы и интеллектуальные активы).

PLM (Product Lifecycle Management – Управление жизненным циклом изделия)



CAD (Computer Aided Design)/CAE (Computer Aided Engineering)/CAM (Computer Aided Manufacturing) – соответственно системы автоматизированного конструкторского проектирования, инженерного анализа и подготовки производства – на этапе проектирования и производства изделия

PDM (Product Data Management) – система управления проектными данными

ERP (Enterprise Resource Planning) – система автоматизированного планирования производства и управления ресурсами предприятия

MES (Manufacturing Execution System) – система управления производственными процессами на уровне цеха, участка

SCM (Supply Chain Management) – система управления цепочками поставок

Рис. 32 PLM-система в структуре корпоративной информационной системы (КИС)

Функции PLM

Системы контура PLM позволяют решать следующие задачи [4]:

- Обеспечение взаимодействия участников жизненного цикла в рамках широкой промышленной кооперации.
- Совместная гармонизированная разработка изделия.
- Управление изменениями и конфигурациями изделия.
- Управление требованиями.
- Управление документами и данными, включая управление электронным макетом и полной информационной моделью изделия.
- Интегрированная логистическая поддержка.
- Управление цепочками поставок.

- Управление стоимостью ЖЦ продукции.
- Управление испытаниями, включая имитационное и математическое моделирование.
- Управление качеством и обеспечение качества продукции.
- Управление надежностью.
- Управление взаимозаменяемостью и моральным устареванием.
- Управление сервисным обслуживанием.

PLM следует воспринимать скорее не как информационную систему, а как новый подход к стратегии создания сложных инженерных объектов, который базируется на едином централизованном представлении информации об изделии на всех этапах жизненного цикла этого объекта. Отличительной и важной характеристикой этой информации является её актуальность, достоверность и доступность всему кругу заинтересованных участников расширенного предприятия, к которым относятся основной производитель продукта, инвесторы, поставщики, субподрядчики, заказчики и потребители.

5.3.12 Система MES

MES (от англ. Manufacturing Execution System) — исполнительная система производства. Системы такого класса решают задачи синхронизации, координируют, анализируют и оптимизируют выпуск продукции в рамках какого-либо производства.[6]

Внедрение MES системы позволяет компании управлять текущей производственной деятельностью с максимальной эффективностью, сокращая издержки производства и повышая производительность труда. В отличие от ERP систем, в первую очередь ориентированных на решение финансово-

экономических и управленческих задач, MES системы акцентируют внимание непосредственно на процессе производства. Они предоставляют более полную и точную информацию о производственных процессах, отвечая на вопрос: как действительно осуществляется выпуск продукции.

С помощью данных систем предприятие имеет возможность создать единую информационную среду для управления производственной деятельностью, совместимую с другими платформами, используемыми для управления бизнес-процессами предприятия.

Функции MES-систем

Используя данные уровней планирования и контроля, MES-системы управляют текущей производственной деятельностью в соответствии с поступающими заказами, требованиями конструкторской и технологической документации, актуальным состоянием оборудования, преследуя при этом цели максимальной эффективности и минимальной стоимости выполнения производственных процессов.

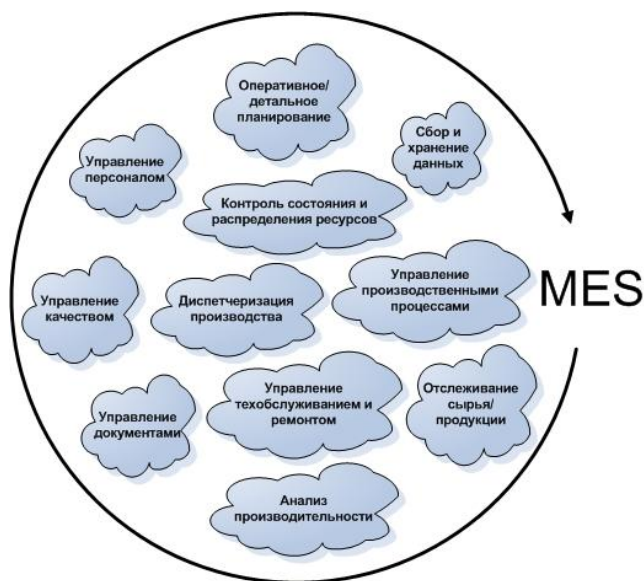


Рис.33. Функции MES

Международная ассоциация производителей систем управления производством (MESA) определила одиннадцать типовых обобщенных функций MES-систем [7]:

- контроль состояния и распределение ресурсов (RAS) — Управление ресурсами производства: технологическим оборудованием, материалами, персоналом, документацией, инструментами, методиками работ.
- оперативное/детальное планирование (ODS) — Расчет производственных расписаний, основанный на приоритетах, атрибутах, характеристиках и способах, связанных со спецификой изделий и технологией производства.
- диспетчеризация производства (DPU) — Управление потоком изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, посредством рабочих нарядов.
- управление документами (DOC) — Контроль содержания и прохождения документов, сопровождающих изготовление продукции, ведение плановой и отчетной цеховой документации.
- сбор и хранение данных (DCA) — Взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия.
- управление персоналом (LM) — Обеспечение возможности управления персоналом в ежеминутном режиме.
- управление качеством продукции (QM) — Анализ данных измерений качества продукции в режиме реального времени на основе информации, поступающей с производственного уровня, обеспечение должного контроля качества, выявление критических точек и проблем, требующих особого внимания.

- управление производственными процессами (PM) — Мониторинг производственных процессов, автоматическая корректировка либо диалоговая поддержка решений оператора.
- управление техобслуживанием и ремонтом (MM) — Управление техническим обслуживанием, плановым и оперативным ремонтом оборудования и инструментов для обеспечения их эксплуатационной готовности.
- отслеживание истории продукта (PTG) — Визуализация информации о месте и времени выполнения работ по каждому изделию. Информация может включать отчеты: об исполнителях, технологических маршрутах, комплектующих, материалах, партионных и серийных номерах, произведенных переделках, текущих условиях производства и т.п.
- анализ производительности (PA) — Предоставление подробных отчетов о реальных результатах производственных операций. Сравнение плановых и фактических показателей.

На всех возможных этапах различных видов работ каждой стадии жизненного цикла продукции трудоёмкие, дорогостоящие и длительные технологические этапы: макетирование, натурное моделирование, экспериментальная оценка характеристик, подгонка параметров в процессе изготовления и испытаний опытных образцов и т.п. заменяются эффективными процедурами синтеза информационных моделей как самой будущей продукции, так и процессов её предстоящего производства. При этом предполагается проведение всех видов расчётов и анализ поведения будущей продукции на основе её точных математических моделей.

Опора на перспективные промышленные информационные технологии для предприятий отечественной промышленности является одним из важнейших условий рыночной выживаемости. Благодаря системному внедрению в

промышленность современных способов компьютерного проектирования и моделирования продукции достигается качественно новый уровень производства и производственных отношений:

Преимущества внедрения новых технологий в производственный процесс	существенно сокращаются сроки разработки, подготовки производства и выпуска продукции;
	существенно сокращаются трудоёмкость, материалоёмкость, энергоёмкость и потребность в других видах ресурсов, необходимых для разработки и производства продукции;
	появляется возможность расширения ассортимента выпускаемой продукции;
	обеспечиваются условия для повышения уровня сложности и качества выпускаемой продукции;
	повышаются доля творческой составляющей в работе и квалификация персонала.

Рис.34. Преимущества внедрения новых технологий в производственный процесс

Источники

1. Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (SmartDesign) [Электронный ресурс] URL: https://digitech.ac.gov.ru/technologies/new_manufacturing_technologies/tsifrovoe-proektirovanie
2. Управление жизненным циклом изделия [Электронный ресурс] URL: http://upr.ru/article/rossiyskie-praktiki-upravleniya/UPRAVLENIE_ZHIZNENNYM_CIKLOM_IZDELIYA.html
3. PLM – система – что это? [Электронный ресурс] URL: <http://asapcg.com/press-center/articles/plm-sistemy/>
4. PLM [Электронный ресурс] URL: <https://lmssoft.ru/products/plm/>

5. MES (Manufacturing Execution System) – оперативное управление производством изделия [Электронный ресурс] URL: <http://mestech.ru/>
6. MES – системы [Электронный ресурс] URL: <https://mescontrol.ru/articles/systems>
7. MES – системы – современный стандарт управления производством [Электронный ресурс] URL: <http://asapcg.com/press-center/articles/mes-sistemy/>
8. Цифровой двойник [Электронный ресурс] URL: <https://www.cadfem-cis.ru/service/digital-twin/>
9. Цифровой двойник (digital twin) [Электронный ресурс] URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/cifrovoj-dvojnuk-digital-twin>
10. Доросинский Л.Г., Зверева О.М. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия. – Ульяновск: Зебра, 2016. – 243 с.

5.5 Компоненты робототехники и сенсорики.

5.5.1 Сенсорика

5.5.2 Сенсоры, необходимые роботам

5.4.3 Датчики в робототехнике

5.4.4 Тенденции в сенсорике роботов

5.4.5 Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования.

5.4.6 Технологии пространственного позиционирования

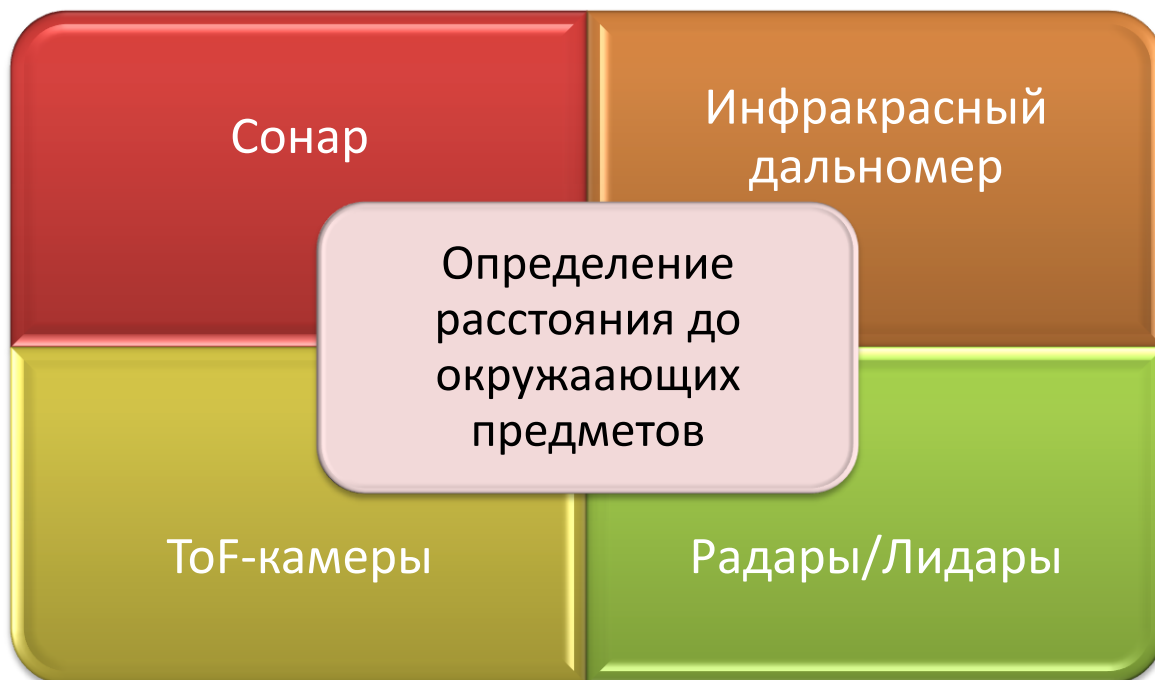
5.4.7 Сенсоры и обработка сенсорной информации

5.4.8 Обработка сенсорной информации

5.4.1 Сенсорика

Сенсоры нужны для того, чтобы роботы могли получать информацию о себе и своем физическом окружении. Сейчас их существует огромное множество: от датчиков механических величин (линейных, угловых перемещений, расстояния, ускорения, сил и моментов) до систем технического зрения, измерителей температуры, тока и напряжения, интенсивности светового потока, радиоактивных и магнитных полей, акустических сенсоров, детекторов воды и газоанализаторов и других. Причем все они работают на разных физических принципах, определяющих и диапазон условий, в которых может быть обеспечено требуемое качество измерений.

Например, расстояние до окружающих предметов можно измерять с помощью сонаров, инфракрасных дальномеров, ToF-камер, радаров или лидаров (сканирующих лазерных дальномеров), то есть используя излучения разных длин волн. И если первые слепнут на ворсистых поверхностях, вторые начинают врать при фоновом ИК-излучении, третьи — при измерении расстояния до темных поверхностей, то лидары выгодно отличаются по разрешающей способности и диапазону, но явно проигрывают по цене. Также понятно, что выбор тех или иных датчиков зависит от среды их предполагаемого использования. [1]



Лидар работает аналогично сонару и радару, но использует световые волны от лазера вместо радио или звуковых волн. Система LIDAR рассчитывает, сколько времени требуется свету для попадания в объект и отражения обратно в сканер. Расстояние рассчитывается с использованием скорости света.



Рис. 34. Лидар

С качеством все понятно: нужны точность и скорость, особенно при попытке оценить динамически меняющееся окружение (например, расстояния до подвижных препятствий при автономной навигации). А найти золотую середину между ценой и качеством — нетривиальная научно-техническая задача, которую пытаются решить и свободные исследователи, и стартапы, и гиганты индустрии. Один большой скачок уже был. Серьезный прогресс был достигнут с появлением микроэлектромеханических (MEMS) систем, причем

связывают это с массовым производством смартфонов. Если раньше в роботах использовались дорогостоящие и габаритные акселерометры и гироскопы, то с помощью MEMS-датчиков теперь даже потребительскую робототехнику можно оснащать сенсорами. Это пример *enabling* технологии и того, как одна область техники оказывает влияние на развитие другой. [5]

Датчики – основная и доминантная сфера внедрения MEMS технологии. Сегодня на рынке представлены MEMS гироскопы, инклинометры, акселерометры, датчики потока, газа, давления и магнитного поля.

Применение MEMS технологии в электрически управляемых ключах является особенно интересным. [1]



Рис. 35 MEMS - система

5.4.2 Сенсоры, необходимые роботам

В определенном смысле роботы пытаются копировать органы чувств, которые есть у человека или животных. Но зачастую у роботов есть гораздо более совершенные системы. Так, вестибулярный аппарат человека фиксирует изменение положения тела или головы, но при этом нет органа, который бы подсказал, на сколько угловых минут согнулось колено или локоть или на каком расстоянии от нас находится объект с точностью до микрона. Человеку это не нужно, а в текущей парадигме развития робототехники эти сведения не мешают. Другие примеры могут быть связаны с детекторами магнитных полей или радиации.

Вообще, роботов условно можно разделить на два типа: локомоционные и манипуляционные. Основная задача первых — перемещаться самим и перемещать полезную нагрузку или человека на значительные расстояния, как

это делают дроны, беспилотные автомобили или катера. Основная задача сенсоров в этом случае — определять собственное положение робота в пространстве, например, на основе данных от одометрии (использование данных о движении приводов для оценки перемещения) или систем глобального позиционирования, а также расположение относительно окружающих объектов. Сюда же можно добавить датчики линейных и угловых ускорений, которые обеспечивают чувство баланса, то есть ориентации в гравитационном поле.

Локомоционные	Манипуляционные
<ul style="list-style-type: none">• Задача: перемещаться самим и перемещать полезную нагрузку или человека на значительные расстояния	<ul style="list-style-type: none">• Задача: совершение различных манипуляций с объектами

Задача манипуляционных роботов, которые должны функционально имитировать руки, состоит в совершении различных операций с объектами. Здесь на первый план выходит кинестетическое ощущение, которое дает проприоцептивную информацию, то есть чувства положения, движения и силы. То есть нужны датчики, которые позволяют определить текущую конфигурацию и скорости отдельных частей робота, а также тактильные и силомоментные сенсоры. Последние особенно востребованы для обеспечения надежного захвата объектов манипулирования, а также контроля сил взаимодействия с объектами, средой и человеком, чтобы, например, качественно выполнить контактную операцию и не повредить робота или не нанести травму человеку, который находится поблизости или в непосредственном соприкосновении. Примером силомоментного сенсора можно взять сенсор давления – это чувствительный элемент, который определенным образом реагирует на изменение давления. Т.е. создаваемое давление непосредственно изменяет свойства сенсора (емкость, сопротивление и пр.) и таким образом, мы получаем информацию об этом давлении.

Безусловно, для всех перечисленных роботов может быть задействовано огромное количество вспомогательных, «сервисных» сенсоров

из перечисленных ранее, использование которых зависит от конкретного приложения. Часть из них дает информацию о внутреннем состоянии системы (интероцепция), а часть — об окружении (экстероцепция). В этом контексте отдельно стоит упомянуть, что крайне важными являются сенсоры для организации взаимодействия человека и робота.

5.5.3 Датчики в робототехнике.

Для выполнения задач, позиционирования в пространстве, обмена данных с другими роботами существуют специальные устройства, которые помогают выполнять поставленную задачу. Рассмотрим основные типы и принципы работы этих устройств.

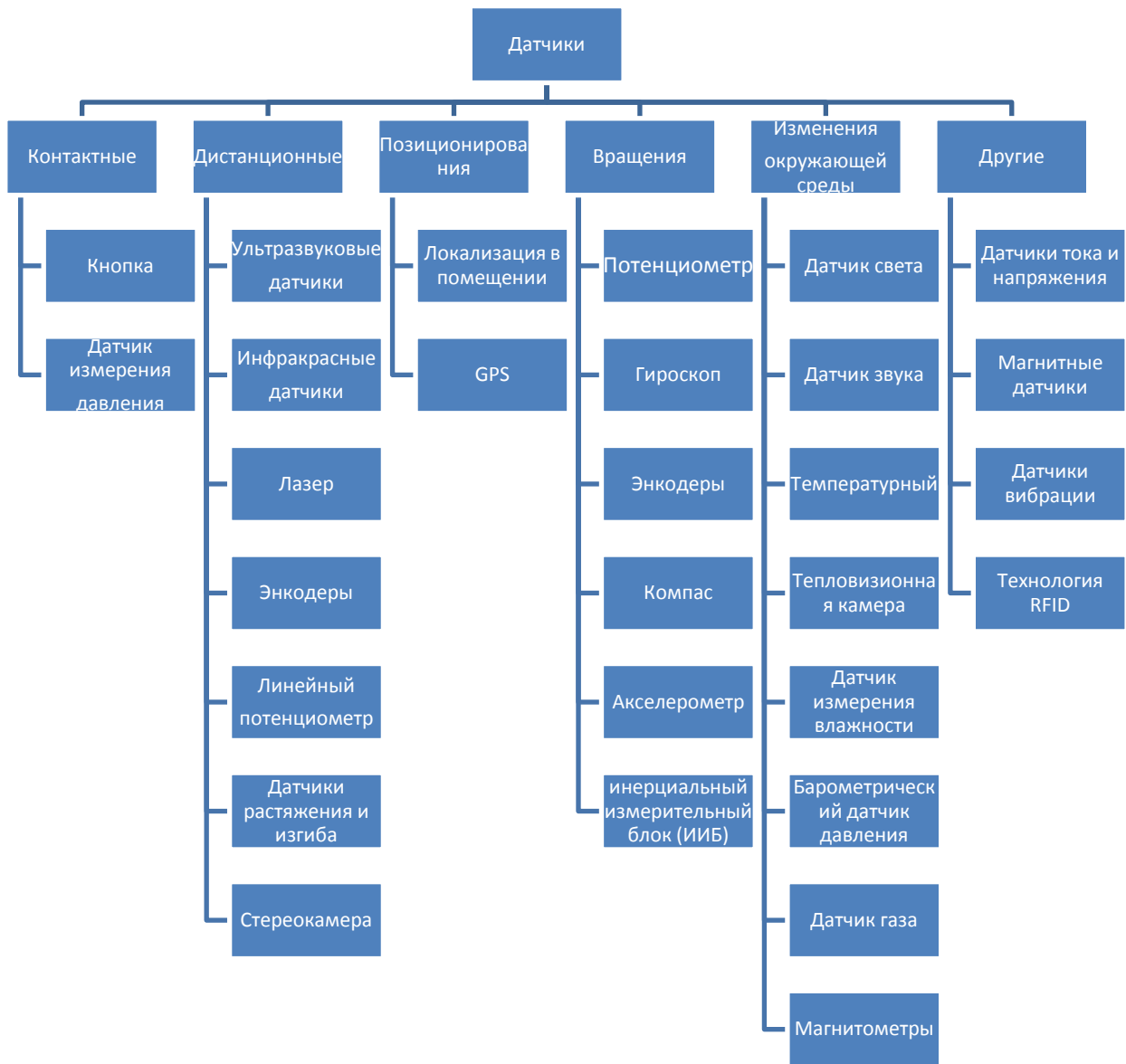


Рис. 36 Структурная схема датчиков.

1.1. Контактные датчики:

1.1.1. Кнопка / контактный выключатель.

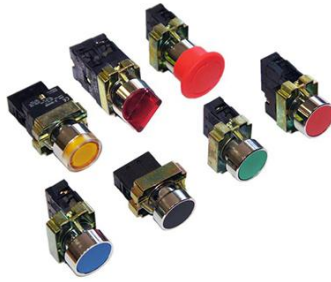


Рис. 37. Кнопки

Переключатели, кнопки и контактные датчики используются для обнаружения физического контакта между объектами, а не ограничиваются только людьми, нажимающими на кнопки.

Бампер робота может быть оснащен датчиком касания или кнопкой. Дополнительно “усы” (как и у животного) могут использоваться для обнаружения объекта на различных расстояниях.

- Преимущества: очень низкая цена, простота интеграции, надежность.
- Недостатки: расстояние измерения ограничено.

1.1.2. Датчики измерения давления.

Кнопка, которая предлагает одно из двух возможных показаний (ON или OFF). В результате датчик робота производит выходной сигнал, пропорциональный прилагаемой к нему силе.

- Преимущества: позволяет измерять, сколько силы применяется.
- Недостатки: могут быть неточными и сложнее в использовании, чем простые коммутаторы.

1.2. Дистанционные датчики:

1.2.1. Ультразвуковые датчики.



Рис. 12. Ультразвуковой датчик.

Датчики, которые используют ультразвуковые сигналы для измерения времени между отправкой сигнала и возвратом его эхо-сигнала называются ультразвуковыми. Датчики роботов в этом случае созданы на основе изучения летучих мышей, дельфинов и других животных.

Ультразвуковые дальнометры могут измерять диапазон расстояний, но используются, в частности, в воздухе и зависят от отражающей способности различных материалов.

- Преимущества: измерение среднего диапазона (несколько метров).
- Недостатки: поверхности и факторы окружающей среды могут повлиять на показания.

1.2.2. Инфракрасные датчики.



Рис.33. Инфракрасный датчик.

Инфракрасный диапазон также может использоваться для измерения расстояния. Некоторые инфракрасные датчики измеряют одно конкретное расстояние, в то время как другие обеспечивают выходной сигнал, пропорциональный расстоянию до объекта.

- Преимущества: низкая стоимость, достаточно надежные и точные.
- Недостатки: более широкий диапазон, чем у ультразвуковых датчиков.

1.2.3. Лазер.

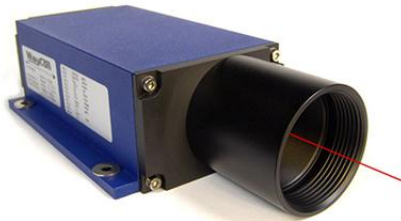


Рис.34. Лазерный датчик.

Лазеры используются, когда требуется высокая точность, или большое расстояние до объекта, или когда присутствуют оба фактора. Сканирующие лазерные дальномеры используют спин-лазеры (ультрабыстрые лазеры) для двумерного сканирования расстояния до объектов.

- Преимущества: очень точные с очень большим диапазоном.
- Недостатки: намного дороже, чем обычные инфракрасные или ультразвуковые датчики.

1.2.4. Энкодеры.

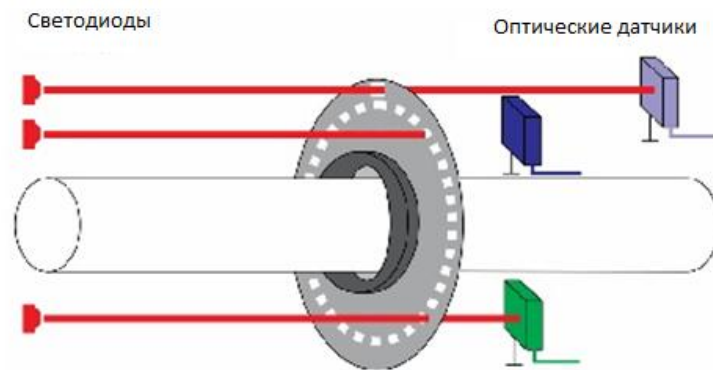


Рис.35. Принцип работы энкодера.

Оптические энкодеры часто используют пару светодиод фотодиод. На валу установлен диск с отверстиями, через которые сигнал со светодиода попадает на фотодиод и считывается количество импульсов.

Определенное количество отверстий соответствует полному углу, пройденному колесом. Зная радиус колеса, вы можете определить общее расстояние, пройденное этим колесом. Два энкодера дают вам относительное расстояние в двух измерениях.

Оптические энкодеры используют мини — инфракрасные пары передатчика / приемника. Количество разрывов инфракрасного пучка соответствует полному углу, пройденному колесом.

Механический энкодер использует очень тонко обработанный диск с достаточным количеством отверстий, чтобы читать определенные углы. Поэтому механические датчики могут использоваться как для абсолютного, так и для относительного вращения.

- Преимущества: если нет скольжения, то высокая точность измерения. Часто устанавливается на задний вал двигателя.
- Недостатки: требуется дополнительное программирование, более точные оптические энкодеры могут дорого стоить, у оптических энкодеров угол поворота является относительным (не абсолютным) от исходного положения.

1.2.5. Линейный потенциометр.



Рис.36. Линейный потенциометр.

Линейный потенциометр способен измерять абсолютное положение объекта.

- Преимущества: точно измеряет абсолютное положение.
- Недостатки: маленький диапазон.

1.2.6. Датчики растяжения и изгиба.



Рис.37. Датчик растяжения и изгиба.

Датчик растяжения состоит из материала, сопротивление которого изменяется в зависимости от того, насколько он растянут. Датчик изгиба обычно представляет собой сэндвич из материалов, где сопротивление одного из слоев изменяется в зависимости от того, насколько он был согнут.

Их можно использовать для определения небольшого угла или поворота, например, сколько пальцев было согнуто.

- Преимущества: полезно, когда ось вращения является внутренней или недоступной.
- Недостатки: небольшая точность и возможность измерения только малых углов.

1.2.7. Стереокамера.

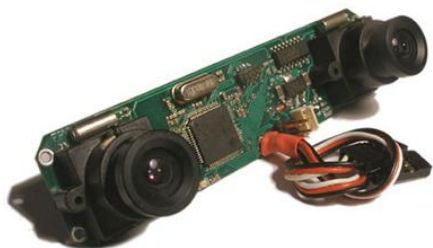


Рис.38 Стереокамера.

Как и человеческие глаза, две камеры, расположенные на расстоянии друг от друга, могут предоставлять информацию о глубине (стереовидение). Роботы, оснащенные камерами, могут быть одними из самых способных и сложных роботов.

Камера, в сочетании с правильным программным обеспечением, может обеспечить хорошее распознавание цвета и объектов.

- Преимущества: возможность предоставления подробной информации и хорошая обратная связь.
- Недостатки: сложность в программировании и в использовании информации.

1.3. Датчики позиционирования.

1.3.1. Локализация в помещении.

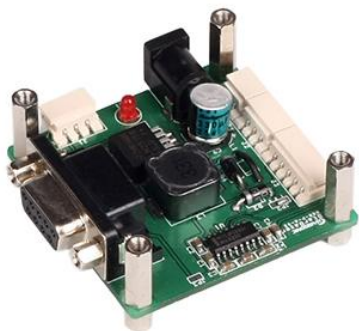


Рис.39. Датчик локализации в помещении.

Внутренняя система локализации может использовать несколько маяков для триангуляции (определение взаимного расположения точек на поверхности) положения робота в помещении, в то время как другие используют камеру и ориентиры.

- **Преимущества:** отлично подходит для абсолютного позиционирования.
- **Недостатки:** требуется сложное программирование и использование маркеров.

1.3.2. GPS.

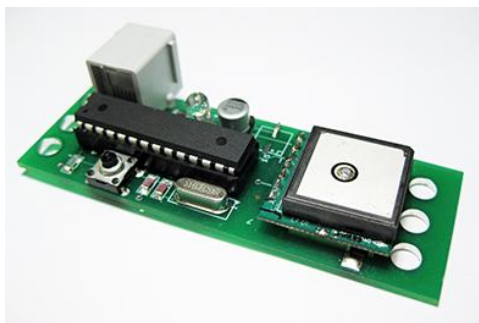


Рис.40. GPS датчик.

GPS использует сигналы от нескольких спутников, вращающихся вокруг планеты, чтобы определить их географические координаты.

Устройства GPS могут обеспечить географическое позиционирование с точностью до 5 метров, в то время как более сложные системы, включающие обработку данных и исправление ошибок, благодаря использованию других единиц GPS или ИДУ, могут иметь точность до нескольких сантиметров.

- **Преимущества:** не требует маркеров или других ссылок.
- **Недостатки:** могут работать только на открытом пространстве.

1.4. Датчики вращения.

1.4.1. Потенциометр.



Рис.41. Потенциометр.

Поворотный потенциометр – это, по сути, делитель напряжения и обеспечивает аналоговое напряжение, соответствующее углу поворота ручки.

- Преимущества: простой в использовании, недорогой, достаточно точный, обеспечивает абсолютные показания.
- Недостатки: большинство из них ограничены 300 градусами вращения.

1.4.2. Гироскоп.



Рис. 42. Электронный гироскоп.

Электронный гироскоп измеряет скорость углового ускорения и подает соответствующий сигнал (аналоговый сигнал напряжения, последовательный канал связи, с I2C и т. д.). В электронном гироскопе используются пьезопластины.

- Преимущества: отсутствие механических компонентов.
- Недостатки: датчик всегда подвергается угловому ускорению, тогда как микроконтроллер не всегда может принимать непрерывный входной сигнал, то есть значения теряются, что приводит к «дрейфу» значений.

1.5. Датчики изменения окружающей среды.

1.5.1. Датчик света.



Рис.43. Датчик света.

Датчик света может использоваться для измерения интенсивности источника света, будь то естественным или искусственным. Обычно его сопротивление пропорционально интенсивности света.

- Преимущества: обычно очень недорогие и очень полезные.
- Недостатки: не могут различать источник или тип света.

1.5.2. Датчик звука.



Рис.44. Датчик звука.

Датчик звука — это, по сути, микрофон, который возвращает напряжение, пропорциональное уровню окружающего шума. Более сложные платы могут использовать данные из микрофона для распознавания речи.

- Преимущества: дешевый и надежный датчик.
- Недостатки: для того, чтобы расшифровать важную информацию требуется сложное программное обеспечение.

1.5.3. Температурный датчик.



Рис.45. Температурный датчик.

Температурные датчики могут использоваться для измерения температуры окружающей среды или в сложных условиях, например в нагревательных элементах, печах и т.д.

- Преимущества: могут быть высокоточными.
- Недостатки: более сложные и точные датчики могут быть более сложными в использовании.

1.5.4. Тепловизионная камера.



Рис.46. Тепловизионная камера.

Тепловизионный датчик (камера) инфракрасного или теплового изображения позволяет получить полное 2D-тепловое изображение всего, что находится перед камерой тепловизора. Таким образом, можно определить температуру объекта.

- Преимущества: можно выборочно на расстоянии измерять тепловую активность объектов.
- Недостатки: высокая стоимость.

1.5.5. Датчики измерения влажности.

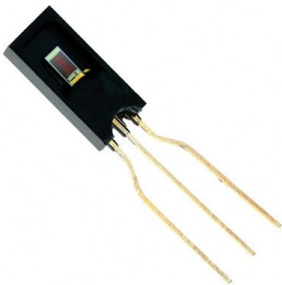


Рис.47. Датчик влажности.

Датчики влажности определяют процентное содержание воды в воздухе и часто соединяются с датчиками температуры.

1.5.6. Барометрический датчик давления.

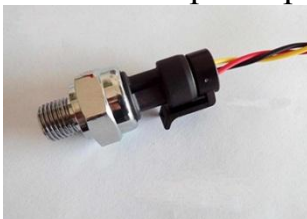


Рис.48 Барометрический датчик давления.

Датчик давления (который также может быть барометрическим датчиком) может использоваться для измерения атмосферного давления. Следовательно может дать представление о высоте БПЛА (беспилотный летательный аппарат).

1.5.7. Датчик газа.



Рис.49 Датчик газа.

Датчики газа используются для определения наличия и концентрации различных газов. Однако они нужны только специализированных робототехнических комплексов.

- Преимущества: это единственные датчики роботов, которые могут быть использованы для точного обнаружения газа
- Недостатки: недорогие датчики могут давать ложные срабатывания или несколько неточны и поэтому не должны использоваться для критически важных задач.

1.5.8. Магнитометры.



Рис.50. Магнитометр.

Магнитометры могут быть использованы для обнаружения магнитов и магнитных полей. Также может определить полярность.

- Преимущества: помогает обнаружить ферромагнитные металлы.
- Недостатки: в некоторых случаях датчики могут быть повреждены сильными магнитами.

1.6. Датчики вращения.

1.6.1. Компас.



Рис.51. Цифровой компас.

Цифровой компас способен использовать магнитное поле Земли для определения его ориентации относительно магнитных полюсов. Наклон компаса компенсируется и учитывает тот факт, что робот не может передвигаться строго горизонтально.

- Преимущества: обеспечивает абсолютную навигации.
- Недостатки: более высокая точность увеличивает цену.

1.6.2. ИИБ (инерциальный измерительный блок).



Рис.52 ИИБ.

Инерциальный измерительный блок сочетает в себе мультиосевой акселерометр с мультиосевым гироскопом и иногда мультиосевым магнитометром для того, чтобы более точно измерить крен. Такие датчики роботов достаточно сложные.

- Преимущества: это очень надежный способ измерения без использования внешних ссылок (кроме магнитного поля Земли)
- Недостатки: может быть очень дорогим и сложным в использовании.

1.7. Другие датчики.

1.7.1. Датчики тока и напряжения.



Рис.53. Датчик тока и напряжения.

Датчики тока и напряжения измеряют ток и/или напряжение конкретной электрической цепи. Это может быть очень полезно для определения того, сколько ваш робот сможет работать (измерять напряжение аккумуляторной батареи) или, если ваши моторы слишком сильно работает (измерения тока).

- Преимущества: они делают именно то, что они предназначены.
- Недостатки: могут вносить изменения в измеряемое напряжение или ток. Иногда требуется изменить измеряемую электрическую цепь.

1.7.2. Магнитные датчики.



Рис.54 Магнитные датчики.

Магнитные датчики и магнитометры способны обнаружить магнитные предметы и могут требовать контакта с объектом, или должны быть расположены относительно близко к объекту.

Такие датчики роботов могут использоваться на автономной газонокосилке для обнаружения провода, проложенного по газону или для поиска скрытой проводки в квартире.

- Преимущества: как правило, недорогие
- Недостатки: как правило, должны располагаться относительно близко к объекту, и к сожалению, не могут обнаруживать немагнитные металлы.

1.7.3. Датчики вибрации.



Рис.55. Датчик вибрации.

Датчики вибрации предназначены для обнаружения вибрации объекта с помощью пьезоэлектрических или других технологий.

1.7.4. Технология RFID.

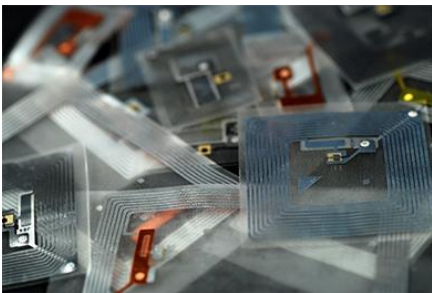


Рис.56. Чип технологии RFID.

Технология RFID – это технология беспроводного обмена данными посредством радиосигнала между электронной меткой, которая помещается на объект и специальным радиоэлектронным устройством, которое считывает сигнал метки.

Устройства радиочастотной идентификации могут использовать как активные (с питанием), так и пассивные (без питания) RFID-метки обычно имеющие размер и форму кредитной карты, небольшой плоский диск или дополнение к брелку (другие формы также возможны).

Когда метка RFID находится на определенном расстоянии от считывателя RFID, создается сигнал с идентификатором тега.

- Преимущества: RFID метки обычно имеют очень низкую стоимость и могут определяться индивидуально.
- Недостатки: бесполезно для измерения расстояния, кроме случаев, когда метка находится в пределах диапазона.[2]

5.4.4 Тенденции в сенсорике роботов

Одно из актуальных направлений развития сенсорики роботов — это силомоментное очувствление, развитие тактильных сенсоров. Современные манипуляционные роботы все меньше стоят в отдельных ячейках за железными ограждениями или инфракрасными занавесами, не говоря уже про сервисных или персональных роботов. Прогресс движется в сторону создания роботов, которые способны эффективно и безопасно работать в динамическом, неструктурированном окружении, когда невозможно все расставить строго по местам раз и навсегда, и в тесном контакте с человеком.

Сегодня много сил вкладывается в то, чтобы сделать датчики силомоментного очувствления доступными по цене. Сегодня такие мембраны, которые могут быть локализованы в сочленениях роботов или устанавливаться между роботом и рабочим инструментом, стоят десятки тысяч долларов, что существенно тормозит их широкое внедрение. Среди производителей таких датчиков сейчас можно отметить ATI, FUTEK, Kistler и Hitec. [2], [3]

Производители силовомоментных датчиков



Попытки заменить такие дорогостоящие элементы предпринимаются и сейчас для ограниченного диапазона применений, как это делает, например, компания КУКА, используя схему двух энкодеров. Предлагаются и новые типы измерителей. Например, разрабатываются и тестируются распределенные сенсоры, которые называются искусственной кожей. Направление *haptics* — управление с обратной связью по силе — мощно развивается в США, Швейцарии, Германии, Корее, Китае, Японии, где есть крупные лаборатории, работающие в этой области. В России же это направление пока достаточно слабо развито.

Продолжая тему распределенного оцувствления, можно упомянуть новую концепцию при проектировании робототехнических систем — интегрированный функциональный дизайн, или содизайн, всех компонентов робота, когда конструкция, актуаторы, сенсоры, источники питания, вычислительные платформы, алгоритмическое и программное обеспечение разрабатываются одновременно, исходя из конечного функционала системы в целом. [4]

Приведем пример компании Boston Dynamics. Некоторое время назад они представили перспективную концепцию создания ноги робота на основе аддитивной технологии, порошковой 3D-печати, когда еще на уровне конструирования закладываются и элементы, приводящие ее в движение, и датчики, измеряющие статическое и динамическое напряжение. В дальнейшем это может пригодиться, чтобы понимать, правильно ли нога движется, или программно скорректировать траектории на лету. То же происходит и с композитными крыльями нового поколения самолетов, в которые закатывают оптоволокно, чтобы осуществлять постоянный мониторинг деформаций конструкции. [2][4]

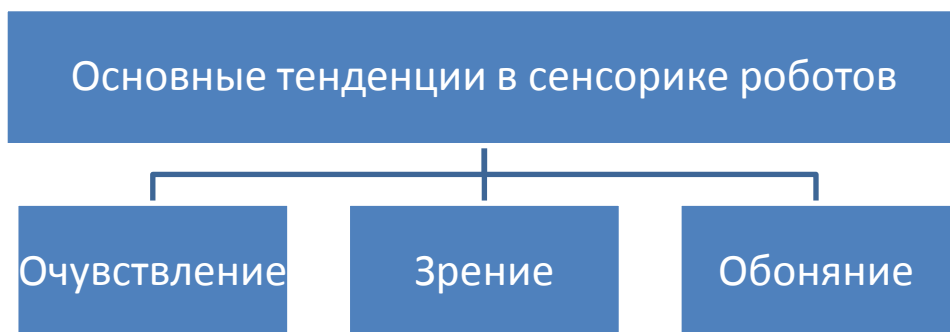
Другое актуальное направление — техническое зрение. Одна из основных задач, которую сегодня нужно решить, чтобы двинуть вперед развитие беспилотного транспорта, — это сделать лидар дешевым, потому что сейчас его цена сильно увеличивает стоимость готового робота и не позволяет сделать такие устройства массовыми. В поисках альтернативы для мобильной

робототехники люди пытаются делать систему автономной навигации на основе других датчиков, и тогда в ход идут сонары, стереокамеры, датчики структурированного света, камеры. Но наиболее качественных результатов в мобильной робототехнике все еще добиваются на основе лидара. Среди лидеров можно отметить немецкую компанию SICK, которая занимается разработкой средств технического зрения для автоматизации в целом и для роботов в частности, немецкие же *Continental AG* и *Bosch*, а также *Velodyne* и японскую HOKUYO, работающую в более дешевом сегменте.

Вероятно, как и в случае с MEMS-датчиками, появятся популярные устройства, которым потребуются силомоментные и тактильные сенсоры и лидары, и тогда цена снизится кратно благодаря массовому производству. Возможно, это произойдет в контексте гибких производств Индустрии 4.0 и беспилотных автомобилей или в совсем неожиданной области.

Также, в связи с развитием персональной робототехники более широкое внедрение должны получать сенсоры для мультимодального взаимодействия с человеком, включая, например, комбинированные сенсоры для одновременного считывания аудио и визуальной информации для дальнейшей обработки естественного языка (*natural language processing*).[3]

Также в робототехнике очень редко пока используются обонятельные сенсоры, различающие запах. Есть проекты дронов, которые устраняют последствия утечки вредных веществ, максимально быстро локализуя источник по запаху.



Что изменит область сенсорики роботов

В робототехнике фокус во многом смещается от железа к софту. С точки зрения сенсорики выделяется два направления: интерференционные измерения, или виртуальные сенсоры (*soft sensing*), и высокоуровневое комплексирование информации (*sensor fusion*).

Первый подход позволяет точно и в режиме реального времени восстанавливать значения неизмеримых напрямую физических величин. Это особенно актуально, если конструктивно датчик невозможно установить или это очень дорого. С другой стороны, подобные разработки позволяют повысить надежность систем управления, когда виртуальный сенсор дублирует железный, который может выйти из строя. [2][4]

Кроме того, сенсорика и робототехника помогают людям с ограниченными возможностями. Например, очки звукового зрения преобразуют изображение со встроенной камеры, в особый звук, который мозг воспринимает как аналог черно-белого изображения. Очки позволяют пользователю, прошедшему подготовку, получать представление о пространстве и предметах вокруг него через звук, не используя органы зрения.

Очки автоматически или по команде могут озвучивать текст вывесок и нумерацию домов. Подсказать цвет объектов, распознать штрихкод на товаре, а также озвучить названия бытовых предметов в поле зрения камеры. [7]

Источники.

1. «Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия» [Электронный ресурс] https://digitech.ac.gov.ru/technologies/robotics_and_sensorics/sensory-i-tsifrovyye-komponenty-rtk-dlya-chelovekomashinnogo-vzaimodeystviya (Дата обращения: 9.06.2020)
2. «ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ "СКВОЗНОЙ" ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ "КОМПОНЕНТЫ РОБОТОТЕХНИКИ И СЕНСОРИКА"» [Электронный ресурс] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335566/ (Дата обращения: 9.06.2020)
3. «Цифровые технологии» [Электронный ресурс] <https://data-economy.ru/science> (Дата обращения: 10.06.2020)
4. «Что это такое «сквозные цифровые технологии» и зачем вкладывать в них бюджетные деньги» [Электронный ресурс] <https://asi.ru/news/111655/> (Дата обращения: 10.06.2020)
5. «Сенсорные системы роботов» [Электронный ресурс] <https://postnauka.ru/faq/82917> (Дата обращения: 10.06.2020)
6. «Датчик температуры» [Электронный ресурс] <https://auto.kombat.com.ua/datchik-temperatury-i-193828-ustroystvo-printsip-raboty-i-harakteristiki-sposoby-i-ishemyidlyapr/> (Дата обращения: 13.06.2020)
7. «Звуковое зрение» [Электронный ресурс] <http://social-tech.ru/support/members/info-tex/voice.html> (Дата обращения: 13.06.2020)

5.4.5 Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования.

Робототехника является одним из передовых направлений автоматизации производственных процессов, начало развития, которого в нашей стране относится к последнему десятилетию. Комплексный подход к решению технико-экономических и социальных задач, связанных с внедрением промышленных роботов(ПР), позволил высвободить около 2000 рабочих. В процессе создания, производства и внедрения ПР приходилось сталкиваться с решением ряда сложных научно-технических проблем. Получен большой опыт по разработке робототехнических комплексов (РТК) и организации автоматизированного производства на базе ПР.

Все эти вопросы, представляют, по нашему мнению, значительный интерес как для широкого круга специалистов, конструкторов и производителей различных отраслей, которые заняты в настоящее время работой по увеличению производства и широкому применению ПР во всех отраслях народного хозяйства, так и для всех специалистов, работающих в области автоматизации производственных процессов.

Робототехнический комплекс – совокупность взаимодействующих роботов, обеспечивающих комплексную автоматизацию выполнения группы производственных операций. Робототехнический комплекс включает роботы различного назначения: транспортные (транспортировка заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, контрольных средств, инструментов, тары со стружкой); контрольные; для замены инструмента в магазинах или в обрабатывающих центрах; удаления стружки; загрузки обрабатывающих центров.

Идеи о костюме, который повышает способности, зародились в фантастике. Принципы на эту тему сформулировал русско-американский инженер-механик Николай Ягн. Правда, дальше теории дело не пошло. Единственная воплощённая задумка – автоматический прибор, подающий воду в паровые котлы – «Друг кочегара».

Экзоскелет - от греч. ἔξω — внешний и σκελετός — скелет) — устройство, предназначенное для увеличения мускульной силы человека за счёт внешнего каркаса. Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях. Экзоскелет может быть интегрирован в скафандр.



Рис. 57 Экзоскелет

К 2035 году в России должны быть сформированы новые глобальные рынки, которые позволят нашей стране занять лидирующие позиции в технологической сфере. Для этого была создана Национальная технологическая инициатива (НТИ) – долгосрочная стратегия технологического развития.

Согласно документу, к 2035 году суммарные расходы на науку и технологии достигнут 4% ВВП. Доходы российских компаний и университетов от управления интеллектуальной собственностью составят 1% от оборота мирового рынка, а Россия войдет в топ-5 стран по рейтингу количества профессионалов, занимающихся исследованиями и разработками.

История развития робототехники

История развития робототехники уходит в далекое прошлое. Легенды о джине, человеке-исполине, волшебнике известны с незапамятных времен. Вот эти легенды и породили идею создания сказочного помощника человека, всемогущего, выполняющего любые его желания. А позже, с развитием технических отраслей знаний, таких как точная механика, электроника, техническая кибернетика и других, появились и помощники человека,

названные роботами – это в технике. Помощники нужны были не только техническим специалистам, так, например, нужен был робот-интеллектуал, обладающий значительными умственными способностями, чем-то похожий на человека, заменяющий его во многом. Искусство не осталось в стороне, создав образ супермена, сверхчеловека. [источник]

Надо сказать, что деятельность людей приводит к активному развитию науки и техники, особенно заметному за последние 50-100 лет, и образ помощника принимает все более реальный, интеллектуальный характер. Вот пример – компьютер – вошел в нашу жизнь недавно, а робот – супермен уже обладает способностями мышления на уровне ЭВМ и даже выше (например, робот-шахматист). Правда, об этом пишут в фантастических романах, которые, кстати сказать, не так уж далеки от реальной действительности, да и вообще, писателям-фантастам все труднее придумывать что-то, далеко выходящее за рамки нашего воображения и согласующееся с нашей современной жизнью.

Кибернетика – наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в биологических, административных, социальных и технических сложных системах. Происходит от греческого слова Кибернетикос – искусство управлять.

На рисунке 58 изображен один из первых роботов в мире.



Рис. 58 Механизированный тренер по гольфу для постановки удара

Что такое робототехника?

Согласно работе, опубликованной Моравеком из Карнеги-Меллона, полуторакилограммовый мозг человека может выполнять около 100 трлн. операций в секунду — суперкомпьютеры практически уже достигли этой цифры, а чипы для роботов, развиваясь по закону Мура, достигнут такой обрабатывающей мощности менее чем через 10 лет. К этому времени недостаточно умные роботы завоюют рынок и подготовят его для тотального взятия разумными роботами. "Чтобы быть полезным, роботу не нужны все возможности человеческого мозга, — пишет Моравек. — Умственных способностей рыбки гуппи примерно в 1000 млн. операций в секунду достаточно, чтобы мобильные бытовые роботы могли ориентироваться в незнакомом окружении, выполняя работу в сотнях тысяч производственных помещений, а со временем и в миллионах домов". Даже лишённые человеческого разума, роботы-андроиды займут главную часть мирового рынка.

Впервые слово робот появилось из-под пера писателя Карела Чапека, в 1920 году, он говорил о механических людях, называя их роботами. С тех пор роботами стали называть механические игрушки, они были похожи на людей и выполняли простые механические движения. Позже появились андроиды, они исполняли музыкальные мелодии, рисовали, передвигались, но использовались только в развлекательных целях. Известный писатель– фантаст Айзек Азимов в 1949 году написал о трех законах для робота, он должен защищать человека, выполнять его приказы и уметь самовосстанавливаться при поломке. Защищать – это значит, превосходить человека быть сильнее, быстрее реагировать на внешнюю информацию, обладать антропоморфизмом. И еще, робот должен обладать интеллектом, причем созданным искусственно, человеком.

Робототехника, как наука, возникла в результате объединения специальных разделов знаний, она занимается созданием технических систем (роботов), способных заменить человека в производственной и интеллектуальной сфере деятельности.

К концу 60-х годов нашего века развитие науки и техники достигло значительных успехов, появилась техническая кибернетика, различные автоматические системы управления, специальные разделы математики, бионика и многое другое. Все это дало возможность разработки сложных роботов, обладающих интеллектом, способностью адаптации к окружающей среде, самообучающихся.

Создатели современных роботов как раз и стремятся наделить робота всеми подобными качествами, используя для этого все имеющиеся достижения в разных областях науки, техники, используя различные технологии и последние достижения и идеи. Но, в конечном итоге, при построении робота, как сложной системы, основные идеи заимствованы от природы, а их реализация – дело рук современного человека и его достижений.

Природа, да и сам человек, не изучена нами до конца, поэтому говорить о создании суперсовременного робота еще очень рано, хотя нейрокибернетика предлагает совершенно удивительные решения некоторых проблем как раз с точки зрения естественных процессов. Основная задача нейрокибернетики – изучение нервной системы живых организмов для построения сложных технических систем, то есть искусственного интеллекта. Вот одна из задач, решаемых нейрокибернетикой – создание нейрокомпьютеров с необычной архитектурой, состоящей из нейронной сети, заменяющей процессор, память и прочее, объединяющей все функции перечисленных устройств электронной ЭВМ. Выигрыш – в скорости обработки информации совершенно недоступной современной цифровой ЭВМ. Говорят, что в 21 веке такие ЭВМ полностью заменят ныне действующие.

Сенсорика и компоненты робототехники

Сенсоры окружают нас повсюду: в телефонах, микрофонах, считывателях магнитных билетов в метро. Несмотря на то, что сенсоров много, остается ряд нерешенных вопросов. Например, эффект Доплера, который для простого потребителя проявляется в низкой скорости срабатывания сенсора.

Эффект Доплера состоит в изменении частоты волн, воспринимаемых наблюдателем, вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя

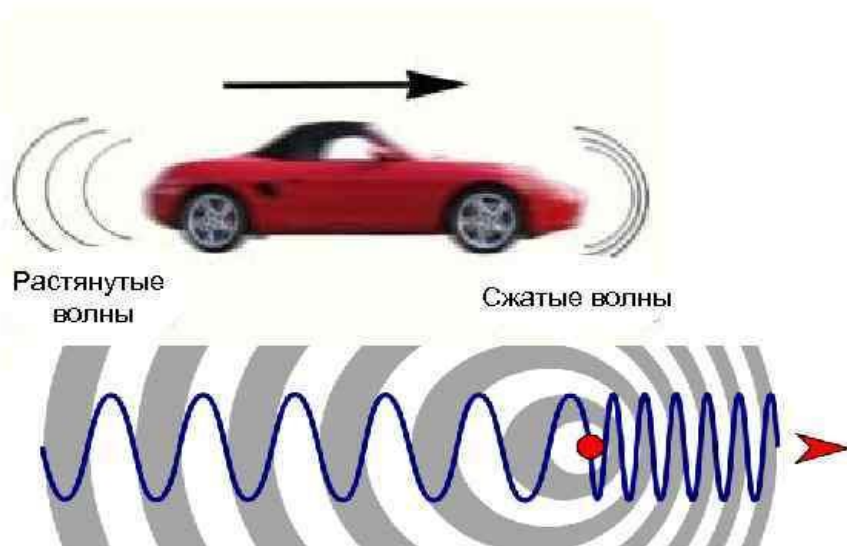


Рис.59 Эффект Доплера

На платных дорогах водитель может оплатить проезд без использования наличных или банковских карт с помощью специального бортового устройства – транспондера. Деньги списываются с автовладельца, когда сенсор считывает метку транспондера. Однако для того, чтобы это произошло, необходимо замедлить автомобиль до 30-50 км/ч.



Рис. 60 Транспондер для дистанционной оплаты проезда по западному скоростному диаметру в СПб.

На рисунке 61 показана структурная схема робота. Она включает:

- исполнительные системы (манипуляционную (один или несколько манипуляторов) и систему передвижения, если робот подвижный)

- сенсорную систему, снабжающую робот информацией о внешней среде
- устройство управления.

Функциональная схема робота



Рис. 61 Структурная функциональная схема работы робота

Роботам тоже требуются сенсоры: антропоморфным – для устойчивости, промышленным – чтобы понимать, в каком месте находится деталь, где ее взять, куда перенести. В России промышленных роботов производят для военных целей. На рисунке 5 представлен военный боевой робот «Соратник»



Рис. 62 Боевой робот «Соратник»

В рамках субтехнологии рассматриваются задачи разработки новых приводов различных типов, задачи динамического перемещения объектов, методы тактильного осязания, методы динамического управления движением робототехнических систем, методы расчета и моделирования робототехнических систем на базе физических и теоремеханических моделей, методы синтеза систем диагностирования и отказоустойчивого управления.

На рисунке 63 изображен антропоморфный робот.



Рис. 63 Антропоморфный робот

К субтехнологии относятся технологические решения, обеспечивающие координацию, планирование и управление движением робототехнических систем. Сюда входят технологии взаимодействия роботов с объектами окружающей среды, их захват и перемещение. В основе субтехнологии лежат классические методы моделирования и управления на основе физических и теормеханических моделей. В область субтехнологии входят также разработки низкоуровневого программного обеспечения систем управления реального времени, в том числе систем диагностики и отказоустойчивых систем.

Классификация сенсорных устройств и датчиков по их функциональному назначению (в основном датчиков промышленных роботов) приведена в таблице 1. В частности, к датчикам для выполнения рабочих операций относятся специализированные датчики, ориентированные на выполнение конкретных рабочих операций в производственных условиях рабочего участка, например,

датчик автоматического отслеживания свариваемого стыка, используемый при дуговой сварке.

Таблица 1 - Классификация сенсорных устройств робота

<p>Сенсорные устройства промышленных роботов</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Сенсорные устройства • обеспечения безопасности • Тактильные датчики • Датчики давления • Датчики проскальзывания • Датчики приближения (к детали)
<p>Сенсорные устройства захвата манипулятора</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тактильные датчики • Датчики давления • Датчики проскальзывания • Датчики приближения (к детали) • Датчики рабочей операции
<p>Силовые сенсорные устройства</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Датчики рассогласования в следящем приводе • Датчики крутящего момента в шарнире исполнительного органа манипулятора • Датчики запястья • захвата манипулятора
<p>Сенсорные устройства внешней среды</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Визуальные датчики (системы технического зрения) • Акустические датчики • Датчики столкновения (препятствия) • Датчики температуры, влажности
<p>Сенсорные устройства позиционирования (положения и ориентации)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Курсовые датчики (датчики направления) • Датчики положения по маркеру • Оптические датчики • Ультразвуковые датчики • Датчики положения по длительности перемещения
<p>Сенсорные устройства обеспечения безопасности</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Датчики обнаружения препятствия • Датчики детекторы т аварийных ситуаций

Технологические компоненты:

Алгоритмы и технологии сенсорно-моторной координации и планирования движений для захвата и перемещения физических объектов и контактного взаимодействия

Расчет и определение положений и траекторий робототехнических компонентов и объектов физического мира

Симуляторы и эмуляторы робототехнических и сенсорных средств на базе физических и теоремеханических моделей для разработки и верификации систем управления. [[Ссылка на источник](#)]

Сферы применения

Робототехника и сенсорика основывается на методах механики, электроники, мехатроники и других науках. Роботы предназначены для замены человека при выполнении рутинных, грязных, опасных работ, а также там, где требуется высокая точность и повторяемость. Область применения и перспективы современной робототехники исключительно широки: роботы уже применяются в быту, обслуживании людей, в медицине, в сельском хозяйстве и многих других видах работ.

Основой взаимодействия с людьми являются человеко – машинные интерфейсы, современные виды которых включают не только традиционное представление визуальной информации и привычные органы управления, но и перспективные интерфейсы на основе анализа электрической активности мозга и мышц, с обратными силомоментными связями. Современная сенсорика, в свою очередь, является комплексной цифровой технологией, включающей в себя не только методы измерения физических величин, но и методы обработки сенсорной информации.

На схеме 1 – отображены приоритетные отрасли применения



Схема 1 – отображены приоритетные отрасли применения



Рис. 65 Использование робота в сельскохозяйственной отрасли

5.4.6 Технологии пространственного позиционирования

Для решения задачи анализа, или позиционирования, используются определенный набор технических средств. Его использование решает данную задачу для определенных условий. В состав используемых средств входит логический узел (программируемый логический контроллер, ЭВМ), а также набор датчиков.

Датчики, или сенсоры, позволяют получить информацию об окружающей среде, например, расстояние до препятствия, на основании полученных данных управляющая система производит управление исполнительными устройствами (эффекторами) робота. Принципиальная схема представлена на рисунке 28.



Рис. 66 Базовые элементы роботизированных систем.

При оценке методов навигации следует в первую очередь учитывать точность позиционирования. Так, принято считать, что допустимая ошибка при определении координат робота — это величина, значение которой не больше половины от минимальных габаритов робота. Кроме того, в условиях замкнутого пространства существует множество помех, таких как проблемы с отражением сигналов, неровности освещения и т. д. В этом случае среда вносит принципиальную неточность и неопределенность в каналы связи. В таких обстоятельствах стоит учитывать способность систем работать в условиях зашумлённой среды [4].

В зависимости от классификации выделяют несколько видов навигационных систем. Для движения по заданной траектории, обхода препятствий, что вероятно в бытовых условиях, предлагается выделить четыре вида навигационных систем: глобальная система, локальная, персональная и автономная системы.

Глобальная система. Задача глобальной системы — определение абсолютных координат, т. е. широты и долготы. Это такие системы как GPS, RTK-GPS, Глонасс, которые используют спутники для позиционирования. Точность таких систем зависит от множества факторов, но в условиях, близких к идеальным наиболее развитая из данных систем, GPS, способна обеспечить точность с ошибкой в пределах 60–90 см. Применение систем глобального позиционирования осложняется их зависимостью от условий использования. Затруднительно или невозможно использовать данные системы внутри зданий, подземных сооружениях и т. д. Таким образом, использование глобальных систем позиционирования имеет смысл при следовании по достаточно длинным маршрутам. Считается также, что чем крупнее робот, тем важнее для него применение глобального позиционирования.

Персональная система. Персональная система применяется при позиционировании отдельных частей робота и взаимодействии с близлежащими предметами. Такая направленность важна для устройств, имеющих манипуляторы. Такие системы применяются для позиционирования в пределах какой-либо конкретной территории, например, для навигации робота-сборщика. Также персональные системы навигации применяются для следования по заданной линии, при движении по меткам. Применение на практике данных систем позиционирования осложняется их узкой направленностью под заданную местность, они плохо адаптируются под изменённые условия и достаточно дороги. Их применение целесообразно для работы в пределах конкретной территории.

Автономная система. В рамках автономной системы навигации применяются гироскопы, цифровые компасы. Существенным недостатком таких систем является их чувствительность к неравномерностям поверхности: наклонам, кочкам и т. д. Это вносит определенные ограничения на их использование. Автономные системы навигации находят применение в условиях, когда передача или прием сигналов извне затруднен или невозможен. Этот аспект важен для замкнутых пространств, так как, как было сказано выше, они имеют повышенную зашумленность среды.

Локальная система. Локальные системы используют для позиционирования некоторую точку, обычно стартовую. Данные системы могут применяться на относительно больших локациях, например, для тактических беспилотных самолетов, работающих в рамках известной территории. Система навигации А-GPS, использующая для позиционирования сотовые сети, также является локальной. В условиях замкнутого пространства целесообразно применение локальной системы позиционирования. В настоящее время наиболее часто применяются системы, использующие дальномеры: лазерные, инфракрасные, ультразвуковые и т. д.

Существует довольно много методов обработки информации, поступающей от дальномеров, вот некоторые из них:

- Гистограмма векторного поля. Данный метод нашел применение в скоростных системах. Основные его преимущества — быстрое действие, нечувствительность к ошибкам и надежность.
- Потенциальное поле. Использование этого метода эффективно в динамической среде. Преимуществом данного метода является автоматический выбор траектории.
- Диаграмма близких расстояний. Применяется в условиях малых расстояний между объектами, высокой активности окружающей среды и сложных траекторий.

- Тангенциальное избегание. Метод тангенциального избегания — наиболее эффективный и точный метод из выше перечисленных для навигации робота в среде движущихся и деформируемых препятствий. [3]

Принцип работы робота-пылесоса.

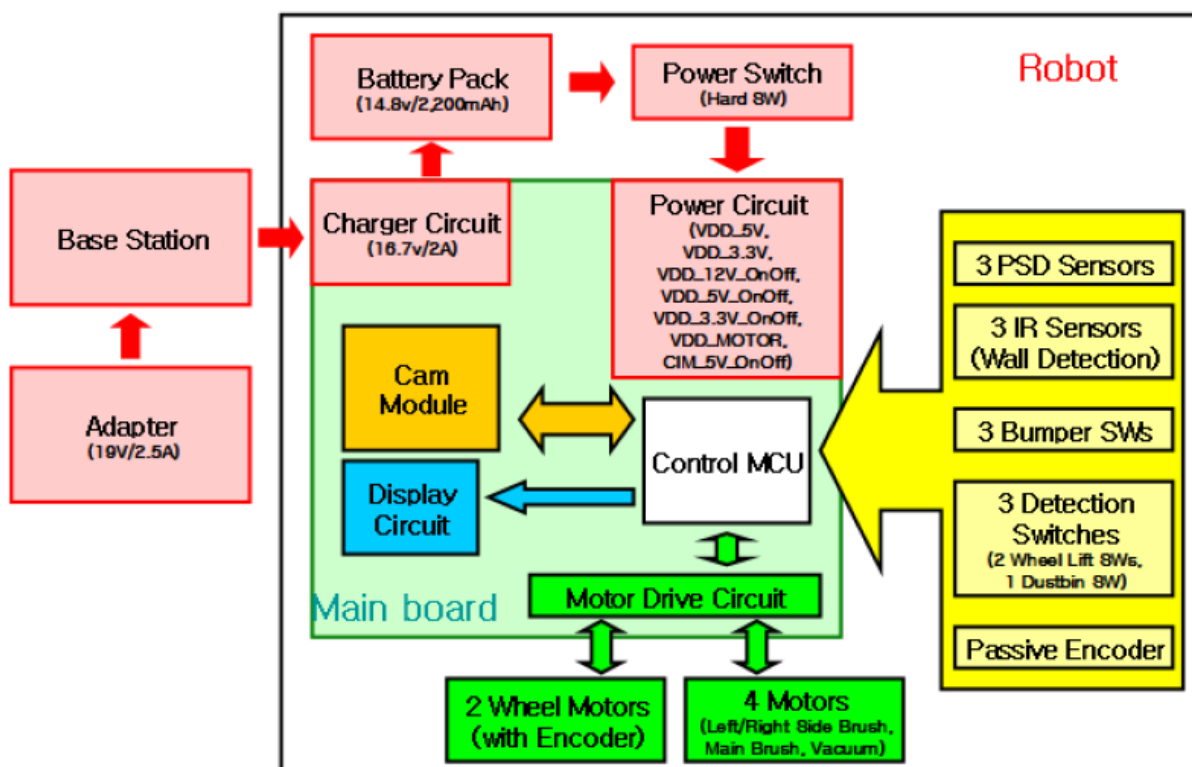


Рисунок 67 Блок-схема робота-пылесоса.

Все датчики, дисплей, модуль камеры подключаются к материнской плате (main board). 19-ти вольтовый адаптер, через базу для зарядки робота, заряжает литий-ионный аккумулятор, который питает все остальные элементы схемы. Для часов и таймера используется дополнительная батарейка-таблетка на материнской плате. Три датчика определения перепада высоты (3 PSD Sensors) расположены на дне корпуса устройства. Три инфракрасных датчика (3 IR Sensors) располагаются непосредственно на самом бампере.

При обнаружении препятствия робот-пылесос меняет свое направление. Если ИК-датчик не сработал, но робот все же упирается в препятствие, срабатывает механический датчик бампера (3 Bumper SWs). На схеме также изображены 3 Detection Switches — два датчика определяют не оторвались ли колеса от пола, а третий датчик наличия пылесборника. Passive Encoder — датчик, расположенный около передней оси колеса для определения пройденного расстояния.

Для того чтобы понять где робот уже убирался, а где еще нет, он получается информацию со всех вышеперечисленных датчиков и сенсоров. Он замеряет пройденное расстояние и угол поворота, а с помощью камеры и датчиков препятствий «понимает» где границы убираемой площади. [5]

Motor Drive Circuit осуществляет управление моторами колёс, мотора пылесоса, щёток для подметания.

Всю информацию, получаемую с датчиков, а также данные о пройденном расстоянии, наполненности мешка для сбора пыли, заряда батареи обрабатывает центральный процессор (control MCU) с помощью специального ПО (программного обеспечения). В более дорогих моделях есть модуль памяти, в который записывается маршрут уборки, размеры помещения, это способствует экономии времени на уборку, т.к. нет необходимости постоянно сканировать дорогу. Пассивное сканирование сохраняется, если на ранее пройденном маршруте появится препятствие, то робот будет искать пути обхода.

Самым точным методом координирования в пространстве является использование локальной системы позиционирования.

С каждым годом датчики становятся надежнее и точнее, что позволяет расширять область действия роботов. Спустя какое-то время роботы станут полностью автономными, на данный момент сложные роботизированные системы требуют присутствия человека.

Движение по картам

Даже продвинутые роботы-пылесосы (не говоря уже о роботах-ассистентах и электронных официантах) умеют строить карту помещения. Оказавшись в новом помещении, они выезжают на его середину и замеряют лазерным дальномером расстояние до всех препятствий вокруг. Затем меняют точку отсчета и выполняют повторное сканирование. По разнице результатов они определяют статичные объекты (стены, контуры мебели, дверные проемы) и отфильтровывают динамичные (вас, вашего ребенка, гостей и кота), если они передвигались за это время.

В итоге у робота в памяти сохраняется карта. Теперь он знает расстояние до каждого объекта относительно исходной точки, а обновлять эти данные по мере собственных перемещений ему помогает IMU (инерциальный измерительный модуль). Этот блок содержит MEMS-сенсоры — примерно такие же, как в вашем смартфоне: акселерометры, гироскопы, магнетометры и (опционально) барометр. Последний используется для вычисления высоты над уровнем моря

по атмосферному давлению, поэтому нужен только тем роботам, которые перемещаются между этажами (например, роботы-консьержи в отеле).

Однако не все роботы используют лазеры и строят карту помещения столь подробно. В упрощенной схеме навигации они начинают движение вслепую, а препятствия распознаются сонарами (ультразвуковыми датчиками) на расстоянии от нескольких сантиметров до пяти метров. Примерно так же работает парктроник в машинах.

Такой робот просто останавливается рядом с препятствием, пробует объехать его и продолжает свой путь, пока не встретит новое. Если объехать не удалось, значит это стена, и робот продолжает двигаться вдоль нее. Завершив первый круг, он получает грубые очертания помещения за счет накопленных данных от IMU и сонаров. Затем робот описывает второй круг меньшего радиуса, потом еще один и так далее. Его движения напоминают спираль, сходящуюся примерно в центре помещения (если, конечно, там не стоит мебель).

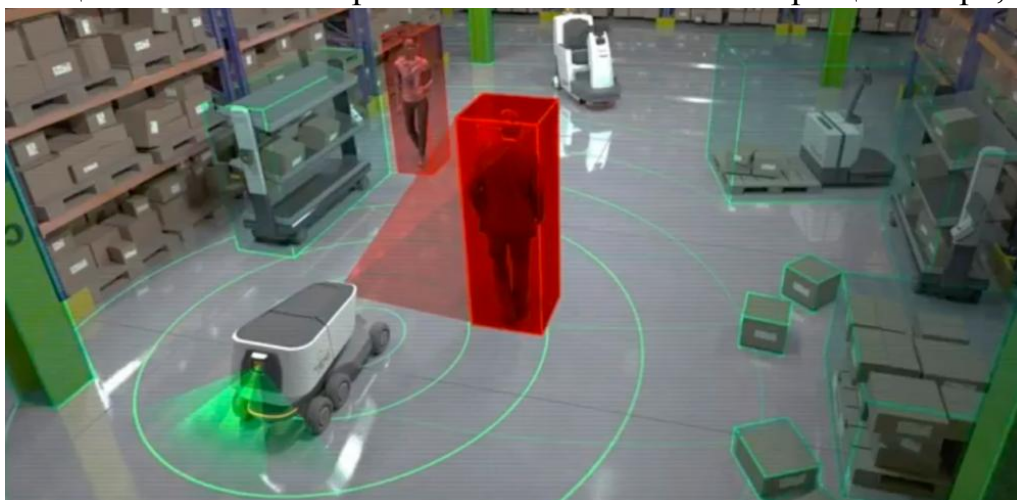
В качестве точки отсчета может быть использована и станция подзарядки робота. Так или иначе, зная расположение всех объектов и собственное смещение относительно начала координат, робот всегда может вычислить новое расстояние до любого статичного препятствия. Но как быть с подвижными объектами?

Динамическая навигация

Сегодня от роботов требуется умение самостоятельно перестраивать маршрут в меняющихся условиях. Избегать столкновений с движущимися объектами им помогают те же сонары. Однако сейчас их чаще рассматривают не столько как самодостаточный набор датчиков, сколько как дополнение к системе машинного зрения. Именно последняя распознает лица людей, управляющие жесты и выполняет 3D-реконструкцию окружающего пространства. Это позволяет задавать роботам сложные шаблоны поведения, чтобы оказывать персонализированные услуги.

Современные роботы, предназначенные для непосредственного взаимодействия с людьми, оснащаются группой камер кругового обзора. Обычно это 3 камеры с углами обзора по 120° или 4 камеры по 90° — зависит от того, на каком расстоянии требуется выполнять оптическое распознавание. Чем меньше угол обзора камеры, тем больше у нее фокусное расстояние и тем дальше она позволяет различать детали.

Дополнительно к основным камерам все чаще устанавливаются вспомогательные: ИК-камеры для работы в условиях слабого освещения и параллельно работающие черно-белые камеры низкого разрешения, выполняющие роль датчиков глубины. Они создают стереобазу с основными камерами и снимают то же изображение под другим углом. В современных смартфонах это используется для размытия фона и переноса зоны резкости, а у роботов — для оценки взаимного расположения объектов. Проще говоря, без



них робот видит, как человек одним глазом, а с датчиком глубины получает дешевый аналог бинокулярного зрения.

Рис. 68 Система автономной навигации в помещении

Движение вслепую

Лазерные дальномеры и камеры относительно дороги, поэтому разработчики ищут более доступные методы ориентирования роботов в закрытых пространствах. Один из таких способов навигации базируется на оценке разности уровня сигнала Wi-Fi от стационарных точек доступа (access points, AP). Их координаты известны, как и стандартная карта покрытия. Поэтому роботу достаточно измерить показатель уровня принимаемого сигнала (RSSI) от трех и более AP (роутеров или репитеров), чтобы определить свое местоположение. Конечно, погрешность получится около метра или более, но для больших помещений это приемлемая точность.

Более точное позиционирование по схожей технологии обеспечивает Indoor “GPS” от Marvelmind Robotics. Это система стационарных ультразвуковых маяков с погрешностью на уровне 2 см и неограниченной площадью покрытия (1000 кв. м для базовой конфигурации плюс безлимитное масштабирование). Единственное существенное ограничение состоит в том, что роботу всегда требуется прямая видимость как минимум трех маяков.

Это условие сложно обеспечить в помещении, поэтому Indoor “GPS” и Wi-Fi RSSI стоит рассматривать как простейшие во внедрении базовые системы навигации. С ними робот быстро придет (или прилетит) в нужный квадрат, а затем сможет сориентироваться точнее при помощи дополнительных инструментов.

Барьеры и риски для развития технологии робототехники

Законодательные и административные

- Отсутствие единой стратегии развития
- Отсутствие административно – правового механизма координации полномочий органов государственной власти в связи с внедрением роботов в различные секторы экономики.
- Отсутствие законодательства, устанавливающие основы регулирования и государственной политики в сфере робототехники.
- Отсутствие административно – правового механизма координации полномочий органов государственной власти в связи с внедрением роботов в различные секторы экономики.

Технологические и инфраструктурные

- Низкая скорость разработки и внедрения готовых решений по сравнению с зарубежными аналогами.
- Низкая фокусировка на производстве робототехники в области ВПК.
- Высокая технологическая конкуренция с западными производителями
- Применение технологий для целей нарушения общественного порядка и безопасности.

Экономические барьеры:

- Небольшой размер рынка робототехники в России.
- Нерентабельность промышленных роботов в России.
- Труднодоступны финансовые ресурсы

Социальные барьеры:

- Инертное мышление менеджеров.
- Боязнь высококвалифицированных специалистов участвовать в предпринимательской деятельности.
- Технологическое замещение профессий

Научные и кадровые

- Уставшие программы ВУЗов

- Нехватка высококвалифицированных специалистов
- Отток высококвалифицированных специалистов из страны [4]

Как показал опыт внедрения, робототехника является новой формой технической и организационной ячейки, наиболее полно отвечающей потребностям современного производства. Робототехника — гибкая, экономная и рациональная форма обработки деталей и изделий более высокой стоимости и лучшего качества средними и малыми сериями. Робототехника реализует стремление к снижению напряженности человека в работе, связанной с необходимостью приноравливаться к циклу машины, приводит к замене конвейерных линий сборочными бригадами, в основу управления которыми положен бригадный подряд.

Применение современных промышленных роботов увеличивает производительность оборудования и выпуск продукции, улучшает качество продукции, заменяет человека на монотонных и тяжелых работах, помогает экономить материалы и энергию.

Источники.

1. Шахинпур М. Курс робототехники
2. Бабич А.В., Баранов А.Г., Калабин И.В. и др. Промышленная робототехника: Под редакцией Шифрина Я.А. – М.: Машиностроение, 1982 – 415 с., ил
3. <http://www.vlivkor.com/2009/03/23/kibernetika-i-robototexnika.html>
4. <https://digitech.ac.gov.ru/>
5. https://cdto.wiki/Компоненты_робототехники_и_сенсорика/Технологии_сенсорно-моторной_координации

5.4.7 Компоненты робототехники и сенсорики: сенсоры и обработка сенсорной информации

Робототехника давно вошла в жизнь человека: от бытовой техники – всем известных роботов-пылесосов, до исследовательской деятельности – технических средств, которые предоставляют инженерное решение, на основе которого можно разрабатывать собственные алгоритмы и проводить испытания. Примерами таких средств являются гуманоидные роботы Aldebaran Nao [1], Darwin OP[2], Antares [3]. Стоит отметить, что речь идет именно об автономных машинах, не о машинах, управляемых человеком удаленно или каким-либо другим способом. Поскольку машина, управляемая человеком, не производит собственной оценки информации, а говорить о полноценной машинной перцепции окружающего мира в такой ситуации затруднительно.

Довольно очевидным является тот факт, что для произведения каких-либо полезных действий любому субъекту - человеку или машине - необходимо получать информацию об окружающей среде. Даже просто чтобы совершать передвижение нужно знать, куда и как можно двигаться. Робототехнические средства в настоящие дни создаются с множеством различных сенсоров: цифровые камеры, дальномеры, сенсоры давления, приводы с обратной связью и прочие, которые создавались на основе исследований человеческих функций. С определенной точки зрения может показаться, что с таким разнообразием всевозможных сенсоров автономный робот может превосходить человека по эффективности восприятия. Например, у человека нет дальнометров, которые можно установить на робота, чтобы точно определять местоположение препятствия. Более того, возможное местоположение сенсоров на роботе ограничено только фантазией его создателя. Например, можно поставить цифровые камеры так, чтобы у поля зрения робототехнического средства не было мертвых зон вообще.

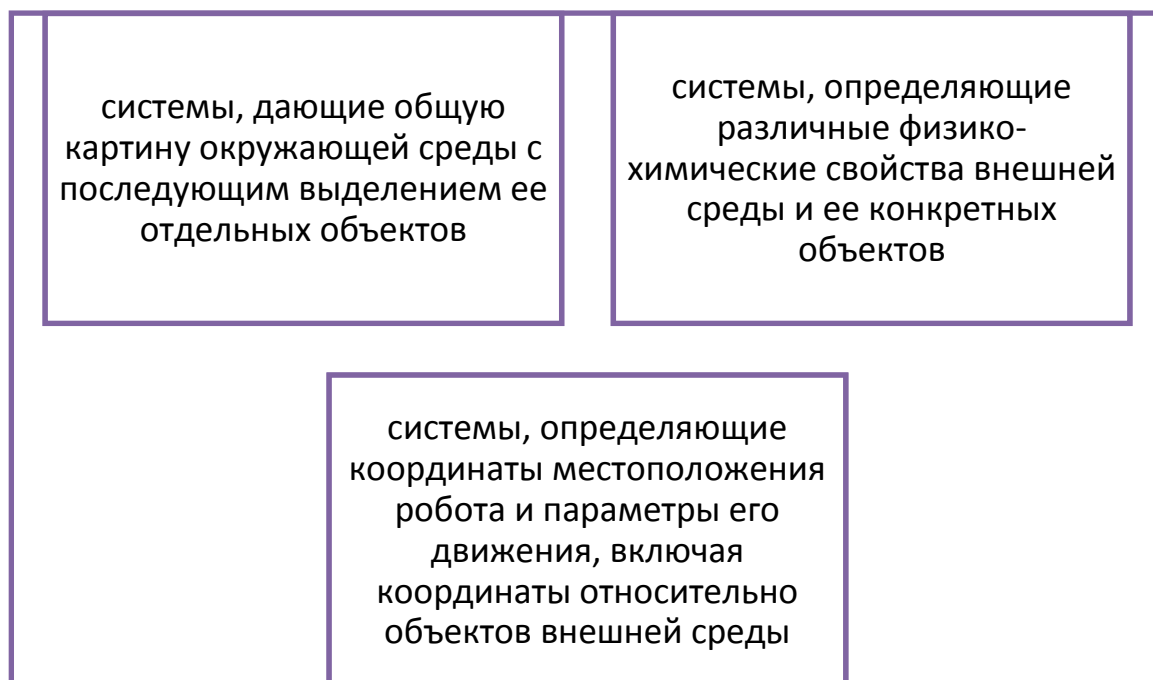
Существуют алгоритмы обратной и прямой кинематики, которые при использовании приводов с обратной связью, позволяют точно определять относительное положение конечностей робота. При этом у всей этой перцепции возможно измерить степень точности и конкретную погрешность в числах. Также, компьютеры производят математические расчеты значительно быстрее, чем это делают люди. Однако на момент написания этой работы не существует автономных роботов, превосходящих человека в целом по эффективности своей перцепции, ориентации в окружающем пространстве и его оценки.

Человеческое и машинное восприятие

Для обеспечения человеческого восприятия имеется ряд органов-сенсоров: слуховые сенсоры - уши, зрительные - глаза, обонятельные - нос, для

определения положения в пространстве, ускорения и веса - вестибулярный аппарат, для определения вкуса - язык, а кожа отвечает за осязание, восприятие температуры, боли. Можно сразу же провести параллель с искусственно созданными человеком сенсорами, которые так или иначе по своей сути повторяют функции известных человеку органов восприятия.

По выявляемым свойствам и параметрам сенсорные системы роботов можно разделить на следующие группы[4]:



Один из наиболее известных, дешевых и распространенных на данный момент искусственных сенсоров — это зрительный, который представлен камерой. В частности, электронной цифровой. Такие камеры используются во многих современных роботах. В том числе, в вышеперечисленных во введении. Принцип работы цифровой камеры можно найти во множестве источников, так как он известен очень давно и заключается в следующем: лучи света, отраженные от объектов, фокусируются линзой камеры и создают уменьшенное изображение на плоской поверхности за линзой, в случае цифровой камеры, сенсор, преобразовывающий поток фотонов в поток электронов, который затем усиливается и преобразуется в набор битов, после чего записывается на устройство памяти. Сенсор состоит из элементов - пикселей, каждый из которых отвечает за запись одной точки изображения.

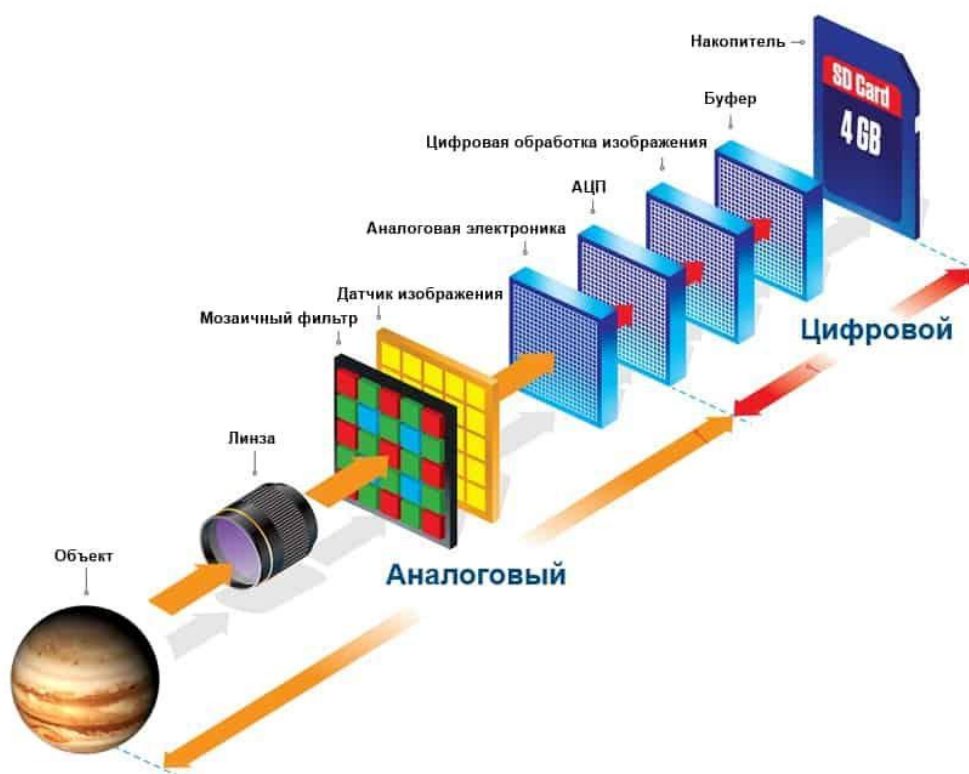
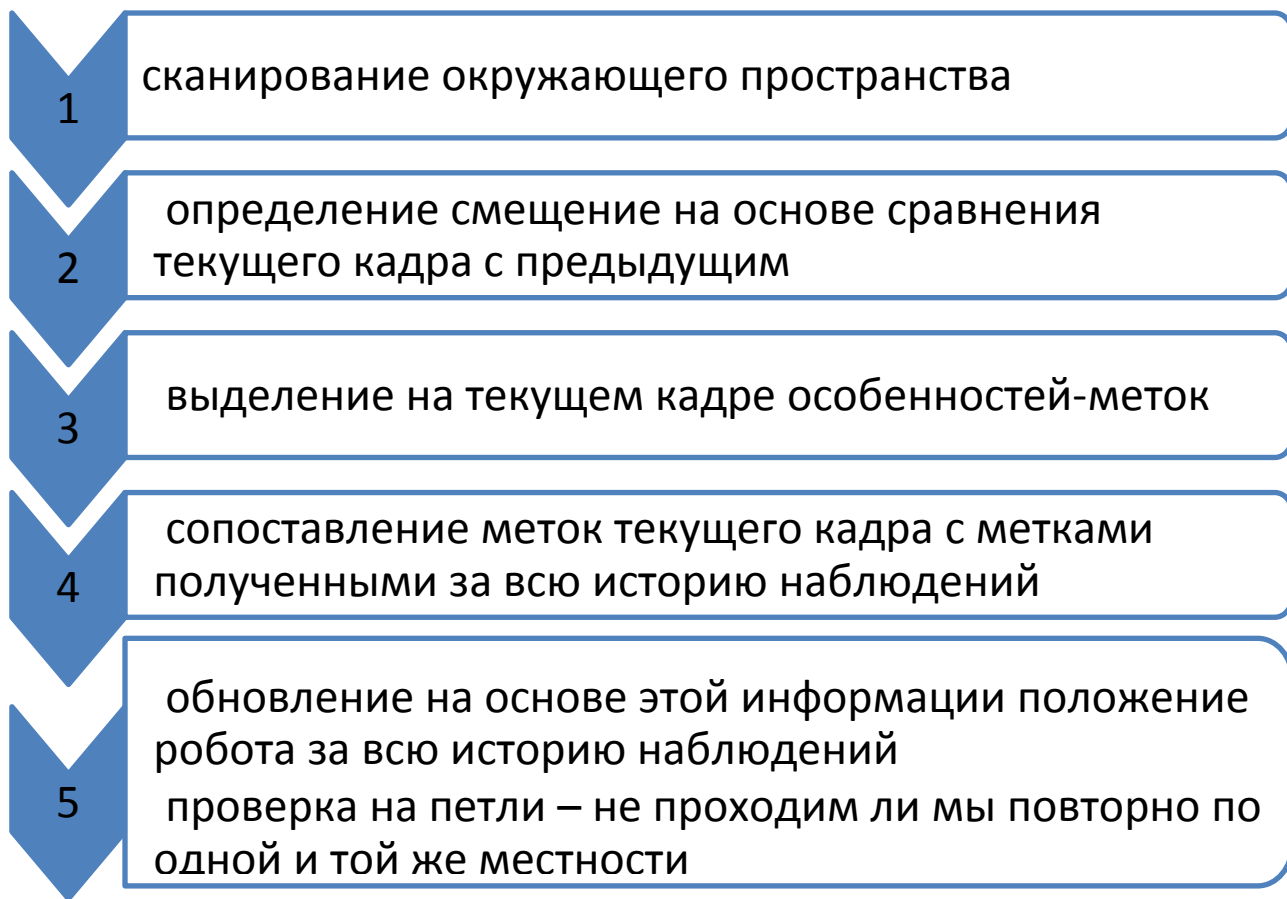


Рис. 69 Принцип работы цифровой камеры

Разработаны алгоритмы для обработки данных с этих сенсоров. Один из самых известных и повсеместно используемых несмотря на то, что был изобретен достаточно длительное время назад, алгоритм SLAM [5] - алгоритм для построения карты местности и последующей ориентации на ней. Он успешно применяется для создания робототехнических средств. В общем случае SLAM можно описать как повторяющаяся последовательность шагов:



В свою очередь, человеческий глаз состоит из роговицы, зрачка и хрусталика, которые преломляют световые лучи и пропускают их на световоспринимающую структуру - сетчатку. Световые лучи, пройдя через все оптические среды, преломляются так, что, попадая на сетчатку, формируют уменьшенное, перевернутое изображение. Все задачи по дальнейшей обработке изображения уже лежат на “вычислительном” органе человека - мозгу.

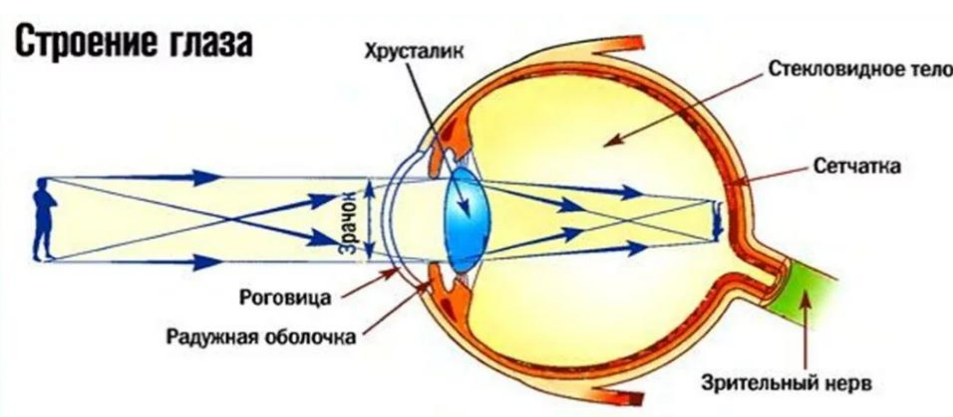


Рис. 70. Принцип работы зрительного сенсора человека – человеческого глаза

Таким образом, общая схема работы визуальной перцепции и перцепции любым другим органом в целом сводится к тому, что происходит получение, обработка

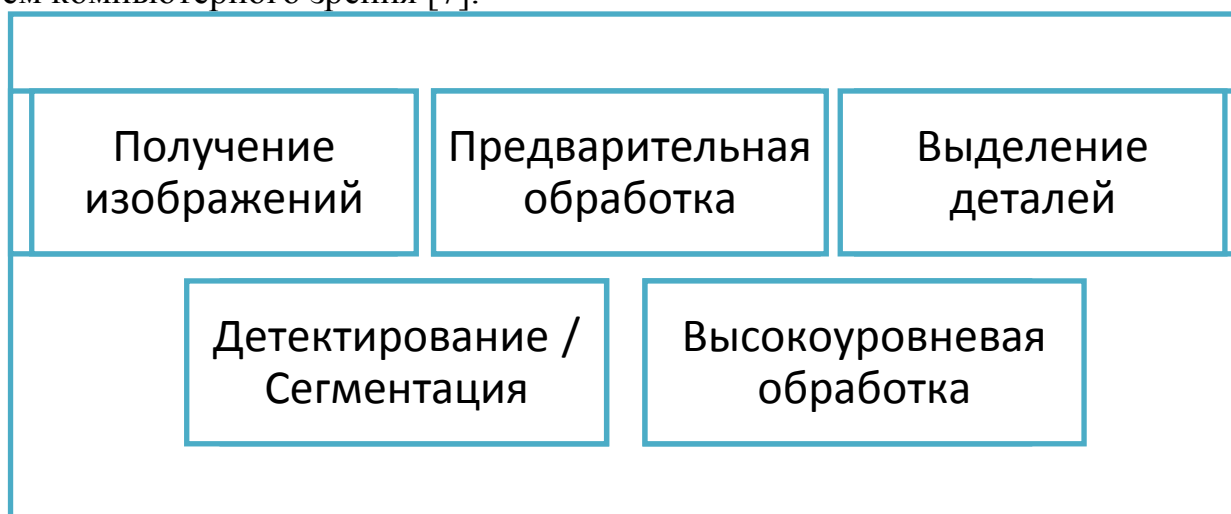
и преобразование в сигнал информации специальным приспособлением, с которым уже будет работать вычисляющее устройство.

В случае человека это путь: сенсорный орган - мозг, в случае машины — это путь: сенсор - центральный процессор. Естественно, в грубом приближении, поскольку сам по себе центральный процессор не может произвести необходимые обработки сигнала, ответственность за это лежит на высокоуровневом программном обеспечении. На протяжении многих лет антропоморфные роботы являются стереотипным бытовым представлением о воплощении искусственного интеллекта и часто действительно наделены “органами чувств” по образу и подобию человека.

Но искусственный интеллект не тождествен сенсорным функциям, необходимо найти алгоритмы интерпретации этих данных. В конце концов, целью системы восприятия, биологической или машинной, является построение модели реального мира и использование этой модели для взаимодействия с миром [6].

Системы компьютерного зрения

Реализация систем компьютерного зрения сильно зависит от области их применения, аппаратной платформы и требований по производительности. Некоторые системы являются автономными и решают специфические проблемы детектирования и измерения, тогда как другие системы составляют подсистемы более крупных систем, которые уже могут содержать подсистемы контроля механических манипуляторов (роботы), информационные базы данных (поиск похожих изображений), интерфейсы человек-машина (компьютерные игры) и т.д. Однако существуют функции, типичные для многих систем компьютерного зрения [7]:



Проблема технического зрения заключается не в разрешающей способности камер и не в их количестве, а в сложности алгоритмов. Для конкретных условий

и специальных задач есть неплохие технические решения, например роботы, распознающие человеческие лица в охранных системах, или роботы, распознающие положение и ориентацию мелких деталей на конвейере часового производства, однако эти системы не взаимозаменяемы и не совместимы. Универсальной системы технического зрения, сопоставимой по широте возможностей со способностями тренированного человека, пока еще не сконструировано.

Программное обеспечение

Одним из наиболее распространенных программных обеспечений для реализации компьютерного зрения является OpenCV. OpenCV — библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. Реализована на C/C++, также существуют версии для Python, Java и других языков. Она разрабатывается с 1998 г. Библиотека распространяется по открытой лицензии, что означает, что ее можно свободно и бесплатно использовать как в открытых проектах с открытым кодом, так и в закрытых, коммерческих проектах. Из-за либеральной лицензии библиотека используется многими компаниями, организациями, университетами, например, NVidia, Willow Garage, Intel, Google, Stanford University. состоит из 16 модулей, реализовано около 1000 алгоритмов. Поддерживаются основные операционные системы: MS Windows, Linux, Mac, Android, iOS [8][9].

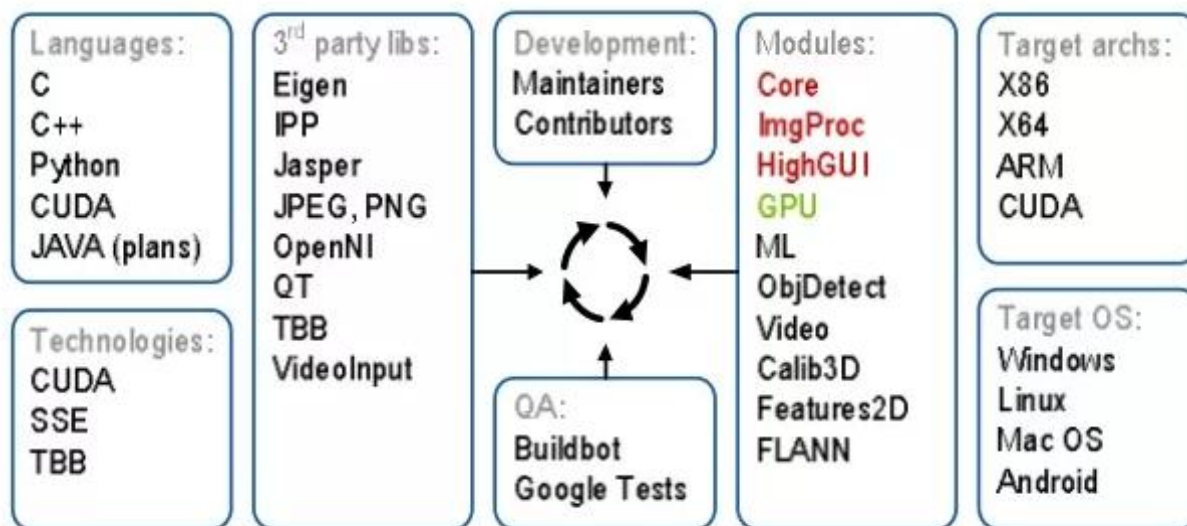


Рис.71 Архитектура OpenCV

Основные модули библиотеки можно отнести к 4 группам (разделам):
 – Модули Core, HighGUI, реализующие базовую функциональность (базовые структуры, математические функции, генераторы случайных чисел, линейная

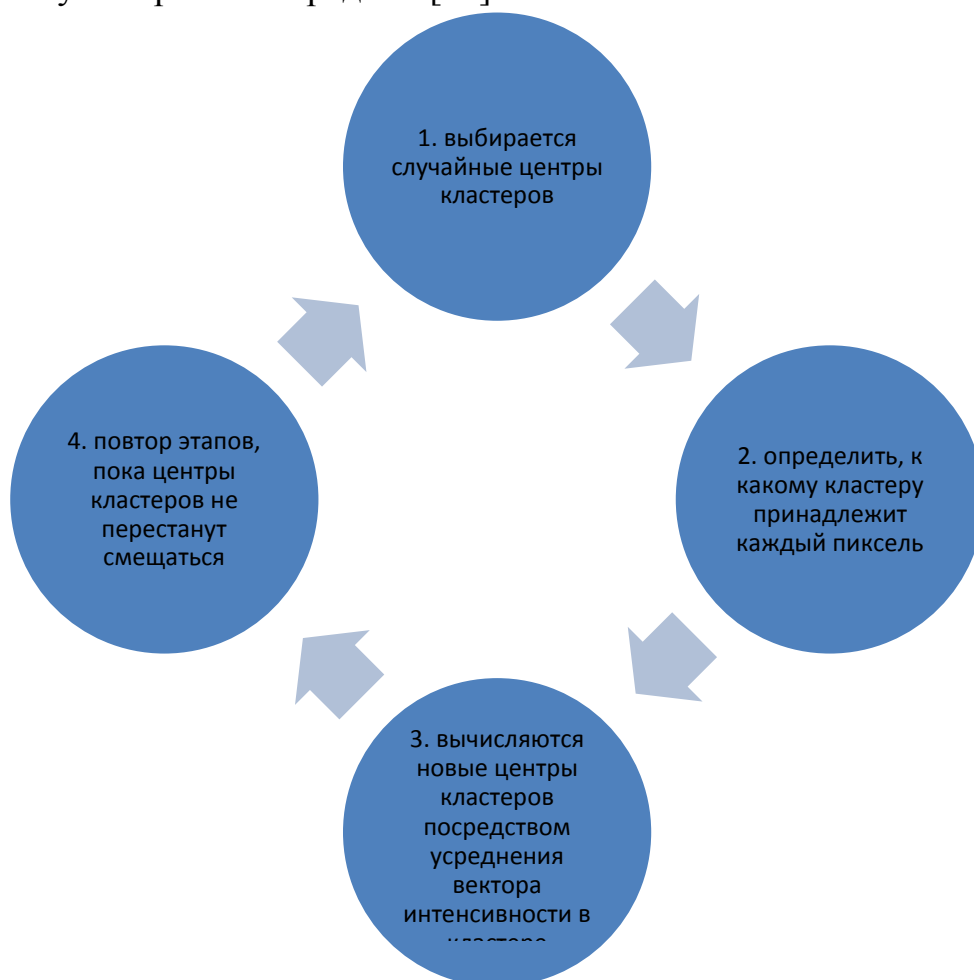
алгебра, быстрое преобразование Фурье, ввод/вывод изображений и видео, ввод/вывод в форматах XML, YAML и др.).

– Модули `ImgProc`, `Features2D` для обработки изображений (фильтрация, геометрические преобразования, преобразование цветовых пространств, сегментация, обнаружение особых точек и ребер, контурный анализ и др.).

– Модули `Video`, `ObjDetect`, `Calib3D` (калибровка камеры, анализ движения и отслеживание объектов, вычисление положения в пространстве, построение карты глубины, детектирование объектов, оптический поток).

– Модуль `ML`, реализующий алгоритмы машинного обучения (метод ближайших соседей, наивный байесовский классификатор, деревья решений, бустинг, градиентный бустинг деревьев решений, случайный лес, машина опорных векторов, нейронные сети и др.)

Описывать алгоритмы является тяжелой задачей, поэтому приведу как пример схему алгоритма k-средних [10].



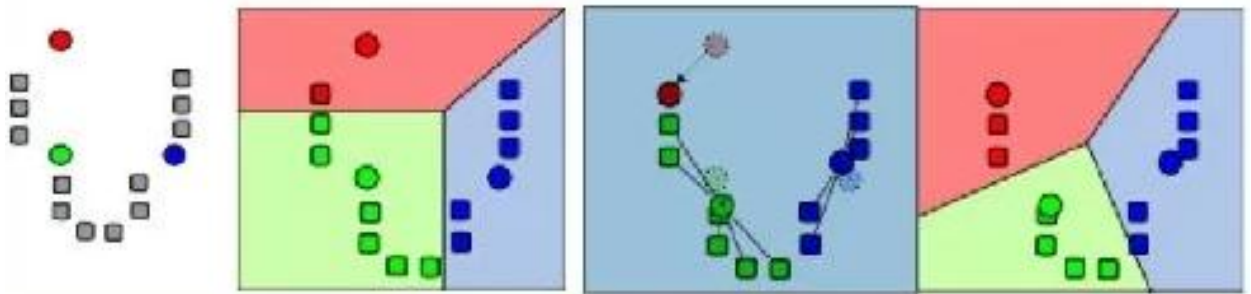
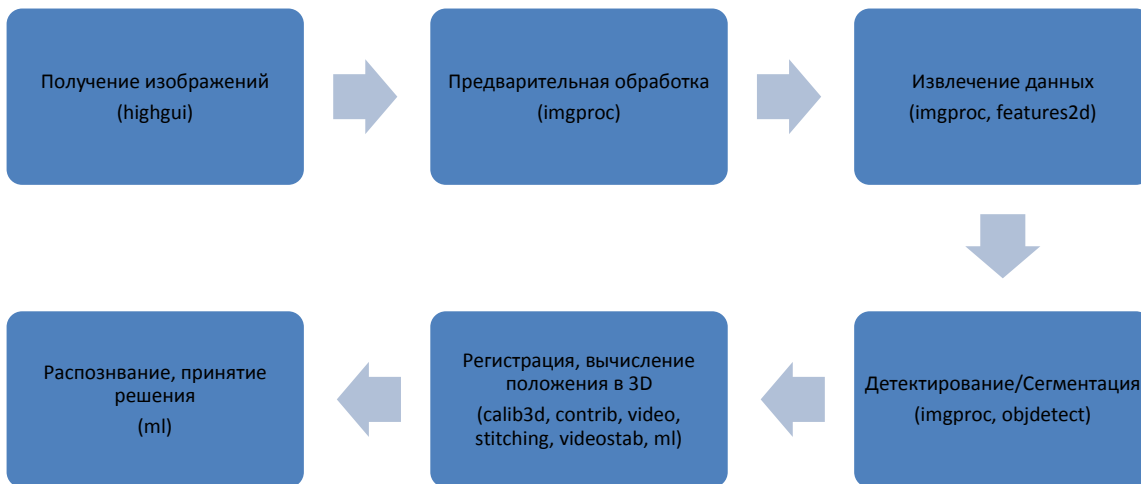


Рис.72 Пример алгоритма k-средних от 1 до последнего шага алгоритма.

Общая структурная схема на OpenCV выглядит так (в скобках указаны модули, что используются на каждом из этапов).



1. Примеры использования в жизни

–Контроль сборки



Рис.73 Контроль сборки деталей на конвейере с помощью видеокамеры.

В зависимости от специфики задачи, возможна установка одной или нескольких видеокамер на участке сборки. Установка 3D видеокамер позволяет сканировать изображение в трехмерном пространстве, тем самым, увеличивая возможности системы. С помощью типовой системы машинного зрения, включающей в себя черно-белую или цветную видеокамеру, осветительные приборы, фотоэлектрический датчик или лазерный датчик положения и промышленный компьютер, возможно организовать 100% автоматический контроль наличия всех сборочных единиц, точность установки деталей, комплектность сборки [11].

Примеры использования: контроль и измерение точности сборки дверей автомобиля, контроль фасовки шоколадных конфет и др.

– Автоматизация сортировки и отбраковки

Методика технического зрения дает возможность сменить человека в действиях сортировки и отбраковки продукта. Изъяв «человеческий фактор», гарантируется значительное усовершенствование качества продукта, увеличение производительности и сокращение брака [12].

Технология заключается в получении фотографии предмета изделия (объекта, заготовки, детали) благодаря CCD/CMOS-на камеры в комбинации с оптическими компонентами и приборами освещения. С поддержкой специального программного обеспечения выполняется компьютерный анализ и обработка изображения, в дальнейшем автоматически происходит заключение о принадлежности продукта какому-либо классу, годности/негодности продукта либо создается отчет о итогах изучения изделия в форме удобной для восприятия человеком.

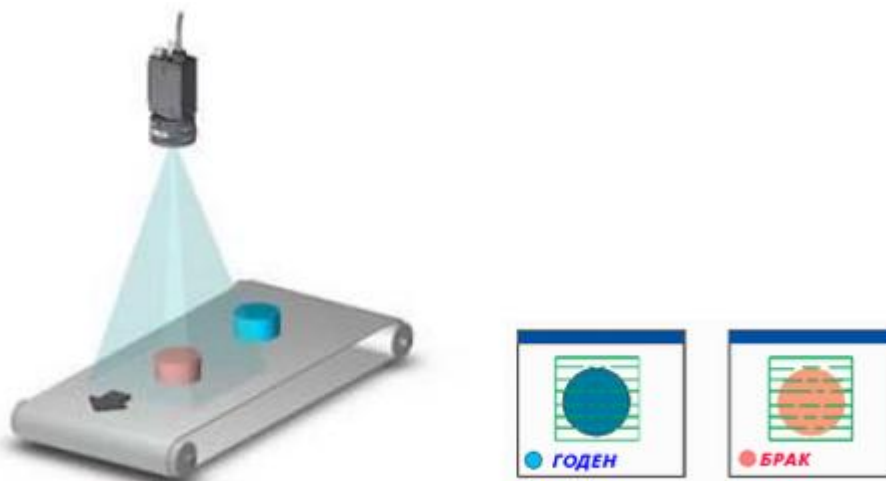


Рис. 74 Автоматическая сортировка на конвейере с помощью видеокамеры.

В ходе отбраковки с поддержкой промышленных видеокамер автоматически формируются следующие признаки: целостность упаковки продуктов, комплектация упаковки продукта, присутствие требуемых надписей и маркировок, точность наклейки этикеток. В ходе сортировки формируются следующие признаки: отношение продукта к какому-либо классу в согласовании с установленными свойствами (форма, цвет, геометрические размеры, присутствие маркировок, надписей, и др.)

Область применения: сортировка в фармацевтической промышленности, сортировка в пищевой промышленности и др.

– Считывание и распознавание меток и маркировок

Системы технического зрения и видеодатчики считаются одними из более результативных инструментов в задачах автоматизации и идентификации учета продукции в производственном процессе. В зависимости от специализации какой-нибудь области, перед или уже после любой технологической процедуры с помощью промышленных современных видеокамер способна проводится конкретная принадлежность продукции к типу изделия, с занесением в базу данных считываемой информации [13].

Система идентификации способна считывать и различать цифробуквенные и символные данные различных размеров, логотипы, штрих-коды, товарные знаки или любую комбинацию данных компонентов.



Рис. 75 Автоматическое считывание 2D-кода и цифровой маркировки.

В качестве устройств ввода идентификационных данных в системах этого класса применяются лазерные сканеры и ПЗС-камеры. Специальное программное обеспечение приспособляется под вид и параметры идентификационной надписи, а кроме того под качество поверхностей изделия заказчика.

Область применения: контроль кодировки и маркировки этикетки, контроль упаковки в пищевой индустрии, определение стандартизированного кода на этикетках, пластиковых картах, контроль даты производства или срока годности в фармацевтике и др.

– Распознавание лиц

Первые системы распознавания лиц были реализованы как программы устанавливаемые на компьютер. В наше время технология распознавания лиц наиболее часто используется в системах видеонаблюдения, контроля доступа, на разнообразных мобильных и облачных платформах. Как правило система состоит из камеры видеонаблюдения и программного обеспечения которое выполняет анализ изображений. Программное обеспечение для распознавания лиц основано на обработке изображений и вычислениях сложных математических алгоритмов, которые требуют более мощный сервер, чем обычно требуется для систем видеонаблюдения.

Несмотря на большое разнообразие представленных алгоритмов, можно выделить общую структуру процесса распознавания лиц.



Большинство решений для распознавания лиц использует 2D-изображения вместо объемных 3D-изображений, поскольку они могут более просто сопоставлять 2D-фото с общедоступными фотографиями или фотографиями, имеющимися в базе данных. Каждое лицо составлено из различных ориентиров или узловых точек. Каждое человеческое лицо имеет 80 узловых точек. Программы для распознавания лиц анализируют узловые точки, такие как расстояние между вашими глазами или форма ваших скул.

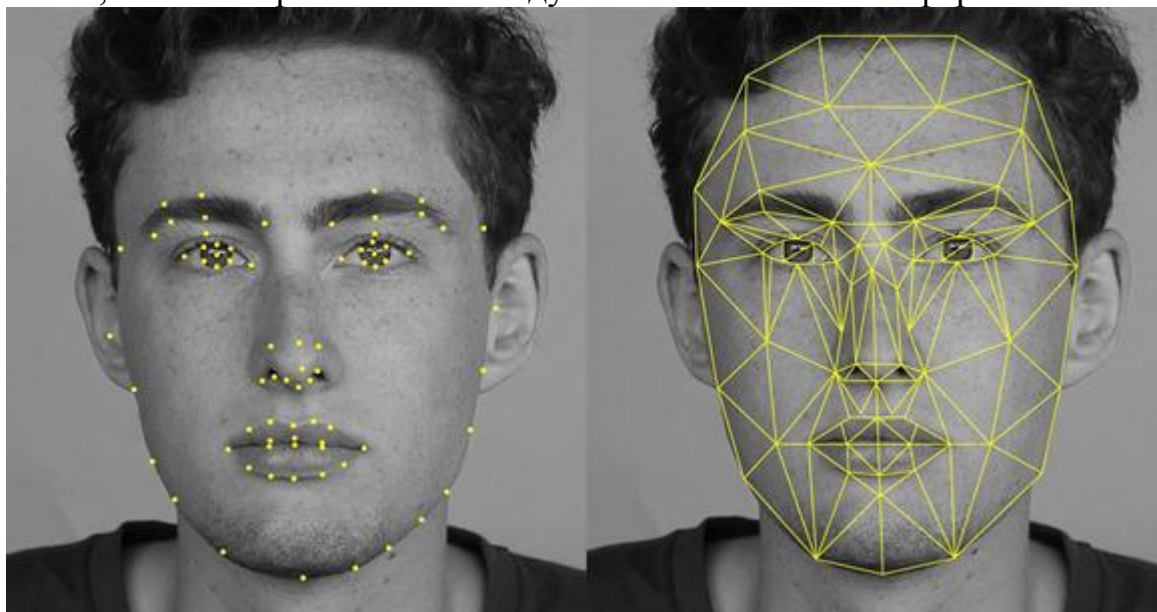


Рис. 76. Пример работы алгоритма распознавания лица.

Для работы системы распознавания лиц необходима качественная база данных идентифицированных лиц. На данный момент можно выделить несколько типов баз данных:

- Государственные базы данных
- Базы данных принадлежащие коммерческим компаниям (Крупнейшие - База данных Вконтакте, именно ей например пользуется NtechLab для своего сайта)

FindFace, также большой базой данных обладает Facebook и другие социальные сети и сайты знакомств).

Область применения: системы контроля доступа, учет рабочего времени, платежные системы, распознавание лиц в толпе и др.

Яркий пример использования технологии в ретейле — магазины без продавцов и касс. Например, Alibaba Tao Cafe Amazon Go vs Alibaba Tao Cafe: Staffless Shop Showdown — это кафе и магазин самообслуживания, расположенный в Ханчжоу. Здесь продаются напитки, закуски, продукты, игрушки, рюкзаки и тому подобное. Tao Cafe открыт только для пользователей сайта Taobao.



Рис. 77 Tao Cafe

При покупке напитков система камер с поддержкой распознавания лиц автоматически идентифицирует клиента, связывается с его аккаунтом в интернет-магазине и обрабатывает платеж. Покупатели выходят через помещение, оборудованное несколькими датчиками, которые идентифицируют как клиента, так и товары. Сканирование работает, даже если человек положил покупку в карман или сумку [14].

Несмотря на кажущуюся простоту создания хороших сенсоров, большая часть времени заключается в разработке правильного алгоритма обработки поступающей информации. Разработка единого алгоритма и единой системы компьютерного зрения невозможна, так как в зависимости от задачи разрабатывается свой “идеальный” механизм работы, а системы, например, сортировки вещей и распознавания лиц не являются взаимозаменяемыми.

Поэтому, несмотря на успех отдельных зрительных сенсоров в робототехнике, в целом данные системы уступают человеческому зрительному сенсору в универсальности. Несмотря на это, существует большое количество алгоритмов обработки, которые в каждой отдельной области могут превосходить человека в скорости и точности распознавания образов и корректной дальнейшей их обработки.

Источники

1. Официальный сайт Aldebaran [электронный ресурс] // URL: <https://www.aldebaran.com/en>
2. Официальный сайт Robotis [электронный ресурс] // URL: <https://support.robotis.com/en/product/darwin-op.htm>
3. Kodyakov, A. S., et al. "Stability study of anthropomorphic robot antares under external load action." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 803. No. 1. IOP Publishing, 2017. //URL: https://www.researchgate.net/publication/315344741_Stability_Study_of_Anthropomorphic_Robot_Antares_under_External_Load_Action
4. Е.И.Юревич. Сенсорные системы в робототехнике. Учебное пособие. Издательство политехнического университета, 2013. //URL: https://rtc.ru/media/yurevich_sensornye_sistemy_v_robototekhnike-m.pdf
5. Mur-Artal, Raul, and Juan D. Tardós. "Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras." IEEE Transactions on Robotics 33.5 (2017): 1255-1262. //URL: <https://webdiis.unizar.es/~raulmur/orbslam/>
6. А.С.Потапов. Распознавание образов и машинное восприятие. Litres, 2017. //URL: <https://www.litres.ru/a-s-potapov/raspoznvanie-obrazov-i-mashinnoe-voSPIriatie-27351864/>
7. Компьютерное зрение [электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерное_зрение
8. OpenCV [электронный ресурс] //URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenCV>
9. Национальный открытый университет Интуит. Начало работы с библиотекой OpenCV [электронный ресурс] //URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/lecture/17985>
10. Метод k-средних [электронный ресурс] //URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_k-средних
11. Международный клуб оптических инноваций. Машинное зрение. Контроль сборки. [электронный ресурс] //URL: <http://www.mkoi.org/366/367/374/>
12. Международный клуб оптических инноваций. Машинное зрение. Автоматизация сортировки и отбраковки_[электронный ресурс] //URL: <http://www.mkoi.org/366/367/373/>
13. Международный клуб оптических инноваций. Машинное зрение. Считывание и распознавание меток и маркировок. [электронный ресурс] //URL: <http://www.mkoi.org/366/367/376/>
14. Amazon Go vs Alibaba Tao Cafe: Staffless Shop Showdown. [электронный ресурс] //URL: <https://medium.com/syncedreview/amazon-go-vs-alibaba-cao-cafe-staffless-shop-showdown-3f3929393d62>

5.4.8 Обработка сенсорной информации

К обработке сенсорной информации относятся алгоритмы и технологии комплексирования и синхронизации разнородных сенсорных данных, цифровые контактные и бесконтактные сенсоры и алгоритмы извлечения и обработки информации, включая возможность автономного принятия решений, специализированные облачные платформы сенсоров и робототехнических средств, включая промышленный интернет и средства работы с телеметрией и телеуправлением.[5]

СЕТЕВЫЕ ПЛАТФОРМЫ СЕНСОРОВ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ВКЛЮЧАЯ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ И СРЕДСТВА РАБОТЫ С ТЕЛЕМЕТРИЕЙ И ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕМ

ЦИФРОВЫЕ КОНТАКТНЫЕ И БЕСКОНТАКТНЫЕ СЕНСОРЫ И АЛГОРИТМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ АВТОНОМНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

АЛГОРИТМЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ

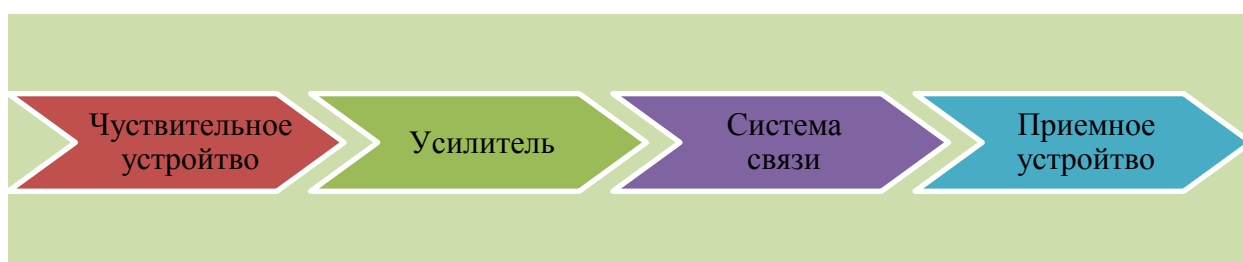
Сенсорные системы роботов составляют основную часть их информационно-измерительных систем, назначение которых формировать и выдавать информацию о состоянии объектов и процессах в окружающей среде и о самом роботе, для функционирования которого эта информация требуется. На схеме показана обобщенная функциональная схема информационно-измерительных систем. Чувствительное устройство или датчик — это первичный преобразователь, который реагирует на подлежащую выявлению величину (температура, давление, перемещение, сила тока и т.д.)

Второе звено усилитель-преобразователь осуществляет усиление первичного сигнала, выдаваемого чувствительным устройством, и преобразование его в наиболее удобную форму для дальнейшего использования.

Следующее звено — система связи присутствует только в информационно-измерительных системах, в которых требуется передавать информацию на такие большие расстояния и в таких условиях, когда для этого требуется

специальная система такой передачи с преобразованием исходной информации в вид, необходимый для ее осуществления.

Если расстояние от усилителя-преобразователя до приемного устройства невелико — десятки метров, передача информации может осуществляться без ее преобразования. Такие системы называются дистанционными.[6]



Рассмотрим, как работает комплексная сенсорная система. Рассматриваются следующие четыре уровня комплексирования:

- уровень сигналов (первичной сенсорной информации);
- уровень элементарных частиц изображения (пикселей) или элементов матрицы состояний системы;
- уровень признаков, выделенных с помощью различных сенсорных систем с последующим их соединением в единый образ;
- уровень символов (понятий).



Рис.78

Кроме того, предлагается пятый уровень, присущий интеллектуальной системе, основанной на бионических принципах – уровень процессов (режимов). По мере прохождения через систему обработки, сенсорная

информация преобразуется от первичной информации (сигналов) к всё более абстрактным формам и комплексируется на всё более высоких уровнях (рис. 78). [8]

ПРИМЕРЫ

АРСИС (ARSCIS) – семейство решений для идентификации и контроля железнодорожного транспорта, построенное на платформе системы распознавания номеров вагонов. АРСИС автоматически распознает номера вагонов с бортов и рамы, формирует информацию о вагонах, получает и агрегирует информацию от весов и других систем, архивирует данные о прошедших составах и генерирует отчеты, передает информацию сторонним информационным системам[2]

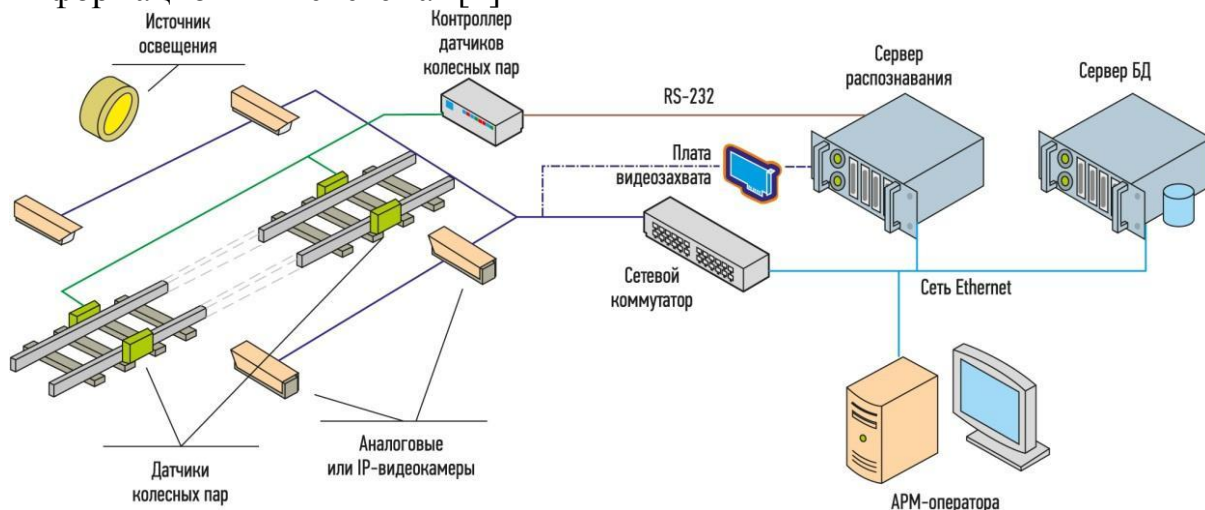


Рис.79 Схема АРСИС (ARSCIS)

Датчик температуры Кл1- 1 ООО НПК «РЭЛСИБ»

Датчики конструктивного исполнения Кл1-1 с унифицированным токовым выходом 4–20 мА предназначены для измерения температуры жидких, паро- и газообразных сред, сыпучих материалов и других сред, неагрессивных к материалу защитной арматуры. Датчики с выходом 4...20 мА используются, когда расстояние от точки контроля температуры до прибора может достигать до 1000 м, а также совместно с приборами с унифицированным токовым входным сигналом 4...20 мА[2]



Рис.80 Датчик температуры Кл1- 1 ООО НПК «РЭЛСИБ»

Event-камеры

Камеры событий, такие как Dynamic Vision Sensor (DVS), являются биоинспирированными сенсорами зрения, которые выдают изменения яркости на уровне пикселей вместо стандартных кадров интенсивности. Они имеют значительные преимущества по сравнению со стандартными камерами, а именно: очень большой динамический диапазон, отсутствие размытия при движении и задержка порядка микросекунд. Однако, поскольку выходные данные состоят из последовательности асинхронных событий, а не изображений фактической интенсивности, традиционные алгоритмы зрения не могут быть применены, поэтому требуются новые алгоритмы, которые используют высокое временное разрешение и асинхронный характер датчика.[2]



Рис.81 Event-камеры

«Автомаршал»

«Автомаршал» – система управления с использованием технического зрения для автоматического распознавания номеров автомобилей. Применяется для автоматизации работы и учета транспорта на таких объектах, как: парковки жилые дома и поселки, гостиницы КПП предприятий логистические и складские комплексы автовесовые автомойки, АЗС, СТО, пункты слива/налива нефтепродуктов, строительные площадки, карьеры, нефтяные месторождения трассы и др. «Автомаршал» распознает номера автомобилей за счет анализа видео, поступающего с камер, и сохраняет информацию обо всех проехавших автомобилях в базу данных. Сопоставляя распознанные номера со списками и параметрами доступа, «Автомаршал» дает команды внешним устройствам – шлагбаумам, светофорам[2]

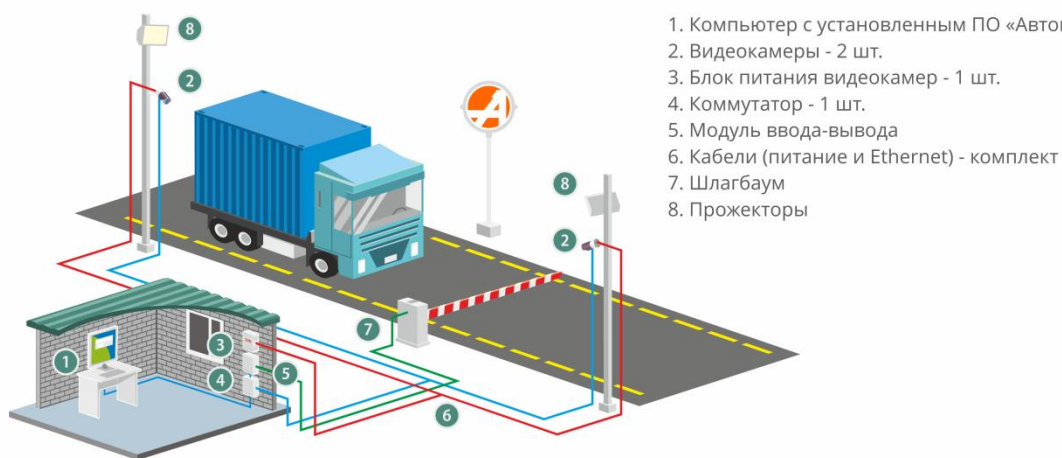


Рис.82 Автомаршал

Дорожный пристав

Аппаратно-программный комплекс, который позволяет в автоматическом режиме на основе технологии распознавания номеров выявлять в транспортном потоке автовладельцев должников, в отношении которых заведено исполнительное производство: неплательщиков налогов и коммунальных платежей, алиментщиков-уклонистов, должников по дорожным и административным штрафам, по возврату банковских кредитов и т.д. Комплекс интегрируется с базами ФСПП и Налоговой инспекции, поставляется в нескольких модификациях: от стационарных установок до планшетных вариантов[2]

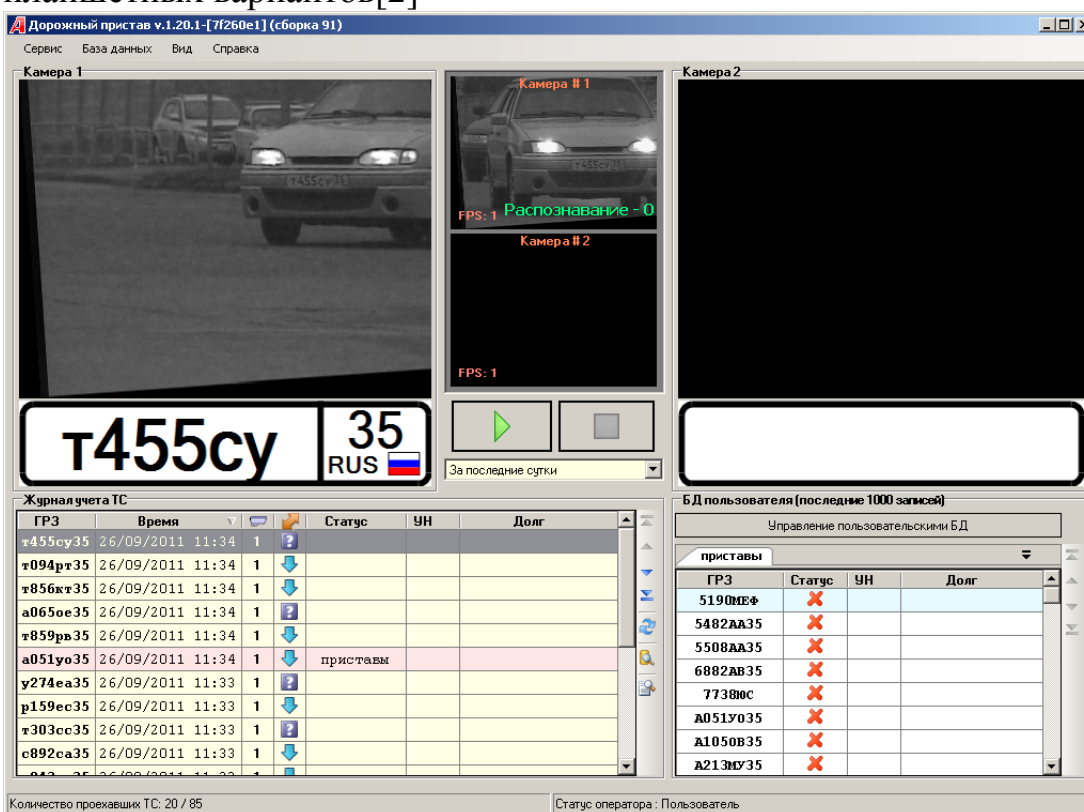


Рис.83 Дорожный пристав

Радары компании Continental

Радарный модуль для обнаружения препятствий в ближней и средней зонах для автомобилей



Рис.84 Радар компании Continental

Мероприятия по развитию приоритетной субтехнологии: сенсоры и обработка сенсорной информации.

Технологическая задача, краткое описание	Ожидаемый результат (с конкретным прогнозируемым влиянием на целевые показатели)	Этап исполнения	Предлагаемый инструмент поддержки
1. Разработка сетевой системы сбора, анализа интерпретации сенсорной информации с поддержкой технологии Plug&Play для сенсоров и робототехнических комплексов	Сетевая система реального времени для сбора, анализа интерпретации сенсорной информации, поддерживающая технологию Plug&Play для 100+ одновременных подключений сенсоров и робототехнических комплексов с временем интеграции в систему менее 1 мин	2019-2024	ФСИ Фонд НТИ Поддержка программ деятельности ЛИЦ и НОЦ Поддержка отраслевых решений Поддержка разработки и внедрения пром. решений Поддержка региональных проектов Поддержка компаний-лидеров
2. Разработка мультисенсорных цифровых устройств в том числе с использованием методов двухмерной и трёхмерной интеграции компонентов, а также алгоритмов обработки разнородной информации	5 уникальных решений в области сенсорных устройств доверенной электроники преобразователей информации с чувствительных элементов в цифровой код (по областям внедрения в соответствие с целевыми показателями), обеспечивающих точность определения параметров окружающей среды не ниже 99% и временным откликом не более 10 мс	2019-2024	
3. Разработка чувствительных элементов сенсоров физических величин различных типов (акустических, оптических, радиолокационных, температурных и других) для мониторинга и моделирования окружающей среды, химических сенсоров для мониторинга состояния живых организмов	5 уникальных решения в области чувствительных элементов (по областям внедрения в соответствие с целевыми показателями), обеспечивающих точность определения параметров окружающей среды не ниже 99% и временным откликом не более 10 мс	2019-2024	
4. Разработка компонентной базы цифровых сенсоров и алгоритмов средств обработки информации от сенсоров	5 уникальных решения в области компонентной базы и алгоритмов средств обработки информации от сенсоров (по областям внедрения в соответствие с целевыми показателями), обеспечивающих точность определения параметров окружающей среды не ниже 99% и временным откликом не более 10 мс	2019-2024	
5. Разработка 50 отечественных датчиков на уникальных чувствительных элементах или принципах работы	25 отечественных датчиков производственного оборудования и процессов (вкл. безопасности процессов), 5 отечественных бионических датчиков, 20 отечественных датчиков мониторинга готовой продукции на уникальных чувствительных элементах или принципах работы. Не менее 3х отраслевых пилотных зон, разработаны меры стимулирования и выполнено пилотирование (испытания) созданных датчиков.	2019-2024	

Использование сенсоров в реальной жизни обеспечивает малозатратный человеческий труд, т.к. сбор и обработку сенсорной информации выполняет роботизированная система.

Важная перспектива заключается в развитии распределенных многосенсорных систем, в том числе в сенсорном обеспечении коллективов роботов, их коллективного интеллекта.

5.6 Мультимедиа технологии виртуальной и дополненной реальностей (VR/AR).

5.6.1 Основные определения, история развития

5.6.2 Принципы работы систем дополненной реальности AR

5.6.3 Отличие технологии AR от VR

5.6.4 Области применения AR.

5.6.5 Развитие технологий AR

5.6.6 Виртуальная реальность (VR). Понятие, назначение, области применения, примеры использования.

5.6 Мультимедиа технологии виртуальной и дополненной реальностей (VR/AR).

5.6.3 Основные определения, история развития.

Дополненная реальность — это среда, в реальном времени дополняющая физический мир, каким мы его видим, цифровыми данными с помощью каких-либо устройств — планшетов, смартфонов или других, и программной части. Например, Google Glass. Системы прицеливания в современных боевых самолетах — это тоже дополненная реальность.

Дополненную реальность (augmented reality, AR) надо отличать от виртуальной (virtual reality, VR) и смешанной (mixed reality, MR).

В дополненной реальности виртуальные объекты проецируются на реальное окружение.

Виртуальная реальность — это созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через (пока что) органы чувств.

Смешанная или гибридная реальность объединяет оба подхода.

То есть, виртуальная реальность создает свой мир, куда может погрузиться человек, а дополненная добавляет виртуальные элементы в мир реальный. Выходит, что VR взаимодействует лишь с пользователями, а AR — со всем внешним миром.

История возникновения и развития дополненной реальности.

Как многие другие интересные исследования, история манипуляций с реальностью начинается в научной фантастике. Автор «Волшебника страны Оз» Лайман Фрэнк Баум в романе «Главный ключ» описал некое устройство, способное пометать в режиме реального времени людей буквами, указывающими на их характер и уровень интеллекта. Примитивные инструменты дополнения

реальности были известны задолго до того: это и маски, которые надевали римские лучники, чтобы лучше целиться, и подзорные трубы с нанесенными метками расстояний и так далее.

Но история дополненной реальности, какой мы ее знаем сейчас, берет начало из разработок, касающихся VR. Отцом виртуальной реальности считается Мортон Хейлиг. Он получил это звание за исследования и изобретения, сделанные в 1950-х и 60-х годах. 28 августа 1962 года он запатентовал симулятор Sensorama. Сам Хейлиг еще называл его театром погружения.

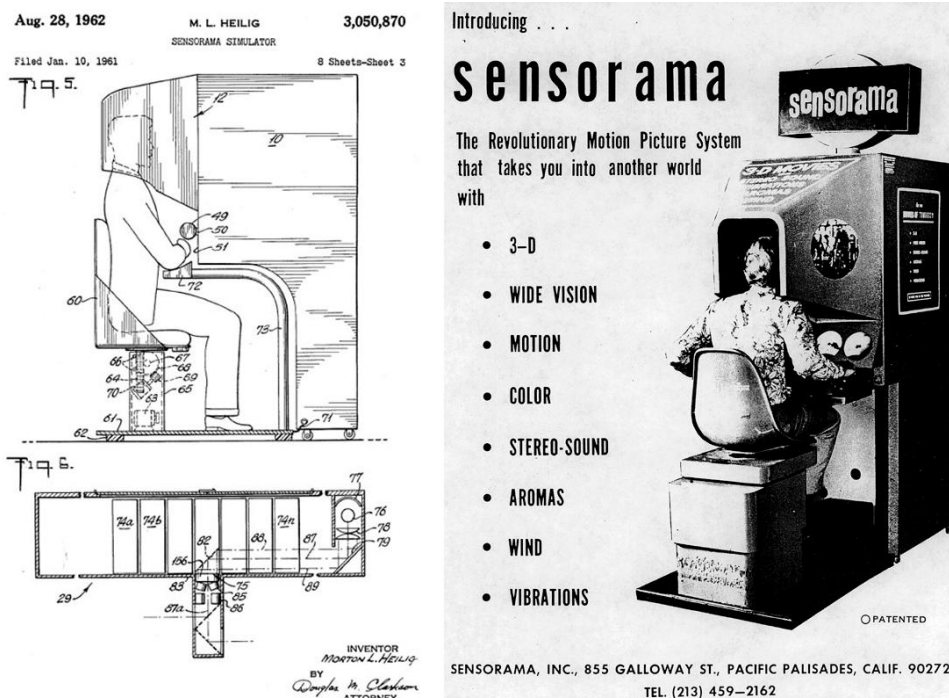


Рис. 85 Ссимулятор Sensorama

Патент описывает виртуальную технологию, в которой визуальные образы дополняются движениями воздуха и вибрацией. Обоснование ее существования давалось такое: *«Сегодня постоянно растет спрос на методы обучения и тренировки людей таким способом, чтобы исключить риски и опасность реальных ситуаций»*

Это было устройство ранней версии виртуальной реальности, а не дополненной, но именно оно дало толчок к развитию обоих направлений. Хейлиг даже изобрел специальную 3D-камеру, чтобы снимать фильмы для *Sensorama*.

А вот в 1968-м году компьютерный специалист и профессор Гарварда Айван Сазерленд со своим студентом Бобом Спрауллом разработали устройство, получившее название «Дамоклов Меч». И это была первая система уже именно дополненной реальности на основе головного дисплея.

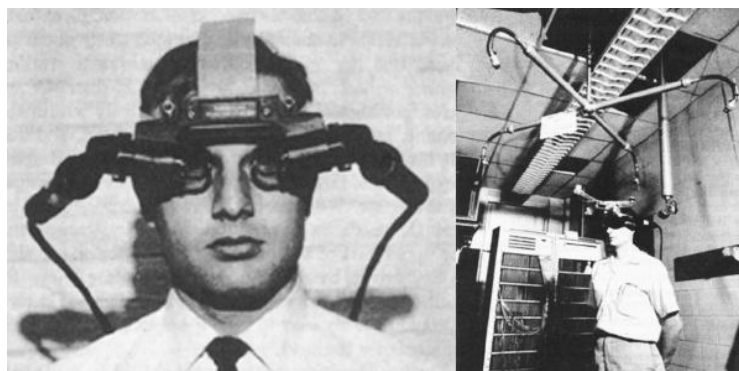


Рис.86 Устройство «Дамоклов Меч»

Очки были настолько тяжелыми, что их пришлось крепить к потолку. Конструкция угрожающе нависала над испытуемым, отсюда и название. В очки со стереоскопическим дисплеем транслировалась простая картинка с компьютера. Перспектива наблюдения за объектами менялась в зависимости от движений головы пользователя, поэтому понадобился механизм, позволяющий отслеживать направление взгляда. Для того времени это был фантастический прорыв.

Следующим шагом было создание Майроном Крюгером лаборатории с искусственной реальностью Videoplace в 1974-м году.



Рис.87 Работа лаборатории Videoplace

Его основной целью было избавить пользователей от необходимости надевать специальные шлемы, очки и прочие приспособления для взаимодействия с искусственной реальностью. В Videoplace использовались проекторы, видеокамеры и другое оборудование. Люди, находясь в

разных комнатах, могли взаимодействовать друг с другом. Их движения записывались на видео, анализировались и переводились в силуэты искусственной реальности. Пользователи видели, как их силуэты взаимодействуют с объектами на экране и это создавало впечатление, что они часть искусственной реальности. Хотя правильнее было бы назвать это проектом интерактивного окружения.

Спустя четыре года, в 1978-м, Стив Манн придумал первое приспособление для AR, которое не было прикручено к потолку. В EyeTap использовалась камера и дисплей, дополняющий среду в режиме реального времени. Это изобретение стало основой для будущих проектов, но массово не использовалось.

Первое массовое использование дополненной реальности стало возможно благодаря Дену Рейтону, который в 1982-м году использовал радар и камеры в космосе для того, чтобы показать движение воздушных масс, циклонов и ветров в телепрогнозах погоды. Там AR до сих пор используется таким образом.

В 90-е поиск новых способов использования продолжился, а ученый Том Коделл впервые предложил термин «дополненная реальность». Перед ним и его коллегой поставили задачу: снизить затраты на дорогие диаграммы, которые использовали для разметки заводских зон по сборке самолетов Boeing. И решением стала замена фанерных знаков с обозначениями на специальные шлемы, которые отображали информацию для инженеров. Это позволило не переписывать обозначения каждый раз вручную, а просто изменять их в компьютерной программе.



Рис.88 Специальные шлемы инженеров компании «Boeing»

Дальше развитие происходило стремительно. Скачок, сделанный в производстве микропроцессоров, и, как следствие, во всем технологическом секторе, позволил сильно ускорить работы.

В 1993-м году в университете штата Колумбия Стив Файнер представил систему KARMA (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance, переводится примерно как «Интерактивный помощник по обслуживанию»), позволявшую через шлем виртуальной реальности увидеть интерактивную инструкцию по обслуживанию принтера.



Рис.89 Система KARMA

А вот в 95-м Джун Рекимото собрал NaviCam — прототип мобильного устройства дополненной реальности, какой ее сейчас знают пользователи смартфонов. NaviCam представлял собой переносной дисплей с закрепленной на обратной стороне камерой, чей видеопоток обрабатывался компьютером и, при обнаружении цветной метки, выводил на экран информацию об объекте.



Рис.90 Работа NaviCam

В 96-м году Джуном Рекимото и Юджи Аятцука был разработан Матричный Метод (или КиберКод). Он описывает реальные и виртуальные объекты с помощью плоских меток наподобие QR-кодов. Это позволяло вписывать виртуальные вещи в реальный мир, просто перенося метки.

Например, положить на пол листок с кодом, навестись на комнату камерой — и вот у вас в комнате стоит динозавр.

В 98-м году НФЛ впервые использовала дополненную реальность, разработанную компанией Sport Vision, в прямой трансляции спортивных игр. Во время матчей на картинку с камеры, обзорно показывающей игровое поле, добавлялись технические линии и информация о счете. О «волшебной желтой линии» есть старый сюжет.

В 99-м НАСА применила систему дополненной реальности в приборной панели космического аппарата Икс-38, который научился отображать объекты на земле вне зависимости от погодных условий и реальной видимости.

И в том же году Хироказу Като создал открытую библиотеку для написания приложений с AR-функционалом ARToolKit. В ней использовалась система распознавания положения и ориентации камеры в реальном времени. Это позволяло стыковать картинку реальной и виртуальной камер, что давало возможность ровно накладывать слой компьютерной графики на маркеры реального мира.

Можно сказать, что с релизом первой версии этой библиотеки начался современный этап активного развития дополненной реальности.

5.6.2 Принципы работы систем дополненной реальности AR

Типы систем дополненной реальности

Есть несколько видов реализаций AR, которые все следуют тем же правилам, упомянутым выше, и некоторые устройства дополненной реальности могут использовать некоторые или все из них.



Рис.91 Принцип работы дополненной реальности

- **Маркеры AR**

Когда распознавание объектов используется с дополненной реальностью, система распознает, что видно, а затем использует эту информацию для реакции с устройством AR. Это работает только тогда, когда определенный маркер виден устройству, после этого пользователь может взаимодействовать с объектом.

Таковыми маркерами могут быть QR-коды, серийные номера, или любой другой объект, который может быть изолирован от окружающей среды для того, чтобы камера могла его идентифицировать.

После регистрации устройство дополненной реальности может накладывать информацию с этого маркера непосредственно на экран или открывать ссылку, воспроизводить звук и т. д.

Безмаркерная дополненная реальность-это когда система использует точку привязки на основе местоположения, например, компас, GPS или акселерометр. Эти типы систем дополненной реальности реализованы, когда местоположение является ключевым, как для навигации AR.

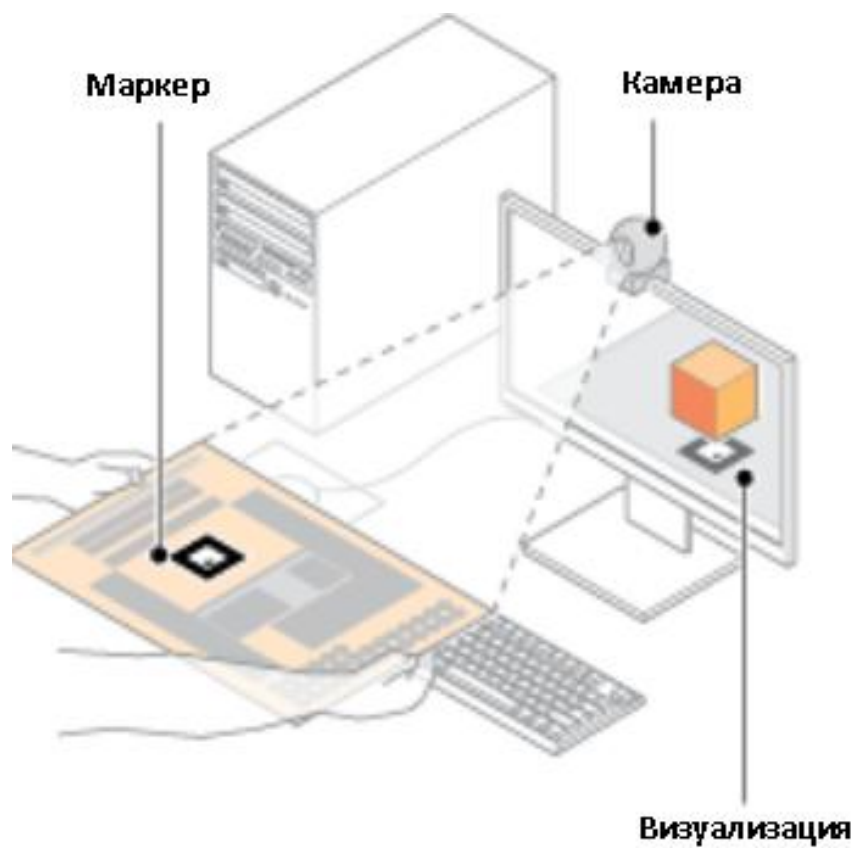


Рис.92 Схема дополненной реальности

Но маркеры везде не наклеишь, а сделать уникальный маркер под каждую ситуацию и унифицировать всю систему слишком сложно.

Здесь на выручку приходит SLAM — метод Одновременной Локализации и Построения Карты, используемый для построения карты в неизвестном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути.

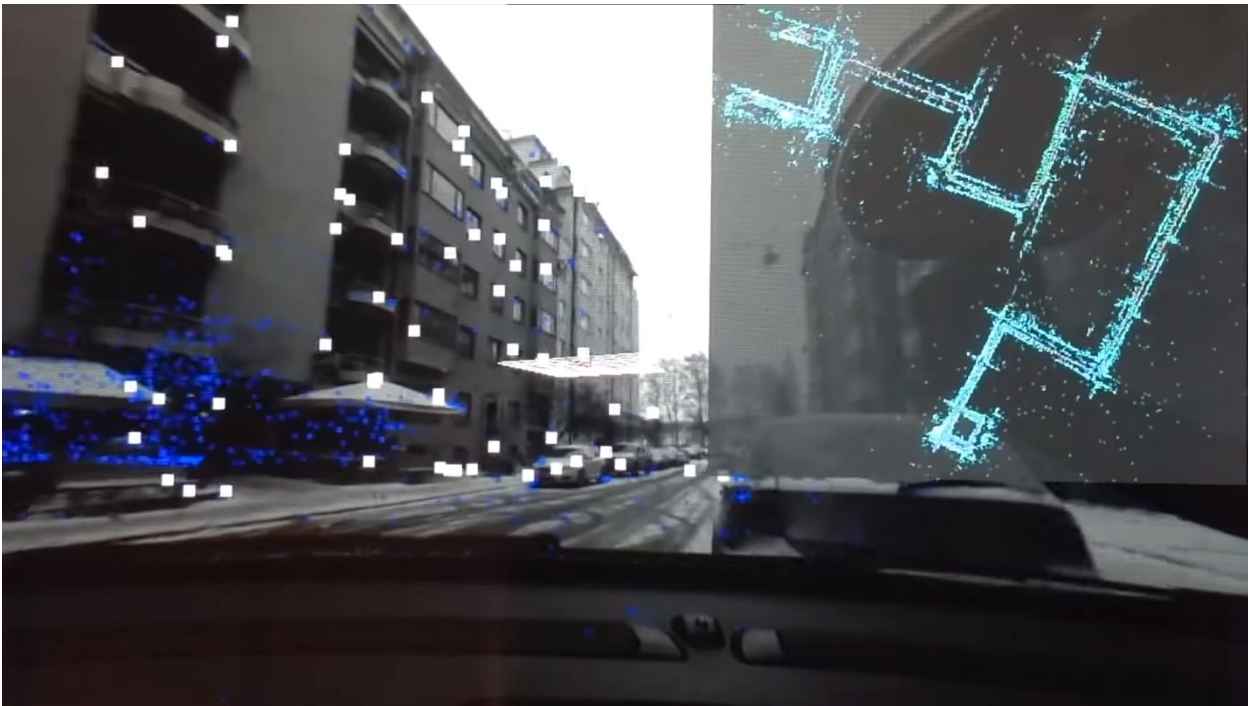


Рис.93 Работа метода SLAM

Звучит сложно. В упрощённом виде, SLAM — это способ распознавания окружения и местоположения камеры, путем разложения картинки на геометрические объекты и линии. После чего каждой отдельной форме система присваивает точку (или много-много точек), фиксируя их расположение в пространственных координатах на последовательных кадрах видеопотока. Таким образом, условное здание раскладывается на плоскости стен, окна, грани и прочие выделяющиеся элементы. А условная комната — на плоскости (пол, потолок, стены) и объекты внутри. Благодаря тому, что алгоритм позволяет запоминать положение точек в пространстве, вернувшись в эту же комнату из другой вы увидите точки на тех же местах, где они и находились ранее.

Особенно сильный толчок этот метод получил после того, как производители смартфонов начали встраивать дополнительные камеры для расчета глубины резкости в свои аппараты.

Не стоит думать, что SLAM — это продвинутая версия обычного распознавания образов и отслеживания маркеров. Скорее, это инструмент, который намного лучше подходит для ориентации систем дополненной реальности в пространстве. Он дает приложению понять, где находится пользователь. Но намного хуже подходит для опознания, например, медведя на картинке.

Для максимальной эффективности оба подхода объединяют для конкретной задачи. Что приводит нас к современной ситуации.

- **Многослойная AR**

Этот тип AR — когда устройство дополненной реальности использует распознавание объектов для идентификации физического пространства, а затем накладывает виртуальную информацию поверх него.

Много популярных AR устройств используют эту форму. Это то, как вы можете примерить виртуальную одежду, показать шаги навигации перед вами, проверить, может ли новый предмет мебели поместиться в вашем доме, надеть забавные татуировки или маски и т. д.

- **Проекция AR**

Сначала это может показаться идентичным слоистой или наложенной дополненной реальности, но оно отличается одним конкретным способом: фактический свет проецируется на поверхность для имитации физического объекта. По сути дела проекция AR — это голограмма.

Одним конкретным видом использования для такого рода является то, что дополненная реальность может проецировать клавиатуру или клавиатуру непосредственно на поверхность, так что вы можете нажимать на кнопки и взаимодействовать с ним, виртуальных предметов с использованием реальных физических объектов.

5.6.3 Отличие технологии AR от VR

Виртуальная реальность

Главной целью VR является перенос пользователя из реального мира в абсолютно новый. VR — это набор способов для передвижения и взаимодействия в виртуальном мире. Всего существует 6 “степеней свободы” в трёхмерном мире. Они делятся на две категории:

Поворотные движения. Это рыскание, наклон и вращение. Такие движения фиксируются датчиками на голове и передаются для обработки и изменения виртуального состояния. Их можно найти в Google Daydream и Samsung Gear VR.

Движения трансформации. Для передвижения по иному миру нужны лишь команды Вверх/Вниз, Влево/Вправо, Вперёд/Назад. Обычно такие движения фиксируются внешней камерой — например, Oculus Rift Camera или системой HTC Vive Lighthouse.

Всё это означает то, что Samsung Gear VR и Google Daydream имеют всего 3 степени свободы — вы можете поворачивать голову, чтобы осмотреться, но шлем не воспримет наклон головы либо сгиб коленей. Oculus Rift и HTC Vive всё это понимают и имеют 6 степеней, что позволяет естественно взаимодействовать с виртуальным миром.

6 степеней свободы нужны для полного погружения в VR, что невозможно сделать, если вы не можете естественно двигаться и в другом мире. Многим хватает и 3.

Однако мобильный VR сейчас более доступный. Вам не нужно дополнительное оборудование — лишь смартфон и шлем. Но если сравнить их напрямую, разница будет огромной.

Дополненная реальность

Эта технология намного проще.

AR, в отличие от VR, не отстраняет вас от реального мира, а добавляет данные прямо в него. Что-то подобное можно наблюдать в Pokémon Go или фильтрах Snapchat. Маска на лице — это первые шаги к дополненной реальности.

Будущее AR может и будет включать в себя нечто большее, чем эти маски. Например, тренировки для инженеров и астронавтов NASA. AR преобразит и повседневную жизнь. Например, при прогулке на улице появится возможность открыть профиль случайного прохожего. При путешествии в новом городе, станет возможным сразу узнавать что-то новое, проходя мимо какого-нибудь памятника. Потенциал неограничен. На основе дополненной реальности можно создать отдельные социальные сети.

Хотя дополненная реальность и менее популярна, чем виртуальная, мы видим, что крупные компании делают упор именно на неё. Microsoft пока лидирует, но и Apple уже запатентовала свою технологию. VR больше направлен на развлечения, а AR имеет полезные функции для облегчения повседневной жизни и гораздо больший потенциал.

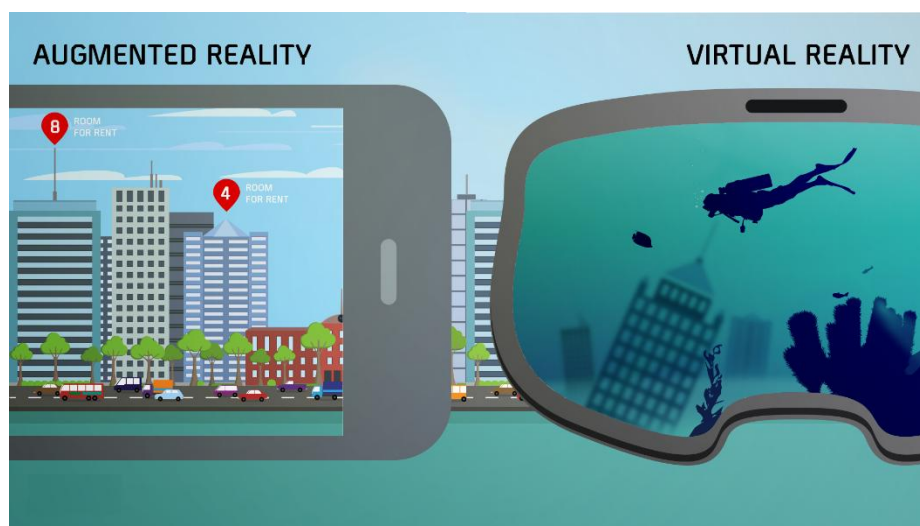


Рис.94 Наглядная разница между AR и VR

5.6.4 Области применения AR.

Справочная информация, объявления и виртуальные указатели обязательно войдут в наше виртуальное пространство. Виртуальный экскурсовод проведет нас по развалинам замка, да еще и покажет сценку, как именно этот замок развалили, и каким он был до того. Ну а социальные функции, вроде фильтра по статусу «в активном поиске», помогут найти вторую половинку прямо в толпе.

Ну и реклама. Вот уж какая сфера спит и видит скорейшее внедрение дополненной реальности в повседневную жизнь. А свежесть и новизна формата обеспечат вау-эффект. AR появилась даже в печатных изданиях. Например, в выпуске Эсквайра 2009-го года нужно было отсканировать обложку, и тогда на ней оживал Роберт Дауни младший.

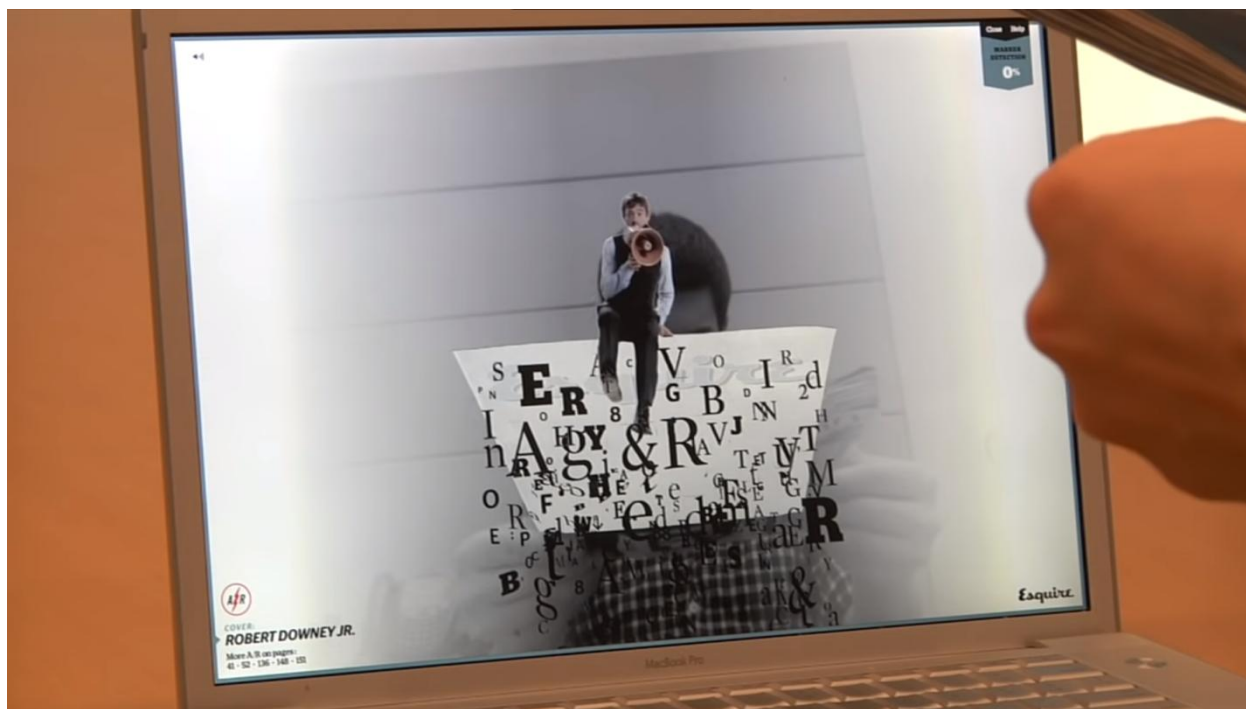


Рис.95 Выпуск Эсквайра с Робертом Дауни младшим

Еще раньше AR и печатные издания скрестила BMW, выпустившая в нескольких немецких журналах рекламу модели MINI, которая на экране становилась трехмерной и позволяла себя рассматривать со всех сторон.



Рис.96 Модель BMW в печатном издании

Коммерческие возможности дополненной реальности настолько обширны, что сложно очертить границы. Даже граффити не осталось в стороне от AR-технологий.



Рис.97 Пример работы приложения Mark AR с граффити

AR может использоваться для быстрой примерки в магазинах: сидя дома примерить кроссовки, чтобы их потом заказать. В августе 2019 года в мобильном приложении Lamoda (один из крупнейших интернет-магазинов в России и СНГ) на IOS запущена AR-примерочная. Пользователи могут примерить более 100 пар кроссовок перед тем, как заказать их онлайн.



Рис.98 Демонстрация AR-примерки в приложении Lamoda

Так же идея зайти в мебельный и тут же на тестовом стенде собрать себе комнату с мебелью и бытовой техникой, пользуясь подсказками по сочетаемости, напрашивается сама собой.

Более интересную и полезную идею воплотил маркетинговый отдел IKEA еще в 2014-м. Примерить мебель из каталога прямо к интерьеру своей комнаты оказалось крайне заманчиво.



Рис.99 Приложение IKEA с AR-технологией

Применение AR в медицине.

Тут прямо глаза разбегаются от возможностей. Кроме максимально наглядного обучения студентов медвузов, сразу представляется визуализация данных прямо на пациенте, вместо расставленных вокруг экранов. УЗИ станет максимально наглядным. Ну и будущая мама будет счастлива получить на телефон трехмерного ребеночка, которого будет с радостью крутить и рассматривать, выискивая сходство того с отцом и собой.

Но одно дело УЗИ, которое не требует оперативного вмешательства, и другое — опасные для жизни пациентов операции, где наглядность может помочь врачу быстрее реагировать и точнее работать.

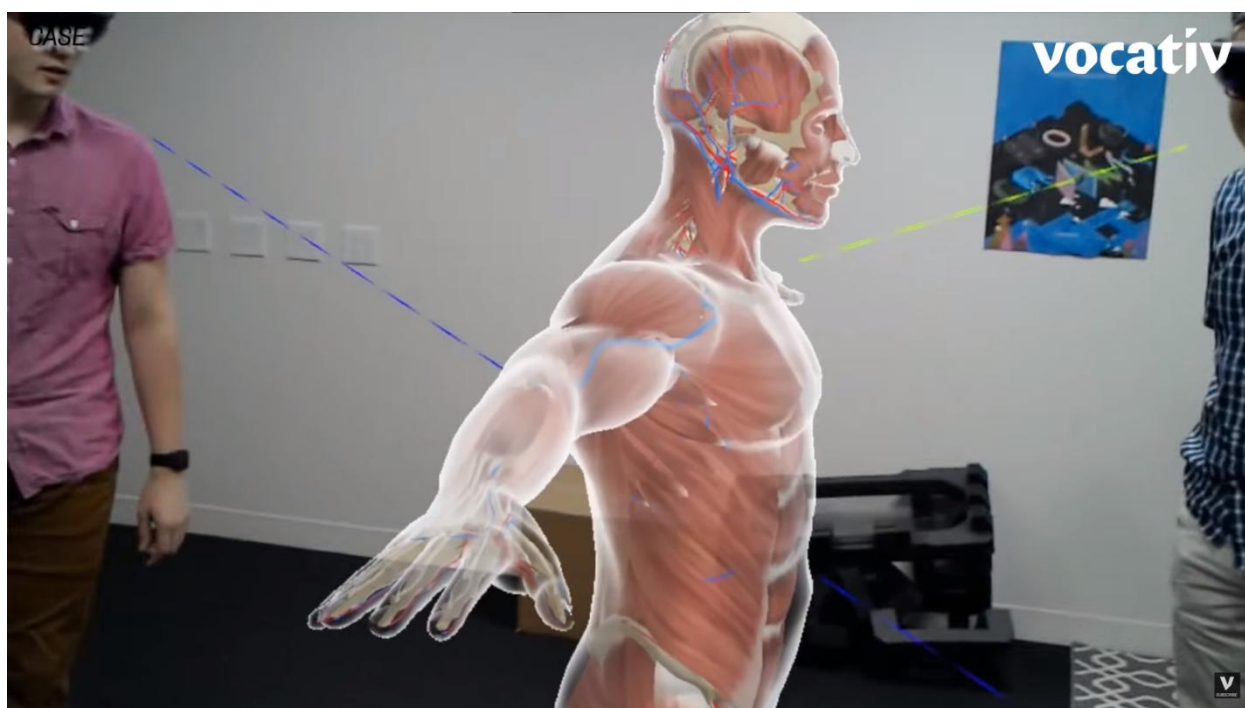


Рис.100 Пример работы медработников с AR

Наглядную анатомию в дополненном пространстве демонстрирует HoloAnatomy для Microsoft HoloLens, который как раз и про медицину, и про образование. А заодно — и одна из знаковых демонстраций для шлема от Microsoft.

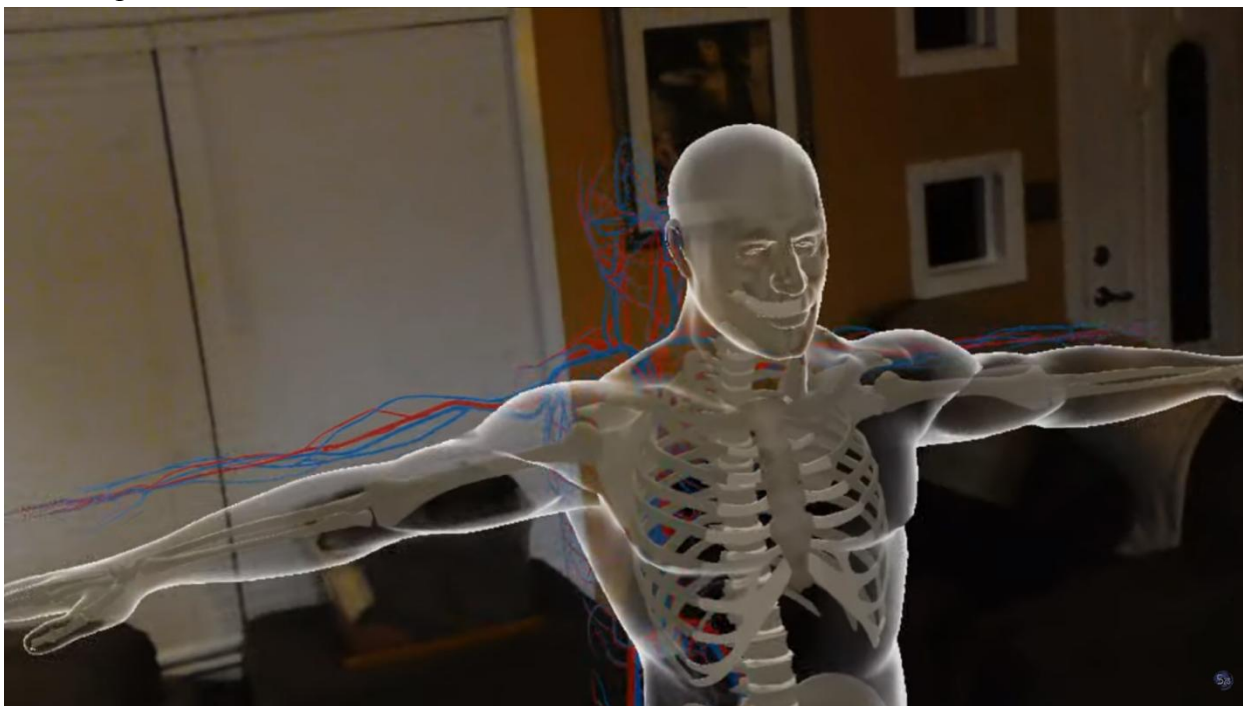


Рис.101 Работа приложения HoloAnatomy

Менее драматично, но не менее полезно — помощники для слепых и глухих, сообщающих первым о предметах и событиях вокруг и показывающие субтитры вторым.

Например, стартап Aira одновременно предлагает нейросетевого помощника, распознающего и проговаривающего всё, что видит камера очков, и живого сотрудника стартапа, что поможет сориентироваться по той же камере в особо сложной ситуации. Система привязана к приложению для смартфона. Пользователь по подписке получает очки с камерой и возможность транслировать изображение с них дежурящим сотрудникам поддержки. Но постоянно созваниваться с ними нет нужды: голосовой ассистент Aira распознает тексты и образы, перекрывая множество повседневных городских задач. Логично, что по мере развития компьютерного зрения надстройка с живыми сотрудниками будет все менее актуальна, но сегодня это хороший компромисс из человеческих и компьютерных ресурсов.

Применение в мобильных технологиях.

Существует множество программных продуктов для мобильных устройств, которые позволяют при помощи дополненной реальности получить необходимые сведения об окружении: браузеры дополненной реальности и специализированные программы для отдельных сервисов, компаний или даже единственных моделей. Само распространение дополненной реальности и нарастающая известность технологии среди потребителей связаны с тем, что вычислительная мощность и набор датчиков в аппаратных платформах для смартфонов и планшетов-компьютеров позволяют производить наложение любых цифровых данных на получаемое в реальном времени со встроенных в устройства камер изображение. Часть решений в этой области воплощается в виде

нательных компьютеров (в том числе в качестве элементов умной одежды) для постоянного контакта со средой дополненной реальности.

Корпорация Google работает над гарнитурой Project Glass (одна из первых попыток вывести дополненную реальность в потребительский сектор, 2013 год, заморожена разработка в 2015 году. Параллельно шла разработка платформы для дополненной реальности Tango, выпущена в 2016 году), а Vuzix — над Smart Glasses M100. Microsoft в 2016 году выпустила HoloLens для бизнеса и профессионалов. В июне 2017 года Apple анонсировала платформу ARKit. Аналогичные разработки ведут другие крупные компании, включая Canon с AR-очками для профессиональных дизайнеров MREAL, а также многие начинающие компании.

Применение в военной сфере.

И если системы наведения в боевых истребителях, дронах и танках для армии — это сегодня дело обычное, т.к. именно из ранних систем дополненной реальности для летчиков и росли другие военные проекты в этой области. Например, продвинутые системы дополненной реальности для пехоты, которые будут внедряться уже через пару лет.

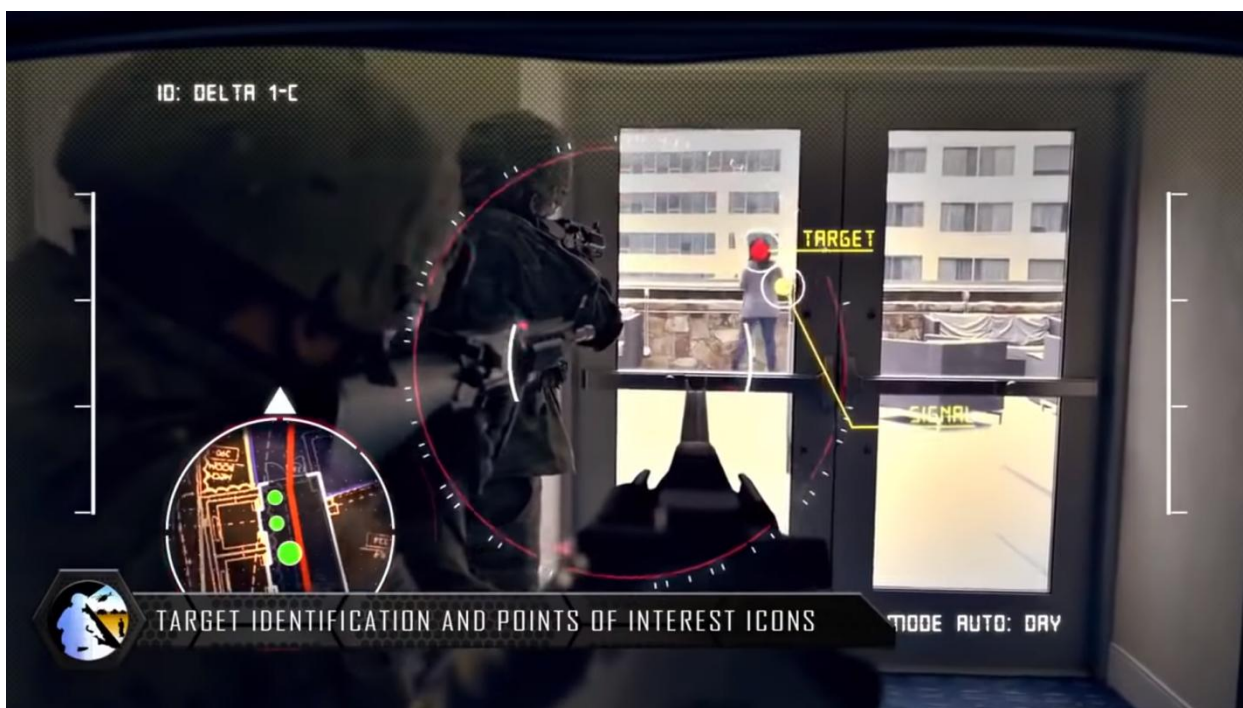


Рис. 102 Ролик с официального канала The U.S. Army (концепт)

В американской армии уже сегодня используется система HUD 1.0: сильно усовершенствованный прибор ночного видения, который также выполняет функции тепловизора и проецирует в монокуляр на шлеме целеуказатель, показывающий куда попадет пуля при текущем положении ствола.

Облегченные полуаналоги таких систем уже более пяти лет доступны на рынке. Баллистический калькулятор от компании TrackingPoint, фактически заменяет снайперу, ну или любому желающему, напарника-споттера.

На очереди — HUD 3.0, который должен выйти в следующем году. Он будет иметь возможность накладывать на реальную картинку полностью цифровые слои местности, модели зданий, планы этажей, позиции врагов и даже самих врагов. А это уже заявка на удешевление военных учений. Военные игры обходятся государственным бюджетам в колоссальные суммы каждый год, а с помощью систем дополненной реальности солдаты смогут тренироваться с условным противником, не покидая пределов базы.



Рис. 103 Баллистический калькулятор от компании TrackingPoint

Применение в индустрии развлечений.

Главная мобильная сфера, где себя нашла Дополненная Реальность — это, конечно же, развлечения.

Почти каждый играл в шутеры от первого лица. Отображение количества патронов, здоровья и аптечек — это тоже дополненная реальность, только для вашего персонажа.

В начале 2000-х вышел AR-порт легендарной игры Quake. Он так и назывался: ARQuake.



Рис. 104 Игра ARQuake

В 2014-м вышла игра Night Terrors, один из первых популярных ужастиков в дополненной реальности.

В 2016-м студия Niantic выпустила наследницу своей игры Ingress и самую главную AR-игру, вероятно, на много лет вперед: Pokémon Go. Дополненная реальность, геотрекинг и популярная вселенная — все сложилось настолько удачно, что Pokémon Go скачали более ста миллионов человек. Игра быстро стала феноменом и начала собирать вокруг себя скандалы, в том числе в России. Pokémon Go уникальна еще и тем, что заставила миллионы людей гулять на свежем воздухе.



Рис.105 Игра Pokémon Go

Настольные игры получили новую форму благодаря технологии.



Рис.106 Настольная игра Galaga, которую Apple перенесла в AR

Такие компании как LEGO и Disney активно ведут разработку игр с использованием AR, а намерения к ним присоединиться выразили практически все крупные производители игрушек. Исследовательские группы уже занялись сбором данных о том, как маленькие дети взаимодействуют с играми и приложениями дополненной реальности, и каким образом это влияет на их восприятие реального мира. Возможно, в будущем самые интересные идеи по развитию технологии будут звучать от тех, для кого эта самая технология была просто частью детства.



Рис.107 Конструктор LEGO с использованием AR

Именно развлечения сегодня развивают исследовательскую базу дополненной реальности. А благодаря колоссальным объемам данных, добровольно передаваемых людьми компаниям-разработчикам, технология в связке с машинным обучением делают шаги в сторону более серьезных областей.

Применение в образовании.

Технология может занять ту нишу, которая в научной фантастике отдана голограммам. Только голограммы будут еще не скоро, а устройства вроде Microsoft HoloLens технически почти готовы. Перспектива увидеть в вузах, а после и школах, виртуальные интерактивные иллюстрации, которые можно рассмотреть со всех сторон, с которыми можно взаимодействовать и тут же видеть результат своих опытов, представляется прекрасным далёко из светлых фантазий о будущем. Обучение любым инженерным специальностям может стать куда более наглядным и легким для понимания.

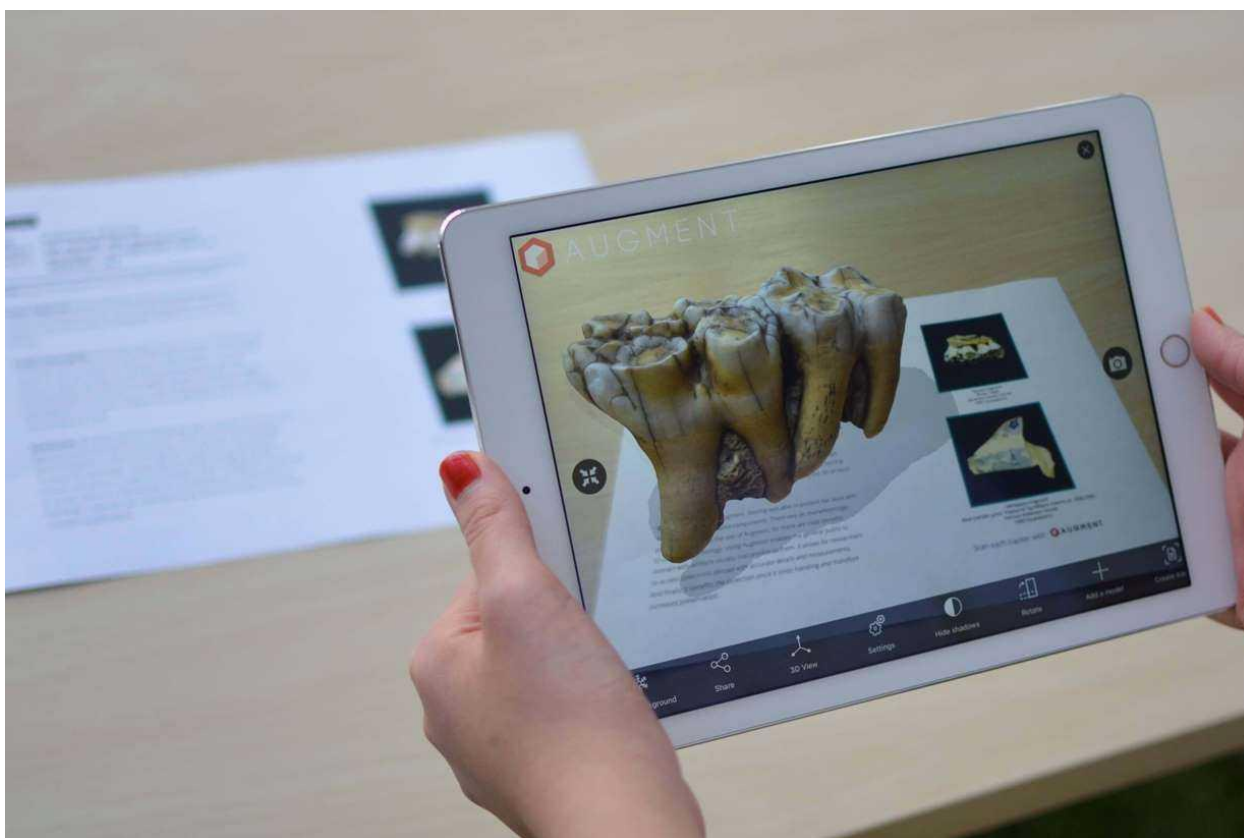


Рис. 108 Пример использования AR-технологий в образовании

5.6.5 Развитие технологий AR

В самом начале развития AR было понятно, что ее успех будет зависеть от того, насколько удобно будет нашим глазам.

Еще в 1984-м году в фильме «Терминатор» Джеймса Кэмерона была визуализирована концепция дополненной реальности и компьютерного зрения. Но Кэмерон сильно опередил время, т.к. встроить AR прямо в глаз в те годы не представлялось возможным даже в смелых фантазиях. Идеалом виделись форм-факторы контактных линз или очков. Первое и сейчас лишь на стадии концептов, а вот по мере удешевления и появления более тонких производственных процессов форма очков становилась все ближе. С годами к ней окончательно прилип и второй вариант реализации: с помощью ставших вездесущими смартфонов.

Самым громким событием дополненной реальности последних лет стали вышедшие в 2013-м году очки Google Glass, с которыми есть небольшая путаница. Несмотря на то, что именно они многим первыми приходят на ум, когда речь заходит о дополненной реальности, к таковой эти очки отношения почти не имели. Виртуальная среда практически не взаимодействовала с реальной. Разве что навигацию можно причислить к AR-контенту, но и она была реализована в стиле карт для телефона, а не каких-нибудь висящих над дорогой стрелок.

Зато очки умели делать фото и снимать видео по команде, с автоматической отправкой в облако. Этот не ставший массовым эксперимент все же сделал свое дело: запустил волну, дав понять другим компаниям, что можно всерьез приниматься за разработку устройств дополненной реальности для масс.

Эстафету тут же приняла Майкрософт, через пару лет завуалированно анонсировавшая (а в 2016-м и представившая) очки смешанной реальности HoloLens. Правда, только для разработчиков и журналистов. Продукт сложный, его до сих пор разрабатывают. Но в интернете много восторженных обзоров, где люди делятся своим опытом взаимодействия с виртуальной средой.

HoloLens не требуют подключения к другому ПК или телефону. У очков четыре камеры, с помощью которых они анализируют комнату и совмещают виртуальные объекты с реальным миром.

Очки позволяют практически полноценно работать с Windows 10, причем, название «Windows» обретает новый смысл: окна системы легко вешаются на стены на манер, собственно, окон. Очки запоминают помещение, поэтому, когда пользователь возвращается в ту же самую комнату, все окна приложений и прочие элементы смешанной реальности ждут его на своих местах.

Сейчас существует около десятка наиболее перспективных разработчиков и продуктов для дополненной реальности в форм-факторе очков: Vuzix, Sony, ODG, Solos.

Но один производитель подобрался наиболее близко к тому, что может быть не только технологично, но и удобно. Это — компания Magic Leap.

Запустившись в 2010-м году в атмосфере абсолютной секретности, она уже через пару лет собрала инвестиций более чем на полмиллиарда долларов от таких гигантов как Google и Qualcomm. Никто за пределами узкого круга инвесторов не знал, чем эта компания привлекла такое внимание и что у нее за продукт.

Но информация все-таки просочилась. А позднее было официально объявлено: компания работает над продвинутой версией очков дополненной реальности, которые на голову сильнее Google Glass и HoloLens. И, в отличие от других производителей, в Magic Leap равное внимание уделяют как железу, так и ПО и интерфейсам. Несмотря на то, что компанию больше интересует индустрия развлечений, чем прикладное применение, на сегодняшний день она является лидером в удобстве пользовательских интерфейсов.

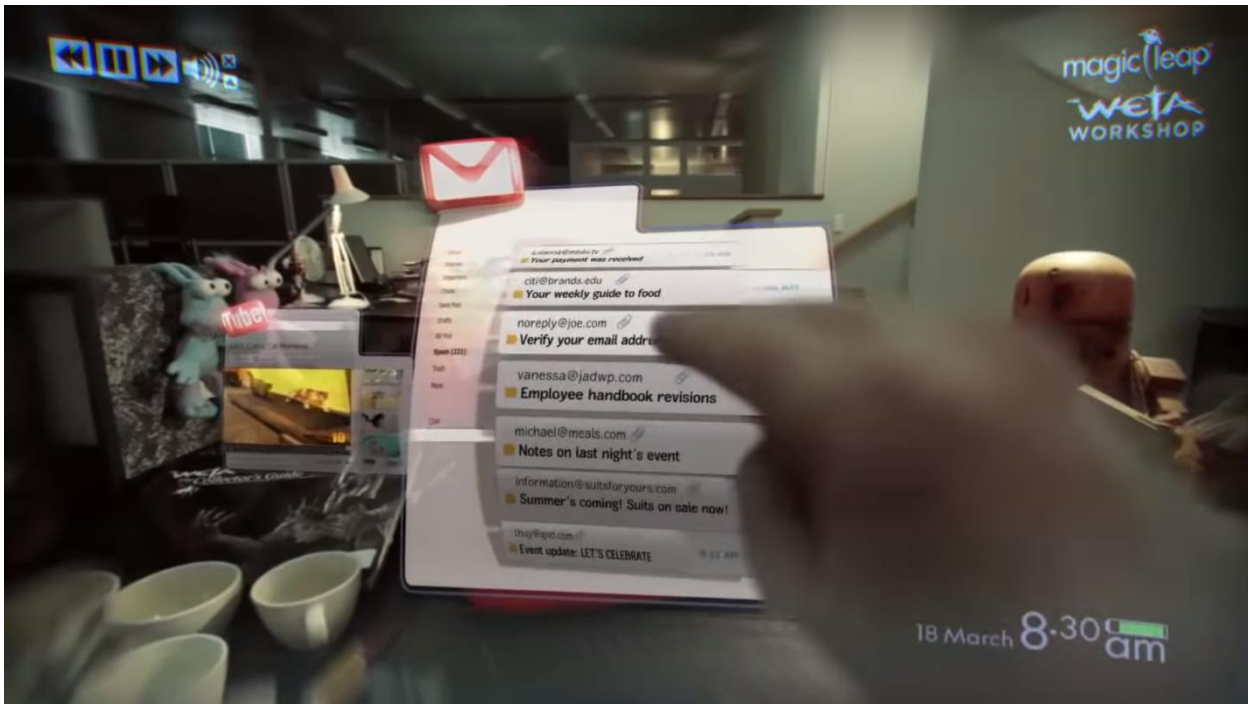


Рис. 109 Первое концепт-видео Magic Leap

Но пока AR в основном встречается в телефонах. Это удобно, готовая техническая база, широкая распространенность устройств и простота написания ПО.

Заточенные под фото для соцсетей приложения предлагают примерно одни и те же функции: маски и помещение персонажей в пространство. То есть — развлечения. Но все больше компаний понимают важность этой ниши и представляют более утилитарные приложения:

AirMeasure — виртуальная рулетка, способная определять расстояния и размеры в 3д-окружении.

Google Translate — умеет переводить текст, который видит камера, в реальном времени.

Sun Seeker — помогает увидеть траекторию солнца на местности в любой день года.

Google Sky Map — помогает узнать, какие звезды сейчас видно на небе.

Именно в мобильном сегменте сейчас сконцентрированы самые интересные AR-стартапы для массового рынка:

- YouAR
- 6D
- Selerio

- Ubiquity и другие.

А одной из наиболее инвестирующих в технологию компаний является Facebook, который обкатывает новые идеи на своей массивной пользовательской базе.

Будущее дополненной реальности.

Дополненная реальность — это не только игры и селфи с виртуальными масками. Это гигантское количество возможностей для коммерческого применения, новые горизонты в образовании, промышленности, медицине, строительстве, торговле и даже туризме. И дальше должно быть только интереснее.

Коммерческий рост AR поразителен. Ей, в отличие от виртуальной реальности, необязательно опираться на специализированное железо и громоздкие устройства. Технология прекрасно работает на самом массовом носимом девайсе — смартфоне.

Дополненная реальность уже меняет наше настоящее: виртуальные маски, охота за покемонами по городам и болотам, дети, стреляющие друг в друга не из деревяшек, а через экран телефона. Сейчас это уже реальность.

Следующий шаг — массовый выход AR из зоны развлечений и соцсетей в сектор информационной поддержки. Автопроизводители (пока лишь Hyundai, BMW и Audi, но список растет) начинают выпускать приложения-дополнения к пользовательским инструкциям, помогающие владельцам наглядно изучить свой автомобиль. Все больше производителей техники начинают выпускать приложения для ремонтных мастерских, которые помогают мастерам ориентироваться во внутреннем устройстве сложных приборов.

Проблемы в развитии дополненной реальности.

«Как и у любой технологии, у AR и VR есть обратная сторона: пока их довольно тяжело использовать. От ношения AR-очков за целый день очень устают глаза, особенно это было заметно в ранних версиях устройств; кроме того, человеку поступает значительно больше информации. Но в будущем люди к этому адаптируются — параллельно с развитием технологий», — говорит футуролог Роберт Скоубл. Другая проблема современной дополненной реальности — неудобство в использовании AR-очков из-за их громоздкого размера, а также высокая цена таких устройств. Очки же для широкой аудитории, которые дешевле и больше распространены (например, Google Glass) — маломощны, поэтому не могут выполнять множество функций.

AR-технология очень востребована в нашем мире. Ее развитие напрямую влияет на прогресс цивилизации. Во всех сферах жизни человека эта технология найдет себя, так как ее потенциал огромен. Люди пользуются AR каждый день, и каждый день эта технология становится все более и более совершенной. Многие компании видят в ней потенциал и направляют на ее развитие огромные деньги, так как это наше будущее.

1. Источники.

1. <https://wylsa.com/what-the-difference-ar-and-vr/>[[Интернет-ресурс]]//
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность/[[Интернет-ресурс]]//
3. <https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/>[[Интернет-ресурс]]//
4. <https://vc.ru/services/79510-lamoda-zapustila-v-prilozhenii-na-ios-virtualnuyu-primerku-krossovok-ot-belorusskogo-ar-startapa-wannaby/>[[Интернет-ресурс]]//
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Lamoda/>[[Интернет-ресурс]]//
6. https://www.youtube.com/watch?v=x8p19j8C6VI&feature=emb_title/[[Интернет-ресурс]]//
7. <https://venturebeat.com/2018/09/12/apple-shows-off-fast-action-galaga-ar-multiplayer-game/>[[Интернет-ресурс]]//
8. <http://tofar.ru/dopolnennaya-realnost-v-obrazovanii.php/>[[Интернет-ресурс]]//

5.6.6 Виртуальная реальность (VR). Понятие, назначение, области применения, примеры использования.

Широкую известность и популярность понятие "виртуальная реальность" и все, что связано с ним, обрело сравнительно недавно - уже в эпоху персональных компьютеров и глобальной сети Интернет - однако идеи, приведшие к возникновению этого феномена, зародились гораздо ранее.

Слово "виртуальный" в "виртуальной реальности" восходит к лингвистическому разграничению, сформулированному в средневековой Европе. Средневековый логик Дунс Скотт придал термину новое значение, ставшие традиционными: латинское "virtus" было главным пунктом его теории реальности.

Он настаивал на том, что понятие вещи содержит в себе эмпирические (познаваемым опытным путем) атрибуты не формально (как если бы вещь существовала отдельно от эмпирических наблюдений), но виртуально. Хотя для понимания свойств вещи нам может понадобиться углубиться в наш опыт, сама реальная вещь уже содержит в своем единстве множество эмпирических качеств, но содержит виртуально - в противном случае все они не закрепились бы как качества этой вещи. Термин "виртуальный" Скотт использовал для того, чтобы преодолеть пропасть между формально единой реальностью (предполагаемой нашими концептуальными ожиданиями) и нашим неупорядоченно-разнообразным опытом. [Ссылка](#)

Виртуальная реальность (virtual reality, VR) — компьютерная симуляция некоего пространства, в которое через воздействие на рецепторы (зрение, слух, обоняние, тактильные ощущения) погружается пользователь. Проводником пользователя в виртуальную реальность выступают VR-устройства, ключевыми из которых являются шлем, различные датчики движения и контроллеры. [Ссылка](#)

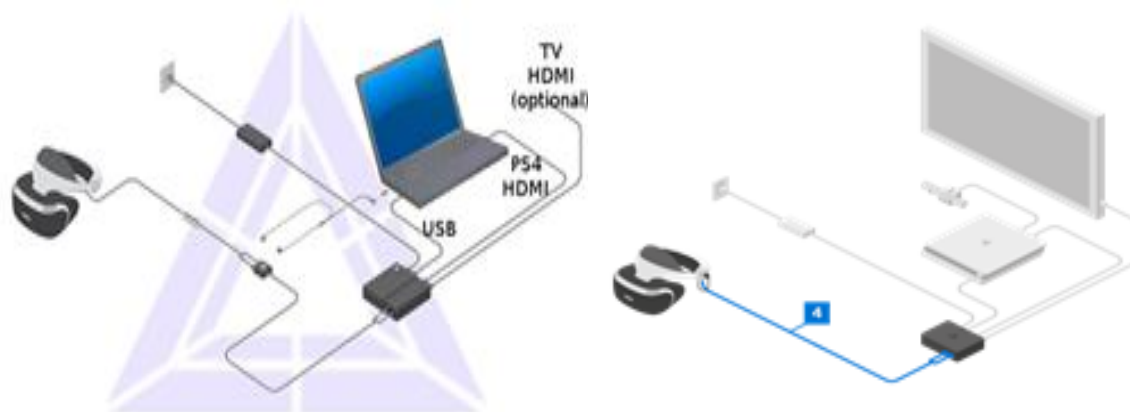


Рис.110 Подключение VR

Объекты виртуальной реальности обычно ведут себя близко к поведению аналогичных объектов материальной реальности. Пользователь может воздействовать на эти объекты в согласии с реальными законами физики (гравитация, свойства воды, столкновение с предметами, отражение и т. п.).

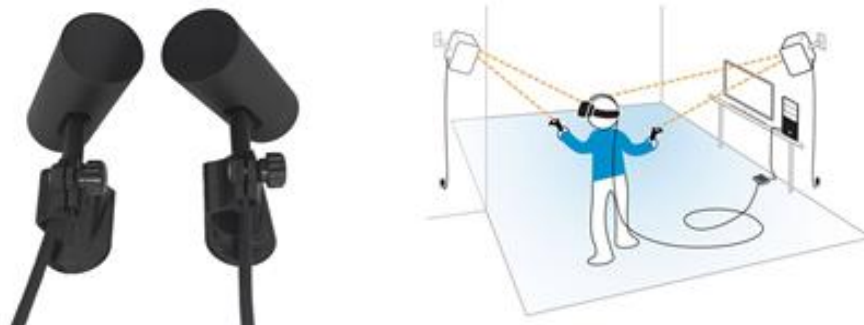


Рис.111 Датчики VR

Однако, часто в развлекательных целях пользователям виртуальных миров позволяется больше, чем возможно в реальной жизни (например: летать, создавать любые предметы и т. п.) [Ссылка](#)

Основная функция 3D очков виртуальной реальности — создать трехмерный мир, в котором находится пользователь. Это может быть игра, фильм или ролик, фотографии и даже обучающие программы.

Следует понимать, что сам по себе шлем, смартфон и ноутбук не являются достаточным условием для погружения в виртуальный мир.



Рис.112 VR шлем

Устройство не работает без соответствующего контента. Например, для телефона потребуется скачать специальные приложения. В случае с фото и видео они должны также поддерживать данную функцию. Для компьютера и игровых приставок требования аналогичные. [Ссылка](#)



Рис.113 VR

У каждой сгенерированной миром трехмерной компьютерной среды есть свойства:



Если более подробно то: правдоподобная — поддерживает у пользователя ощущение реальности происходящего; интерактивная — обеспечивает взаимодействие со средой; машинно-генерируемая — базируется на мощном аппаратном обеспечении; доступная для изучения — предоставляет возможность исследовать большой детализированный мир; создающая эффект присутствия — вовлекает в процесс как мозг, так и тело пользователя, воздействуя на максимально возможное число органов чувств. [Ссылка](#)

Сферы применения и реализация

Системами «виртуальной реальности» называются устройства, которые более по сравнению с обычными компьютерными системами имитируют взаимодействие с виртуальной средой, путём воздействия на все пять имеющихся у человека органов чувств.

Первое, это изображение.

В настоящее время существует несколько основных типов систем, обеспечивающих формирование и вывод изображения в системах виртуальной реальности:

- Шлем виртуальной реальности. Современные шлемы виртуальной реальности (англ. HMD-display) представляют собой скорее очки, нежели шлем, и содержат один или несколько дисплеев, на которые выводятся изображения для левого и правого глаза, систему линз для корректировки геометрии изображения, а также систему трекинга, отслеживающую ориентацию устройства в пространстве. [Ссылка](#)



Рис.114 Устройство VR шлема

- MotionParallax3D – дисплеи. К устройствам этого типа относится множество различных устройств: от некоторых смартфонов до комнат виртуальной реальности (CAVE). Системы данного типа формируют у пользователя иллюзию объёмного объекта за счёт вывода на один или несколько дисплеев специально сформированных проекций виртуальных объектов, сгенерированных исходя из информации о положении глаз пользователя. [Ссылка](#)



Рис.115 CAVE

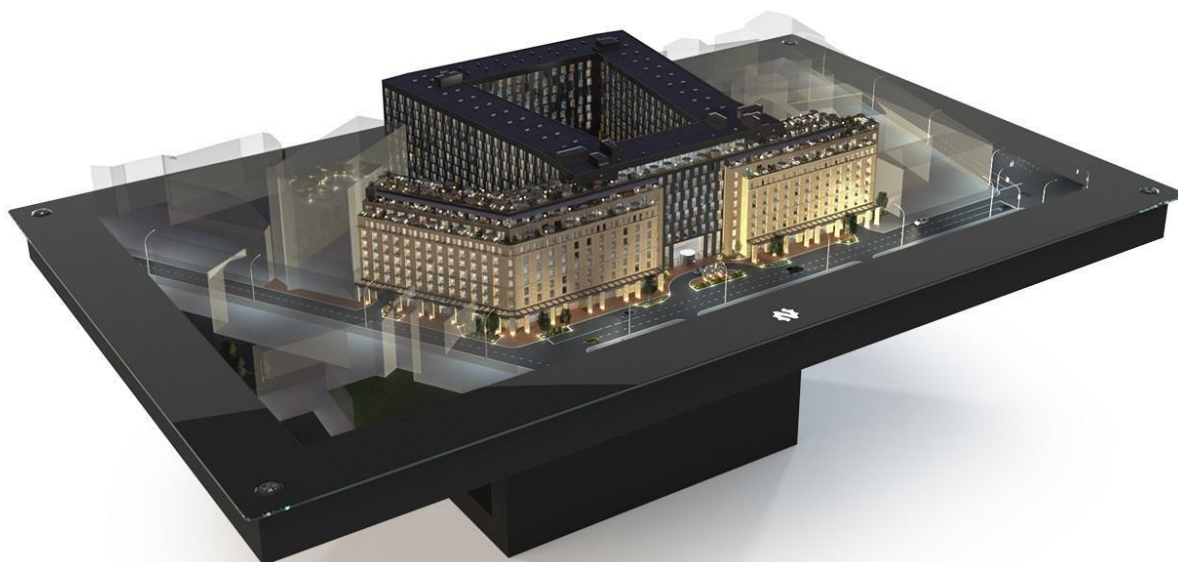


Рис.116 MotionParallax3D дисплей

- Виртуальный ретинальный монитор. Устройства данного типа проецируют изображение непосредственно на сетчатку глаза. В результате пользователь видит изображение, «висящее» в воздухе перед ним. Устройства данного типа ближе к системам дополненной реальности, поскольку изображения виртуальных объектов, которые видит пользователь, накладываются на изображения объектов реального мира. Тем не менее, при определённых условиях (тёмная комната, достаточно широкое покрытие сетчатки изображением, а также в сочетании с системой трекинга), устройства данного типа могут использоваться для погружения пользователя в виртуальную реальность. [Ссылка](#)



Рис.117 VR ретинальный монитор

Второе, это звук. Многоканальная акустическая система позволяет производить локализацию источника звука, что позволяет пользователю ориентироваться в виртуальном мире с помощью слуха.

Третье, это имитация тактильных ощущений. Имитация тактильных или осязательных ощущений уже нашла своё применение в системах виртуальной реальности. Это так называемые устройства с обратной связью. Применяются для решения задач виртуального прототипирования и эргономического проектирования, создания различных тренажёров, медицинских тренажёров, дистанционном управлении роботами, в том числе микро- и нано-, системах создания виртуальных скульптур. [Ссылка](#)

Также к основам отнесем перчатки виртуальной реальности.

Перчатки позволяют ощутить тактильный отклик при взаимодействии с объектами виртуальной реальностью. Например, перчатки производителей:



Рис.119 перчатки Napt X



Рис.120 перчатки Manus

В отличие от подобных аналогов, данные перчатки изготовлены из мягкого экзоскелета, оборудованного мягкими мышцами, предназначенными для роботов, который делает их намного легче и удобнее в использовании.

Тактильная система состоит из трёх основных компонентов:

1. сенсор Leap Motion (его функция — определение положения и движения рук пользователя);



Рис.121 Сенсор Leap Motion

2. мышцы Mskibben — латексные полости с плетёным материалом — которые откликаются на движения, создаваемые перемещением пальцев пользователя;

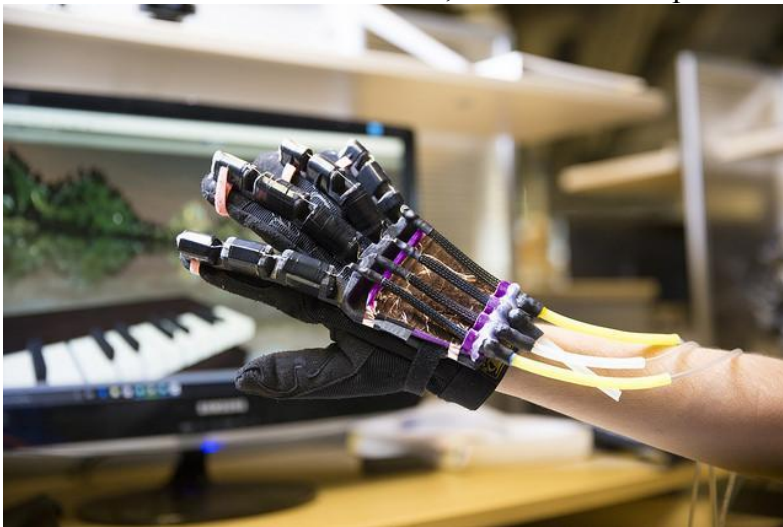


Рис.122 Мышцы Mskibben

3. распределительный щит, задача которого состоит в управлении самими мышцами, которые и создают тактильные ощущения. [Ссылка](#)

Четвертое, это управление.

С целью наиболее точного воссоздания контакта пользователя с окружением применяются интерфейсы пользователя, наиболее реалистично соответствующие моделируемому: компьютерный руль с педалями, рукояти управления устройствами, целеуказатель в виде пистолета и т. д.



Рис. 123 Контроллеры VR Oculus Touch

Для бесконтактного управления объектами используются как перчатки виртуальной реальности, так и отслеживание перемещений рук, осуществляемое с помощью видеокамер. Последнее обычно реализуется в небольшой зоне и не требует от пользователя дополнительного оборудования. [Ссылка](#)

И наконец, пятое, это уже прямое подключение к нервной системе.

Описанные выше устройства воздействуют на органы чувств человека, но данные могут передаваться и непосредственно нервным окончаниям, и даже напрямую в головной мозг посредством мозговых интерфейсов. Подобная технология применяется в медицине для замены утраченных чувствительных способностей, но пока она слишком дорога для повседневного применения и не достигает качества передачи данных, приемлемого для передачи виртуальной реальности. [Ссылка](#)



Рис.124 VR с подключением к нервной системе

VR используется в таких сферах, как:

- **Обучение.** Сегодня интерактивная реальность позволяет смоделировать тренировочную среду в тех сферах и для тех занятий, для которых необходимой и важной является предварительная подготовка. Как пример, это может быть операция , управление техникой, обучение пилотов с помощью VR тренажеров (рис.14) и другие сферы.
[Ссылка](#)



Рис.125 Учебный тренажер

- **Наука.** VR дает возможность значительно ускорить исследования как атомного, так и молекулярного мира. В мире компьютерной реальности человек способен манипулировать даже атомами так, словно это конструктор. Например, археологи используют VR для воссоздания утраченных архитектурных шедевров древности.
[Ссылка](#)



Рис.126 Исследование атомного мира

- **Медицина.** Как и было отмечено, при помощи VR можно тренировать и обучать медицинских специалистов: проводить операции, изучать оборудование, улучшать профессиональные навыки. [Ссылка](#)



Рис.17 Проведение учебной операции

- **Архитектура и дизайн.** Что может быть лучше, чем показать заказчику макет нового дома или любого другого строительного объекта при помощи такой реальности? Именно она позволяет создавать эти объекты в виртуальном пространстве, в полном размере, для

демонстрации, тогда как раньше использовались ручные макеты и воображение. Это касается не только строительных объектов, но и техники. [Ссылка](#)



Рис.127 Использование в реставрации и дизайне

- **Развлечение.** VR безумно популярен в игровой среде. Причем, спросом пользуются как игры, так и культурные мероприятия, и туризм. [Ссылка](#)



Рис.128 VR Zone и VR Park

Виды очков VR

Условно можно выделить следующие разновидности шлемов: для смартфонов; для консолей; для персональных компьютеров (PC)

VR очки для смартфонов:

Мобильные устройства виртуальной реальности — самые простые, в качестве экрана здесь используется экран смартфона. Их правильнее называть VR очками. Они позволяют смотреть фото и видео, играть в игры, но не способны в полной мере передать все красоты виртуального мира и дают лишь самое общее представление о технологии. [Ссылка](#)



Рис.129 VR очки для смартфона

VR шлемы для консолей и персональных компьютеров

Для полного погружения в виртуальную реальность используются продвинутые VR шлемы, работающие в паре с современными консолями или персональными компьютерами. Эти модели виртуальной реальности оснащены контроллерами движения и лазерными датчиками позиционирования, позволяющими отслеживать положение в пространстве в реальном времени. В данных VR устройствах используются экраны высокого разрешения, обеспечивающие превосходное качество графики.

Лидирующие позиции на рынке занимают модели от известных производителей — Oculus Rift, HTC Vive и Sony PlayStation VR. Такие типы шлемов виртуальной реальности позволяют прикоснуться к будущему уже сегодня, но имеют ограничения по части аппаратного и программного обеспечения. [Ссылка](#)



Рис.130 VR шлем Sony PlayStation

Виртуальная реальность — один из главных технологических трендов последнего времени. С VR у нас появилась технология, которая используется и применяется, практически везде, в очень разных сферах. Она полностью меняет то, как мы воспринимаем, все то, что видим.

Мы внезапно оказываемся в центре действия и уже не просто зрители, а как реальная часть истории. Это означает, что наши эмоции, в частности, играют гораздо большую роль, нежели мы привыкли думать. Когда VR удастся обратиться к эмоциям пользователя благодаря высоким уровням погружения, формируется эмоциональная связь, которая не только делает опыт более интенсивным, но и позволяет дольше оставаться у него в памяти.

Конечно, VR не идеален, он также имеет минусы, как и плюсы, но в меньшем плане. И можно отметить, его высокую стоимость, особенно известных компаний. Я думаю, со временем это пройдет, ничто непостоянно и цена снизится в более приемлемую сторону. С разработкой VR, мы шагнули немного вперед. И не за горами тот день, где это гарнитура войдет в повседневный распорядок дня огромного количество людей.

Источники:

1. <https://www.sites.google.com/site/arxistyles/home/informacionnye-razdely/istoria-razvitiya-virtualnoj-realnosti>
2. <https://tproger.ru/translations/vr-explained/>
3. https://wiki2.org/ru/Виртуальная_реальность
4. <https://planetvrr.com/all-about-vr/>
5. [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Виртуальная_реальность_\(VR,_Virtual_Reality\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Виртуальная_реальность_(VR,_Virtual_Reality))
6. <https://itc.ua/articles/virtualnaya-realnost-istoriya-teoriya-praktika/>
7. <https://habr.com/ru/post/387935/>
8. <https://vr-j.ru/stati-i-obzory/vidy-ochkov-virtualnoj-realnosti/>