

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»
(ФГБОУ ВО Омский ГАУ)

П.В. КИЙКО

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом факультета ТС в АПК
в качестве учебного пособия по направлениям подготовки
бакалавриата и специалитета

Омск 2023

© Кийко П.В., 2023
© ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2023
ISBN 978-5-907687-34-9

УДК 004(075)
ББК 32.97я7

Рецензенты:

С.Н. Скарбич – канд. пед. наук, доцент кафедры математики
и методики обучения математике ФГБОУ ВО ОмГПУ;

М.А. Приходько – канд. пед. наук, доцент кафедры
высшей математики ФГБОУ ВО ОмГУПС

Литературное редактирование: Г.А. Горбуновой

Кийко, П.В.

Цифровые технологии : учебное пособие / П.В. Кийко ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2023. – 1 CD-R. – Систем. требования : ПК с процессором 1,3 ГГц или выше ; 1 Гбайт доступного места на жестком диске ; 512 Мбайт оперативной памяти (рекомендуется 1 Гбайт или больше) ; Microsoft Windows® XP Home, Professional или выше ; разрешение экрана 1024*768 ; Acrobat Reader 3.0 или выше ; CD-ROM дисковод ; клавиатура ; мышь. – Загл. с титул. экрана. – ISBN 978-5-907687-34-9. – Текст : электронный.

Учебное пособие содержит справочный материал и задания для аудиторной и внеаудиторной академической работы обучающихся, задания снабжены детальными методическими указаниями. Пособие соответствует требованиям ФГОС ВО по дисциплине «Цифровые технологии» для направлений подготовки бакалавриата и специалитета: 05.03.06 – Экология и природопользование; 19.03.01 – Биотехнология; 19.03.02 – Продукты питания из растительного сырья; 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения; 20.03.01 – Техносферная безопасность; 20.03.02 – Природообустройство и водопользование; 21.03.02 – Землеустройство и кадастры; 21.03.03 – Геодезия и дистанционное зондирование; 21.05.01 – Прикладная геодезия; 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 27.03.01 – Стандартизация и метрология; 35.03.01 – Лесное дело; 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение; 35.03.04 – Агрономия; 35.03.05 – Садоводство; 35.03.06 – Агроинженерия; 35.03.11 – Гидромелиорация; 36.03.01 – Ветеринарно-санитарная экспертиза; 36.03.02 – Зоотехния; 36.05.01 – Ветеринария; 38.03.01 – Экономика; 38.03.02 – Менеджмент; 38.03.07 – Товароведение. Может быть использовано в учебном процессе преподавателями высших учебных заведений.

Текстовое электронное издание
Самостоятельное электронное издание

Минимальные системные требования:

- процессор с частотой 1,3 ГГц или выше;
- 1 Гбайт доступного места на жестком диске;
- 512 Мбайт оперативной памяти (рекомендуется 1 Гбайт или больше);
- Microsoft Windows® XP Home или выше;
- разрешение экрана 1024*768;
- Acrobat Reader 3.0 или выше;
- CD-ROM, клавиатура, мышь.

© Кийко П.В., 2023

© ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2023

- Для создания электронного издания использовано программное обеспечение MS Office Word 2010 и Acrobat Reader 9.0.

- Техническая подготовка материалов для электронного издания – П.В. Кийко.

- Техническую обработку материалов осуществила О.С. Шубина.

- Тираж 12 дисков;

- дата подписания к использованию 22.05.2023 г.;

- объем издания – 2,71 Мбайт;

- 1 электрон. опт. диск (CD-R).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина»; 644008, г. Омск, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Институтская пл., 1, www.omgau.ru.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



Кийко Павел Владимирович – кандидат педагогических наук, доцент кафедры математических и естественно-научных дисциплин. Автор более 70 научных трудов и учебных изданий. Среди них 5 учебных пособий и 7 научных статей, входящих в международные базы Web of Science и Scopus. Научное направление работ – «Математическое и эконометрическое моделирование экономических процессов», «Обработка больших данных при помощи машинного обучения»; pv.kiyko@omgau.org.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	7
Глава 1. Machine Learning	8
1.1. Big data. Принципы работы с массивами данных	8
1.2. Подходы к управлению Big Data	13
1.3. Проблемы использования Big Data	20
Вопросы для собеседования	25
1.4. Анализ больших данных в облаках	26
1.5. Основные задачи машинного обучения	30
1.5.1. Обучение с учителем (supervised learning)	30
1.6. Задания	35
1.6.1. Первичная обработка данных	35
1.6.2. Творческая задача. Построение трехфакторной модели при помощи Machine Learning	40
1.6.3. Пример выполнения задания	41
Вопросы для собеседования	55
Глава 2. Artificial intelligence	56
2.1. Происхождение искусственного интеллекта	56
Вопросы для собеседования	62
2.2. Создание аппарата знаний искусственного интеллекта	63
Вопросы для собеседования	69
2.3. Робототехника	70
Вопросы для собеседования	74
2.4. Искусственный интеллект в профессиональной деятельности	75
Вопросы для собеседования	81
Глава 3. Cybersecurity	82
3.1. Технологии кибербезопасности будущего	82
Вопросы для собеседования	89
3.2. Применение квантовых сетей в кибербезопасности	89
3.3. Блокчейн и сферы его применения	93
Вопросы для собеседования	97
3.4. Интернет вещей	97
Вопросы для собеседования	106
Заключение	107
Библиографический список	108

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, предназначено для обучающихся всех направлений бакалавриата и специалитета; будет полезно аспирантам и преподавателям, всем интересующимся сквозными технологиями и обработкой больших данных. Призвано обобщить результаты индивидуальной и коллективной работы студентов.

Предложены теоретический материал и вопросы для собеседования, необходимые для закрепления знаний, полученных на лекциях и практических занятиях, а также при самостоятельной работе. В главе «Machine Learning» представлены задания по обработке больших данных при помощи встроенных функций табличного процессора.

Цель пособия – научить обучающихся применять сквозные технологии при решении типовых задач, а также помочь сформировать необходимые знания, умения и навыки для решения практических и прикладных задач специальных дисциплин своего направления подготовки. Это определило структуру пособия, состоящего из трех глав: машинное обучение, искусственный интеллект, кибербезопасность. В каждой главе рассмотрены теоретические аспекты и разобраны примеры использования сквозных технологий. Для самостоятельной работы обучающимся предложены вопросы для собеседования.

Решение задач позволит обучающемуся проверить свои силы, правильно оценить степень подготовки. Пособие помогает определить степень восприятия студентами учебного материала по цифровым технологиям.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время цифровые технологии, основанные на применении компьютерной техники, баз данных, проводных и беспроводных сетей, программного обеспечения, активно внедряются не только на предприятиях, в образовательном процессе, но и в повседневной жизни. Развитию цифровых технологий и повышению доли инвестиций в цифровые технологии способствовала Государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», принятая в 2017 г., которая определила несколько передовых, так называемых сквозных цифровых технологий, охвативших буквально все стороны нашей жизни. Это технологии больших данных, искусственного интеллекта и робототехники, кибербезопасности, связанной с интернетом вещей, технологиями виртуальной и дополненной реальности. Эти вопросы раскрыты в пособии, соединившем теоретические вопросы развития современных цифровых технологий и их использование как в образовательном процессе, так и при внедрении в производство.

Учитывая развитие цифровизации производства, создания цифровых платформ и цифровых экосистем, автор значительное внимание уделил использованию машинного обучения при обработке больших данных, постановке задачи, поиску данных, построению моделей по ним и интерпретации полученных результатов. Предназначено пособие для бакалавров и специалистов, обучающихся в аграрных вузах по различным направлениям.

ГЛАВА 1. MACHINE LEARNING

1.1. Big data. Принципы работы с массивами данных

Сталкиваясь с информацией, анализируя ее и применяя на практике, у человека формируются знания. Одна и та же информация может приводить к появлению разных знаний у разных людей. Сформированные знания человек использует в своей деятельности.

Информация для человека – это сведения, которые уменьшают существующую до их получения неопределенность знания.

Слово «**информация**» происходит от латинского слова *informatio*, что в переводе означает «сведение, разъяснение, ознакомление».

Понятие «информация» многозначно. Существуют различные *подходы* к пониманию информации.

Например, с *семантической* точки зрения, информация – это сведения, обладающие новизной.

С *технической* точки зрения, информация – это все сведения, которые представлены в определенной форме для хранения, передачи и обработки с помощью технических средств.

С точки зрения *традиционного (обыденного)* подхода, информация – это сведения, знания, сообщения о положении дел, которые человек воспринимает из окружающего мира с помощью органов чувств (зрения, слуха, вкуса, обоняния, осязания).

С точки зрения *вероятностного* подхода, информация – это сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся о них степень неопределенности и неполноты знаний. *Искусственные* информационные процессы искусственно порождаются людьми с помощью разнообразных технических устройств для осуществления различных действий с информацией и происходят в социотехнических системах (например, пилоты управляют самолетом на основе информации с бортовых приборов) и технических системах (примером может служить мобильный телефон).

В современном мире информация – это один из важнейших ресурсов и в то же время одна из движущих сил развития человеческого

общества. Исследованием непосредственно информации занимаются две комплексные отрасли науки: кибернетика и информатика.

Результат фиксации, отображения информации на каком-либо материальном носителе, т.е. зарегистрированное на носителе представление сведений, независимо от того, дошли ли эти сведения до какого-нибудь приемника и интересуют ли они его, называют данными.

Данные – это информация, представленная в формализованном виде, пригодном для передачи и обработки в некотором информационном процессе.

Данные сами могут выступать как источник информации. Информация, извлекаемая из данных, может подвергаться обработке, и результаты обработки фиксируются в виде новых данных.

В 1990-х гг. стало ясно, что, хотя компании накопили огромные объемы данных, они испытывают трудности с их анализом. Им потребовалась технология, которая могла бы объединять и согласовывать данные из разнородных баз и облегчать проведение более сложных аналитических операций. Решение этой бизнес-задачи привело к появлению хранилищ данных и технологий создания БД, таких как интерактивная аналитическая обработка (OLAP) и базы данных нового поколения (NoSQL).

В 2004 г. корпорация Google в лице Дж. Дина и С. Гемавата представила результативный подход к обработке огромного количества информации – технология MapReduce. Далее в честь игрушечного слоненка сына Д. Каттинга была спроектирована система Hadoop, которая, развернувшись на 10 000 процессорных ядрах, через два года уже управляла распределенной поисковой системой Yahoo. Тогда же Hadoop вошел в состав Apache Software Foundation. В целом можно сказать, что Google создал то, что все сейчас называют Big Data.

Термин Big Data впервые появился в прессе в сентябре 2008 г., когда редактор журнала Nature К. Линч рассказывал про взрывной рост объемов мировой информации и отмечал, что освоить их помогут новые инструменты и более развитые технологии. До 2009 г. термин Big Data рассматривался только с точки зрения научного анализа.

Появление больших данных связано с расширением источников информации в современном мире. Сейчас в качестве таковых могут выступать: непрерывно поступающие данные с измерительных устройств, события от радиочастотных идентификаторов, с устройств аудио- и видеорегистрации, потоки сообщений из социальных сетей,

метеорологические данные, данные дистанционного зондирования земли, потоки данных о местонахождении абонентов сетей сотовой связи, GPS-сигналы от автомобилей для транспортной компании, информация о транзакциях всех клиентов банка, всех покупках в крупной ретейл сети и многое другое.

Под термином «большие данные» понимают и наличие данных больше, чем 100 Гб (например, 500 Гб, 1 ТБ), и такие данные, которые невозможно обрабатывать в Excel, т.е. традиционным способом, и данные, которые невозможно обработать на одном компьютере.

Некоторые специалисты предлагают следующую классификацию объемов данных:

- большие наборы данных: от 1 тыс. мегабайт (1 гигабайт) до сотен гигабайт;
- огромные наборы данных: от 1 тыс. гигабайт (1 терабайт) до нескольких терабайт;
- Big Data: от нескольких терабайт до сотен терабайт;
- Extremely Big Data: от 1 тыс. до 10 тыс. терабайт, т.е. от 1 до 10 петабайт (1 тыс. петабайт, или 1 тыс. × 1 тыс. терабайт – это 1 эксабайт).

Согласно отчету McKinsey Institute «Большие данные: новый рубеж для инноваций, конкуренции и производительности» термин «большие данные» относится к наборам данных, размер которых превосходит возможности типичных БД по занесению, хранению, управлению и анализу информации.

Таким образом, понятие «большие данные» отличается от традиционного подхода к терминам «большое количество данных» или «большой массив данных».

Большие данные, по определению, предложенному в 2011 г. М. Адрианом из компании Gartner, – это данные, сбор, управление и обработку которых невозможно осуществить с помощью наиболее часто используемых аппаратных сред и программных инструментов в течение допустимого для пользователя времени.

Термин Big Data шире простого понятия «большие данные». Под Big Data понимают не только какой-то конкретный большой объем данных (хотя это тоже важно), но и методы их обработки и использования, методы поиска необходимой информации в больших массивах, хотя это и не означает, что методы работы с большими данными нельзя применять к небольшим массивам данных.

Большие данные, или Big Data – серия подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста данных, распределения по многочисленным узлам вычислительной сети, альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям класса Business Intelligence.

С одной стороны, термин Big Data относится просто к управлению и анализу больших объемов данных. С другой стороны, Big Data предполагают нечто большее, чем просто анализ огромных объемов информации. Проблема не в том, что организации создают огромные объемы данных, а в том, что большая их часть представлена в формате, плохо соответствующем традиционному структурированному формату баз данных. Данные хранятся во множестве разнообразных хранилищ, иногда даже за пределами организации. В результате фирмы могут иметь доступ к огромному объему своих данных, но не иметь необходимых инструментов для установления взаимосвязи между ними и соответствующих выводов на их основе.

С возросшим объемом данных, которые должны постоянно обновляться, чтобы не потерять своей актуальности, сегодня традиционные методы анализа информации уже не справляются, в итоге это и вызывает необходимость разработки технологий обработки больших данных, приводя к появлению Big Data.

Сегодня Big data – социально-экономический феномен, который связан с тем, что появились новые технологические возможности для анализа огромного количества данных. Представим большой гипермаркет, в котором все товары расположены в хаотичном порядке. Алкогольная продукция стоит на полке рядом с детскими продуктами питания, – молочные продукты в холодильнике с сырым мясом. Big Data расставляет все по своим местам и помогает нам найти нужный продукт, получаем, что Big Data – альтернатива традиционным системам управления данными и решение возникших проблем.

Big Data – естественное развитие аппарата математической статистики и усовершенствованный метод обработки информации.

Подводя итог сказанному выше, под Big Data будем понимать технологии работы с информацией огромного объема и всевозможного состава, которая находится в разных источниках и часто обновля-

ется («большие данные») с целью создания новых продуктов, увеличения эффективности работы и повышения конкурентоспособности предприятия.

Сегодня нет такой сферы, где бы ни использовались технологии Big Data. Например, в коммерции эти технологии выполняют роль создателя портрета потенциального клиента с целью выделения из всей имеющейся аудитории только той части, которая удовлетворяет заданным критериям, персонализирования рекламы.

Big Data помогает узнать, как часто клиент ходит в конкретный магазин, какие продукты он покупает, какой у него средний чек, где он отдыхает, каков его примерный уровень дохода и прочее. Информация, попадая в систему Big Data, связывается воедино и создает приближенный к действительности портрет покупателя.

На основе Big Data разработчики игры Counter-Strike провели исследование информации обо всех игроках, что помогло организовать более эффективное взаимодействие с пользователями и спрогнозировать их возможный будущий отток.

Обрабатывая комментарии пользователей в социальных сетях, на торговых площадках, форумах и других ресурсах, используя технологии Big Data, компании могут проводить репутационный анализ.

Для привлечения клиентов, анализа их активности, решения проблем информационной безопасности банковский сектор активно использует аналитику больших данных в своих процессах.

Интернет вещей – еще одна сфера, которую изменили Big Data. Это анализ тысячи параметров в дорожном движении, сельском хозяйстве, здравоохранении, на производстве и других отраслях. «Интернет вещей» коснется всех: одни компании будут пользователями, другие станут провайдерами. Кто раньше включится в игру, тот сможет в недалеком будущем получить большую отдачу.

Перспективы Big Data обширны. Взяв только медицинскую отрасль, можно проводить бесчисленное множество экспериментов по борьбе с опасными вирусами, неизлечимыми болезнями и анализировать их результаты.

Внимание к технологиям сбора, обработки, управления и анализа больших данных уже проявили многие ведущие IT-компании, так как большие данные открывают возможности для освоения новых ниш рынка и привлечения новых заказчиков. Это такие компании, как Google, Facebook, Amazon, IBM, Dell, eBay, Fujitsu, Microsoft, Oracle,

SAP, SAS, Teradata, Yahoo, HSBC, Nasdaq, Coca-Cola, Starbucks, AT&T, государственные органы и др.

Корпорация IBM, например, применяет методы обработки больших данных к проводимым денежным транзакциям. На 15% больше мошеннических транзакций выявлено при помощи технологий Big Data, что позволило увеличить сумму защищенных средств на 60%. Проблемы с ложными срабатываниями системы тоже были решены – их число сократилось более чем в два раза.

1.2. Подходы к управлению Big Data

Еще в 2001 г. на вопросы, связанные с хранением и обработкой информации, обратил внимание Дуг Лейни из Meta Group (входит в состав Gartner). В результате были выявлены три направления, на которых стоит сосредоточиться для решения вопросов управления данными: Volume, Velocity и Variety. Позже они легли в основу описательной модели больших данных под названием 3V (VVV). Остановимся на них подробнее.

Volume – объем.

Big Data – это целый набор методик и технологий получения, хранения и обработки информации, так как информация постоянно меняется: имеющаяся обновляется, к ней добавляется новая. При работе с большими массивами информации необходимо быть готовым к оперативному горизонтальному масштабированию из-за потенциального роста входящих данных.

Velocity – скорость.

При постоянном росте количества данных важна их обработка с той скоростью, которую требуют цели проекта. Например, огромное количество датчиков фиксируют сейсмические изменения на территории конкретной страны или в мире, данные с них поступают в ЦОД, где выполняются обработка и анализ полученной информации.

Если поступившие данные в силу тех или иных причин будут обрабатываться несколько часов вместо, например, нескольких минут, то в случае получения информации о землетрясении после обработки данных будет невозможно вовремя принять превентивные меры и последствия катастрофы будут ужасными.

Неслучайно к уже имеющимся параметрам V компания IDC добавила еще один – **Value**, или ценность информации. В приведенном примере эта ценность была равна нулю, так как потеряла свою актуальность раньше, чем ею смогли воспользоваться за период **Validity** – полезного действия этой информации. Ценность информации заключается и в ее достоверности (**Veracity**).

Становится понятно, что скорость обработки поступающих данных очень важна, иначе можно потерять их ценность и передать на дальнейший анализ уже неактуальные данные или в качестве результата предоставить неактуальную информацию.

И скорость обработки данных, и хранилища должны легко наращиваться при необходимости, что также заложено в технологии Big Data.

Variety – разнообразие.

Как уже отмечалось выше, наряду со структурированными данными есть информация, которая поступает в неструктурированном виде. И именно она преобладает в общем потоке информации (рис. 1).

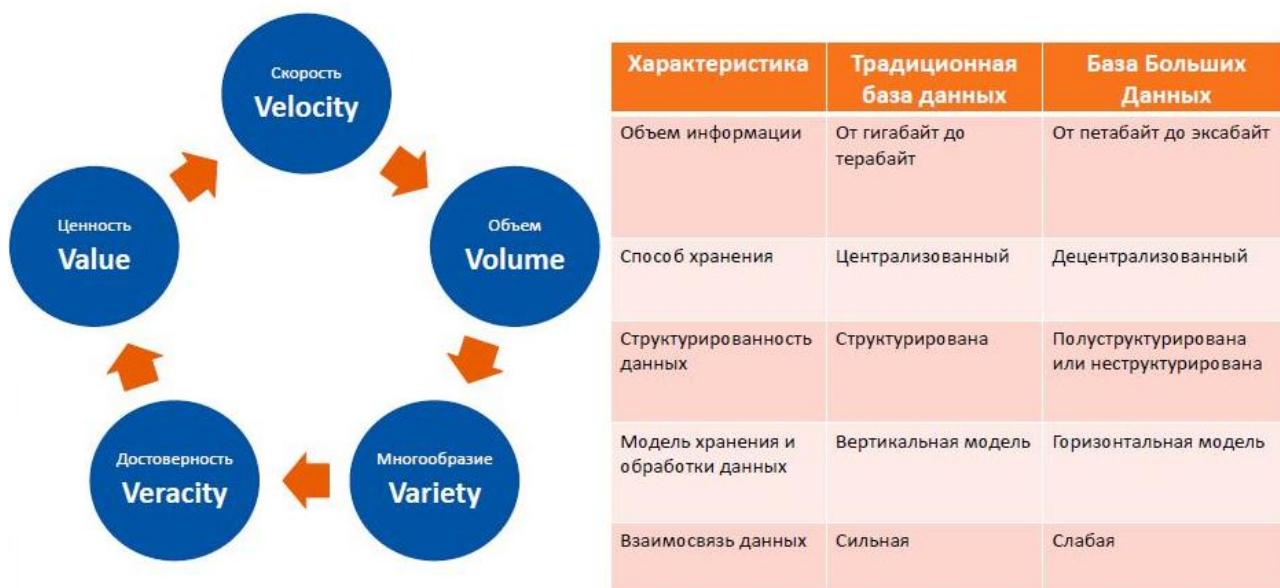


Рис. 1. Описательная модель Big Data

Перед использованием Big Data ставится одна из задач – оперативно выстроить между полученными данными связи и на выходе выдать данные, доступные для структурированного анализа.

Умение находить связи между любыми данными, вне зависимости от уровня их структурированности, и получать результат, кото-

рый можно однозначно проанализировать для решения той или иной задачи, для Big Data весьма важно.

Наряду с тем, что система должна быть хорошо масштабируемой, иначе будут получены недостоверные данные ввиду потери одного из параметров V.

Работа по управлению Big Data должна основываться на определенных принципах.

Горизонтальная масштабируемость. Так как данных может быть очень много, то любая система должна быть расширяемой, поскольку подразумевает обработку больших данных.

Отказоустойчивость. Методы работы с большими данными должны учитывать возможность выхода из строя машин (а их может быть много – до нескольких тысяч) и способность решать эти проблемы без каких-либо значимых последствий.

Локальность данных. В больших распределенных системах данные рассредоточены по большому количеству машин. Принцип локальности данных заключается в том, чтобы по возможности обрабатывать данные на машине, где они хранятся.

Для соблюдения этих принципов необходимы технологии средств обработки данных (включают разные методы и способы).

С учетом перечисленных принципов и направлений можно определить Big Data: это горизонтально масштабируемая система, использующая набор методик и технологий, позволяющих обрабатывать структурированные и неструктурированные виды информации, строить связи, необходимые для получения однозначно интерпретируемых человеком данных, не успевших потерять актуальность, и несущая ценность для достижения поставленных целей.

Существует несколько моделей «пути». Одна из них – модель Малькольма Чисхолма; состоит из семи активных фаз взаимодействия с данными. Каждая фаза содержит задачи по управлению данными.

1-я фаза. Data Capture – создание или сбор значений данных, которые еще не существуют и никогда не существовали в компании. Сюда относят:

а) Data Acquisition – покупку данных, предложенных внешними компаниями;

б) Data Entry – генерацию данных ручным вводом при помощи мобильных устройств или программного обеспечения;

в) Signal Reception – получение данных с помощью телеметрии (Интернет вещей).

2-я фаза. Data Maintenance – передача данных в точки, где происходит синтез данных и их использование в форме, наиболее подходящей для этих целей. Фаза часто включает такие задачи, как перемещение, интеграцию, очистку, обогащение, изменение данных, а также процессы экстракции (извлечения), преобразования и загрузки.

Смешение и интеграция данных необходимы, если есть несколько разных источников данных и нужно анализировать эти данные в комплексе.

Например, магазин ведет торговлю офлайн и через Интернет (в том числе через платформы электронной коммерции). Чтобы получить полную информацию о продажах и спросе, надо собрать множество данных: кассовые чеки, товарные остатки на складе, интернет-заказы, заказы через маркетплейс и т.д. Все эти данные поступают из разных мест и обычно имеют разный формат. Для работы с ними их нужно привести к единому виду.

Традиционные методы интеграции данных основаны на процессе EIL – извлечения, преобразования и загрузки. Данные получают из разных источников, очищают и загружают в хранилище. Специальные инструменты экосистемы больших данных от Hadoop до баз NoSQL также имеют собственный подход для извлечения, преобразования и загрузки данных.

После интеграции большие данные подвергаются дальнейшим манипуляциям: анализу, обработке и т.д. Описанный процесс представлен на рис. 2.

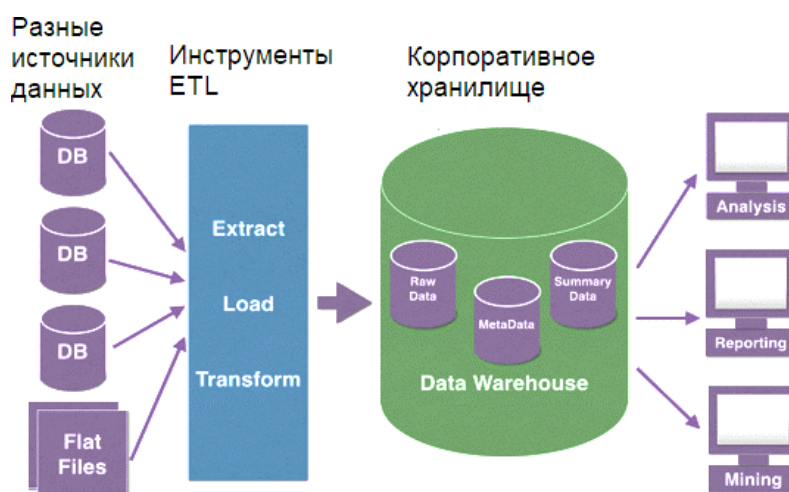


Рис. 2. Схема реализации второй фазы

3-я фаза. Data Synthesis – создание ценности из данных через индуктивную логику (занимается логическими процессами умозаключений от частного к общему – индукцией), использование других данных в качестве входных данных.

4-я фаза. Data Usage – применение данных как информации для задач, которые должно ставить и выполнять предприятие. Использование данных имеет специальные задачи управления данными. Одна из них – выяснение: является ли законным использование данных в том виде, в котором хочет бизнес. Речь идет о так называемом «разрешенном использовании данных», поскольку могут существовать регулирующие или контрактные ограничения на фактическое использование данных, а их необходимо соблюдать.

5-я фаза. Data Publication – отправка данных в место за пределами предприятия, например, отсылка ежемесячных отчетов клиентам, после чего эти данные де-факто невозможно отозвать.

Неверные значения данных не могут быть исправлены, поскольку они уже недоступны для предприятия. Управление данными может потребоваться, чтобы решить, как будут обрабатываться неверные данные, отправленные клиентам.

6-я фаза. Data Archival – копирование данных в среду, где они хранятся, до тех пор пока не они понадобятся снова, для их активного использования и удаления из всех активных производственных сред.

7-я фаза. Data Purge – удаление каждой копии элемента данных с предприятия. В идеале это необходимо делать из архива. Задача управления данными на этой фазе – определить, что очистка действительно была выполнена должным образом.

Отметим, что данные не обязательно должны проходить все семь фаз; фазы взаимодействия не обязательно выстраиваются в конкретную последовательность; в реальности они могут проявляться в хаотичном порядке.

В любом случае стратегия управления данными в организации имеет большую самостоятельную ценность. Современный вид системы управления данными – результат развития организационных основ работы с Big Data.

В 2011 г. крупные компании (Microsoft, Oracle, IBM, EMC) стали первыми использовать наработки Big Data в своих стратегиях развития. Google, Facebook и другие крупные корпорации провозгласили себя data-driven-организациями.

Data-driven-организации – такие компании, в которых все внутренние процессы и большинство решений вокруг них строятся исключительно на основании данных.

В 2007 г. эксперт в области веб-аналитики Авинаш Кошик выделил семь ключевых шагов, позволяющих трансформировать культуру работы организации и перейти к управляемой данными (или дата-управляемой) организации.

1. Go to the Outcomes – переходите к результатам.

Основа совместной деятельности, взаимодействия (коллаборации) между людьми с использованием данных лежит, прежде всего, в понимании – что важно для каждого из участников: от чего зависят их бонусы или выплаты, на что обращают внимание люди, которые принимают решения. Для этого следует понимать, какими объектами оперирует компания, и это понимание перенести на уровень данных. Традиционная ошибка – начать собирать все данные компании, считать на их основе все возможные метрики и отправлять всем заинтересованным людям отчеты с этими показателями.

2. Reporting is not Analysis – отчетность – еще не аналитика. Ключевой ошибкой всегда и везде была простая демонстрация данных в надежде, что решение с использованием этих данных само собой найдется.

3. Depersonalise Decisions making – деперсонифицируйте принимаемые решения.

Переход к фокусировке на тех данных, которые действительно нужны организации, ведет к созданию новой формы культуры, где данным отводят центральное место, а все решения деперсонализированы, потому что важно не мнение людей в офисе, а данные, на которых оно строится.

Данные сами покажут, что идет не в соответствии с ожиданиями, это никак не связано с субъективной оценкой.

4. Proactive insights rather than reactive – проактивный инсайт (прогноз) важнее реактивной аналитики.

В тот момент, когда данные получены и началась подготовка инсайта, они уже устарели. Поэтому вместо того, чтобы выполнять и готовить отчетность, специалистам нужно выполнить анализ, который еще никто не просит. Он необходим, так как данные быстро устаревают и ряд ключевых аспектов может быть не освещен во время процесса принятия решения.

5. **Empower your Analyst** – расширяйте полномочия аналитиков.

Для того, чтобы аналитик мог потратить свое рабочее время на анализ неструктурированных или слабоструктурированных данных, вместо подготовки регулярной отчетности у него должны быть достаточные для этого полномочия. Data-driven-организация вряд ли будет существовать в условиях регулярного процесса выпуска отчетности, на который тратится более 80% времени работы команды. Аналитики должны тратить минимум времени на отчетность, используя остальное время, чтобы улучшить иные процессы организации по работе с данными и их продуктом – ежемесячной отчетностью.

6. **Solve the Trinity** – треугольник ценности.

Внутри треугольника находятся метрики и инсайты, которые приводят к действию по созданию ценности. На вершинах треугольника обозначены ключевые направления создания ценности с использованием данных:

- behaviour (поведение) – необходимо думать широко при анализе поведения клиентов;
- outcomes (результаты) – надо научиться связывать поведение клиентов с ключевыми показателями или критическими факторами успеха организации;
- experience (опыт) – инсайты должны приходить через эксперименты, исследования, тестирование клиентов или поиск закономерностей в их поведении. Всем этим необходимо постоянно заниматься.

7. **Got Process** – создайте вокруг процесс.

Data-driven-организация – это не пункт назначения, а процесс или путь, по которому идет организация, позволяющий пользователям и сотрудникам применять тот или иной фреймворк работы с данными. Он не должен быть сложным и запутанным, а должен показывать, кто и на каком конкретном шаге участвует в создании ценности с использованием данных.

Ответственным за данные, аналитику и поиск инсайтов в организации должно быть обособленное бизнес-подразделение (а не IT).

Исследования компании Nucleous Research в 2014 г. показали, что за каждый вложенный доллар в решения и процессы по аналитике и работе с данными компания получала в среднем 13,01 доллара. Это еще раз подтверждает важность внедрения и правильной организации применения Big Data.

Вместе с тем в работе с большими данными есть свои сложности.

1.3. Проблемы использования Big Data

Самая большая проблема больших данных – затраты на их обработку. Сюда входят расходы и на дорогостоящее оборудование (его приходится регулярно обновлять для поддержания минимальной работоспособности при увеличении объема данных), и на заработную плату квалифицированным специалистам, обслуживающим огромные массивы информации.

Вторая проблема связана с профессионализмом самого аналитика, поскольку ему необходимо обрабатывать большое количество информации. Если, например, исследование выдает не два-три, а большое количество результатов, очень сложно остаться объективным и выделить из общего потока данных только те, которые окажут реальное влияние на состояние какого-либо явления или процесса.

Следующая проблема – потеря информации. Меры предосторожности требуют не ограничиваться простым однократным резервированием данных, а делать хотя бы две-три резервные копии хранилища. С увеличением объема растут сложности с резервированием, IT-специалистам требуется найти оптимальное решение данной проблемы.

Не менее сложна конфиденциальность Big Data. При переходе большинства сервисов по обслуживанию клиентов в онлайн очень легко стать мишенью для киберпреступников. Даже простое хранение личной информации без совершения каких-либо интернет-транзакций может быть чревато нежелательными для клиентов облачных хранилищ последствиями.

Общие проблемы с производительностью, обеспечением надежности, оптимизацией хранения, вызванные новым форматом работы с данными, требуют постоянного совершенствования технологии Big Data.

К основным техникам и методам анализа и обработки данных можно отнести следующие.

Методы класса, или глубинный анализ (Data Mining). Data Mining (добыча данных, интеллектуальный анализ данных, глубинный анализ данных) – собирательное название, используемое

для обозначения совокупности методов обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. Термин был введен математиком Григорием Пятецким-Шапиро в 1989 г.

Компания применяет Data Mining, когда у нее уже есть некий массив данных, который ранее был как-то обработан, а теперь он обрабатывается вновь, возможно, как-то иначе, чем прежде, для получения неких полезных выводов.

Data Mining решает следующие задачи: работа с данными (агрегация, анализ, описание), выявление взаимосвязей и построение трендов (возможно, с конечной целью предсказания).

Краудсорсинг. Позволяет получать данные одновременно из нескольких источников, причем количество последних практически не ограничено.

Краудсорсинг предлагает способ систематизации данных путем избавления от лишнего материала; категоризации и оценки нужной информации. Это позволяет получать доступ к ценной информации, содержащейся в недрах груды сырых данных. Систематизация большого объема данных методом краудсорсинга позволяет избежать значительных дополнительных расходов. Не случайно в список краудсорсинговых входят компании Yahoo, IBM, eBay и многие другие.

Смешение и интеграция данных (data fusion and integration). Позволяют интегрировать разнородные данные из разнообразных источников с целью проведения глубинного анализа (например, цифровая обработка сигналов, обработка естественного языка, включая тональный анализ, и др.).

Имитационное моделирование (simulation). Метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Имитационное моделирование можно рассматривать как разновидность экспериментальных испытаний.

Пространственный анализ (spatial analysis). Класс методов, использующих топологическую, геометрическую и географическую информацию в данных.

Визуализация аналитических данных. Представление информации в виде рисунков, диаграмм, с использованием интерактивных возможностей и анимации как для получения результатов, так и для использования в качестве исходных данных для дальнейшего анализа.

А/В-тестирование. Метод предполагает выбор из всего объема данных контрольной совокупности элементов, которую поочередно сравнивают с другими подобными совокупностями, где был изменен один из элементов. Проведение подобных тестов помогает определить, колебания какого из параметров оказывают наибольшее влияние на контрольную совокупность. Благодаря объемам Big Data можно проводить огромное число итераций, с каждой из них приближаясь к максимально достоверному результату.

Прогнозная аналитика. Задействует множество методов из статистики, интеллектуального анализа данных, анализирует как текущие данные, так и данные за прошлые периоды, на основе которых и составляет прогнозы о будущих событиях. Модели прогнозирования выявляют связи среди многих факторов, чтобы сделать возможной оценку рисков или потенциала, связанного с конкретным набором условий. Итог использования прогнозной аналитики – принятие верных (максимально эффективных для бизнеса) решений.

С помощью моделей прогнозирования можно предсказать поведение потенциальных клиентов, выявить наиболее популярные продукты и услуги, понять, что движет клиентами, почему они уходят, и предотвратить это и т.д. Использование инструментов прогнозной аналитики помогает создать модель поведения клиентов, а значит, и увеличить прибыль компании.

Машинное обучение (Machine Learning). Предполагает эмпирический анализ информации и последующее построение алгоритмов самообучения систем. Это метод анализа данных, основанный на построении автоматизированной аналитической модели. Используя математические алгоритмы анализа данных, машинное обучение позволяет находить скрытые факторы и зависимости, не будучи заранее запрограммированным на определенное место поиска. Машинное обучение способно адаптироваться и переобучаться на основе вновь поступивших данных для получения надежных и репрезентативных результатов. Итог машинного обучения – ценные предсказания, которые помогают принять лучшее решение и осуществить правильные действия в реальном времени без вмешательства человека.

По словам ученого в области аналитики Т. Дэвенпорта, в условиях быстро меняющихся, растущих объемов данных необходимо быстрое потоковое моделирование, чтобы не отставать, это можно сде-

лать с помощью машинного обучения. Люди могут создать одну или две хорошие модели в неделю, а Machine Learning – тысячи.

Машинное обучение продолжает развиваться и модернизироваться. В число наиболее важных разработок входят ансамблевые методы, в которых прогнозирование осуществляется на основе набора моделей, где каждая участвует в каждом из запросов, а также дальнейшее развитие нейронных сетей глубокого обучения, имеющих более трех слоев нейронов. Такие глубокие слои в сети способны обнаруживать и анализировать отображения сложных атрибутов (состоящие из нескольких взаимодействующих входных значений, обработанных более ранними слоями), которые позволяют сети изучать закономерности и обобщать их для всех входных данных. Благодаря своей способности исследовать сложные атрибуты сети глубокого обучения лучше других подходят для многомерных данных – именно они произвели переворот в таких областях, как машинное зрение и обработка естественного языка.

Сетевой анализ. Наиболее распространенный метод для исследования социальных сетей: после получения статистических данных анализируются созданные в сетке узлы, т.е. взаимодействия между отдельными пользователями и их сообществами.

Использование Dark Data. Так называемые Dark Data (темные данные) – это вся неоцифрованная информация о компании, которая не играет ключевой роли при ее непосредственном использовании. Аналитики причисляют к темным данным информацию, которую сотрудники используют в работе только один раз. После этого она теряется на просторах неорганизованного контента. На практике это означает, что около 80% документов в компании не используется повторно.

В управлении темными данными используют метаданные, или «данные о данных», для идентификации, связывания отдельных файлов, организации информации, отсылок на другие материалы. В совокупности это позволяет разблокировать темные данные и использовать их в работе.

С их помощью обеспечивается классификация данных по проекту, клиенту, рабочему процессу, статусу и другим факторам. Благодаря метаданным нетрудно проверить, правильно ли функционируют рабочие процессы, потоки документов и маршруты задач.

Метаданные выступают как микросигналы, которые добавляются к документам, и корпоративная информация, включая темные данные, становится доступной и экспортируемой.

Такой подход к управлению информацией позволяет включать темные данные в результаты поиска и распределять их по запросам пользователей. Организация получает полный обзор корпоративного контента.

Компания понимает, что не так важно, где хранится информация. Гораздо важнее, что собой представляет информация и как ее лучше классифицировать, чтобы получить максимальную пользу в ежедневной работе.

Искусственный интеллект (ИИ) как нельзя лучше подходит для обработки большого объема постоянно меняющейся информации. Машина делает все то же самое, что должен был бы сделать человек, но при этом вероятность ошибки значительно снижается (отрасль ИИ появилась еще в 1956 г.).

ИИ стимулирует идеи и ускоряет принятие решений. Более того, он сокращает трудоемкие ручные процедуры и ускоряет обслуживание внутренней инфраструктуры организации.

Blockchain. Blockchain – это технология распределенного реестра, которая позволяет ускорить и упростить многочисленные интернет-транзакции, в том числе международные. Благодаря ей снижаются затраты на проведение транзакций.

Интеграция Blockchain с Big Data несет в себе синергетический эффект и открывает бизнесу широкий спектр новых возможностей, в том числе позволяя:

- получать доступ к детализированной информации о потребительских предпочтениях, на основе которых можно выстраивать подробные аналитические профили для конкретных поставщиков, товаров и компонентов продукта;
- интегрировать подробные данные о транзакциях и статистике потребления определенных групп товаров различными категориями пользователей;
- получать подробные аналитические данные о цепях поставок и потребления, контролировать потери продукции при транспортировке (например, потери веса вследствие усыхания и испарения некоторых видов товаров);

➤ противодействовать фальсификации продукции, отмыванию денег, мошенничеству и т.д.

Доступ к подробным данным об использовании и потреблении товаров в значительной мере раскрывает потенциал технологии Big Data для оптимизации ключевых бизнес-процессов, снижения рисков, появления новых возможностей создания продукции, отвечающей актуальным потребительским предпочтениям.

Технология распределенного реестра обеспечивает целостность информации, а также надежное и прозрачное хранение всей истории транзакций. Big Data, в свою очередь, предоставляет новые инструменты для эффективного анализа, прогнозирования, экономического моделирования и, соответственно, открывает новые возможности для принятия более взвешенных управленческих решений.

Облачные хранилища. Хранение и обработка данных становятся более быстрыми и экономичными по сравнению с расходами на содержание собственного дата-центра и возможное увеличение персонала. Аренда облака представляется гораздо более дешевой альтернативой содержанию собственного дата-центра.

Объектные хранилища (например, Amazon S3, Google Cloud Storage, Microsoft Blobs Storage) высоконадежны и предназначены для хранения большого количества файлов и сотен петабайт данных. Именно их используют многие сервисы синхронизации и обмена файлами.

Файлы в объектном хранилище сопровождаются метаданными, которые позволяют обрабатывать эти файлы как объекты: документы, видеозаписи, проекты, фотографии и т.п. Для взаимодействия с облачным объектным хранилищем используется программный интерфейс (API).

Вопросы для собеседования

1. Когда впервые появился термин Big Data?
2. Что является основой описательной модели больших данных?
3. В чем заключается принцип локальности данных?
4. Где применяются Data-driven-организации?
5. Назовите основные проблемы использования Big Data.
6. Расскажите об основных методах анализа и обработки данных.

7. Какие данные можно обрабатывать с помощью машинного обучения?
8. При помощи какого метода исследуют социальные сети?
9. Как технологии Blockchain взаимодействуют с Big Data?
10. Где лучше и дешевле хранить Big Data?

1.4. Анализ больших данных в облаках

Обрабатывать большие данные можно в дата-центре компании, на физических серверах. Для хранения, обработки и анализа больших данных нужны соответствующие возможности IT-инфраструктуры. Кроме того, потребуются расходы для содержания собственного дата-центра с десятками и сотнями серверов, обеспечения информационной и физической безопасности и бесперебойности работы. Поэтому часто компании для анализа больших данных переходят к облакам.

У облаков для аналитики больших данных есть определенные преимущества.

Экономичность. Анализ данных в публичных облаках может быть экономически выгоднее и дешевле, если компания сталкивается с непредсказуемой нагрузкой, быстро растет или часто тестирует гипотезы.

Масштабируемость. Облако позволяет использовать для анализа и хранения больших данных столько ресурсов, сколько нужно, и гибко подстраивается под бизнес-процессы.

Вместимость. У облаков выше вместимость, практически не ограничен объем хранилища больших данных.

Эффективность. Облако позволяет исключить рутину администрирования средств обработки Big Data и сфокусировать команду на более творческих задачах анализа, тестирования бизнес-гипотез и получения ключевой для бизнеса информации.

Безопасность. В облаках риск потери данных ниже, а бесперебойность предсказуема и защищена SLA (соглашением о качестве услуг) с провайдером.

Компания может организовать собственное, частное облако на базе физической инфраструктуры, арендовать облачные мощности у провайдера или совмещать эти модели.

Частное облако может быть расположено в локальном дата-центре компании или у стороннего поставщика, но инфраструктура всегда размещена в частной сети, аппаратное и программное обеспечение предназначено для одной компании. Как правило, такие облака разворачиваются крупными организациями, которых закон обязывает хранить данные у себя: госорганами, финансовыми и медицинскими учреждениями.

У частного облака есть плюсы: IT-ресурсы проще настроить под потребности компании, их использует только одна компания, она полностью контролирует всю инфраструктуру. Но есть и минусы: стоимость разворачивания частного облака достаточно высока: нужно организовать собственный ЦОД, на котором будет развернута облачная платформа; обслуживать оборудование, оплачивать услуги персонала, администрирующего систему. Кроме того, собственное оборудование компании постоянно устаревает, а приложения требуют обновления. При аренде облака все это берет на себя провайдер.

Если данные компании будут храниться в одном месте (одном ЦОДе), есть риск их потери, например, из-за стихийного бедствия или пожара. Избежать этого можно с помощью распределенного ЦОДа: когда инфраструктура дублируется в других дата-центрах. Однако такой вариант IT-инфраструктуры еще дороже. Кроме того, хранение данных в частном облаке и полный контроль компании над инфраструктурой не исключают злоупотреблений со стороны сотрудников: данные могут быть похищены или утрачены из-за непредумышленных и умышленных действий персонала.

Для хранения и обработки данных можно использовать публичное облако. Оно управляется провайдером услуг, у которого компания арендует готовую платформу для анализа Big Data, такую форму аренды называют облачной платформой как услугой (PaaS). Облаком пользуются совместно несколько компаний, однако каждая получает доступ только к своим данным.

Уровень сервиса, гарантии защиты и конфиденциальности прописывают в SLA, NDA (соглашении о неразглашении) и других соглашениях. Поставщик несет юридическую и финансовую ответственность за работу приложений, размещенных в облаке, и сохранность информации бизнеса.

В общедоступных облаках ниже риск потери данных и доступа к сервисам, так как хранение данных и выполнение приложений

на многих серверах параллельно обеспечивают защиту от сбоев. Кроме того, публичные облака обладают почти неограниченной емкостью и «резиновым» масштабированием: провайдер может выдать компании столько мощностей, сколько нужно для обработки данных, почти мгновенно, даже если их количество неожиданно вырастет в десятки раз.

Есть два основных варианта предоставления услуг анализа больших данных в облаке.

Подход IaaS (Infrastructure as a Service, инфраструктура как услуга) – провайдер предоставляет клиенту виртуальные машины, хранилище и необходимые подключения. Клиент отвечает за донастройку операционной системы, установку приложений, их интеграцию и администрирование. Этот подход дает компании максимальную гибкость в выборе платформы анализа больших данных и контроле над ее тонкими конфигурациями, но требует усилий по ее администрированию.

Подход PaaS (Platform as a Service, платформа как услуга) – провайдер развертывает и настраивает для пользователя все сервисы у себя в облаке, пользователю нужно только указать количество необходимых ресурсов. Ему не придется заниматься установкой, настройкой программного обеспечения и его поддержанием.

Сервис для анализа больших данных PaaS обычно состоит из предварительно настроенного кластера на основе платформ анализа данных с открытым кодом, например: Hadoop, Spark, Kafka, с некоторыми предварительно загруженными и настроенными инструментами. Из нескольких таких инструментов в облаке можно составлять «конвейеры» обработки больших данных. Провайдеры таких PaaS обеспечивают легкую интеграцию с другими облачными сервисами хранения и машинной обработки.

Есть возможность использовать и гибридное облако – комбинацию частного и публичного облака. Такой вариант подходит для компаний, у которых уже есть своя инфраструктура, но нужно снизить нагрузку на нее или протестировать новые сервисы без первоначальных капитальных затрат. Общедоступное облако можно использовать для систем с большим объемом данных, у которых отсутствуют требования к хранению данных «у себя», а частное облако – для ситуаций, когда такие требования есть: например, для определенных типов персональных и финансовых данных.

Например, персональные данные можно хранить в компании в соответствии с законодательством, а в обезличенном виде обрабатывать в облаке, что также не противоречит закону.

Сравнительный анализ частного и публичного облака представлен в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики частного и публичного облака

Характеристика	Частное облако	Публичное облако
Экономичность	Требуются затраты на оборудование, персонал, инфраструктуру как и с традиционной IT-инфраструктурой	Аренда предполагает оплату по модели pay-as-you-go: компания платит только за используемые мощности, нет первоначальных вложений и затрат на обслуживание. Выгодно малому и среднему бизнесу, подходит для новых проектов в крупных компаниях без ЦОД
Масштабируемость	Возможности масштабирования ограничены мощностью физического оборудования, скоростью закупки и ввода в эксплуатацию новых мощностей	Может подстроиться под изменения и выделить больше мощностей для хранения и обработки данных за несколько минут. Если ресурсы для анализа Big Data стали не нужны, мощности облачной IT-инфраструктуры не тратятся, компания за них не платит
Эффективность	Компания сама обслуживает и администрирует облако	Команда компании меньше занимается обслуживанием системы обработки данных, сосредоточивается на создании и тестировании идей, что повышает эффективность аналитики
Быстрый запуск проекта (time-to-market)	Может замедлить выпуск IT-продуктов на рынок, так как требуются огромные инфраструктурные мощности с высокими капитальными затратами на запуск	Позволяет запустить IT-инфраструктуру без больших первоначальных инвестиций, создать и настроить инфраструктуру для анализа данных за считанные часы; конкретный PaaS-сервис подключается за минуты

1.5. Основные задачи машинного обучения

1.5.1. Обучение с учителем (supervised learning)

Существует 4 задачи машинного обучения:

Задача регрессии (regression):

Значения эндогенной переменной Y непрерывны (принимают любое значение из диапазона). Примером являются: прогнозирование уровня экспрессии гена, цены жилья по его описанию, предсказание объема продаж.

Задача классификации (classification):

Значения Y дискретны, принимают несколько заранее определенных значений, классов. Альтернативная постановка: предсказать вероятности определенных классов. В качестве примера могут выступать: предсказание состояния хроматина, сайта связывания TF, растворимости химического вещества, пола, спам/не спам, вероятность ухода сотрудника/клиента.

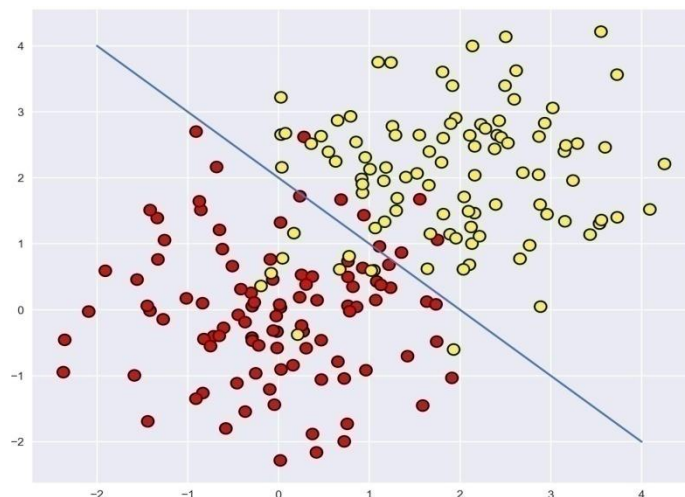


Рис. 3. Отнесение объектов к одной из категорий

Есть обучающая выборка, в которой представлены объекты в виде их признакового описания и метки класса. Надо найти алгоритм, который для каждого нового объекта определит метку класса этого объекта. Это эквивалентно построению разделяющей поверхности в многомерном признаковом пространстве.

Задача ранжирования (learning to rank).

Прогнозирование временных рядов (time series forecasting).

Обучение без учителя (unsupervised learning):

- задача кластеризации (clustering);
- задача поиска ассоциативных правил (association rules learning).

Частичное обучение (semi-supervised learning).

Обучение с подкреплением (reinforcement learning).

Регрессия – частный случай задачи обучения с учителем, при котором целевая переменная принадлежит бесконечному подмножеству вещественной оси.

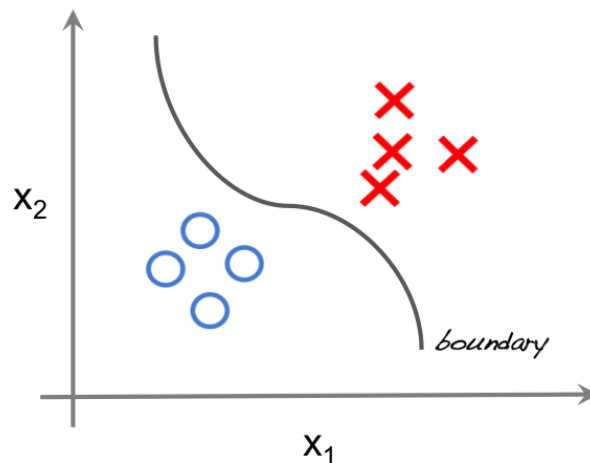


Рис. 4. Обучение с учителем

Множественная регрессия – это уравнение связи с несколькими независимыми переменными.

Рассмотрим общий случай линейной регрессии, когда условное математическое ожидание \hat{Y} есть функция k переменных:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k. \quad (1)$$

В матричном виде это уравнение примет вид: $Y = X\beta$, где Y – вектор-столбец наблюдений размерности $(n \times 1)$; X – матрица факторных признаков размерности $(n \times (k + 1))$; β – вектор неизвестных параметров размерности $((k + 1) \times 1)$.

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}; \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_k \end{bmatrix}; \quad (2)$$

Оценка МНК вектора β имеет вид:

$$b = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y), \quad (3)$$

где X^T – транспонированная матрица X , $(X^T \cdot X)^{-1}$ – матрица, обратная матрице $(X^T \cdot X)$.

Несмещенная оценка остаточной дисперсии:

$$S_{ост}^2 = \frac{1}{n-k-1} \cdot (Y - X \cdot b)^T \cdot (Y - X \cdot b). \quad (4)$$

Оценка ковариационной матрицы вектора b определяется из выражения

$$S_b^2 = S_{ост}^2 \cdot (X^T \cdot X)^{-1}. \quad (5)$$

По диагонали в этой матрице стоят дисперсии компонент этого вектора: S_b^2 .

Проверка значимости и доверительные интервалы

1. Выдвигаем гипотезу:

$H_0 : \beta_j = \beta_{0j}$ (если проверяем значимость $\beta_{0j} = 0$). Находим статистический критерий

$$t_{набл} = \frac{b_j - b_{j0}}{S_{b_j}}. \quad (6)$$

Гипотеза отвергается при $|t_{набл}| > St^{-1}(\alpha, n - k - 1)$.

2. Критерий проверки совместной гипотезы – критерий Хотеллинга:

$H_0 : \beta = \beta_0$ (если проверяем значимость $\beta_0 = 0$). Находим статистический критерий

$$S_{набл}^2 = (b - b_0) \cdot (S_b^2)^{-1} \cdot (b - b_0), \quad (7)$$

где b – матрица-столбец выборочных коэффициентов регрессии, b_0 – матрица-столбец возможных значений (b_0 – нулевая матрица, если проверяется значимость).

Чтобы опровергнуть гипотезу, необходимо, чтобы $T_{набл}^2 > (k + 1) \cdot F^{-1}(\alpha, k + 1, n - k - 1)$.

4. Значимость уравнения регрессии, т.е. гипотеза $H_0 : \beta = 0$, проверяется с помощью критерия, основанного на статистике

$$F_{набл} = \frac{S_Y^2}{S_{ост}^2}, \quad (8)$$

где $S_Y^2 = (X \cdot b)^T \cdot (X \cdot b) / (k + 1)$ – сумма квадратов отклонений, обусловленных регрессией. Уравнение значимо, если $F_{набл} > F^{-1}(\alpha, k + 1, n - k - 1)$.

5. Доверительный интервал для параметров уравнения регрессии

$$\beta_j = [b_j - tS_{b_j}], \quad (9)$$

где $t = S \cdot t^{-1}(\alpha, n - k - 1)$.

6. Интервальная оценка для условного математического ожидания Y , определяемого в точке $x_0 = (1, x_{10}, x_{20}, \dots, x_{k0})^T$ начальных условий, равна

$$\hat{Y} \in \left[(x_0)^T b \pm t_{\text{ост}} \sqrt{(x_0)^T \cdot (X^T X)^{-1} \cdot x_0} \right], \quad (10)$$

Доверительная оценка для интервала предсказания \hat{Y}_{n+1} определяется как

$$\hat{Y}_{n+1} \in \left[(x_0)^T b \pm t_{\text{ост}} \sqrt{(x_0)^T \cdot (X^T X)^{-1} \cdot x_0 + 1} \right] \quad (11)$$

7. Проверка гипотезы о равенстве отдельного прогноза. Выдвинем гипотезу: $H_0: \hat{Y} = Y_0$. Статистический критерий для проверки этой гипотезы имеет вид

$$t_{\text{набл}} = \frac{Y^{\text{регр}}_i - Y_0}{S_{Y_i}}. \quad (12)$$

Гипотеза отвергается при $|t_{\text{набл}}| > t_{\text{кр}}(\alpha, n - k - 1)$.

Для совместной гипотезы – критерий Хотеллинга:

$$T_{\text{набл}}^2 = (Y^{\text{регр}} - Y_0) \cdot (S_Y^2)^{-1} \cdot (Y^{\text{регр}} - Y_0), \quad (13)$$

где $Y^{\text{регр}}$ – матрица-столбец значений Y , найденных по уравнению регрессии; Y_0 – матрица-столбец возможных значений Y ; $(S_Y^2)^{-1}$ – обратная матрица к матрице $S_Y^2 = \frac{1}{n-1} (Y - \bar{Y})^2$, где Y – матрица (7). Гипотеза отвергается, если $T_{\text{набл}}^2 > (k + 1) \cdot F^{-1}(\alpha, k + 1, n - k - 1)$.

8. Проверка гипотезы о равенстве коэффициентов различных уравнений регрессии. Пусть мы имеем p уравнений регрессии. Выдвигаем гипотезу $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = \beta$, где β_i – матрица коэффициентов регрессии i -того уравнения, β – матрица общего уравнения регрессии, построенного по $n = n_1 + n_2 + \dots + n_p$ наблюдениям. Отношение $F_{\text{набл}}$ определяется в виде

$$F_{\text{набл}} = \frac{S_2 / (p - 1) \cdot (k + 1)}{S_1 / (n - p) \cdot (k + 1)}, \quad (14)$$

где $S_1 = \sum_{i=1}^p e_i^T e_i$, $e_i^T e_i = (Y - X \cdot b)_i^T \cdot (Y - X \cdot b)_i$ – сумма квадратов выборочных ошибок i -того уравнения регрессии; $S_2 = S_0 - S_1$, где S_0 – сумма квадратов выборочных ошибок общего уравнения регрессии. Гипотеза принимается, если $F_{\text{набл}} < F_{\text{кр}} = F^{-1}(\alpha, (p - 1)(k + 1), (n - p)(k + 1))$ [4].

Возможности *Microsoft Excel* ограничены, но он позволяет выполнить многие эконометрические расчеты с помощью встроенных функций и Пакета анализа. Ниже приведены некоторые функции Ex-

cel, находящиеся в Мастере функций в категориях *математическая* и *статистическая* (табл. 2, 3), которые будут полезны при работе над контрольными заданиями:

Таблица 2

Математические функции

№ n/n	Название	Аргументы	Описание
1	МОПРЕД	(Массив)	Возвращает определитель матрицы $ R = \det R$
2	МОБР	(Массив)	Возвращает обратную матрицу для матрицы, хранящейся в массиве. Вставляют массив с обратной матрицей с помощью клавиш <i>Ctrl-Shift-Enter</i>
3	МУМНОЖ	(Массив 1, массив 2)	Возвращает произведение матриц (матрицы хранятся в массивах). Результатом является массив с таким же числом строк, как массив 1, и с таким же числом столбцов, как массив 2. Формулы, которые возвращают массивы, должны быть введены как формулы массива
	ТРАНСП	(Массив)	Возвращает транспонированный массив

Таблица 3

Статистические функции

№ n/n	Название	Аргументы	Описание
1	НАКЛОН	(Массив Y, массив X)	Возвращает наклон линии линейной регрессии, т.е. коэффициент b_1
2	ФРАСПОБР	(Вероятность α , степень свободы 1, степень свободы 2)	Возвращает обратное значение для F – распределение вероятности $F^{-1}(\alpha, v_1, v_2)$
3	СТЮДРАСПОБР	(α , степени свободы)	Возвращает обратное распределение Стьюдента $t_{\text{крит}} = S \cdot t^{-1}(\alpha, v)$

В *Microsoft Excel* имеется набор инструментов для анализа данных, называемый Пакет анализа, который может быть использован

для решения сложных статистических или инженерных задач. Для использования одного из этих инструментов необходимо указать входные данные и выбрать параметры; анализ будет проведен с помощью подходящей статистической или инженерной макрофункции, результаты будут представлены в выходном диапазоне. Некоторые инструменты позволяют представить результаты анализа в графическом виде.

Чтобы вывести список доступных инструментов анализа, выберите команду Анализ данных в меню Данные. Если команда Анализ данных отсутствует в меню Данные, необходимо запустить программу установки Microsoft Excel и установить пакет анализа. После установки пакета анализа его необходимо выбрать и активировать с помощью команды (Параметры Надстройки Анализ данных).

1.6. Задания

1.6.1. Первичная обработка данных

1) В табличном процессоре сгенерировать большой массив данных (10 000 значений) 100×100 с помощью функции случайных чисел СЛЧИС()+N, где N – вариант студента. Используя возможности пакета **Анализ данных**, из этого массива необходимо сформировать 1%-ную выборку объема $n = 100$ (встроенная функция **Выборка**).

2) Провести первичную обработку выборочных данных с использованием встроенных функций табличного процессора:

3) найти среднее арифметическое, дисперсию, моду, медиану, среднее квадратическое отклонение и доверительный интервал для математического ожидания.

4) Затем с помощью возможностей **Описательной статистики** пакета **Анализ данных** найти эти же характеристики. Сравнить результаты и сделать вывод.

5) Средствами пакета **Анализ данных** построить гистограмму без выбора **Карманов** интервалов (встроенная функция **Гистограмма**).

Рекомендации:

Доверительную вероятность для четных вариантов выбрать равную 0,95, для нечетных – 0,99.

Ход выполнения работы

1. Установить пакет **Анализ данных**. Для этого в диалоговом окне **Параметры** выбрать пункт меню **Надстройки** и нажать кнопку **Перейти** (рис. 5).

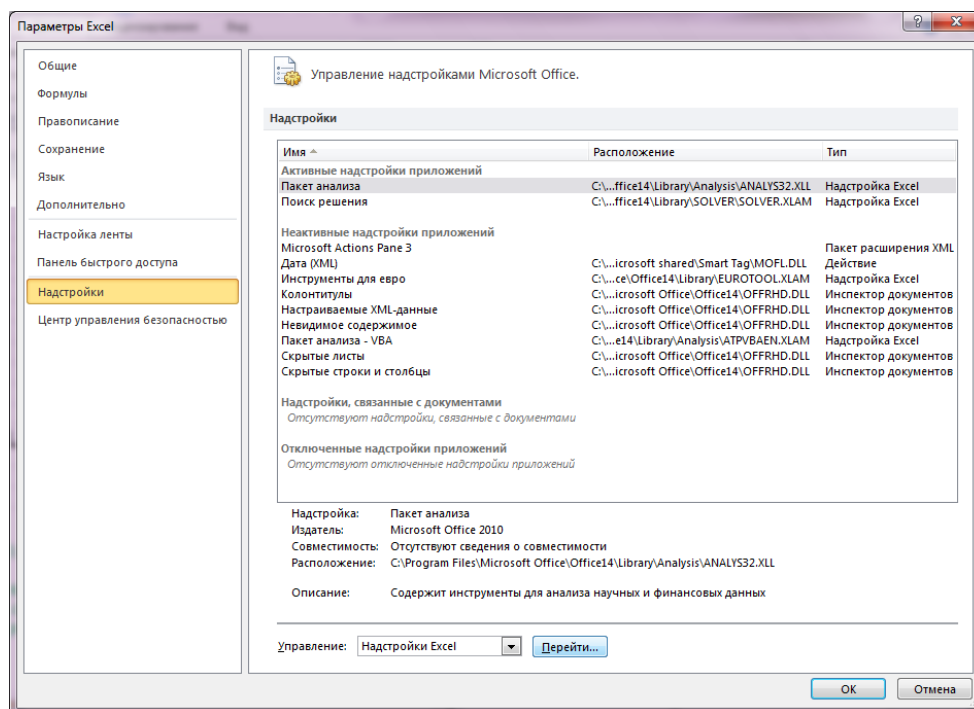


Рис. 5. Установка пакета Анализ данных

2. В диалоговом окне **Надстройки** установить флажок **Пакет Анализа** и нажать **ОК** (рис. 6).

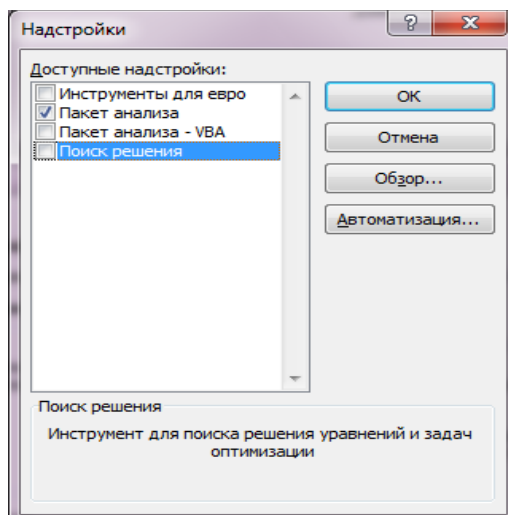


Рис. 6. Установка флажка Пакет анализа

3. Открыть вкладку **Данные** и в группе **Анализ** найти вкладку **Анализ данных** (рис. 7).

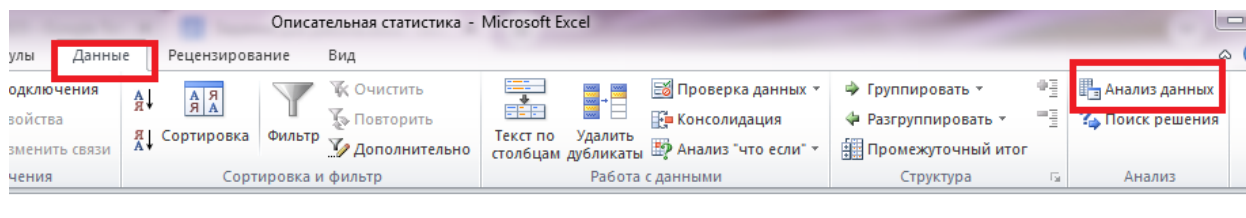


Рис. 7. Вкладка Анализ данных

4. Сгенерировать большой массив данных (10 000 значений) 100×100 с помощью функции случайных чисел **СЛЧИС()**+N, где N – вариант студента. Например, **=СЛЧИС()+12**.

5. Из этого массива необходимо сформировать 1%-ную выборку объема $n = 100$ (встроенная функция **Выборка**) (рис. 8, 9).

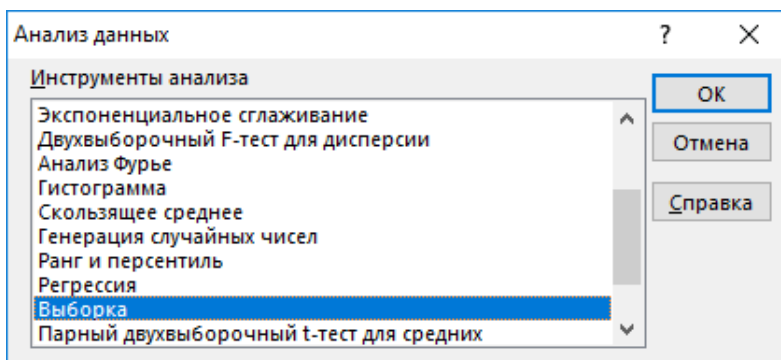


Рис. 8. Функция Выборка

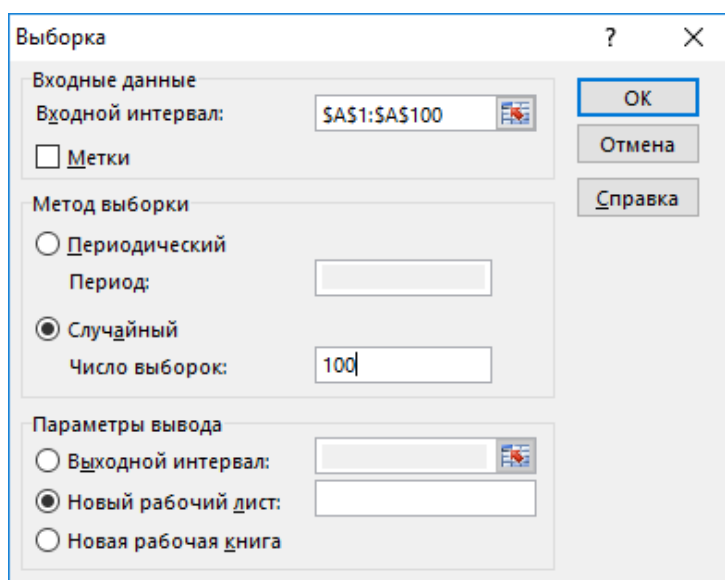


Рис. 9. Использование функции Выборка

6. Провести первичную обработку выборочных данных с использованием встроенных функций табличного процессора – найти среднее арифметическое, дисперсию, моду, медиану, среднее квадратическое отклонение и доверительный интервал для математического ожидания (рис. 10).

=СРЗНАЧ(A1:A100)
=МЕДИАНА(A1:A100)
=МОДА.ОДН(A1:A100)
=СТАНДОТКЛОН.В(A1:A100)
=ДИСП(A1:A100)
=ДОВЕРИТ(0,95;A1:A100;1)

Рис. 10. Встроенные функции

7. С помощью возможностей **Описательной статистики** пакета **Анализ данных** найти эти же характеристики (рис. 11, 12).

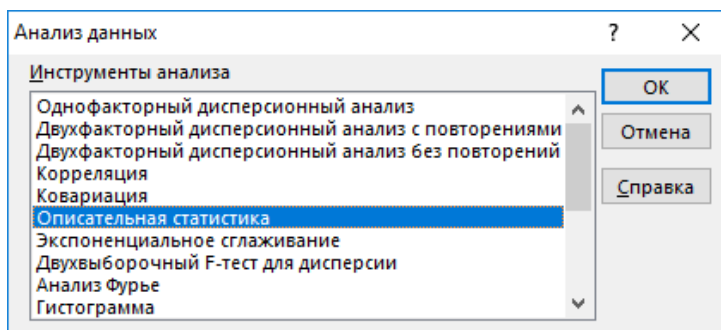


Рис. 11. Функция Описательная статистика

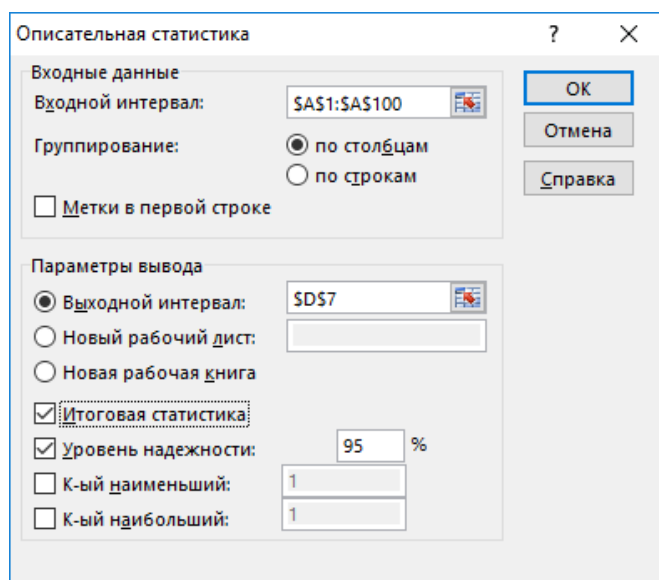


Рис. 12. Использование Описательной статистики

8. Найти доверительный интервал математического ожидания $M(X)$. Левая граница: $=\text{НОРМ.ОБР}(0,05/2;\text{СРЗНАЧ}(A1:A100);\text{СТАНДОТКЛОН}(A1:A100)/\text{КОРЕНЬ}(100))$. Правая граница: $=\text{НОРМ.ОБР}(1-0,05/2;\text{СРЗНАЧ}(A1:A100);\text{СТАНДОТКЛОН}(A1:A100)/\text{КОРЕНЬ}(100))$.

9. Средствами пакета **Анализ данных** построить гистограмму без **Карманов** интервалов (встроенная функция **Гистограмма**) (рис. 13–15).

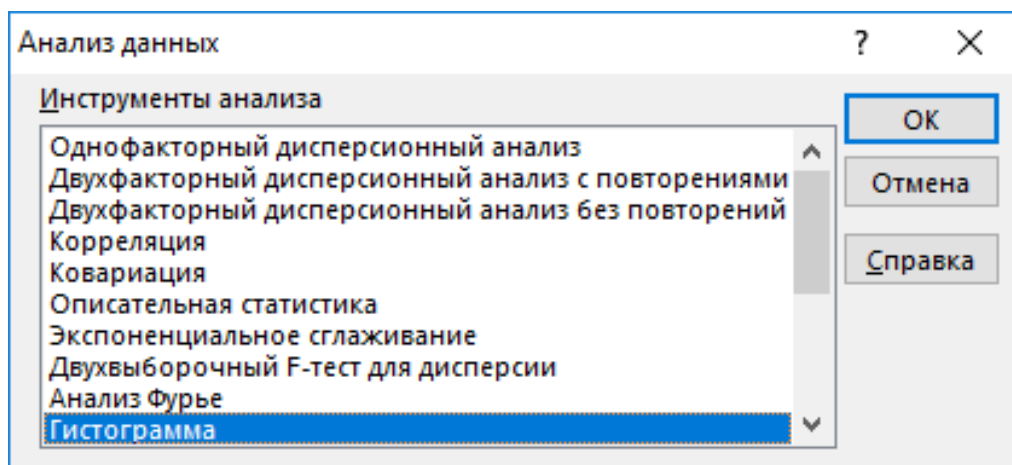


Рис. 13. Функция Гистограмма

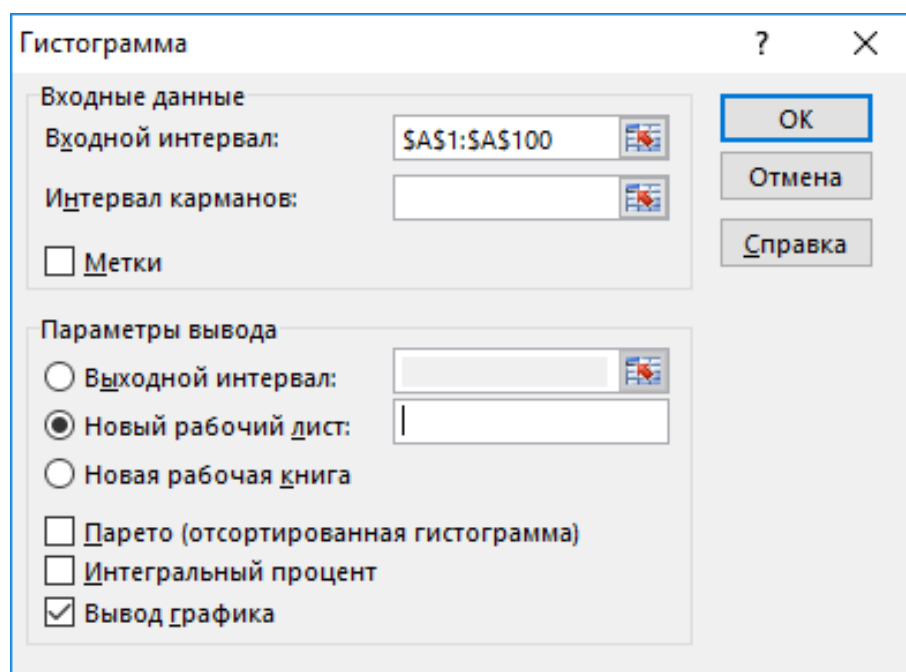


Рис. 14. Использование функции Гистограмма

	A	B	C
1	<i>Карман</i>	<i>Частота</i>	
2	12,0101967	1	
3	12,10897926	12	
4	12,20776182	9	
5	12,30654437	9	
6	12,40532693	12	
7	12,50410949	11	
8	12,60289205	11	
9	12,70167461	7	
10	12,80045717	7	
11	12,89923973	11	
12	Еще	10	
13			

Рис. 15. Выходные данные для гистограммы

Сравнить результаты и сделать вывод.

Доверительную вероятность для четных вариантов выбрать равную 0,95, для нечетных – 0,99 [5].

1.6.2. Творческая задача. Построение трехфакторной модели при помощи Machine Learning

1) Необходимо выбрать какой-либо количественный показатель, связанный с направлением подготовки, и три фактора, оказывающие влияние на него. Сформулировать проблему, в открытых источниках найти эмпирические данные по эндогенной (зависимой) переменной и трем экзогенным (независимым) переменным, включающим не менее 100 наблюдений. Построить теоретическую модель множественной регрессии, используя метод наименьших квадратов.

2) Проверить ее на статистическую значимость с помощью критерия Фишера, если модель окажется неадекватной – изменить данные или взять другие показатели.

3) Оценить влияние экзогенных переменных на эндогенную переменную с помощью критерия Стьюдента.

4) Найти коэффициенты эластичности, дать им экономическую интерпретацию.

5) Сделать прогноз исследуемого показателя по построенной модели.

Саму задачу и этапы решения записать в текстовом редакторе. Расчеты провести в табличном процессоре.

Например, ветеринарные врачи в качестве эндогенной переменной и трех эндогенных переменных могут взять:

- заболевания у животных, зависящие от возраста, количества прививок и питания;
- разработку вакцины, зависящую от трех составов;
- повышение надоев молока от количества кормлений, продолжительности лактаций, количества отелов.

Экономисты могут исследовать:

- рынок стоимости квартир, зависящей от общей площади, удаленности от центра, наличия лифта;
- размер средней заработной платы в регионе от МРОТ, стажа, количества повышений квалификаций.

Экологи могут проводить исследования загрязнений окружающей среды некоторого района в зависимости от наличия очистных сооружений, количества выбросов от автомобилей, акустического загрязнения.

Агроинженеры могут изучить количество комплексов профилактических мероприятий от возраста транспортного средства, пробега, стоимости.

1.6.3. Пример выполнения задания

В Омском регионе имеются данные зависимости роста заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y (чел.) от количества вакцинированных в общей численности населения X_1 (тыс. чел.), возраста заболевших X_2 (лет) и количества контактировавших с заболевшими в численности всего населения региона X_3 (%):

Таблица 4

Эмпирические данные

№ п/п	Y	X_1	X_2	X_3
1	255	51	36	12
2	2482	48	62	23
3	734	56	55	18
4	132	65	48	9
5	83	41	59	8
6	41	38	64	5
7	37	36	47	3
8	227	30	59	9
9	303	45	51	13
10	208	47	62	11

1. Составить уравнение множественной линейной регрессии $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \varepsilon$ в матричной форме, используя МНК, и найти числовые характеристики переменных.

2. Найти коэффициент детерминации и проверить уравнение модели на статистическую значимость при помощи критерия Фишера.

3. Проверить параметры a , b_1 , b_2 , b_3 на статистическую значимость при помощи t -критерия

4. Найти коэффициенты эластичности количества вакцинированных, возраста заболевших и количества контактировавших с заболевшими.

5. Найти прогноз роста заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y (чел.) от среднего количества вакцинированных в общей численности населения X_1 (тыс. чел.), среднего возраста заболевших X_2 (лет) и среднего количества контактировавших с заболевшими в численности всего населения региона X_3 (%).

Решение.

1. Находим коэффициенты уравнения:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} (X^T Y)$$

Имеем следующие матрицы (рис. 16).

	A	B	C	D
1	Y	X1	X2	X3
2	255	51	36	12
3	2482	48	62	23
4	734	56	55	18
5	132	65	48	9
6	83	41	59	8
7	41	38	64	5
8	37	36	47	3
9	227	30	59	9
10	303	45	51	13
11	208	47	62	11

Рис. 16. Эмпирические данные

$$Y^T = (255 \quad 2482 \quad 734 \quad 132 \quad 83 \quad 41 \quad 37 \quad 227 \quad 303 \quad 208)$$

$$X^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 51 & 48 & 56 & 65 & 41 & 38 & 36 & 30 & 45 & 47 \\ 36 & 62 & 55 & 48 & 59 & 64 & 47 & 59 & 51 & 62 \\ 12 & 23 & 18 & 9 & 8 & 5 & 3 & 9 & 13 & 11 \end{pmatrix}$$

Скопируем значения данных факторов X_1 , X_2 , X_3 и вставим в массив C15:E24, добавим в массив B15:B24 столбец из «единиц», в ячейке A17 запишем «X=», скопируем массив B15:E24 и с помощью функции «Вставить и транспонировать» (рис. 17) вставим в ячейки H15:Q18. В ячейке G16 обозначим полученный массив « X^T ». Результаты выполненных действий можно увидеть на рис. 18.

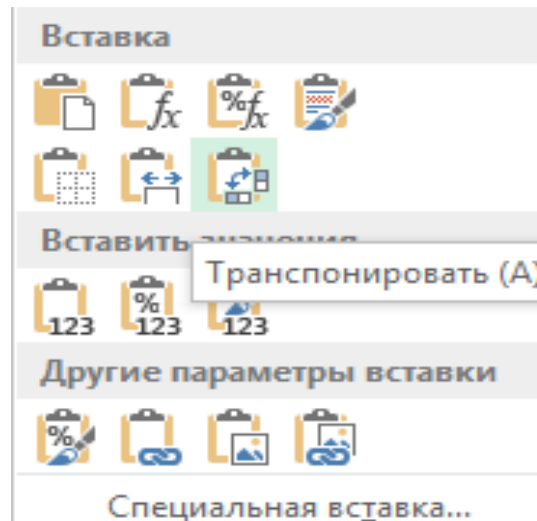


Рис. 17. Вставка Транспонирование

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
14																	
15		1	51	36	12			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16		1	48	62	23			51	48	56	65	41	38	36	30	45	47
17	X=	1	56	55	18			36	62	55	48	59	64	47	59	51	62
18		1	65	48	9			12	23	18	9	8	5	3	9	13	11
19		1	41	59	8												
20		1	38	64	5												
21		1	36	47	3												
22		1	30	59	9												
23		1	45	51	13												
24		1	47	62	11												
25																	

Рис. 18. Результат транспонирования

Последовательно находим:

$$X^T X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 51 & 48 & 56 & 65 & 41 & 38 & 36 & 30 & 45 & 47 \\ 36 & 62 & 55 & 48 & 59 & 64 & 47 & 59 & 51 & 62 \\ 12 & 23 & 18 & 9 & 8 & 5 & 3 & 9 & 13 & 11 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 & 51 & 36 & 12 \\ 1 & 48 & 62 & 23 \\ 1 & 56 & 55 & 18 \\ 1 & 65 & 48 & 9 \\ 1 & 41 & 59 & 8 \\ 1 & 38 & 64 & 5 \\ 1 & 36 & 47 & 3 \\ 1 & 30 & 59 & 9 \\ 1 & 45 & 51 & 13 \\ 1 & 47 & 62 & 11 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 & 457 & 543 & 111 \\ 457 & 21821 & 24534 & 5307 \\ 543 & 24534 & 30181 & 6089 \\ 111 & 5307 & 6089 & 1547 \end{pmatrix}$$

Умножение матриц производим в MS Excel с помощью встроенной функции МУМНОЖ. Находим матрицу $(X^T X)$ (рис. 19). Результат изображен на рис. 20.

	G	H	I	J	K
19					
20		=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)
21	$X^T X =$	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)
22		=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)
23		=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)	=МУМНОЖ(H15:Q18;B15:E24)

Рис. 19. Нахождение матрицы $(X^T X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
14																	
15		1	51	36	12			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16		1	48	62	23		$X^T =$	51	48	56	65	41	38	36	30	45	47
17	$X =$	1	56	55	18			36	62	55	48	59	64	47	59	51	62
18		1	65	48	9			12	23	18	9	8	5	3	9	13	11
19		1	41	59	8												
20		1	38	64	5												
21		1	36	47	3		$X^T X =$	10	457	543	111						
22		1	30	59	9			457	21821	24534	5307						
23		1	45	51	13			543	24534	30181	6089						
24		1	47	62	11			111	5307	6089	1547						
25																	

Рис. 20. Результат произведения массивов $(X^T X)$

Находим обратную матрицу $(X^T X)^{-1}$ с помощью встроенной функции МОБР (рис. 21.) Результат – на рис. 22.

$$(X^T X)^{-1} = \frac{1}{1304079559} \begin{pmatrix} 14197132169 & -134321926 & -163593318 & 86027475 \\ -134321926 & 2153950 & 1029747 & -1804401 \\ -163593318 & 1029747 & 2398814 & -1236191 \\ 86027475 & -1804401 & -1236191 & 5726020 \end{pmatrix}$$

	M	N	O	P	Q
19					
20		=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)
21	$(X^T X)^{-1} =$	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)
22		=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)
23		=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)	=МОБР(H20:K23)

Рис. 21. Нахождение обратной матрицы $(X^T X)^{-1}$

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
19											
20		10	457	543	111			10,88671	-0,10300	-0,12545	0,06597
21	$X^T X =$	457	21821	24534	5307		$(X^T X)^{-1} =$	-0,10300	0,00165	0,00079	-0,00138
22		543	24534	30181	6089			-0,12545	0,00079	0,00184	-0,00095
23		111	5307	6089	1547			0,06597	-0,00138	-0,00095	0,00439
24											

Рис. 22. Обратная матрица $(X^T X)^{-1}$

Найдем матрицу $(X^T Y)$ с помощью встроенной функции МУМНОЖ (рис. 23). Результат – на рис. 24.

$$X^T Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 51 & 48 & 56 & 65 & 41 & 38 & 36 & 30 & 45 & 47 \\ 36 & 62 & 55 & 48 & 59 & 64 & 47 & 59 & 51 & 62 \\ 12 & 23 & 18 & 9 & 8 & 5 & 3 & 9 & 13 & 11 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 255 \\ 2482 \\ 734 \\ 132 \\ 83 \\ 41 \\ 37 \\ 227 \\ 303 \\ 228 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4502 \\ 218339 \\ 260772 \\ 83796 \end{pmatrix}$$

	G	H
26		
27		=МУМНОЖ(H15:Q18;A2:A11)
28	$X^T Y =$	=МУМНОЖ(H15:Q18;A2:A11)
29		=МУМНОЖ(H15:Q18;A2:A11)
30		=МУМНОЖ(H15:Q18;A2:A11)

Рис. 23. Нахождение матрицы $(X^T Y)$

	F	G	H
26			
27			4502
28		$X^T Y =$	218339
29			260772
30			83796
31			

Рис. 24. Результат произведения массивов $(X^T Y)$

Находим параметры множественной регрессии. Для этого перемножим матрицы $(X^T X)^{-1}$ и $(X^T Y)$ (рис. 25). Результат – на рис. 26.

$$(X^T X)^{-1} \cdot (X^T Y) =$$

$$= \frac{1}{1304079559} \cdot \begin{pmatrix} 14197132169 & -134321926 & -163593318 & 86027475 \\ -134321926 & 2153950 & 1029747 & -1804401 \\ -163593318 & 1029747 & 2398814 & -1236191 \\ 86027475 & -1804401 & -1236191 & 5726020 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 4502 \\ 218339 \\ 260772 \\ 83796 \end{pmatrix} = \frac{1}{1304079559} \cdot \begin{pmatrix} 864024402472 \\ -17098423314 \\ 10292475969 \\ 150778154979 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -662,55498 \\ -13,11149 \\ 7,89252 \\ 115,62037 \end{pmatrix}$$

	J	K
26		
27	a	=МУМНОЖ(N20:Q23;H27:H30)
28	b1	=МУМНОЖ(N20:Q23;H27:H30)
29	b2	=МУМНОЖ(N20:Q23;H27:H30)
30	b3	=МУМНОЖ(N20:Q23;H27:H30)

Рис. 25. Нахождение параметров модели

	I	J	K
26			
27		a	-662,5549772
28		b1	-13,11148787
29		b2	7,892521509
30		b3	115,6203653
31			

Рис. 26. Параметры модели

Запишем полученное уравнение регрессии

$$\hat{y}_i = -662,55498 - 13,11149 \cdot x_1 + 7,89252 \cdot x_2 + 115,62037 \cdot x_3.$$

Эндогенная переменная Y зависит от переменных X_1 , X_2 и X_3 . Интерпретируя значения полученных параметров, можно сказать, что с увеличением количества вакцинированных в общей численности населения X_1 на 1 у.е. рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y уменьшается в среднем в 13,11 раза, с увеличением возраста заболевших X_2 на 1 у.е. рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y увеличивается в среднем в 7,89 раза, с увеличением количества контактировавших с заболевшими в численности всего населения региона X_3 на 1 у.е. рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y увеличивается в среднем в 115,62 раза.

Достоверность вышесказанного проверим наличием адекватности модели и статистической значимостью параметров уравнения.

Найдем теоретическое значение эндогенной переменной Y . Для этого в полученное уравнение поочередно подставим значения экзогенных переменных X_1 , X_2 и X_3 (рис. 27). Результат – на рис. 28.

$$\hat{Y} = X \cdot \beta = \begin{pmatrix} 1 & 51 & 36 & 12 \\ 1 & 48 & 62 & 23 \\ 1 & 56 & 55 & 18 \\ 1 & 65 & 48 & 9 \\ 1 & 41 & 59 & 8 \\ 1 & 38 & 64 & 5 \\ 1 & 36 & 47 & 3 \\ 1 & 30 & 59 & 9 \\ 1 & 45 & 51 & 13 \\ 1 & 47 & 62 & 11 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -662,55498 \\ -13,11149 \\ 7,89252 \\ 115,62037 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 340,334 \\ 1856,698 \\ 1118,457 \\ -95,377 \\ 190,496 \\ -77,568 \\ -416,789 \\ 450,342 \\ 653,011 \\ 482,365 \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y}^T = (340,3 \ 1856,69 \ 1118,46 \ -95,38 \ 190,49 \ -77,57 \ -416,79 \ 450,34 \ 653,34 \ 482,37)^T$$

	A	B	C	D	E
1	Y	X1	X2	X3	Yтеор
2	255	51	36	12	=K\$26+K\$27*B2+K\$28*C2+K\$29*D2
3	2482	48	62	23	=K\$26+K\$27*B3+K\$28*C3+K\$29*D3
4	734	56	55	18	=K\$26+K\$27*B4+K\$28*C4+K\$29*D4
5	132	65	48	9	=K\$26+K\$27*B5+K\$28*C5+K\$29*D5
6	83	41	59	8	=K\$26+K\$27*B6+K\$28*C6+K\$29*D6
7	41	38	64	5	=K\$26+K\$27*B7+K\$28*C7+K\$29*D7
8	37	36	47	3	=K\$26+K\$27*B8+K\$28*C8+K\$29*D8
9	227	30	59	9	=K\$26+K\$27*B9+K\$28*C9+K\$29*D9
10	303	45	51	13	=K\$26+K\$27*B10+K\$28*C10+K\$29*D10
11	208	47	62	11	=K\$26+K\$27*B11+K\$28*C11+K\$29*D11
12	=CYMM(A2:A11)	=CYMM(B2:B11)	=CYMM(C2:C11)	=CYMM(D2:D11)	=CYMM(E2:E11)

Рис. 27. Нахождение теоретических значений \hat{Y}

	A	B	C	D	E
1	Y	X1	X2	X3	Yтеор
2	255	51	36	12	340,3342995
3	2482	48	62	23	1856,69834
4	734	56	55	18	1118,456961
5	132	65	48	9	-95,37736843
6	83	41	59	8	190,4957117
7	41	38	64	5	-77,56831306
8	37	36	47	3	-416,7589336
9	227	30	59	9	450,3424435
10	303	45	51	13	653,0114146
11	208	47	62	11	482,3654449
12	4502	457	543	111	4502
13		45,7	54,3	11,1	450,2

Рис. 28. Результат теоретических значений \hat{Y}

Видим, что суммы теоретических и эмпирических значений совпадают, на (рис. 28) выделено красным цветом. Это говорит о правильности найденного решения.

2. Найдем коэффициент детерминации и проверим уравнение модели на статистическую значимость при помощи критерия Фишера.

Решение.

Коэффициент детерминации R^2 равен отношению объясненной части дисперсии к общей дисперсии:

$$R^2 = \frac{RSS}{TSS}$$

$$F_{факт} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - k - 1}{k}$$

$$RSS = \sum_{i=1}^n (Y_{теор i} - Y_{cp})^2$$

– объясненная часть дисперсии;

$$TSS = \sum_{i=1}^n (Y_{практи i} - Y_{cp})^2$$

– общая дисперсия.

Найдем RSS и TSS (рис. 29). Результат – на рис. 30.

	D	E	F	G	H
1	X3	Yтеор	(Yт-Yc) ²	(Yн-Yc) ²	(Yн-Yт) ²
2	12	=K\$26+K\$27*B2+K\$28*C2+K\$29*D2	=(E2-\$E\$13)^2	=(A2-\$E\$13)^2	=(A2-E2)^2
3	23	=K\$26+K\$27*B3+K\$28*C3+K\$29*D3	=(E3-\$E\$13)^2	=(A3-\$E\$13)^2	=(A3-E3)^2
4	18	=K\$26+K\$27*B4+K\$28*C4+K\$29*D4	=(E4-\$E\$13)^2	=(A4-\$E\$13)^2	=(A4-E4)^2
5	9	=K\$26+K\$27*B5+K\$28*C5+K\$29*D5	=(E5-\$E\$13)^2	=(A5-\$E\$13)^2	=(A5-E5)^2
6	8	=K\$26+K\$27*B6+K\$28*C6+K\$29*D6	=(E6-\$E\$13)^2	=(A6-\$E\$13)^2	=(A6-E6)^2
7	5	=K\$26+K\$27*B7+K\$28*C7+K\$29*D7	=(E7-\$E\$13)^2	=(A7-\$E\$13)^2	=(A7-E7)^2
8	3	=K\$26+K\$27*B8+K\$28*C8+K\$29*D8	=(E8-\$E\$13)^2	=(A8-\$E\$13)^2	=(A8-E8)^2
9	9	=K\$26+K\$27*B9+K\$28*C9+K\$29*D9	=(E9-\$E\$13)^2	=(A9-\$E\$13)^2	=(A9-E9)^2
10	13	=K\$26+K\$27*B10+K\$28*C10+K\$29*D10	=(E10-\$E\$13)^2	=(A10-\$E\$13)^2	=(A10-E10)^2
11	11	=K\$26+K\$27*B11+K\$28*C11+K\$29*D11	=(E11-\$E\$13)^2	=(A11-\$E\$13)^2	=(A11-E11)^2
12	=СУММ(D2:D11)	=СУММ(E2:E11)	=СУММ(F2:F11)	=СУММ(G2:G11)	=СУММ(H2:H11)

Рис. 29. Нахождение RSS и TSS

	A	B	C	D	E	F	G
1	Y	X1	X2	X3	Yтеор	(Yт-Yc) ²	(Yн-Yc) ²
2	255	51	36	12	340,3342995	12070,5	38103,04
3	2482	48	62	23	1856,69834	1978238	4128211,2
4	734	56	55	18	1118,456961	446567	80542,44
5	132	65	48	9	-95,37736843	297655	101251,24
6	83	41	59	8	190,4957117	67446,3	134835,84
7	41	38	64	5	-77,56831306	278539	167444,64
8	37	36	47	3	-416,7589336	751618	170734,24
9	227	30	59	9	450,3424435	0,02029	49818,24
10	303	45	51	13	653,0114146	41132,5	21667,84
11	208	47	62	11	482,3654449	1034,62	58660,84
12	4502	457	543	111	4502	3874301	4951269,60
13		45,7	54,3	11,1	450,2		

Рис. 30. Результат RSS и TSS

Находим коэффициент детерминации и фактическое значение F -критерия Фишера, табличное значение F -критерия Фишера находим при помощи встроенной функции F.ОБР.ПХ (рис. 31). Результат – на рис. 32.

	N	O	P	Q	R
27					
28	$R^2=$	=F12/G12			
29					
30	$F_{\text{факт}}=$	=O28/(1-O28)*(10-3-1)/3	>	$F_{\text{табл}}=$	=F.ОБР.ПХ(0,05;3;6)
31					

Рис. 31. Нахождение коэффициента детерминации R^2 , $F_{\text{факт}}$ и $F_{\text{табл}}$

	N	O	P	Q	R
27					
28	$R^2=$	0,78249			
29					
30	$F_{\text{факт}}=$	7,194823666	>	$F_{\text{табл}}=$	4,757063
31					

Рис. 32. Коэффициент детерминации R^2 , $F_{\text{факт}}$ и $F_{\text{табл}}$

$$R^2 = \frac{RSS}{TSS} = \frac{3874301,60}{4951270,908} = 0,7825$$

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - k - 1}{k} = \frac{0,7825}{1 - 0,7825} \cdot \frac{10 - 3 - 1}{3} = 7,1948$$

$$F_{\text{табл}}(0,05; k_1=3; k_2=6) = 4,7571$$

Так как $F_{\text{факт}}$ больше $F_{\text{табл}}$, то построенная модель на уровне значимости $\alpha = 0,05$ статистически значима.

3. Проверим параметры a , b_1 , b_2 , b_3 на статистическую значимость при помощи t -критерия

Решение.

Найдем необъясненную часть дисперсии (рис. 33). Результат – на рис. 34.

$$ESS = \sum_{i=1}^n (Y_{\text{практи}} - Y_{\text{теори}})^2$$

	D	E	F	G	H
1	X3	Yтеор	$(Y_T - Y_C)^2$	$(Y_n - Y_C)^2$	$(Y_n - Y_T)^2$
2	12	=K\$27+K\$28*B2+K\$29*C2+K\$30*D2	=(E2-\$E\$13)^2	=(A2-\$E\$13)^2	=(A2-E2)^2
3	23	=K\$27+K\$28*B3+K\$29*C3+K\$30*D3	=(E3-\$E\$13)^2	=(A3-\$E\$13)^2	=(A3-E3)^2
4	18	=K\$27+K\$28*B4+K\$29*C4+K\$30*D4	=(E4-\$E\$13)^2	=(A4-\$E\$13)^2	=(A4-E4)^2
5	9	=K\$27+K\$28*B5+K\$29*C5+K\$30*D5	=(E5-\$E\$13)^2	=(A5-\$E\$13)^2	=(A5-E5)^2
6	8	=K\$27+K\$28*B6+K\$29*C6+K\$30*D6	=(E6-\$E\$13)^2	=(A6-\$E\$13)^2	=(A6-E6)^2
7	5	=K\$27+K\$28*B7+K\$29*C7+K\$30*D7	=(E7-\$E\$13)^2	=(A7-\$E\$13)^2	=(A7-E7)^2
8	3	=K\$27+K\$28*B8+K\$29*C8+K\$30*D8	=(E8-\$E\$13)^2	=(A8-\$E\$13)^2	=(A8-E8)^2
9	9	=K\$27+K\$28*B9+K\$29*C9+K\$30*D9	=(E9-\$E\$13)^2	=(A9-\$E\$13)^2	=(A9-E9)^2
10	13	=K\$27+K\$28*B10+K\$29*C10+K\$30*D10	=(E10-\$E\$13)^2	=(A10-\$E\$13)^2	=(A10-E10)^2
11	11	=K\$27+K\$28*B11+K\$29*C11+K\$30*D11	=(E11-\$E\$13)^2	=(A11-\$E\$13)^2	=(A11-E11)^2
12	=СУММ(D2:D11)	=СУММ(E2:E11)	=СУММ(F2:F11)	=СУММ(G2:G11)	=СУММ(H2:H11)

Рис. 33. Нахождение ESS

	D	E	F	G	H
1	X3	Yтеор	$(Y_T - Y_C)^2$	$(Y_n - Y_C)^2$	$(Y_n - Y_T)^2$
2	12	340,3342995	12070,5	38103,04	7281,942663
3	23	1856,69834	1978238	4128211,2	391002,1654
4	18	1118,456961	446567	80542,44	147807,1545
5	9	-95,37736843	297655	101251,24	51700,46767
6	8	190,4957117	67446,3	134835,84	11555,32803
7	5	-77,56831306	278539	167444,64	14058,44486
8	3	-416,7589336	751618	170734,24	205897,1698
9	9	450,3424435	0,02029	49818,24	49881,84706
10	13	653,0114146	41132,5	21667,84	122507,9903
11	11	482,3654449	1034,62	58660,84	75276,39734
12	111	4502	3874301	4951269,60	1076968,908

Рис. 34. Результат ESS

Найдем несмещенную оценку S^2 параметра σ^2 (рис. 35). Результат – на рис. 36.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{практи}} - Y_{\text{теори}})^2}{n - k - 1},$$

где n – количество наблюдений; k – количество факторов.

	N	O
34		
35	$S^2 =$	=H12/(10-3-1)
36		
37		
38	$S =$	=O35^0,5

Рис. 35. Нахождение оценки S^2 и ошибки S

	N	O
34		
35	S ² =	179494,8179
36		
37		
38	S=	423,6682876
39		

Рис. 36. Результат оценки S^2 и ошибки S

$$S^2 = \frac{ESS}{n - k - 1} = \frac{1076969,908}{10 - 2 - 1} = 179494,8179$$

$$\sigma = S = \sqrt{S^2} = \sqrt{179494,8179} = 423,668$$

Для расчетного значения параметров t -критерия Стьюдента найдем средние квадратические отклонения эмпирических коэффициентов регрессии: $S(b_j) = S \cdot \sqrt{[(X^T X)^{-1}]_{jj}}$. Здесь S^2 – несмещенная оценка параметра σ^2 ; $[(X^T X)^{-1}]_{jj}$ – диагональный элемент матрицы $(X^T X)^{-1}$ (рис. 37). Результат – на рис. 38.

$$(X^T X)^{-1} = \frac{1}{1304079559} \begin{pmatrix} 14197132169 & -134321926 & -163593318 & 86027475 \\ -134321926 & 2153950 & 1029747 & -1804401 \\ -163593318 & 1029747 & 2398814 & -1236191 \\ 86027475 & -1804401 & -1236191 & 5726020 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 10,88671 & -0,10300 & -0,12545 & 0,06597 \\ -0,10300 & 0,00165 & 0,00079 & -0,00138 \\ -0,12545 & 0,00079 & 0,00184 & -0,00095 \\ 0,06597 & -0,00138 & -0,00095 & 0,00439 \end{pmatrix}$$

$$S(\hat{a}) = 423,668 \cdot \sqrt{10,88671} = 1397,894$$

$$S(\hat{b}_1) = 423,668 \cdot \sqrt{0,00165} = 17,218$$

$$S(\hat{b}_2) = 423,668 \cdot \sqrt{0,00184} = 18,171$$

$$S(\hat{b}_3) = 423,668 \cdot \sqrt{0,00439} = 28,074$$

	N	O
37		
38	S=	=O35^0,5
39		
40	Sa=	=O38*N20^0,5
41	Sb1=	=O38*O21^0,5
42	Sb2=	=O38*P22^0,5
43	Sb3=	=O38*Q23^0,5

Рис. 37. Нахождение квадратических отклонений

	N	O
37		
38	S=	423,6682876
39		
40	Sa=	1397,893954
41	Sb1=	17,21835757
42	Sb2=	18,17072271
43	Sb3=	28,07374456
44		

Рис. 38. Результат квадратических отклонений

Находим расчетные значения t -критерия Стьюдента для параметров модели, используя формулы, приведенные ниже, а табличное значение с помощью встроенной функции СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х (рис. 39). Результат – на рис. 40.

$$t_{расч\ b_j} = \left| \frac{b_j}{S_{b_j}} \right|$$

$$t_{расч\ a} = \left| \frac{a}{S_a} \right| = \left| \frac{-662,555}{1397,894} \right| = 0,474$$

$$t_{расч\ b_1} = \left| \frac{b_1}{S_{b_1}} \right| = \left| \frac{-13,111}{17,218} \right| = 0,761$$

$$t_{расч\ b_2} = \left| \frac{b_2}{S_{b_2}} \right| = \left| \frac{7,893}{18,171} \right| = 0,434$$

$$t_{расч\ b_3} = \left| \frac{b_3}{S_{b_3}} \right| = \left| \frac{115,620}{28,074} \right| = 4,118$$

$$t_{табл}(0,05;10-3-1) = 2,45$$

	Q	R	S	T	U
39					
40	трасч а=	=ABS(K27/O40)	<	ттабл=	=СТЮДЕНТ.ОБР.2Х(0,05;10-3-1)
41	трасч b1=	=ABS(K28/O41)			
42	трасч b2=	=ABS(K29/O42)			
43	трасч b3=	=ABS(K30/O43)			

Рис. 39. Нахождение расчетных значений t -критерия

	Q	R	S	T	U
39					
40	трасч а=	0,473967	<	табл=	2,446911851
41	трасч b1=	0,761483	<		
42	трасч b2=	0,434354	<		
43	трасч b3=	4,118452	>		
44					

Рис. 40. Результат расчетных значений t-критерия

Видим, что все, кроме параметра b_3 , оказались статистически незначимыми. Можно сделать вывод: прямое влияние на эндогенную переменную (рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y) оказывает количество контактировавших с заболевшими в численности всего населения региона X_3 .

4. Найти коэффициенты эластичности объемов производства продукции.

Эластичность найдем по формуле $\mathcal{E}_{x_j} = b_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}}$, где b_j коэффициенты множественной регрессии при экзогенных переменных; \bar{x}_j – среднее значение фактора x_j , \bar{y} – среднее значение эндогенной переменной Y (рис. 41). Результат – на рис. 42.

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{x_1} &= b_1 \frac{\bar{x}_1}{\bar{y}} = -13,111 \cdot \frac{45,7}{450,2} = -1,331\% \\ \mathcal{E}_{x_2} &= b_2 \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}} = 7,893 \cdot \frac{54,3}{450,2} = 0,952\% \\ \mathcal{E}_{x_3} &= b_3 \frac{\bar{x}_3}{\bar{y}} = 115,620 \cdot \frac{11,1}{450,2} = 2,851\%\end{aligned}$$

	G	H
37		
38	Эх1=	=K28*B13/E13
39	Эх2=	=K29*C13/E13
40	Эх3=	=K30*D13/E13
41		

Рис. 41. Нахождение коэффициентов эластичности

	F	G	H
37			
38		Эх1=	-1,3309529
39		Эх2=	0,951941177
40		Эх3=	2,850702032
41			

Рис. 42. Результат коэффициентов эластичности

Таким образом, мы видим, что с увеличением количества вакцинированных в общей численности населения X_1 на 1% рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y уменьшается на 1,331%, с увеличением возраста заболевших X_2 на 1% рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y увеличивается на 0,952%, с увеличением количества контактировавших с заболевшими в численности всего населения региона X_3 на 1% рост заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y увеличивается на 2,851%.

5. Найдем прогноз роста заболеваемости коронавирусом COVID-19 Y (чел.) от среднего количества вакцинированных в общей численности населения X_1 (тыс. чел.), среднего возраста заболевших X_2 (лет) и среднего количества контактировавших с заболевшими в численности всего населения региона X_3 (%)

Решение.

Для нахождения прогнозного значения результирующего показателя (эндогенной переменной) нужно в уравнение модели вместо экзогенных переменных подставить необходимые значения. В нашем случае подставляем средние показатели независимых переменных (факторов) (рис. 43). Результат – на рис. 44.

$$\hat{Y}_{\text{прогн}} = -662,55498 - 13,11149 \cdot 45,7 + 7,89252 \cdot 54,3 + 115,62037 \times \times 11,1 = 450,2$$

	N	O
44		
45	Yпрогн= =K27+K28*B13+K29*C13+K30*D13	
46		

Рис. 43. Нахождение прогнозного значения

	N	O
44		
45	Yпрогн=	450,2
46		

Рис. 44. Результат прогнозного значения

Вопросы для собеседования

1. Назовите достоинства и недостатки частного и публичного облака.
2. В чем заключается метод обучения с учителем?
3. Назовите частный случай задачи обучения с учителем.
4. Какие методы являются альтернативными методу обучения с учителем?
5. В чем заключается метод наименьших квадратов (МНК)?
6. С помощью какого критерия проверяется построенная модель на адекватность?
7. При помощи какого критерия проверяют параметры модели на статистическую значимость?
8. Что обычно находят по построенным моделям?
9. Для чего проводят первичную обработку данных?
10. Можно ли провести первичную обработку данных, не используя цифровой платформы?

ГЛАВА 2. ARTIFICIAL INTELLIGENCE

2.1. Происхождение искусственного интеллекта

Предпосылки для создания искусственного интеллекта заложены классическими философами – Лейбницем, Спинозой и Декартом, основателями рационализма, которые полагали, что в мышлении существуют основные принципы, подобные аксиомам геометрии, и из них знание можно выводить чисто логически дедуктивным методом. Эти философы начали формулировать гипотезу о физической символической системе, которая станет основой для исследований в области искусственного интеллекта.

Технологическими предпосылками к возникновению отрасли знания об искусственном интеллекте послужила первая механическая вычислительная машина – считающие часы Вильгельма Шикарда, сконструированные им в 1623 г., а также созданные впоследствии суммирующая машина Блеза Паскаля (1643 г) и арифмометр Лейбница (1671 г).

С 1923 г. Терстоун Луис Леон (29.05.1887–29.09.1955) работал психологом и начальником отдела кадров в Бюро управления персоналом Института управления. В 1924 г. возвратился в Чикагский университет в качестве ассоциированного профессора психологии, с 1927 г. он – полный профессор. Здесь он создал психометрическую лабораторию. Один из первых стал применять математические методы в психологии и социологии.

Отталкиваясь от факторно-аналитических исследований Спирмена и Кеттелла в области интеллекта, предложил свой вариант многомерного факторного анализа, который приводил к опровержению концепции G-фактора интеллекта Спирмена. Терстоун отказался от предположения об обязательном наличии в матрице интеркорреляций значений вклада единого общего фактора, в силу этого у него появилась возможность выявлять несколько групповых факторов, в частности, при исследовании интеллекта в этом качестве выступили: особенности восприятия, пространственные способности, вербальные способности.

В 1936 г. Алан Тьюринг, считающийся отцом интуитивного подхода к изучению искусственного интеллекта, и Алонзо Черч, незави-

симо друг от друга, публикуют работы, опровергающие возможность существования алгоритма, решающего проблему разрешения. Это утверждение известно, как теорема Черча – Тьюринга.

Всякий алгоритм может быть задан в виде соответствующей машины Тьюринга или частично рекурсивного определения, а класс вычислимых функций совпадает с классом частично рекурсивных функций и с классом функций, вычислимых на машинах Тьюринга.

Значение этого тезиса заключается в том, что он уточняет общее неформальное определения «всякого алгоритма» и «вычислимой функции» через точные формальные понятия машины Тьюринга, частично рекурсивного определения и соответствующих им классов функций. После этого можно осмысленно ставить вопрос о существовании или несуществовании алгоритма, решающего тот или иной класс задач. Теперь этот вопрос следует понимать как вопрос о существовании или несуществовании соответствующей машины Тьюринга или (что эквивалентно) структурированной программы, или частично рекурсивного определения соответствующей функции.

В своей следующей статье «Computing machinery and intelligence» [6] (1950) Тьюринг задается вопросом: «А может ли машина мыслить?» Эта абстрактная формулировка заменяется на «Может ли машина путем общения с человеком посредством письма обмануть его и заставить человека думать, что он также имеет дело с человеком?» Отсюда берет свое начало знаменитый тест Тьюринга. Принято считать, что именно в этой работе впервые освещается вопрос искусственного интеллекта. Работу критикуют, так как до сегодняшнего дня ни одна машина не прошла тест Тьюринга.

В 1943 г. нейрофизиолог Уорен Мак-Каллох и математик Уолтер Питтс предложили первую модель искусственного нейрона и основанную на нем модель нейронной сети (рис. 45). Модель довольно простая. На входе у математического нейрона имеется некоторое количество входных битов, каждый из которых умножается на некоторый действительный весовой коэффициент от 0 до 1. На выходе осуществляется проверка значения активационной функции, и если это значение выше некоторого порога, то выход равен единице, т.е. нейрон активируется. Если же ниже, то выход равен нулю, нейрон считается неактивированным. Так они основали новое направление в науке об искусственном интеллекте – нейронные сети [7].

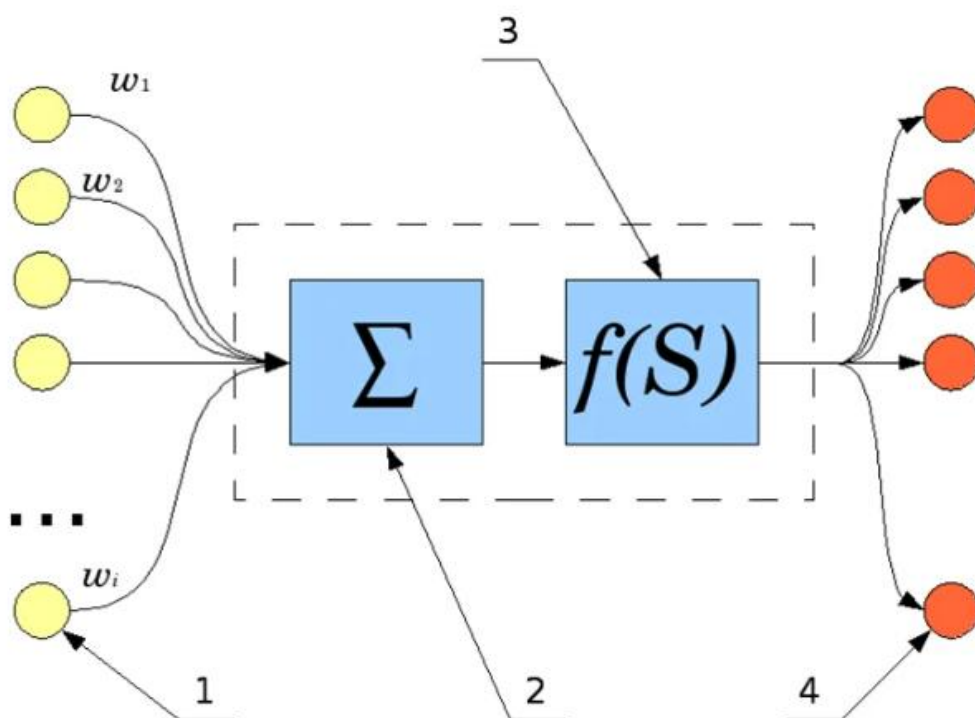


Рис. 45. Модель нейрона Мак-Каллох и Питтса

И вот такие искусственные нейроны собираются в нейронные сети. Это значит, что выходы одних нейронов подключены к входам других нейронов. Из-за этого все нейроны в рамках нейронной сети можно классифицировать на три класса: входные, промежуточные и выходные.

Входные нейроны принимают и обрабатывают значения входных параметров. Промежуточные нейроны осуществляют дальнейшую обработку. Ну а выходные нейроны формируют выходной ответ всей нейросети. Например, если на вход нейронной сети подается изображение, то она как-то внутри себя его перерабатывает, а на выходе сообщает, что на изображении нарисовано.

Если внутри нашей головы все нейроны обычно работают параллельно и абсолютно несинхронизированно, выдавая сигналы тогда, когда накапливается напряжение на липидной мембране клетки, то нейроны в искусственной нейросети работают тоже параллельно, но четко синхронизированно. Отличие нейросети от естественных нейронов состоит в том, что она работает по тактам. На каждом такте нейронной сети осуществляется расчет всех выходных значений каждого нейрона, а затем осуществляется такт обучения.

Но только в 1957 г. Фрэнку Розенблатту [9] удалось создать программную реализацию искусственного нейрона и построить на ней искусственную нейронную сеть. Свое изобретение он назвал персептроном (рис. 46).

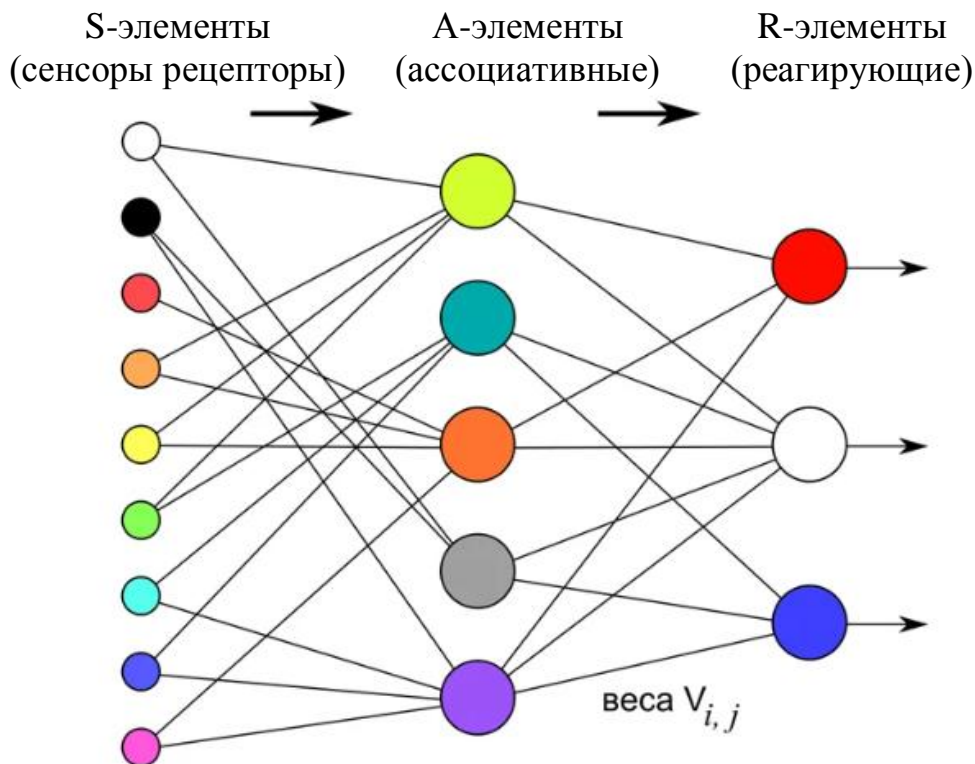


Рис. 46. Персептрон

В 1954 г. Нильсом Ааном Баричелли основан еще один подход в области искусственного интеллекта – эволюционное моделирование. Решение задач оптимизации и моделирования осуществляется путем случайного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе (генетический алгоритм).

К концу 1950-х появилось понятие нечеткого множества, которое сформулировал Лютфи Заде в своей работе «Fuzzy sets» [10] (1965). Он расширил классическое понятие множества, допустив, что характеристическая функция множества может принимать любые значения в интервале от «0» до «1», а не только значения «0» или «1». Вместе с понятием нечеткого множества возникла нечеткая логика, которая применяется в нейронных сетях (нейро-нечеткие системы).

Сам термин «искусственный интеллект» ввел американский информатик Джон Маккарти в 1955 г. Он же создал первый язык искус-

ственного интеллекта. Название язык получил от сокращения английских слов LISP Processing (LISP), что означает «обработка списков». Во многих отношениях LISP отличается от других языков: выполнение программы не состоит в последовательности шагов, как в других языках. В основном LISP относится к языкам интерпретирующего типа, однако в некоторых его диалектах имеется функция COMPILE, которая может быть использована для компилирования LISP-программ.

В это же время Маккарти вместе с Хэйесом занимался проблемами эпистемологических и эвристических аспектов задач искусственного интеллекта. Они предположили, что изучать проблемы общности гораздо проще в рамках эпистемологического подхода. Разница состоит в том, что при эпистемологическом подходе требуется полный набор фактов, гарантирующий, что некоторая стратегия достигает цели, в то время как эвристический подход предполагает поиск приемлемой стратегии исходя из наличных фактов. Основная идея работы состояла в создании базы данных «здорового смысла» общего назначения. Информацию «здорового смысла», имеющуюся у людей, предполагалось записать в логической форме и включить в базу данных. Любая программа целенаправленного поиска могла бы обратиться к ней за фактами, необходимыми для того, чтобы решить, как достигнуть поставленной цели. Наиболее значимыми в базе данных должны были быть факты с результатами действий робота, пытающегося перемещать объекты с одного места на другое.

С 1969 по 1980 г. изучение нейронных сетей приостановилось. Это связано с публикацией книги Мартина Лии Мински и Сэймура Паперта «Perceptrons: an introduction to computational geometry» [11]. В данной книге авторы подвергли нейронные сети жесткой критике. Одна из самых известных претензий: в процессе исследования вычислительных способностей персептрона они пришли к выводу: персептрон не может реализовать простейшую логическую функцию XOR (либо-либо). Что, в свою очередь, заставило усомниться в нейросетевом подходе в целом.

Кризис нейронных сетей оказался лишь предвестником грядущих неудач. Причин кризиса было несколько: громко заявленный американским правительством полностью автономный военный вездеход так и не увидел свет; японский проект по созданию супер-компьютера пятого поколения, который, как обещалось, был бы способен вести

с человеком полноценный разговор, был закрыт без всяких объяснений. Неудачи постигли множество проектов, связанных с автоматическими переводчиками и системами работы с текстом.

Также в это время был открыт комбинаторный взрыв. В 1972 г. Ричард Карп доказал, что при увеличении числа входных данных время решения задачи должно расти экспоненциально. Это значит, что сложные задачи со множеством входных данных на сегодняшний день решить невозможно. Открытие комбинаторного взрыва очень сильно ударило по всему комбинаторно-логическому подходу к искусственному интеллекту, на который в то время возлагали самые большие надежды.

В результате развития экспертных систем в 1980–1984 гг. наблюдалось возвращение интереса к искусственному интеллекту. Экспертная система – это программа, использующая базу знаний для решения задач в некоторой предметной области. В 80-е годы экспертные системы начали внедрять в медицине, юриспруденции и других областях, они стали первым коммерчески успешным направлением искусственного интеллекта.

Вторым фактором увеличения интереса к искусственному интеллекту стало развитие нейронных сетей. Были разработаны многослойные нейронные сети, которые, в частности, позволяли реализовать логическую функцию XOR. Благодаря Полу Уэрбосу появились средства обучения многослойных нейронных сетей [[12](#)].

Основной причиной начала второй волны кризиса считается появление персональных компьютеров, ставшее причиной возникновения потребности в большом количестве программных продуктов. Возникло новое направление развития – компьютерные науки. Компьютерные науки включают большое количество различных направлений, которые ранее изучались в рамках искусственного интеллекта, таких как: теория графов, символьные вычисления, комбинаторика и прочие. В результате множество ученых из области искусственного интеллекта перешли работать в новую область.

С 1993 г. и по наше время длится новая эра искусственного интеллекта. В том виде, в котором он существовал до текущего периода, он прекратил свое существование. Если раньше целью ученых, работавших в этой области, было воссоздание человеческого мышления техническими методами, то сейчас цели стали менее амбициозными и более реалистичными.

Сегодня термин «искусственный интеллект» практически не используется, существуют более конкретные термины, такие как: машинное обучение, интеллектуальные системы, конечные автоматы, эволюционные алгоритмы и многие другие. Направления, ранее входившие в область искусственного интеллекта: искусственные нейронные сети, эволюционные вычисления и системы логического вывода, теперь самостоятельные направления, больше нет той объединявшей их сверхцели – построения искусственного разума.

На сегодняшний день наибольший ажиотаж вызывает технология нейронных сетей, лежащая в основе современных беспилотных автомобилей, систем автоматического распознавания голоса и перевода, систем идентификации личности, систем прогнозирования, систем фильтрации и многих других. Оправдают ли они ожидания ученых или мы на пороге очередной зимы искусственного интеллекта – покажет время.

Вопросы для собеседования

1. Когда появился термин «искусственный интеллект»?
2. В чем заключается принцип машины Тьюринга?
3. Кто впервые предложил модель нейронной сети?
4. Какие задачи искусственного интеллекта решает эволюционное моделирование?
5. Как связаны понятия нечеткого множества и искусственного интеллекта?
6. Как повлияли на развитие искусственного интеллекта экспертные системы?
7. На основе каких баз работает сегодня искусственный интеллект?
8. Какое влияние на искусственный интеллект оказало появление персональных компьютеров?
9. Может ли сегодня искусственный интеллект решить любую задачу?
10. Приведите примеры работы искусственного интеллекта.

2.2. Создание аппарата знаний искусственного интеллекта

Любая система искусственного интеллекта работает в рамках какой-то определенной предметной области (медицинская диагностика, законодательство, математика, экономика и пр.) Подобно специалисту компьютер должен обладать знаниями в данной области. Знания в конкретной предметной области, определенным образом формализованные и заложенные в память ЭВМ, называют **компьютерной базой знаний**. Системы искусственного интеллекта работают на основе заложенных в них баз знаний.

Как создать интеллектуальную систему на компьютере? Человеческое мышление основано на двух составляющих: запасе знаний и способности к логическим рассуждениям.

Отсюда вытекают две основные задачи при создании интеллектуальных систем на компьютере:

- моделирование знаний (разработка методов формализации знаний для ввода их в компьютерную память в качестве базы знаний);
- моделирование рассуждений (создание компьютерных программ, имитирующих логику человеческого мышления при решении разнообразных задач).

Один из видов систем искусственного интеллекта – экспертные системы. Назначение экспертных систем – консультации пользователя, помощь в принятии решений. Словом, экспертом называют человека, обладающего большим объемом знаний и опытом в определенной области. В **компьютерные экспертные системы** закладывают знания такого уровня.

Центральная задача искусственного интеллекта – создание аппарата знаний (АЗ). Эта задача почти сразу же потребовала уточнения: о каких знаниях идет речь?

Если о точных, формальных, то у этих территорий уже есть хозяин – математика.

Если же имеются в виду неформальные знания, то к ним можно отнести:

- как достаточно изученные и конкретные, но (пока) плохо формализованные, например, синтаксис естественного языка или медицинскую диагностику;

➤ так и плохо формализуемые в принципе, то есть основную часть понятий всех областей деятельности – от гуманитарных наук до искусства и бытовых сфер жизни.

Развитие аппарата знаний оказывает постоянное влияние на формирование новых поколений информационных технологий по всей вертикали от базового уровня до средств интеллектуализации. Рассмотрим некоторые из основных тенденций в этой области.

Технология активных объектов. Моделирование сложных реальных объектов, таких, например, как экономика корпорации, летательный аппарат и др., требует адекватных средств спецификации моделей. Мощное средство анализа и проектирования систем, характеризующихся сложной структурой и большой размерностью – объектно-ориентированный подход [13]. Именно он позволит информационным технологиям строить системы любой сложности, обеспечивая естественность их функционирования.

Новая чистая математика. В вычислительной математике обычно ставится конкретная вычислительная задача, которая затем решается с целью получить результат – в точности как типичный сеанс работы в любом прикладном пакете программ. Вводим какой-нибудь математический объект, результат или структуру, а система пытается рассказать что-нибудь о них, подобно тому, как это мог бы сделать очень мудрый математик. Но для того, чтобы на самом деле быть полезной при работе с чистой математикой, системе, помимо работы с конкретными математическими объектами, необходима также возможность работы с абстрактными математическими структурами.

Модели или алгоритмы. Если алгоритм отвечает на вопрос «как?», то модель – на вопрос «что?». Алгоритм – это множество параметров, набор операций над этими параметрами и заданный конкретный, возможно, частичный и/или неявный, порядок выполнения операций из данного набора. Традиционный алгоритм предполагает известные значения части параметров и способность указанного порядка обеспечить вычисление значений неопределенных параметров, как конечных, так и необходимых промежуточных, на основе известных.

Модель представляет множество параметров и совокупность отношений, каждое из которых определяет взаимозависимость значений того или иного подмножества параметров модели. В общем случае, параметры – совсем не обязательно числа, к ним могут относиться переменные самого разного класса, – логические, символьные,

массивы, множества и т.п. Отношения могут быть как уравнениями любого типа, так и неравенствами, логическими отношениями, и любыми другими, вплоть до табличных зависимостей.

Новая организация вычислительного процесса не связана с алгоритмическим мышлением. Моделирование в форме сжатия пространства на основе управления по данным является внутренне децентрализованным, параллельным, недетерминированным, асинхронным и, следовательно, естественным образом, переносимым на параллельные ЭВМ.

Параллельное программирование. Нерешаемость – проблемы распараллеливания императивных программных технологий образовала непреодолимый барьер на пути широкого распространения многопроцессорных систем. За последние 20 лет software и hardware поменялись местами: жесткие архитектурные решения уступили место семантике и гибкому распределению программного функционала по «аппаратным исполнителям».

Принципы не Фон Неймановских компьютеров

Квантовый компьютер будет состоять из компонентов субатомного размера и работать по принципам квантовой механики (рис. 47). Квантовый мир – очень странное место, в котором объекты могут занимать два разных положения одновременно. Но именно эта странность и открывает новые возможности. Например, один квантовый бит может принимать несколько значений одновременно, т.е. находиться сразу в состояниях «включено», «выключено» и в переходном состоянии. 32 таких бита, называемых кубитами, могут образовывать свыше 4 млрд комбинаций. Кубиты могут существовать одновременно в нескольких состояниях, поэтому при проведении вычислений не перебирают последовательно все возможные комбинации, как обычный компьютер, а делают вычисления моментально. В итоге та задача, на выполнение которой у обычного компьютера ушла бы неделя, может выполняться на квантовом компьютере за секунду.

Молекулярный компьютер – это устройство, в котором вместо кремниевых чипов, применяемых в современных компьютерах, работают молекулы и молекулярные ансамбли (рис. 48). Молекулярный компьютер размером с песчинку может содержать миллиарды молекул. В основе новой технологической эры лежат так называемые «ин-

теллектуальные молекулы». Такие молекулы могут существовать в двух термодинамических устойчивых состояниях, каждое из которых имеет свои физические и химические свойства. Переводить молекулу из одного состояния в другое (переключать) можно с помощью света, тепла, химических агентов, электрического и магнитного поля и т.д. Фактически такие переключаемые бистабильные молекулы – это наноразмерная двухбитовая система, воспроизводящая на молекулярном уровне функцию классического транзистора.



Рис. 47. Квантовый компьютер



Рис. 48. Молекулярный компьютер

Биокомпьютер. Применение в вычислительной технике биологических материалов позволит со временем уменьшить компьютеры до размеров живой клетки (рис. 49). Для этой цели идеально подошли бы бактерии, если бы в их геноме удалось включить некую логическую схему, которая могла бы активизироваться в присутствии определенного вещества. Такие компьютеры очень дешевы в производстве. Им не нужна столь стерильная атмосфера, как при производстве полупроводников. И единожды запрограммировав клетку, можно легко и быстро вырастить тысячи клеток с такой же программой. По сравнению с обычными вычислительными устройствами они имеют ряд уникальных особенностей. Во-первых, они используют не бинарный, а тернарный код (так как информация в них кодируется тройками нуклеотидов). Во-вторых, поскольку вычисления производятся путем одновременного вступления в реакцию триллионов молекул ДНК, они могут выполнять до 10^{14} операций в секунду (правда, извлечение результатов вычислений предусматривает несколько этапов очень тщательного биохимического анализа и осуществляется гораздо медленнее). В-третьих, вычислительные устройства на основе ДНК хранят данные с плотностью, в триллионы раз превышающую показатели оптических дисков. Наконец, у ДНК-компьютеров исключительно низкое энергопотребление. По существу, наши собственные клетки – это не что иное как биомшины молекулярного размера, а примером биокомпьютера, конечно, служит наш мозг.



Рис. 49. Биокомпьютер

Оптический компьютер. Ввиду того, что оптоволокно стало предпочтительным материалом для широкополосной связи, всем традиционным кремниевым устройствам, чтобы передать информацию на расстояние нескольких миль, приходится каждый раз преобразовывать электрические сигналы в световые и обратно (рис. 50). Устройства, использующие только оптические сигналы, могли бы быть намного быстрее и более эффективными, но осуществить это можно, только получив возможность останавливать или замедлять свет на время достаточное, чтобы выполнять необходимые вычисления или операции. Свет замедляли и даже останавливали внутри специально сконструированных фотонных кристаллов. Однако эти кристаллы действуют лишь для очень узкого диапазона частот, а для любого практического устройства потребуется работа при комнатной температуре и в широком диапазоне частот.



Рис. 50. Оптический компьютер

Термин «квантовый скачок» означает, что в квантовом мире изменения происходят скачками. Похоже, что где-то около 2030 г., если не раньше, подобный скачок произойдет и в вычислительной техни-

ке: к тому времени мы перейдем от традиционных кремниевых полупроводников к более совершенным технологиям.

Результатом станут намного более компактные, быстродействующие и дешевые компьютеры. Появится возможность наделять любые промышленные продукты определенными интеллектуальными и коммуникационными способностями. Товар, помещенный на прилавок, на самом деле будет саморегистрироваться в его сети; все предметы – автоматически упорядочиваться. Каждый человек ежесекундно будет пользоваться сетью, хотя за большинством обращений к нему будут следить специальные устройства, автоматически отвечая на вызовы или переадресовывая их в службу передачи сообщений.

К 2040 г. может начаться распространение вживленных устройств с прямым доступом к нейронам. Ближе к середине столетия в мире киберпространства будут царить микро- и наноустройства (интеллектуальная пыль). К тому времени Интернет будет представлять отображение всего реального мира. Представьте себе мир, окутанный беспроводной сетью данных, по которой путешествуют огромные объемы информации. Тогда такие фантастические и мистические явления, как телепатия и телекинез, станут самым простым проявлением Всемирной сети. Грубо говоря, телепатия будет выглядеть как сгенерированная вашими нейронами информация, путешествуя в пакетах к другим нейронам для расшифровки.

Вопросы для собеседования

1. Что называются компьютерной базой знаний?
2. Что такое система искусственного интеллекта?
3. На что оказывает развитие аппарата знаний?
4. В чем заключается сущность параллельного программирования?
5. Расскажите о компьютерах не Фон Неймановской архитектуры?
6. Как называется квантовый бит?
7. Что такое наноразмерная двухбитовая система?
8. Какие компьютеры используют тернарный код?
9. В каких компьютерах замедляется и даже останавливается свет внутри специально сконструированных фотонных кристаллов?
10. Что означает «квантовый скачок»?

2.3. Робототехника

Робототехника – междисциплинарная отрасль компьютерных наук и инженерии, изучающая автоматизацию производственных и иных систем при помощи роботов. Предполагает проектирование, создание и использование программируемых машин-роботов для взаимодействия с внешней средой, которые обычно способны выполнять ряд действий и различных задач без участия человека.

Термин «робот» ввел чешский писатель Карел Чапек, используя его в своей пьесе «Универсальные роботы Россума». В переводе с чешского «robota» означает – рабство, работа. Вот и в романе Чапека роботы были рабами, созданными человеком.

Сегодня нет единого мнения, что именно должен представлять собой «робот». Одни говорят, что робот должен уметь «думать» и принимать решения. Однако стандартного определения «мышления робота» не существует. Требование к роботу «думать» предполагает, что он обладает определенным уровнем искусственного интеллекта, но множество существующих неинтеллектуальных роботов показывают, что мышление не может быть обязательным требованием к роботу. Робот – управляемое устройство с помощью электронной платы или компьютера. Его можно запрограммировать на выполнение определенных операций.

В большинстве случаев современные роботы – это роботы-манипуляторы, мобильные роботы.

Робот-манипулятор – автоматическая машина (стационарная или передвижная), состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора с функциями, аналогичными функциям человеческой руки, имеющего несколько степеней подвижности, и устройства программного управления, которая служит для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Таких роботов производят в напольном, подвесном и порталном исполнении. Получили наибольшее распространение в машиностроительных и приборостроительных отраслях.

Мобильный робот – автоматический механизм, в котором имеется движущееся шасси с автоматически управляемыми приводами. Такие роботы могут быть колесными, шагающими и гусеничными (существуют также ползающие, плавающие и летающие мобильные робототехнические системы).

Область использования современных автономных мобильных роботов ARM (Autonomous Mobile Robots) безгранична, перечислим наиболее перспективные отрасли.

Внутрипроизводственная логистика. Транспортные роботы – погрузчики и тягачи, выполняют функцию погрузки, передвижения и доставки сырья, материалов и готовой продукции на промышленных предприятиях. В медицинской сфере перед коллаборационными устройствами поставлена задача развозки пищи, сборки белья, помощи пациентам.

Военные цели. Мобильные роботы способны достигать труднодоступные места, особенно при выполнении миссий, опасных для человека: разминировании, разведке в зонах обстрела, боевых операциях.

Исследовательские роботы предназначены для поиска, сбора, переработки и передачи информации об исследуемых объектах. Такими объектами могут быть труднодоступные, а также недоступные для человека сферы – космическое пространство, океанские глубины, недра Земли, экстремальные лабораторные условия и т.п.

Бытовая сфера. Роботы-помощники, цель которых – избавление человека от выполнения тяжелой, опасной или рутинной работы. Попросту говоря, это помощь – устройства должны не заменить человека полностью, а освободить его мысли и руки от монотонной работы, выполнять работы, связанные с уборкой дома и уходом за дворовой территорией. Роботизированные игрушки развлекают и обучают детей, промороботы работают в сфере услуг и торговли.

Автомобильная отрасль. Беспилотные транспортные средства, оборудованные системой автоматического управления, которые могут передвигаться без участия человека. Они постепенно внедряются в дорожную инфраструктуру, их можно использовать в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий.

Любой робот-механизм состоит из следующих компонентов:

Приводы – это «мышцы» роботов. В настоящее время самые популярные двигатели в приводах – электрические, но применяются и другие, использующие химические вещества или сжатый воздух.

Двигатели постоянного тока. Большинство роботов используют электродвигатели, которые могут быть нескольких видов, они быстро вращаются, когда через них проходит электрический ток. Если ток

пустить в другом направлении, двигатели будут вращаться в обратную сторону.

Шаговые электродвигатели. Такие электродвигатели не вращаются свободно, подобно двигателям постоянного тока. Они поворачиваются пошагово на определенный угол под управлением контроллера. Это позволяет обойтись без датчика положения, так как угол, на который был сделан поворот, заведомо известен контроллеру; поэтому такие двигатели часто используются в приводах многих роботов и станках с ЧПУ.

Пьезодвигатели также известны как ультразвуковые двигатели. Принцип их работы весьма оригинален: крошечные пьезоэлектрические ножки, вибрирующие с частотой более 1000 раз в секунду, заставляют мотор двигаться по окружности или прямой. Их преимущества: высокое нанометрическое разрешение, скорость и мощность, несоизмеримая с их размерами. Пьезодвигатели уже доступны на коммерческой основе и также применяются на некоторых роботах.

Воздушные мышцы – простое, но мощное устройство для обеспечения силы тяги. При накачивании механизма сжатым воздухом мышцы способны сокращаться до 40% от своей длины. Причиной такого поведения является плетение, видимое с внешней стороны, которое заставляет мышцы быть или длинными и тонкими, или короткими и толстыми. Так как способ их работы схож с биологическими мышцами, их можно использовать для производства роботов с мышцами и скелетом, аналогичными мышцам и скелету животных.

Электроактивные полимеры – сорт пластмасс, который изменяет форму в ответ на электрическую стимуляцию. Они могут быть сконструированы таким образом, что могут гнуться, растягиваться или сокращаться. Впрочем в настоящее время нет электроактивных полимеров, пригодных для производства коммерческих роботов, так как все ныне существующие их образцы неэффективны или непрочны.

Эластичные нанотрубки – многообещающая экспериментальная технология, находящаяся на ранней стадии разработки. Отсутствие дефектов в нанотрубках позволяет волокну эластично деформироваться на несколько процентов. Человеческий бицепс может быть заменен проводом из такого материала диаметром 8 мм. Подобные компактные «мышцы» могут помочь роботам в будущем обгонять и перепрыгивать человека.

Совокупность информационно-сенсорных, механических исполнительных и микроконтроллерных управляющих устройств, функционирующих совместно с целью выполнения заданного технологического процесса, называется робототехническими системами. По типу управления их подразделяют:

1. Биотехнические:

- *командные* (кнопочное и рычажное управление отдельными звеньями робота);
- *копирующие* (повтор движения человека; возможна реализация обратной связи, передающей прилагаемое усилие, экзоскелеты);
- *полуавтоматические* (управление одним командным органом, например, рукояткой всей кинематической схемой робота).

2. Автоматические:

- *программные* (функционируют по заранее заданной программе, в основном предназначены для решения однообразных задач в неизменных условиях окружения);
- *адаптивные* (решают типовые задачи, но адаптируются под условия функционирования);
- *интеллектуальные* (наиболее развитые автоматические системы).

3. Интерактивные:

- *автоматизированные* (возможно чередование автоматических и биотехнических режимов);
- *супервизорные* (автоматические системы, в которых человек выполняет только целеуказательные функции);
- *диалоговые* (робот участвует в диалоге с человеком по выбору стратегии поведения; как правило, робота оснащают экспертной системой, способной прогнозировать результаты манипуляций и дающей советы по выбору цели).

Среди основных задач управления роботами выделяют:

- планирование положений;
- планирование движений;
- планирование сил и моментов;
- анализ динамической точности;
- идентификация кинематических и динамических характеристик робота.

Айзек Азимов придумал свои знаменитые три закона робототехники – набор правил, которым должен следовать любой уважающий себя робот.

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые дает человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат Первому Закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит Первому и Второму Законам.

Позднее Азимов добавил четвертый закон, который предшествовал остальным с точки зрения приоритета:

4. Робот не может причинить вреда человеку, если только он не докажет, что в конечном счете это будет полезно для всего человечества.

Вопросы для собеседования

1. Кто является автором термина «робот»?

2. Что изучает робототехника?

3. Чем занимается робот-манипулятор?

4. Какие роботы предназначены для поиска, сбора, переработки и передачи информации?

5. На какие типы управления подразделяют робототехнические системы?

6. Назовите основные задачи управления роботами.

7. Сколько законов робототехники существует? Назовите их.

8. Из каких основных компонентов состоит современный робот?

9. Перечислите области использования современных автономных мобильных роботов ARM.

10. В каких странах робототехника достигла наибольшего прогресса?

2.4. Искусственный интеллект в профессиональной деятельности

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в работе позволяет не только автоматизировать любой процесс, но и настроить его в соответствии с конкретной задачей человека, ведомства или производства. Работа ИИ со временем становится более эффективной за счет постоянного обучения – чем больше нейросеть знает деталей и потребностей, тем лучше она функционирует.

Изначально многие предполагали, что ИИ будет способен лишь распознавать объекты и улавливать смысл человеческой речи, переводить тексты. Но к 2020 г. список навыков настолько расширился, что его перечисление заняло бы не одну страницу. Нынешний ИИ присутствует во многих сферах нашей жизни – в интернете, медицине, бизнесе и даже транспорте.

Несмотря на категоричность многих людей, среди которых есть Илон Маск, Билл Гейтс и Стивен Хокинг, большинство ученых прогнозирует принятие людьми искусственного интеллекта. Стоит только глянуть на MindMeld (обработка естественного языка посредством голосовых и чат-помощников) либо VIV (развитие «умных» помощников). Считается, что переломным периодом для населения планеты станут ближайшие 10–15 лет. Причем внедрение произойдет не только на уровне информационных технологий, но и в общественном мнении, законах и повседневных привычках.

Это обусловлено двумя факторами.

Во-первых, робот с искусственным интеллектом может автоматизировать процессы, для которых требуется участие человека. Во-вторых, он способен обработать и проанализировать огромный объем информации. Преимущество компьютера: его трудоспособность не связана с человеческим фактором, будь то личные проблемы или плохое настроение.

Искусственный интеллект имеет широкое применение: его повсеместно встречают в медицине, промышленности, образовании, сельском хозяйстве, дорожном движении и быту.

В сфере здравоохранения заменить людей роботами сложно, но часть своих задач врач-диагност все же может переложить на машину. При постановке диагноза врач основывается на своем опыте и знаниях, но всегда есть риск, что он упустит что-то из внимания просто в силу человеческого фактора. ИИ проще оперировать круп-

ными массивами данных и работать с деталями, что снижает процент ошибок при анализе.

Например, помощь может оказать стартап Zeba Medical Vision: сервис предназначен для рентгенологов и при помощи ИИ изучает рентгеновские снимки, дает описание и анализирует отклонения. У сервиса своя база данных из нескольких миллионов изображений, высокая скорость обработки и точность. В первую очередь он позволяет снизить нагрузку на врача и ускорить процесс анализа снимков.

Основной целью внедрения систем предиктивного обслуживания оборудования является сокращение издержек из-за простоя оборудования и внеплановых ремонтов. Целесообразно начинать с выбора наиболее критических для производства объектов (оборудования, установок, узлов) с наибольшим количеством отказов за период эксплуатации. Требование по количеству отказов продиктовано не только эффективностью инвестиций, но и особенностями построения прогнозных моделей. Например, если в исторических данных количество отказов не больше 5, то требование точности предсказаний отказов на уровне 95% будет завышенным – модель не сможет обучиться до указанного уровня точности на таком количестве данных. Для подобных случаев задача может быть переформулирована с прогнозирования отказов на задачу выявления отклонений в работе оборудования.

Для снижения риска рекомендуется начинать внедрение систем предиктивного обслуживания оборудования с реализации пилотных проектов. Главная задача – подтвердить или опровергнуть гипотезу, выявить ограничения и дополнительные требования для улучшения качества решения. Например, может оказаться, что на точность прогнозирования влияют факторы, данные по которым не собирались, и при текущей точности внедрение в промышленную эксплуатацию нецелесообразно.

В настоящее время сфера образования развивается быстрыми темпами в двух руслах – адаптивном обучении и прокторинге. Адаптивное обучение призвано решить проблему разной успеваемости обучающихся. Дело в том, что один человек усваивает материал намного быстрее и успешнее, чем другой. Поэтому ИИ будет отслеживать уровень знаний обучающегося и адаптировать порядок блоков курсов под его способности или же информировать преподавателя, насколько хорошо ученик усвоил материал. Примером такой системы может стать платформа электронного обучения на базе Moodle и др.

Прокторинг представляет контроль аттестационного испытания, которое проводится в дистанционном режиме. Если в прошлом студенты находились «под прицелом» веб-камеры, то сейчас на помощь приходит искусственный интеллект, который не будет останавливать экзамен и делать какие-то замечания студенту в процессе. Камеры записывают на видео, а ИИ анализирует поведение студента, фиксирует нарушения: как часто студент отводил взгляд от экрана компьютера, куда-то подглядывал, открывал вкладки в поисковиках, отвлекался. Как только ИИ замечает какое-либо нарушение, он тут же оповещает об этом человека-проктора. Таким образом, нарушения зафиксированы и студенты попадают в желтую и красную зоны.

«Заменяют ли машины учителей? Наоборот, они являются отличным оборудованием, помогающим преподавателям экономить их время и работу. Поручая машинам определенные механизированные задачи, учитель может достичь надлежащего положения незаменимого человеческого существа», – писал Берхус Фредерик Скиннер, психолог, бихевиорист, теоретик машинного обучения и автор первых практических программ такого типа в XNUMX-х годах.

Учитель – это не просто источник информации. Это человек, который даст жизненный совет, поможет выбрать карьеру, защитит того, с кем плохо обращаются сверстники. И в конце концов, попробуйте представить себе поход класса в театр под предводительством робота. Учитель для подрастающего поколения является путеводной звездой, нравственным ориентиром, наставником, заступником и старшим другом. Если сложить все эти ипостаси вместе, получается, что скорее технологии заменят врачей, психоаналитиков и политиков, чем представителей уважаемой педагогической профессии.

Сегодня интенсивный рост мирового рынка ИИ в земледелии и животноводстве вызван факторами: введением системы управления данными, автоматизацией орошения, увеличением производительности с.-х. культур посредством внедрения методов обучения, ростом количества людей на планете. Наиболее востребованы сейчас решения, связанные с отслеживанием животных во время выпаса на пастбищах, и мониторинг и наблюдение за процессом отела у коров или других животных, где требуются непрерывное наблюдение, контроль и своевременное оповещение.

В растениеводстве нейронные сети применяют для повышения урожайности растений за счет умного управления всеми этапами их

роста. Нейронные сети могут автоматически подбирать количество воды и минеральных веществ, необходимое растению на каждом этапе его развития. Машинное зрение определяет по фото или видео рост растения, площадь листов, цветы и плоды. В случае появления дефектов, вредных насекомых или болезней может предупредить человека, какое заболевание у растения и как его вылечить. Можно автоматизировать подсчет и сбор урожая, когда роботы на основе технологий ИИ будут определять зрелые плоды и своевременно их собирать.

Особенность новейших интеллектуальных транспортных систем ИТС: они меняют статус транспортных средств и других участников движения, которые из категории независимых, непрогнозируемых и самостоятельных переходят в разряд прогнозируемых и предсказуемых субъектов информационно-транспортного пространства. В этом контексте стоит выделить наиболее важную задачу, связанную с развитием телематических систем дорожно-транспортной инфраструктуры.

Интеллектуальная транспортная система должна обеспечивать эффективное взаимодействие всех участников дорожного движения в автоматизированном режиме в реальном времени на принципах адаптивности.

В классификации систем управления дорожным движением выделяют особый вид систем, называемый интеллектуальными АСУ ДД, в которых осуществляется автоматический сбор данных о параметрах транспортных потоков посредством детекторов транспорта. Получаемую таким образом обратную связь используют для оперативной коррекции параметров светофорного регулирования, т.е. система выполняет гибкое, или адаптивное, управление [14].

Искусственный интеллект используется в правоохранительных органах. Превышение скорости транспортных средств, за рулем которых находились лица, работающие в правоохранительных органах и высокопоставленные чиновники, не должно стать проблемой. При использовании расширенной аналитики и возможности обработки данных искусственный интеллект может помочь обнаружить и определить, кто находился за рулем автомобиля, был ли водитель пьяный или трезвый, и своевременно сообщить сотрудникам по локальной области, чтобы перехватить их. Должны обязательно автоматически фиксироваться все нарушения, искусственный интеллект должен

идентифицировать нарушителя без вмешательства человека с целью замены фото и видеодокументации.

Искусственный интеллект может управлять передачей и обработкой полученных данных, оптимизировать подключение для обеспечения наилучшего соединения. Может использоваться для нелинейного прогнозирования поведения систем, в которых вводятся и выводятся данные, моделирования спроса на трафик или моделирования состояния транспортной инфраструктуры в зависимости от трафика, строительства и погодных условий.

Искусственный интеллект может использоваться для автоматического управления движением на перекрестках дорог, измерения пандусов на автострадах, динамического управления маршрутом, положительного управления поездами на железных дорогах, искусственный интеллект может использоваться в обработке изображений для сбора данных о дорожном движении и выявления трещин в дорожных покрытиях или мостовых сооружениях и диагностики транспортного оборудования.

Беспилотные грузовики могут взять на себя много грязных работ, таких как вспашка земли, уборка снега и сбора мусора, они могут быть использованы в грузовиках, способных перевозить большое количество однообразного груза, например, паллеты. Управляемый искусственным интеллектом автобус – это безопасный способ путешествовать, уже без водителя автобусы сейчас появляются по всей Европе, с помощью датчиков, камер, а также GPS. Развивается безопасная перевозка пассажиров на паромках к месту назначения.

Сканирование лица в аэропорту – это будущее: вскоре можно будет летать, заменив традиционные паспорта цифровыми технологиями сканирования для подтверждения личности. С появлением автономных самолетов может принести огромную прибыль перевозчикам, но из-за проблем в интернет-связи увеличиваются риски безопасности, поэтому многие интернет пилотирования полностью не надеются на автоматические технологии.

Приложения железнодорожных перевозок позволяют пассажирам не только забронировать билеты и приобрести их на поезд, но и найти свободное место на транспортном средстве в реальном времени. Специальные боты просят пассажиров сообщать о том, с какой целью связана их поездка и используют эти данные, чтобы сообщить им о том, где сидеть, приложение представляет возможность приобрести

билет заранее, что позволяет пассажирам воспользоваться дешевыми тарифами на поездку.

Беспилотные летательные аппараты (дроны) доставляют грузы и пассажиров. Перевозка при помощи дронов помогает решить проблемы возможных человеческих ошибок. На всех видах транспорта, включая авиацию, которая является самым безопасным видом транспорта, есть дополнительные работы по повышению уровня безопасности полетов путем извлечения человеческого фактора ошибок за счет использования новых технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и продвинутые датчики.

У искусственного интеллекта большая роль в разработках новых и инновационных способов борьбы с загрязнением, а также в помощи ученым и инженерам при разработках гораздо более экологически чистых методов управления транспортными средствами и механизмами для путешествий и транспортировки.

Сегодня существуют приложения, где искусственный интеллект работает в режиме реального времени – получая от пользователей смартфонов информацию, эти приложения могут прогнозировать и анализировать условия дорожного движения в районе, чтобы лучше информировать планы поездок. Примером такого сервиса являются Google-Карты.

Искусственный интеллект – не только беспилотные летательные аппараты, «умные дома», помощники диагностов в медицине и когнитивные геологи. Бытовая жизнь простого человека является самой востребованной сферой применения искусственного интеллекта – решение мелких вопросов и задач, повышающих качество персональной жизни. Кое-что искусственный интеллект уже научился делать, несмотря на низкий уровень своего развития, и люди успели это оценить.

Основной проблемой в мире, который населен несколькими миллиардами людей, является одиночество. Причин у этого явления множество, не все из них решаемы просто усилием воли человека. Большинство людей хотят все же быть кому-то нужными, о ком-то заботиться.

Японцы в 2017 г. выпустили Gatebox – новое поколение виртуального ассистента, которого, в отличие от своих предшественников Cortana, Siri, Alexa, можно видеть.

Цифровая девушка по имени Азума Хикари живет в доме владельца в боксе, похожем на кофе-машину. У Азумы голубые волосы, большие глаза и приятный голос, визуализирована она в аниме-стиле. В течение дня с ней можно разговаривать, переписываться, смотреть вместе кино. Она управляет будильником, микроклиматом в доме, сообщает о прогнозе погоды. С ней создается иллюзия присутствия в доме кого-то еще, помимо хозяина, что частично решает проблему одиночества. На самом деле девушка крошечная, однако говорит, что ее рост 158 см. Ей 20 лет, у нее есть привычки и мечта. Она любит выпечку, боится насекомых, мечтает помогать трудно работающим людям. Умеет распознавать лицо и голос владельца, с гостями его точно не перепутает. У нее свой профиль в социальной сети, а на пальце она носит обручальное кольцо. Азума не может передвигаться в пространстве вне своего бокса, а также от нее мало толку, если дом не оснащен системами «умный дом»; чем больше с ней общаются, тем «умнее» она становится – система способна к самообучению. Желаящие могут считать ее своей женой, реальные бракосочетания с Азумой уже зарегистрированы неоднократно.

Вопросы для собеседования

1. Какие междисциплинарные подходы используются в исследованиях ИИ?
2. Каковы области исследований в ИИ?
3. В чем состоит различие представлений о «слабом» и «сильном» ИИ?
4. Каковы особенности естественного интеллекта?
5. Что нужно для создания интеллектуальной системы?
6. Как выглядит «пирамида» интеллектуальных задач и проблем?
7. Объясните различия в понятиях «данные», «информация», «знания».
8. Чем характеризуется информация?
9. Как классифицируют знания?
10. Как в программировании происходила эволюция отдельных фрагментов программ в самостоятельные системы?

ГЛАВА 3. CYBERSECURITY

3.1. Технологии кибербезопасности будущего

Информационная безопасность (ИБ) – комплекс мер, которые необходимы для защиты данных, компьютерных систем или взлома программы. Цель использования данных мер – обеспечить конфиденциальность, целостность и доступность информации.

Кибербезопасность – одно из направлений ИБ. Это меры по защите от киберугроз компьютеров, серверов, сетей, электронных систем, устройств и приложений.

Большинство данных обрабатывается и хранится в цифровом виде. Ежедневно человек использует множество программ и сервисов: заказывает еду и покупки, переводит деньги, записывается к врачам, учится онлайн. Каждое такое взаимодействие с любым приложением или устройством – это информация, которую можно использовать. И количество носителей этой информации, которые являются потенциальными целями для кибератак – постоянно растет.

Кибератака – это покушение на безопасность информационной системы с помощью специальных инструментов и программного обеспечения. Основная ее цель – нарушить работу системы и получить доступ к данным.

Развитие современного киберпространства и многообразия киберугроз обусловлено появлением инструментов создания новых, более совершенных технологий. Широкое использование высокоуровневых языков программирования, мощных фреймворков и сред разработки, развитие облачных инфраструктур и технологий виртуализации позволяет выпустить новое приложение или сервис в довольно короткие сроки. С такой же скоростью множатся и киберугрозы, поскольку злоумышленники используют те же высокоэффективные инструменты разработки, но в своих целях. Если раньше противостояние со злоумышленниками можно было описать как борьбу умов и настроенных средств защиты информации, то теперь это уже можно назвать полноценной «войной машин», в которой сражаются искусственные киберинтеллекты.

В связи с возросшим числом вирусных атак, киберпреступлений и сетевых угроз государства и крупные корпорации стали уделять повышенное внимание защите данных и конфиденциальности.

В связи с тем, что появились неограниченные возможности применить цифровые технологии в рабочей, бытовой, социальной сферах, на цифровую социализацию стали переходить даже те, кто ими не пользовался. Но технологии также несут определенную долю рисков.

Коронавирусная инфекция COVID-19 изменила способ ведения бизнеса и операций. Теперь и малые, и крупные предприятия вынуждены уделять внимание угрозам от планирования и обнаружения до немедленного реагирования и восстановления. С февраля 2020 г. IBM X-Force зафиксировала рост спама на тему коронавируса на 4300%. А прогноз о том, что к 2026 г. более 90% людей в развитых государствах и почти 70% – в странах с развивающейся экономикой будут использовать интернет, только увеличит работу для киберпреступников.

25 июня 2022 г. аналитическая компания Gartner опубликовала исследование, в котором сообщалось о 8 главных трендах в сфере информационной безопасности на ближайшие годы. Согласно выводам экспертов большинство руководителей компаний и некоммерческих организаций прекрасно понимают необходимость дополнительных мер обеспечения кибербезопасности на фоне резкого всплеска кибератак, в том числе с использованием вирусов-вымогателей. Этот спрос коренным образом меняет работу компаний.

К 2023 г. государственные нормативные акты, требующие обеспечения прав потребителей на конфиденциальность, охватят более 5 млрд граждан и более 70% мирового ВВП. Сегодня данный прогноз не вызывает ни у кого удивления, так как все большее число людей и учреждений ведут различные секретные разработки, проводят исследования и просто передают конфиденциальную информацию через Интернет – и они стремятся к меньшей публичности при этом. И правительства реагируют на это требование. По данным той же компании Gartner, в 2021 г. в 50 странах мира почти 3 млрд человек уже получили право на защиту частной информации потребителей, это число будет только расти.

К 2025 г. 80% предприятий перейдут на стратегию унификации доступа к веб-ресурсам, облачным сервисам и частным приложениям с помощью SSE-платформы (Security Service Edge). Данный сервис подразумевает консолидацию и оптимизацию, которых требуют клиенты. Из-за того, что пользователям приходится иметь дело с несколькими поставщиками систем безопасности и различными видами

технологий, клиенты отдают предпочтение данной платформе. В 2022 г. только 20% предприятий имеют унифицированный веб-доступ, облачные сервисы и частный доступ с помощью решения SSE. Согласно прогнозам Gartner показатель должен увеличиться в четыре раза.

В качестве отправной точки для обеспечения безопасности к 2025 г. 60% организаций примут концепцию «zero trust». Более половины не смогут реализовать преимущества. Как отмечает Gartner, концепция «zero trust» – не новый инструмент безопасности, а скорее всеобъемлющий набор принципов, касающихся кибербезопасности и обеспечения доступа к системам. По этой причине речь идет не только о том, чтобы поставщики устанавливали новые продукты безопасности, а о «культурном сдвиге и прозрачной коммуникации» в организациях, которые принимают «zero trust». Из-за неправильного внедрения ее практик большинство таких организаций не смогут в полной мере воспользоваться преимуществами этой концепции. Те, которые примут данную концепцию, при заключении сделок и деловых соглашений с третьими лицами к 2025 г. будут учитывать риск нарушения кибербезопасности в качестве основного фактора.

Глобальный рынок кибербезопасности распределен по компонентам, размерам организаций, развертыванию, типу безопасности, вертикали и регионам.

По компонентам глобальный рынок кибербезопасности разделен на решения и услуги.

Сегмент решений разбит на категории:

- управление идентификацией и доступом;
- управление рисками и соблюдением требований;
- унифицированное управление угрозами;
- аварийное восстановление;
- брандмауэр;
- антивирус;
- веб-фильтрация;
- предотвращение потери данных;
- управление информацией о безопасности и событиями и другие.

Сегмент услуг разделен на управляемые услуги и профессиональные:

- обучение и консультации;
- поддержка и обслуживание;
- проектирование и интеграция.

По типу надежности глобальный рынок ИБ раздвоился на удовлетворение запросов малых и средних предприятий (МСП) и крупных предприятий. В зависимости от размеров организации рынок предлагает:

- безопасность сети;
- конечные точки, приложения;
- облака;
- беспроводные сети и др.

По модели развертывания глобальный рынок ИБ разделен на облачные и локальные.

По вертикали глобальный рынок инфобезопасности разбит на обслуживание:

- производства;
- BFSI;
- здравоохранения;
- ИТ и телекоммуникаций;
- розничной торговли;
- госсектора;
- аэрокосмической промышленности;
- обороны и др.

Программы-вымогатели. Сегодня это самый популярный инструмент для кибератак на бизнес. Они шифруют файлы и данные так, что ими больше невозможно было пользоваться. После этого злоумышленники требуют выкуп за восстановление доступа к данным и их расшифровку. Борьба с атаками вирусов-шифровальщиков должна осуществляться путем выстраивания международной всеобъемлющей стратегии защиты, должной подготовки к атакам и корректному реагированию на них, а также путем разрушения бизнес-модели злоумышленников и снижения их нелегальной выручки.

DoS- и DDoS-атаки. DoS-атака – действия хакеров, направленные на полную остановку работы сетевого ресурса. Чтобы добиться этого, злоумышленники создают чрезмерную нагрузку на пропускную способность системы, т.е. отправляют одновременно большое количество запросов, которые сеть не успевает обработать. Этот метод – второй по популярности у киберпреступников.

В процессе DoS-атаки используется один атакующий компьютер. Если действия выполняются одновременно с нескольких устройств, речь идет уже о DDoS-атаке. Последней подвергаются даже хорошо

защищенные организации и ресурсы. DDoS-атаки становятся более направленными и устойчивыми к противодействию. Развитие интернета вещей привело к новой волне этого вида атак.

Атака на цепочку поставок. В этом случае фирма атакуется не напрямую, а через подрядчиков или поставщиков, с которыми работает и которым доверяет. Хакеры заражают ПО третьей стороны, а затем используют его для доступа к основной цели. Одна из разновидностей этой атаки – взлом через Open Source: программное обеспечение с открытым исходным кодом. Такие программы распространяются бесплатно – можно изучить их код, изменить его, а потом использовать в своих целях. Вариантом защиты от атак на цепочки поставок будет комплекс мер, направленных на проверку благонадежности вендора – поставщика программных продуктов и анализ состояния процессов информационной безопасности, выстроенных у данного вендора. Для проверки благонадежности можно использовать классические инструменты экономической безопасности, включая неформальный аудит финансовой документации, запрос данных в таких системах, как «Интерфакс-СПАРК» и «Контур-Фокус», проведение встреч с руководством компаний. Для анализа состояния информационной безопасности в вендорах следует подготовить опросник (чек-лист), в котором в форме вопросов нужно сформулировать все требования по ИБ, предъявляемые фирмой.

Атаки на элементы «интернета вещей». Термин «Интернет вещей» (IoT – Internet of Things) впервые сформулирован основателем исследовательской группы Auto-ID при Массачусетском технологическом институте Кевином Эштоном в 1999 г. на презентации для руководства компании Procter & Gamble. «Интернет вещей» – глобальная инфраструктура информационного общества, обеспечивающая передовые услуги за счет организации связи между вещами (физическими или виртуальными) на основе существующих и развивающихся совместимых информационных и коммуникационных технологий, непрерывно подключенных к разнообразным сетям, в т.ч. к интернету. Примерами IoT-устройств могут быть: смарт-телевизоры, «умные колонки», фитнес-трекеры, элементы «умного дома» (датчики, бытовая техника, системы безопасности), веб-камеры, автомобильные и транспортные системы и т.д. С развитием сетей 5G количество непрерывно подключенных устройств «интернета вещей» будет лишь расти, поскольку сети нового поколения поддерживают высокоскорост-

стную передачу данных с малым расходом электроэнергии и взаимодействие устройств непосредственно друг с другом. С точки зрения кибербезопасности, особую озабоченность вызывают IoT-элементы, обладающие функциональными возможностями доступа в интернет и допускающими внешнее подключение к ним, микропрограммы («прошивка», англ. *firmware*) которых не получают обновлений безопасности от производителя. Для защиты IoT-устройств от кибератак в общем случае внимание стоит обратить на следующее:

- страна производства устройства и производитель – чем известнее производитель, тем выше вероятность своевременного обновления ПО и ниже вероятность наличия неустраненных уязвимостей, о которых известно вендору;
- наличие юридических документов на официальном сайте: положения о конфиденциальности обрабатываемых данных, политики обработки персональных данных, заявления о соответствии тем или иным законодательным нормам и т.д.;
- возможность настройки встроенного ПО для контроля внешних интернет-подключений к устройству – удаленного управления, администрирования, просмотра состояния и т.д.

Фишинг. Самый популярный вид атаки на частных пользователей. Это рассылка, сайт или личное сообщение, замаскированные под ресурсы известного бренда. С помощью этого инструмента злоумышленники собирают данные и пароли, чтобы потом использовать их для взлома чего угодно: от банковских аккаунтов, учетных записей в играх и приложениях до целых систем компаний. Современное решение для защиты электронной почты должно обладать следующими свойствами:

- регулярно обновляться;
- использовать методы машинного обучения для распознавания атак;
- уметь хорошо разбирать структуру и текст письма, «понимать» его содержание, распознавать текст на картинке, а также выявлять другие индикаторы;
- обладать механизмом оценки репутации отправителя и указанных в письме доменов.

Эксперты AM Live отмечают, что машинное обучение используется в антифишинговых системах для сравнения страниц сайтов, а также определения подозрительных доменных имен. Эти действия

нельзя автоматизировать при помощи сигнатур или статистических методов, однако искусственный интеллект хорошо справляется с этой задачей. Кроме того, при помощи машинного обучения можно анализировать действия пользователя, которые он пытается совершить после получения сообщения, и таким образом пресечь развитие атаки [15].

Вредоносное ПО. С помощью этого ПО злоумышленники наносят вред данным, приложениям и самому компьютеру. Распространяется оно под видом безобидных файлов или почтовых вложений и может быть разным, в зависимости от цели атаки, возможных уязвимостей системы и квалификации преступников.

Чем больше мы внедряем и используем умные технологии, и в частности, «интернет вещей», тем более уязвимыми перед лицом кибератак становимся. С каждым годом киберпреступников в мире становится все больше. Чтобы противостоять этому международному преступному сообществу, российские специалисты по информационной безопасности регулярно проводят киберучения.

Positive Hack Days – крупнейший в нашей стране форум по кибербезопасности. Соревнуются «белые» хакеры и специалисты, в обязанности которых входит противостоять кибервзломщикам – черным хакерам. На несколько дней создается огромный виртуальный город «Государство F». По сути это макет, на котором представлена основная городская инфраструктура и ключевые отрасли промышленности. Есть металлургические заводы с полным циклом производства, система государственного управления, транспорт и даже парк развлечений. Задача хакеров – взломать, испортить работу городских систем, а представителей отделов по безопасности – понять причины, устранить последствия, минимизировать ущерб. В рамках соревнования проходят проверку на прочность самые современные технологии кибербезопасности, а специалисты крупнейших государственных и коммерческих компаний получают бесценный опыт.

Безопасность персональных данных (в т.ч. биометрических). Вопросы обеспечения конфиденциальности персональных данных стали подниматься практически сразу после начала широкого применения средств вычислительной техники для обработки сведений, касающихся физических лиц. Еще более важной задачей является защита биометрических персональных данных – биологических, физиологических, поведенческих характеристик человека, используемых для установления личности (идентификации, аутентификации). Биомет-

рия уже широко используется финансовыми организациями для дистанционного получения банковских услуг в рамках российской «Единой биометрической системы», которая также позволяет выполнять ряд других юридически значимых действий удаленно, а также в транспортной сфере для обеспечения безопасности, в проектах распознавания пассажиров в аэропортах и бесконтактной оплаты проезда в метрополитене.

Вопросы для собеседования

1. Что такое информационная безопасность?
2. Назовите основные направления кибербезопасности.
3. На какие компоненты разделен глобальный рынок кибербезопасности?
4. Что представляют программы-вымогатели?
5. Чем отличаются DoS-атаки от DDoS-атак?
6. Какие особенности подключения к интернету IoT-элементов вызывают озабоченность?
7. Как называется рассылка, сайт или личное сообщение, замаскированные под ресурсы известного бренда?
8. Кто такие «белые» и «черные» хакеры?
9. Что представляет собой единая биометрическая система?
10. Кто такой вендор?

3.2. Применение квантовых сетей в кибербезопасности

Защита данных от посторонних глаз стала будничным делом почти для каждого человека, пользующегося электронной почтой, мессенджерами, банковскими приложениями или просто посещающего сайты в интернете. Шифрование обычно происходит так: исходный текст по определенным правилам преобразуется, чтобы его невозможно было прочесть и понять, а затем тот, кому он предназначен, проделывает обратную операцию – расшифровывает его. Роль инструкции для шифрования и дешифровки играет шифровальный ключ. Чем длиннее ключ, тем сложнее «взлом» шифра, а если длина ключа сопоставима с длиной зашифрованного текста, то его дешифровка без

знания ключа может быть просто невозможной. Однако если ключ попадет в чужие руки, шифрование становится бессмысленным.

В конце 1960-х годов студент университета Колумбии Стивен Визнер поделился со своим приятелем Чарльзом Беннетом идеей, как сделать банкноты, абсолютно защищенные от подделки, – квантовые деньги. Для этого на каждую банкноту следовало поместить ловушку для фотонов, причем каждый фотон должен быть поляризован в одном из двух базисов: либо под углом 0 и 90, либо 45 и 135 градусов. Комбинацию поляризаций и базисов, соответствующую серийному номеру банкноты, знает только банк. Если злоумышленник попытается воспроизвести банкноту, он должен будет измерить поляризацию каждого фотона. Поскольку он не знает, в каких базисах нужно измерять поляризацию, то он не сможет получить верные данные о состояниях фотонов, и его затея провалится.

Идею Визнера использовать квантовые методы для защиты информации долго не признавали. В 1984 г. Чарльз Беннет и Жиль Brassar придумали первый квантовый протокол передачи данных – BB84, а в 1989 г. они провели первый реальный эксперимент по квантовой передаче данных – квантовая связь была установлена на дистанции 32,5 сантиметра. Прибор менял поляризацию передаваемых фотонов, но при этом шумел по-разному в зависимости от поляризации. «Наш прототип был защищен от любого подслушивающего, который был бы глухим», – писал Brassar. Тогда до появления первой коммерческой компании, которая вывела на рынок системы квантового распределения ключей, оставалось более 10 лет – первой это сделала американская компания MagiQ Technologies в 2003 г. А еще через четыре года, в 2007-м, система квантовой защищенной связи, разработанная компанией Id Quantique, впервые была использована для защиты данных о результатах голосования на парламентских выборах в швейцарском кантоне Женева.

Для квантовой связи данные кодируются в состояниях одиночных фотонов – например, в поляризации или фазе. Так, одному варианту поляризации приписывается значение 1, противоположному – 0.

Два главных участника квантовой беседы традиционно обозначаются как Алиса (отправитель сообщения) и Боб (получатель), иногда к этим героям присоединяется третий – Ева, которая пытается подслушать разговор. Когда Ева измеряет фотоны, их состояния меняются, и Боб понимает, что линия связи скомпрометирована. Однако

в реальных сетях квантовая коммуникация устроена несколько иначе: ключи не формируются в процессе «общения» двух собеседников, Алисы и Боба, а распределяются по всем участникам сети из одной точки, поэтому технология и называется «квантовое распределение ключей». После этого Алиса по открытому каналу сообщает Бобу набор использованных базисов, Боб отбрасывает несовпавшие базисы («просеивает» ключ) и говорит Алисе, какие данные не прошли. Сами результаты измерений по открытому каналу не передаются. Несмотря на это, у Алисы и Боба оказывается ключ – одинаковая последовательность нулей и единиц. Если Ева захочет перехватить данные, она должна будет измерять поляризацию фотонов. Она не знает базиса, поэтому, если не угадает правильно, не получит верных данных. Кроме того, само измерение изменит поляризацию, и ошибки обнаружат и Алиса, и Боб (в этом случае они просто «сбросят» испорченную часть данных, и Ева останется ни с чем).

В случае протокола BB84 допустимый уровень ошибок, вызванных разными причинами, – 11 процентов, если он выше, то считается, что канал прослушивается. Этот протокол в модернизированном виде может обеспечивать скорость передачи 2,38 мегабит в секунду на дистанции 25 километров, и 52 килобита в секунду – на дистанции 70 километров.

Аналогом протокола BB84, в котором для передачи данных используется не поляризация, а фаза фотонов, является протокол B92, предложенный Беннетом в 1992 г. Одно из его преимуществ – увеличенная скорость генерации квантовых битов по сравнению с BB84. Более современные протоколы DPS и COW позволяют обеспечить большую дальность передачи – до 250 и даже 300 км. Однако для этих двух протоколов еще нет строгого доказательства защищенности. В протоколе E91 используется явление квантовой запутанности. Суть его в том, что Алиса и Боб получают квантово запутанные пары фотонов и при измерении получают связанные значения. Однако этот протокол пока считается экзотикой, так как создание запутанных пар фотонов – сложная и ресурсоемкая задача [15].

Примером кибербезопасности завтрашнего дня являются разработки Московского государственного университета. Ученые занимаются квантовым шифрованием. Здесь работает первая в России линия квантовой связи. Ключ к шифровке несут кванты света. Принцип действия выглядит так: передатчик генерирует фотоны света, запо-

минает их состояние и отправляет по оптоволокну в пункт назначения. В эту линию невозможно вклиниться и остаться незамеченным. Любая попытка несанкционированного перехвата фотонов сразу становится заметной. Все необходимое для шифровки оборудование расположено у поставщика услуг. А для конечного пользователя поговорить по квантовому телефону не сложнее, чем по-обычному. Можно использовать любой тип связи, даже мобильный. Шифруется не только речь, можно передавать видеофайлы, электронные документы и пр.

В компании РЖД решили пойти еще дальше – поставить фотоны на рельсы и создать линию квантовой связи между Москвой и Петербургом. 8 июня 2021 г. – дата, которая вошла в историю. В этот день состоялся первый в России квантовый телемост. Длина первого участка национальной квантовой сети между Москвой и Санкт-Петербургом составила 700 км. Он стал самым длинным в Европе и вторым по протяженности в мире, после китайской линии «Шанхай-Пекин». К 2024 г. РЖД планирует построить в России более 7000 км квантовых сетей. А также запустить производство оборудования, необходимого для их создания.

Практическую реализацию защиты информации с помощью квантовых систем связи нельзя назвать неуязвимой. На это есть несколько причин:

- проблема помех и большого расстояния не позволяет передавать единичные фотоны. Из-за того, что фотонов больше одного, появляется теоретическая возможность перехватить один фотон и считать его состояние, не трогая остальные;

- примерно стокилометровый лимит расстояния для работы квантовых систем резко сужает спектр использования технологии. Даже если пользователи готовы раскошелиться на прямой оптоволоконный канал между ними, географически разнесенные точки общаться без «репитера», промежуточной точки, не смогут, а это очевидное уязвимое место для прослушивания и атаки «человек посередине»;

- «белые» хакеры от науки обнаружили, что, «ослепляя» фотодетекторы мощным лазером, можно манипулировать их показаниями, что позволяет фальсифицировать данные в системах квантового распределения ключей.

Сегодня эти уязвимости относятся к недостаткам реализации, а не концепции, они вполне будут устранимы в будущем. Но уже произошедшие взломы лишь демонстрируют, что квантовые системы – тоже не панацея и защита передачи данных, если и перейдет из рук математиков в руки физиков, останется острой проблемой на многие годы вперед. Еще одна серьезная проблема – в отличие от имеющихся технологий, квантовые системы еще долго останутся нишевыми и не будут десятками установлены в каждой квартире, как это сегодня обстоит с Wi-Fi, GSM и др. А значит, классические криптосистемы, работающие с любым каналом связи, останутся востребованными еще многие десятилетия. Уже стали появляться даже хакеры с такой специализацией. Правда, пока только «белые», работающие в целях кибербезопасности. Система становится уязвимой, если хакерам удастся взлезть внутрь оборудования, обеспечивающего работу линии. А получить к нему доступ очень непросто [16].

3.3. Блокчейн и сферы его применения

Блокчейн Биткойна – это непрерывная цепочка блоков, которая построена с учетом конкретных правил и содержит информацию о проведенных транзакциях в сети. Чаще всего копии цепей блоков, которые не зависят друг от друга, находятся параллельно, а их обработка проводится с различных ПК. Аналоговым примером его структуры представляется бесконечно длинная металлическая цепь, в которой нельзя разорвать или поменять местами звенья.

Давным-давно, когда еще не вышел айфон, жили Боб и Алиса. У Боба было несколько способов передать денежные средства Алисе:

- передать наличные средства самостоятельно (Боб приходит к Алисе и лично передает деньги);
- использовать услуги третьей стороны (Боб передает деньги банку, почтовой службе или курьеру, которые передают деньги Алисе).

Третья сторона – это целая совокупность инстанций и сервисов. Т.е. имеется цепочка посредников, схема работы которых находится под грифом секретности. С одной стороны, это полезно в целях безопасности – даже если мы зайдём в банк и попросим рассказать технические детали нашего перевода – никто этого делать не станет. С другой стороны, безопасность легко превращается в незащищенность –

не зная технических подробностей, остается лишь слепо доверять банковской системе и надеяться, что «третьи лица» окажутся добросовестными ребятами.

Превращаясь из бумажных в электронные, деньги не меняют своей формы – актуальные системы просто формируют цифровой код с зашифрованной в нем информацией о типе валюты, ее стоимости и количестве, чтобы передать ее от одного хранилища другому. Физически бумажное подтверждение ценности остается на руках пользователя или в сейфе банкомата.

Другими словами, Боб может найти терминал, предложить ему наличные денежные средства и получить их у себя на карте или отправить Алисе. Мы привыкли так работать и считаем это безопасным способом перемещать деньги. Но с появлением блокчейна теория безопасности принимает новый оборот.

Помимо основных данных, каждый блок имеет уникальный набор параметров: `nonce`, хеш предыдущего блока, хеш текущего блока и список транзакций. Хеш – это некий набор символов, несущий в себе уникальный отпечаток. Он формируется исходя из того, какие транзакции и в каком количестве хранит в себе каждый блок.

В процессе обработки транзакций постоянно проверяются хеши, после чего, словно по пирамиде, система поднимается к последнему хешу, где подтверждается целостность и верность всех предыдущих кодов, чтобы блок закрылся. Если вдруг кому-то захочется добавить себе в кошелек пару сотен долларов без подтверждения со стороны остальных участников сети, то такая транзакция будет считаться неверной и перезапишется теми хешами, что хранятся у большинства узлов. То есть, если изменить хотя бы один байт, хотя бы одну точку, запятую или ноль, то итоговый хеш изменится, и блокчейну придется проверять все эти суммы заново для того, чтобы понять, правда это или ложь.

Из всего этого можно сделать вывод: сеть состоит из блоков, которые можно менять здесь и сейчас, пока они не закрылись. Все записывается в виде транзакций с информацией, которая шифруется как хеши и постоянно хранится в сети в каждом последующем блоке. Если изменить что-то и не найти этому подтверждение у большинства участников, то такие изменения просто не применятся, а блок будет считаться невалидным.

Простыми словами – в системе больше не получится подделать документы задним числом, как бы этого ни хотели даже сотни человек, если общая сеть контролируется миллионами участников.

Отсюда и название Blockchain – все работает по цепочке, последовательно и непрерывно. Основной фактор безопасности заключается в добросовестности третьих лиц, тех, кто занимается обработкой информации. Как и у банковской системы – у блокчейна есть свой обслуживающий персонал. Но это не люди, а программный код, установленный на системах с нодой (сетью) блокчейна, т.е., на компьютерах, которые поддерживают сеть блокчейн. Другими словами – с помощью майнеров. Для проведения операции в блокчейне необходимо ее создать и поместить в *memory pool* – некую область, где хранятся все транзакции, которые в данный момент хотят совершить люди в блокчейне.

Что делают майнеры: они подключаются к *memory pool* и начинают обрабатывать всю очередь. В глобальном смысле это работает так: система узнает о всех транзакциях в *memory pool*, обрабатывает их, записывает в блок, вычисляет хеши и переходит к обработке новых заявок. Чтобы подтвердить валидность (правильность) блока, майнеру необходимо предоставить решение в сеть, которое проверяют другие майнеры и, если все хорошо, и большинство участников принимают результат вычисления хешей, блок считается правильным. Или *proof of work*. Любой блокчейн существует только пока существуют его майнеры, которые решают вычислительные задачи. Эти задачи должны быть достаточно простыми, чтобы у участников сети была стабильная вероятность найти ответ – иначе транзакции будут подтверждаться вечность.

Рассмотрим пример. За круглым столом сидят семь человек. У них есть шесть слов, из которых нужно составить предложение, которое может быть единственно верным из всех вариантов, которые можно придумать. Так, один из участников составил предложение первым и записал его на бумагу. После того, как все закончили задание, полученные предложения сравниваются. Так получилось, что первому участнику удалось составить верное предложение, и остальные пять подтвердили, что у них получилось то же самое. И только один участник представил другое решение – но, так как он меньшинство, а его предложение отличается от остальных, этот вариант из шести слов считают недействительным и выкидывают из системы.

Выходит, для подтверждения настоящей информации в сети нужно договориться, чье решение подходит всем участникам в сети. Этим и занимаются криптовалютные майнеры. Именно поэтому в момент появления блокчейна [началась гонка](#) за производительность распределенных вычислений. Ведь чем больше у майнера вычислительной мощности, тем быстрее и больше информации он обработает в сети. Соответственно, как и банковский персонал, майнеры получают вознаграждение 12,5 БТС – это сумма, которая генерируется системой биткойн «из воздуха» и уменьшается каждые четыре года. Это и есть основная причина, по которой все стремятся принять участие в добыче криптовалюты.

Назовем плюсы блокчейна:

- Децентрализация. Участники сети имеют равные права и способны обмениваться сведениями непосредственно друг с другом, без участия посредников.
- Надежность. Вероятность взлома злоумышленниками или замена информации в блоках исключена, обусловлено это применением шифрованных ключей.
- Прозрачность. Блоки цепочки блокчейн открыты для пользователей, а транзакции легко проверить.
- Универсальность. Блокчейн – уникальная технология, которая может применяться не только в финансовой сфере, но и в других областях.
- Высокая скорость. Возможности блокчейн-технологии позволяют снизить время транзакций до одной минуты.
- Низкие комиссии. Благодаря отсутствию комиссионных платежей транзакционные сборы минимальны.

Минусы:

- Невозвратность. Отменить операцию, если она проведена по ошибке, не получится.
- Риск атаки. Если 51 процентом цепи Биткойна будет владеть один пользователь, целостность сети может быть нарушена.
- Масштабируемость. При текущем размере блока система обрабатывает до семи операций за 1 секунду. С ростом числа пользователей этого показателя становится мало.
- Неопределенность статуса. Многие страны никак не определяются с применением технологии, а вопрос регулирования криптовалюты открыт до сегодняшнего дня.

Применение технологии блокчейна в кибербезопасности

На каждом узле блокчейн-системы хранятся копии всей базы данных в целом, и они сверяются между собой. Это придает системе жизнеспособность даже в случае успешных хакерских атак на ее одиночные узлы. Несмотря на то, что приложения на блокчейне предлагают анонимность, технология может использоваться, чтобы прикреплять реальные идентификационные данные к криптографическим в базе данных. Известен стартап, создавший удобный способ безопасного внесения данных, их отслеживания и передачи имущественных прав через блокчейн-платформу. Это помогает риэлторским фирмам: управление записями становится удобнее, сокращается время поиска, растет конфиденциальность и прозрачность. Другой кейс – система репутации интернет-юзеров, начисляющая денежное вознаграждение в криптовалюте эфир, исходя из показателей репутации [16].

Вопросы для собеседования

1. Что представляет собой квантовое шифрование?
2. Как компания РЖД реализовала линию квантовой связи?
3. Безупречна ли практическая реализация защиты информации с помощью квантовых систем?
4. Что представляет собой технология – блокчейн?
5. Из какой отрасли пришла технология – блокчейн?
6. Кто является ее основателем?
7. Кто такие майнеры?
8. Что такое криптовалюта?
9. Как технология – блокчейн может быть связана с кибербезопасностью?
10. Назовите достоинства и недостатки технологии – блокчейн.

3.4. Интернет вещей

Интернет вещей **Internet of Things (IoT)** – система взаимосвязанных вычислительных устройств, которые могут собирать и передавать данные по беспроводной сети без участия человека.

Речь идет не только о ноутбуках и смартфонах. Почти все устройства с кнопкой включения/выключения потенциально могут подключиться к интернету и стать частью интернета вещей. Например, его частью может стать человек с имплантом для мониторинга сердца, камера, ведущая наблюдение за жизнью диких животных в прибрежных водах, или автомобиль со встроенными датчиками, предупреждающими водителя о потенциальных рисках, умные розетки, умные лампочки и многое другое.

Концепция IoT и термин для нее впервые сформулированы основателем исследовательской группы Auto-ID при Массачусетском технологическом институте Кевином Эштоном в 1999 г. на презентации для руководства компании Procter & Gamble. В презентации рассказывалось о том, как всеобъемлющее внедрение радиочастотных меток RFID сможет видоизменить систему управления логистическими цепями в корпорации.

Официальное определение Интернета вещей приведено в Рекомендации МСЭ-Т Y.2060, согласно которому IoT – глобальная инфраструктура информационного общества, обеспечивающая передовые услуги за счет организации связи между вещами (физическими или виртуальными) на основе существующих и развивающихся совместимых информационных и коммуникационных технологий.

Система интернета вещей включает датчики и устройства, взаимодействие которых осуществляется через облачное соединение. Как только данные попадают в облако, осуществляется их обработка программными средствами и принимается решение о необходимости выполнения определенных действий, например, настройки датчиков и устройств без необходимости ввода данных пользователем или отправки уведомлений.

Полная система интернета вещей состоит из четырех отдельных компонентов. Датчики устройств, средства подключения, инструменты обработки данных и пользовательский интерфейс.

Датчики устройств собирают данные в определенной среде. Устройство может иметь несколько датчиков, например, смартфон оснащен GPS, камерой, акселерометром и другими датчиками. Датчики собирают данные из окружающей среды для решения определенных задач.

Средства подключения. После сбора данных устройство должно отправить их в облако. Делается это по-разному: по Wi-Fi или Bluetooth, посредством спутниковой связи, через энергоэффективные сети дальнего радиуса действия (LPWAN) или при подключении напрямую к интернету через Ethernet. Вариант подключения зависит от области применения конкретного устройства интернета вещей.

Инструменты обработки данных. Как только данные попадают в облако, осуществляется их программная обработка с целью последующего решения о выполнении определенных действий. Эти действия могут включать отправку предупреждений или автоматическую настройку датчиков устройства без участия пользователя. Однако иногда требуется ввод данных со стороны пользователя. В этом случае требуется пользовательский интерфейс.

Пользовательский интерфейс. Позволяет осуществить ввод данных со стороны пользователя или выполнить проверку работоспособности системы. Все действия пользователя передаются через систему: от пользовательского интерфейса в облако, а затем к датчикам устройств для внесения запрошенных изменений.

Протоколы подключения и сетевого взаимодействия, используемые веб-устройствами, различаются в зависимости от области применения устройства интернета вещей. Для упрощения и ускорения процессов сбора данных при работе интернета вещей все чаще используется искусственный интеллект и машинное обучение.

Согласно концепции Интернета вещей существуют следующие участки:

- сенсорный узел – сенсорный узел (самый распространенный протокол DDS);
- сенсорный узел – сервер (CoAP, MQTT, XMPP, STOMP);
- сервер – сервер (AMQP).

Ниже в качестве примера приведены самые популярные.

DDS (Data Distribution Service) – реализует шаблон публикации-подписки для отправки и приема данных, событий и команд среди конечных узлов. Узлы-издатели создают информацию, «topic» (темы, разделы: температура, местоположение, давление) и публикуют шаблоны. Узлам, заинтересовавшимся в данных разделах, DDS прозрачно доставляет созданные шаблоны. В качестве транспорта – UDP. Также DDS позволяет управлять параметрами QoS (качество обслуживания).

CoAP (Constrained Application Protocol) – с точки зрения пользователя, похож на протокол HTTP, но отличается малым размером заголовков, что подходит для сетей с ограниченными возможностями. Использует архитектуру клиент-сервер и подходит для передачи информации о состоянии узла на сервер (сообщения GET, PUT, HEAD, POST, DELETE, CONNECT). В качестве транспорта – UDP.

XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) – давно используется в сети Интернет для передачи сообщений в режиме реального времени, благодаря формату XML подходит для использования в сетях IoT. Работает поверх архитектур издатель-подписчик и клиент-сервер. Также используется для адресации устройств в небольших сетях (адресация вида «name@domain.com»).

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – осуществляет сбор данных от множества узлов и передачу на сервер. Основывается на модели издатель-подписчик с использованием промежуточного сервера – брокера (приоритезация сообщений, формирование очередей и др.). В качестве транспорта – TCP. На основе MQTT сформирован специализированный протокол MQTT-SN для сенсорных сетей.

Для использования данных от устройств звездообразная сеть совершенно не годится. Вместо этого DDS реализует прямую шинную связь между устройствами на базе реляционной модели данных. Подобно тому, как база данных управляет доступом к хранимым данным, шина данных управляет доступом к данным и обновлениями одновременно многими пользователями. Это именно то, что нужно высокопроизводительным устройствам, чтобы они работали вместе, как единая система.

Высокопроизводительные системы интегрированных устройств используют протокол DDS. Это единственная технология, которая обеспечивает гибкость, надежность и скорость, необходимые для построения сложных приложений реального времени. Приложения включают военные системы, ветроэлектростанции, интегрированные системы больниц, системы диагностической визуализации, системы сопровождения ресурсов и автомобильные системы испытаний и обеспечения безопасности. Протокол DDS с высокой скоростью соединяет устройства внутри работающей распределенной системы.

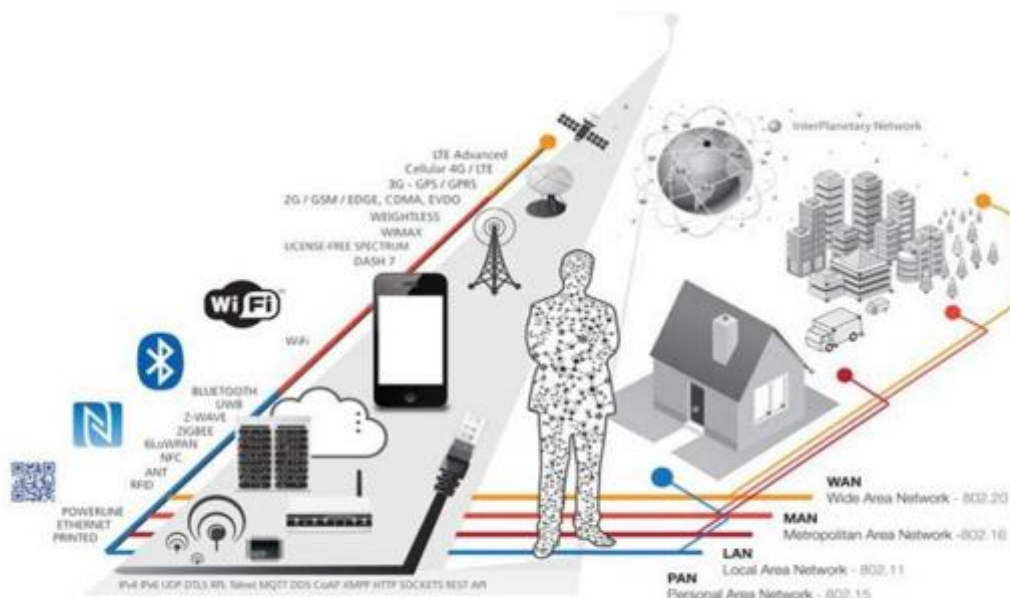


Рис. 51. Варианты подключения к существующим сетям

Существует множество областей применения интернета вещей. Ниже перечислены самые популярные.

Носимые устройства. Носимые устройства – это, пожалуй, самый заметный для простого обывателя тип устройств интернета вещей. К ним относятся фитнес-трекеры, умные часы, умные очки, гарнитуры виртуальной реальности и многое другое.

Умные дома. В систему «умный дом» входит бытовая техника. Система используется для автоматизации определенных задач и обычно управляется дистанционно. Устройства интернета вещей, входящие в состав умного дома, включают беспроводные кухонные приборы, музыкальные системы, определяющие настроение, интеллектуальные системы освещения, жалюзи с электрическим приводом, автоматические окна и двери, интеллектуальные счетчики коммунальных услуг и прочие устройства. Благодаря технологиям и устройствам, разработанным компаниями Google, «Яндекс», Amazon, Apple и другими, пользователи могут совершать онлайн-покупки, регулировать температуру в комнате, включать свет и музыку, отдавая голосовые команды виртуальным помощникам. Не нужно больше опасаться, что забыли выключить утюг или кран – достаточно нажать кнопку в смартфоне, и «умный» дом все исправит. А можно и не нажимать, ведь дом настолько умный, что сам приведет все в порядок, а владельцу отправит уведомление по итогу. Система наблюдения

с помощью компьютерного зрения распознает всех, кто проходит мимо вашей квартиры, и сравнит изображения с базой полиции.

Умные города. В умных городах используются такие устройства интернета вещей, как датчики и счетчики для сбора и анализа данных. Затем эти данные помогают автоматизировать освещение, сокращая расходы на свет до 30–50%. «Умные» счетчики, которые сами фиксируют и передают управляющим компаниям информацию о расходах и износе, избавляют городских жителей от необходимости самим сверять и отправлять данные по расходам энергии.

Беспилотный транспорт. В беспилотных автомобилях обычно используется технологическая система на основе интернета вещей, передающая данные как о самом автомобиле, так и о дороге, по которой он движется. Самостоятельное движение автомобиля достигается благодаря тому, что данные о дорожном движении, навигации, внешней среде и многом другом собираются и анализируются компьютерными системами автомобиля.

Розничная торговля. Интернет вещей все чаще используется в розничной торговле. Позволяет обеспечить персонализированные скидки, а также реализовать автоматизированные кассы и умные полки (предупреждающие продавца о том, что заканчиваются запасы), роботизацию рабочих мест и оптимизированное управление цепочками поставок. Сеть магазинов Amazon Go, базирующаяся на концепции автоматизированной торговли, объединяет черты онлайн-овых и традиционных магазинов и является примером интернета вещей. Магазины работают за безналичный расчет; деньги списываются с кошельков Amazon покупателей. Товары добавляются в корзины покупателей в режиме реального времени, когда они берут их с полок.

Медицинское оборудование подразумевает использование компьютерных и телекоммуникационных технологий для оказания медицинских услуг. Интернет вещей является важным аспектом медицины (для обозначения интернета медицинских вещей иногда используют аббревиатуру IoMT). Примеры его применения включают удаленную медицинскую диагностику, цифровую передачу медицинских изображений, телеконсультации со специалистами и прочее.

Умное сельское хозяйство. Предполагается использование цифровых технологий для оптимизации сельскохозяйственных работ. Фермеры могут использовать подключенные датчики, камеры и дру-

гие устройства для получения общих данных о ферме и корректировке действий для повышения урожайности.

Логистика. Интернет вещей сокращает затраты на грузоперевозки и минимизирует влияние человеческого фактора. Системы IoT также могут мониторить заполняемость мусорных баков и оптимизировать расходы на вывоз мусора, исходя из этих данных [17].

Этот список не является исчерпывающим: интернет вещей меняет образ действий и способы работы во многих сферах жизни. Примеры устройств интернета вещей включают умные мобильные телефоны, умные холодильники, умные часы, фитнес-трекеры, умные пожарные сигнализации, умные дверные замки, умные велосипеды, медицинские датчики, умные системы безопасности, а также виртуальные помощники, такие как Alexa и Google Home. Список можно продолжать дальше.

Некоторые производители устройств интернета вещей настолько торопятся вывести на рынок свои продукты, что считают безопасность второстепенным вопросом. Большинство из них используют собственный подход к обеспечению безопасности в IoT, это приводит к отсутствию или в лучшем случае замедленному принятию стандартов безопасности IoT. В процессе разработки могли быть не учтены угрозы безопасности устройств, а после запуска могут отсутствовать обновления безопасности. Однако степень защиты устройств растет с ростом осведомленности о необходимости обеспечения безопасности интернета вещей. Поэтому необходимо уточнить ответственность каждого участника в случае возникновения угрозы безопасности.

Многие устройства интернета вещей поставляются с установленными по умолчанию ненадежными паролями, а приобретающие их пользователи часто не осознают, что могут (и должны) их поменять. Ненадежные пароли и входные учетные данные делают устройства интернета вещей уязвимыми для взлома методом подбора пароля.

Учитывая наблюдаемый в последние годы рост количества устройств, подключенных к интернету вещей, который, по прогнозам, будет продолжаться, увеличится риск использования вредоносных программ и программ-вымогателей. Вредоносные программы для ботнетов из устройств интернета вещей встречаются наиболее часто.

Проблемы конфиденциальности данных. Устройства интернета вещей собирают, передают, хранят и обрабатывают огромное количество пользовательских данных. Часто эти данные могут передаваться

или продаваться третьим лицам. Обычно пользователи принимают условия обслуживания перед использованием устройств интернета вещей, однако многие просто не читают их, и, следовательно, им не всегда очевидно, как могут использоваться их данные [18].

Расширенные кибератаки. Зараженные устройства интернета вещей могут использоваться для DDoS-атак (распределенных атак типа «отказ в обслуживании»), когда взломанные устройства используются с целью заражения большего количества машин или сокрытия вредоносной активности. DDoS-атакам на устройства интернета вещей подвержены, в основном, компании, однако они также могут быть направлены на умные дома.

Незащищенные интерфейсы. Общие проблемы незащищенных интерфейсов, присущие устройствам интернета вещей, включают слабое шифрование или его отсутствие, а также недостаточную проверку подлинности данных.

Переход на удаленную работу. В период пандемии Covid-19 во всем мире наблюдался переход на удаленную работу. Устройства интернета вещей позволили многим пользователям работать из дома, однако уровень безопасности домашних сетей гораздо ниже, чем корпоративных. Рост использования устройств интернета вещей показал уязвимости в их безопасности.

В зависимости от того, к какой области IoT-экосистемы они применяются, используют меры безопасности. Приведем основные меры безопасности технологии Интернет вещей (рис. 52).

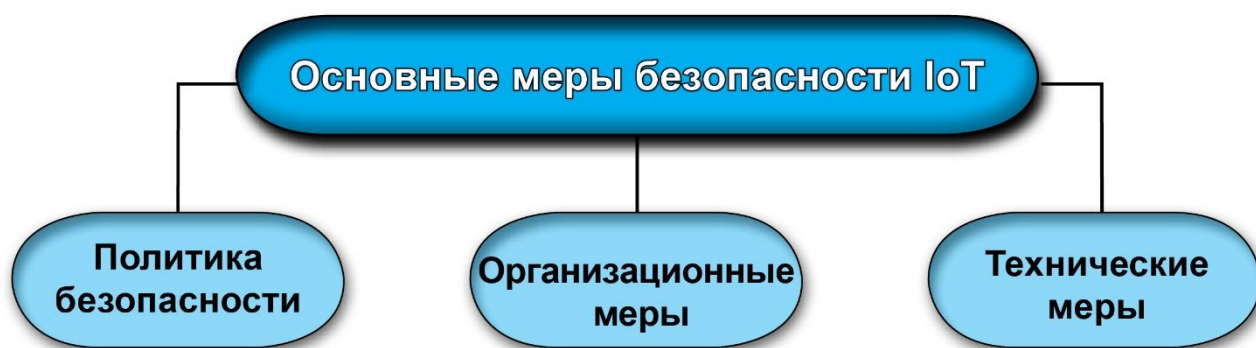


Рис. 52. Основные меры безопасности IoT

Политика безопасности. Данная группа мер относится к политике безопасности, которая в целом направлена на обеспечение информационной безопасности и призвана сделать ее более конкретной

и надежной. Она должна соответствовать деятельности организации и содержать хорошо документированную информацию. Определены следующие рекомендации по безопасности. Когда речь идет об обеспечении безопасности и конфиденциальности при проектировании, меры безопасности должны отражать особенности и контекст, в котором будет развернуто устройство или система IoT. Если дело доходит до IoT, риск зависит от контекста (т.е. основывается на сценарии приложения), и в этом отношении меры безопасности должны применяться с учетом этого фактора.

Организационные меры. Все предприятия должны иметь организационные критерии информационной безопасности. Действия персонала должны обеспечивать безопасность, управление процессами и безопасную работу с информацией в рабочем процессе организации. Организации должны обеспечить ответственность разработчиков и поставщиков за выполнение рассматриваемых функций. В случае возникновения инцидентов организация должна быть подготовлена к ответственности, оценке и реагированию.

Технические меры. Эти меры безопасности должны учитывать и охватывать технические элементы, чтобы уменьшить уязвимости IoT [19]. Рекомендуется использовать оборудование, которое включает аппаратные средства безопасности для усиления защиты и целостности устройства: например, специализированные микросхемы, которые обеспечивают защиту на транзисторном уровне – защищенное хранение данных и средств аутентификации, идентификация устройства и защита ключей в состоянии покоя и в процессе использования. Защита от локальных и физических атак может быть обеспечена с помощью функциональной безопасности. Прежде чем установить программное обеспечение, необходимо ознакомиться с загрузочной прошивкой. Любые неиспользуемые или небезопасные функции должны быть отключены. По умолчанию создавать сложные пароли для отдельных устройств. Персональные данные никогда не должны собираться и обрабатываться без согласия субъекта данных, а только на основании соответствующих законов. Должна быть предоставлена возможность проверки использования персональных данных в указанных целях. Пользователи IoT должны иметь возможность контролировать собираемую информацию.

Вопросы для собеседования

1. Что представляет Интернет вещей Internet of Things?
2. Назовите компоненты, из которых состоит система Интернета вещей.
3. Перечислите популярные области применения Интернета вещей.
4. Как повлияла пандемия Covid-19 на уязвимость Интернета вещей?
5. Назовите основные меры безопасности технологии Интернета вещей.
6. Назовите протокол, использующий технологию Интернета вещей, которая обеспечивает гибкость, надежность и скорость.
7. Что используют для упрощения и ускорения процессов сбора данных при работе Интернета вещей?
8. В каком году и кем впервые сформулирована концепция Internet of Things?
9. Чем собирают данные в определенной среде?
10. Что позволяет осуществить ввод данных со стороны пользователя?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровые технологии, развиваясь с геометрической прогрессией, сегодня востребованы практически во всех сферах жизнедеятельности. Способствуя научным открытиям и изобретениям, они направлены на развитие экономического роста и повышение благосостояния общества.

Научные исследования и разработки в области сквозных технологий в России до последних лет почти не развивались, однако сегодняшняя тенденция к росту опережает даже некоторые развитые страны. Например, в квантовых технологиях Российская Федерация обладает большим потенциалом в фундаментальной науке. Российские компании активно патентуют свои разработки в области искусственного интеллекта. Заметно растут доля компаний, внедряющих проекты цифровой трансформации, и объемы инвестиций в их реализацию, увеличивается численность IT-специалистов.

Инициативой по технологическому перевооружению страны выступила государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», направленная на реализацию технологических приоритетов и внедрение цифровых технологий. Государство должно стремиться создавать благоприятные условия для повышения конкурентности национальной цифровой среды с целью привлечения малого бизнеса в цифровую экономику. Следует предоставить бизнесу льготные условия финансирования, оказывать содействие в апробировании и внедрении инновационных разработок, выделять гранты для талантливых предпринимателей и ученых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эдельман С.Л. Математическая логика. Москва : Высшая школа, 1975. С. 45.
2. Turing M. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. 1936.
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Тезис_Черча_–_Тьюринга (дата обращения: 30.11.2017)
4. [Кийко П.В., Щукина Н.В. Эконометрика. Регрессионные модели : учебное пособие](#). Омск : Омский ГАУ, 2021. 83 с. ISBN 978-5-89764-962-4. // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/176591> (дата обращения: 08.11.2022). Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. [Кийко П.В., Щукина Н.В. Использование табличного процессора excel в качестве средства самостоятельной работы по математике](#) // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития : сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию ФГБОУ ВО Омский ГАУ. 2018. С. 181–184.
6. [Turing M. Computing Machinery and Intelligence](#). 1950.
7. [Warren S. McCulloch and Walter Pitts, A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity](#). *Bulletin of Mathematical Biology*. 52(1/2):99-115.
8. Rosenblatt: Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Brain Theory. 1962; 245-248.
9. [John Alan Robinson, A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle](#). *Journal of the ACM*. (12):23-41.
10. [Zadeh L.A. Fuzzy Sets. Information and control](#). 1965;(8):338-353.
11. [Minsky M., Seymour A. Papert, Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry, Expanded Edition](#).
12. [Paul J. Werbos, Beyond regression: new tools for prediction and analysis in the behavioral sciences](#). 1974.
13. [Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++](#). 2-е изд. ; пер. с англ. М. : Бином ; СПб. : Невский диалект, 1998. 560 с.
14. [Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения : учеб. для вузов](#). Москва : Академкнига, 2005. С. 279.
15. https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/How-to-fight-phishing-with-technical-tools (дата обращения: 18.10.2022).
16. https://naukatv.ru/articles/kak_sozdaetsya_kiberimmunitet (дата обращения: 18.10.2022).
17. <https://nplus1.ru/material/2020/02/06/course-quantum-technology-chapter5> (дата обращения: 19.10.2022).
18. <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f05c0a79a7947aac5c7577a> (дата обращения: 19.10.2022).
19. <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db96f769a7947561444f118> (дата обращения: 23.10.2022)