

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

К.В. Фролов, Д.Д. Иванов, А.К. Фролов

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2024

УДК 004.9

Фролов К. В. Цифровые технологии : учеб. пособие / К.В. Фролов, Д.Д. Иванов, А.К. Фролов. – СПб., 2024. – 99 с.

В работе представлен методологический подход к интерпретации цифровизации и цифровой трансформации в корпоративном секторе, предложено прикладное осмысление системно-кибернетических концепций, науки о данных и моделей архитектуры предприятия для анализа развития цифровых технологий. Работа направлена на развитие методологии анализа и решения задач, связанных с процессом цифровой трансформации предприятий.

© Фролов К.В., Иванов Д.Д.,
Фролов А.К., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1. Современные бизнес тренды, определившие актуальность появления цифровых технологий | 7 |
| 1. Эволюция ИТ индустрии: от оцифровки до начала периода цифровизации | 11 |
| 2. Корпоративные информационные системы в контексте системно-кибернетических теорий..... | 17 |
| 3. Выбор методологии архитектуры предприятия для формального представления задачи цифровизации..... | 19 |
| 4. Информационно-коммуникационные задачи в контексте системно-кибернетических представлений | 26 |
| 5.1 Предприятие: система и подсистемы, среда | 33 |
| 5.2 Задачи в рамках взаимодействия системы и среды..... | 42 |
| 5. Определение цифровизации и цифровой трансформации .. | 48 |
| 6. Классы решений для реализации задач цифровизации в корпоративном секторе..... | 54 |
| 7.1 Коммуникационные сервисы. Интернет вещей..... | 54 |
| 7.2 Сервисы для поддержки принятия решений..... | 59 |
| 7.2.1 Информационный поиск | 60 |
| 7.2.2 СППР. Интеллектуальный анализ данных | 61 |
| 7.2.3. СППР. Рассуждения на основе прецедентов | 62 |
| 7.2.4 СППР. Имитационное моделирование | 63 |
| 7.2.5 СППР. Мультиагентные системы..... | 65 |
| 7.3 Машинное обучение | 73 |
| 7.3.1 Машинное обучение с учителем..... | 76 |
| 7.3.2 Машинное обучение без учителя | 77 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.3.3 | Машинное обучение с частичным привлечением учителя | 77 |
| 7.4 | Роботизированная автоматизация процессов..... | 83 |
| 8. | Эволюция бизнес-процессов и поддерживающих их программных приложений | 90 |
| | Заключение | 95 |
| | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 97 |

ВВЕДЕНИЕ

Термины «цифровизация», «цифровая трансформация», «цифровые технологии» плотно вошли в нашу жизнь, настолько плотно, что употребляющие их порой не задумываются о смыслах, их наполняющих и допускают ошибки в интерпретации, полагаясь на интуитивное восприятие, основанное на опыте практического использования решений, в той или иной степени имеющих отношение к «цифре». При подготовке учебного пособия мы не ставили перед собой задачу предложить некий стандарт, формирующий единственно правильную версию цифровой культуры. Цель пособия скромнее: предложить основанное на прикладных научных теориях видение развития цифровых технологий в корпоративном секторе. Разумеется, это потребовало формулировки базовых понятий, а именно, уже упомянутых: цифровизация, цифровая трансформация, классов сущностей, которые возникают в связи с распространением этих технологий и задач, которые в этой области должны быть решены. Предложенное представление после определенной доработки может стать основой методологии анализа вариантов повышения эффективности предприятий, основанных на применении цифровых технологий. Понимание и принятие предложенных подходов, без сомнения, позволит формировать практические решения, применимы в реальном секторе экономики.

Для понимания содержания материала необходимо знание фундаментальных основ системно-кибернетической теории, экономики, а также прикладных дисциплин - Архитектуру предприятия, Науку о данных.

Нами обозначены дальнейшие шаги по развитию материала пособия и связь сформулированных теоретических положений с другими прикладными направлениями, рассматривающими управление предприятиями в современном инновационном ракурсе –

в контексте инфраструктурных аспектов, в аспекте архитектурных представлений, с учетом измеримых характеристик, предлагаемых моделями зрелости предприятий.

Многолетний опыт преподавания дисциплин, основанных, в том числе, на сформулированном представлении, демонстрирует высокую готовность выпускников, освоивших данный курс, решать практические задачи в современных предприятиях, претендующих на лидирующие позиции на высококонкурентном рынке. Рассчитываем, что пособие позволит достигать этих целей с большей эффективностью.

1. СОВРЕМЕННЫЕ БИЗНЕС ТРЕНДЫ, ОПРЕДЕЛИВШИЕ АКТУАЛЬНОСТЬ ПОЯВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С какими технологическими и бизнес-трендами корректно связывать аспекты цифровизации? Логично предположить, что, будучи достаточно новым термином, цифровизация тесно связана с не менее свежими трендами. Анализируя цифровизацию как явление инновационное, очевидно необходимо рассматривать его в контексте актуальных теорий, фокусирующихся на инновационных трендах. Из самых современных – это Теория технологических укладов [1], которая убедительно демонстрирует место и роль цифровизации в формирующемся шестом технологическом укладе, при этом не давая цифровизации четкого определения. Технологические уклады предлагают рассмотреть ведущие индустрии, влияющие на экономический и технологический прогресс, в их связанной совокупности. При этом, хотя облик шестого технологического уклада однозначно не определен, информационные технологии, усиленные цифровизационными решениями, прочно займут в нем место, о чем есть консенсус мнение у исследователей, изучающих феномен этого уклада.

Состав индустрий, претендующих на формирование ядра технологического уклада, несколько отличается по составу в трудах авторитетных авторов. Тем не менее, состав направлений имеет много общего. В частности, по мнению академика Глазьева, состав ядра шестого технологического уклада мог бы выглядеть следующим образом [2]:

Ядро технологического уклада:

- информационные технологии;
- когнитивные науки;
- социогуманитарные технологии;
- нанoeлектроника;

- нанохимия;
- молекулярная и нанофотоника;
- наноматериалы и наноструктурированные покрытия;
- наносистемная техника;
- аддитивные технологии;
- нанобиотехнологии;
- конвергенция нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий.

Следует отметить, что информационные технологии с компонентами, обеспечивающими цифровизацию, занимают отдельную строчку в перечне индустрий ядра. Это отражает сложившийся тренд на формирование индустрии информационных технологий как самостоятельной сущности, имеющей собственные производительные ресурсы и сложившуюся методологию управления жизненным циклом ИТ решений в разных вариантах в рамках богатой их классификации. Данное обстоятельство привносит кросс-индустриальный характер ИТ технологий, формируя специфические возможности для применения в различных индустриальных вариантах.

Анализируя современные ИТ решения в контексте их инновационного характера, нужно отметить важность не только теории технологических укладов, но и других теоретических направлений управления инновациями (см. рис.1.)



Рис.1. Теоретические подходы в изучении управления инновациями.

В частности, теория ускорений, больших циклов неплохо трактуют ситуацию глобальных экономических кризисов, в которых ИТ технологии стали одной из немногих индустрий, обеспечивших смягчение негативных последствий макроэкономического падения на глобальных рынках.

Особый интерес представляет социальная теория, способная сформулировать требования к ИТ специалисту будущего с учетом высокой динамики изменений технологического облика ИТ индустрии.

Аспекты цифровизации и ее практическое распространение следует рассматривать не только в инновационном смысле, но и в контексте реализуемых технологий. Практически общепринятым стало объединение этих технологий в рамках направлений, получивших название Индустрии 4.0 [3]. Перечень этих технологий в некотором смысле созвучен перечню индустрий ядра шестого технологического уклада. Однако вновь подчеркнем: шестой технологический уклад изучает индустрии с акцентом на инновационный характер индустрий, которые станут основами экономических мультипликаторов. Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0. – это модели, формирующие целостный взгляд на будущее

производственной и потребительской сферы, не умаляя инновационный характер включаемых в модель технологий, однако, акцент в этих моделях делается на технологическом характере данной сферы. Индустрия 4.0. предлагает целостный взгляд на передовое производство и потребление с киберфизических позиций, предлагая следующий перечень технологий, который меняется вследствие быстрого развития ИТ отрасли:

- Аналитика больших данных;
- Искусственный интеллект;
- Автономные роботы;
- Автономный транспорт и беспилотные летательные аппараты (БПЛА);
- Облачные вычисления;
- Квантовые вычисления;
- Интернет вещей;
- Дополненная, виртуальная реальность;
- Моделирование и симуляторы;
- Трёхмерная печать;
- Печатная электроника;
- Технологии распределенного реестра;
- Информационная безопасность.

Анализируя перечень технологий Индустрии 4.0, мы, скорее всего, интуитивно согласимся с его наполнением, апеллируя к нашему опыту и повсеместному распространению технологий, без большинства из которых мы уже не мыслим нашу жизнь. Тем не менее очевидными представляются вопросы, требующие аргументации такой таксономии технологий, определения цифровых технологий и существования цифровой трансформации. Подобные вопросы становятся еще более острыми при знакомстве с проявлениями следующего этапа технологического развития –

Индустрии 5.0. В рамках этого направления, которое становится реальностью, а не только концепцией, цифровые технологии приобретают новое качество: они направлены на достижение синергии в человеко-машинных системах, в которых интеллект человека гармонизирован с самообучаемым роботом (еще говорят: коботом) или роем роботов. Иными словами, в Индустрии 4.0 упор сделан на замещении человека машиной, а в Индустрии 5.0 от машины ожидается еще больший эффект, но он достигается за счет более продвинутых решений, которые вовлекают человеческий интеллект в управленческий контур.

Познакомив читателя с основными направлениями завоевания цифровыми технологиями своего места в производственной и потребительской сферах, акцентировав внимание на инновационном и технологическом аспектах, мы не предложили определение цифровых технологий. При кажущейся многим очевидности этого понятия, отсутствие четкого определения не позволяет недвусмысленно сформулировать таксономию технических решений, обосновать применение стандартов, определить ограничения для применения.

В следующем разделе мы покажем эволюцию информационных технологий от их появления в контексте использования компьютерной техники до начала периода, который ассоциируется с цифровизацией и цифровой трансформацией предприятий.

1. ЭВОЛЮЦИЯ ИТ ИНДУСТРИИ: ОТ ОЦИФРОВКИ ДО НАЧАЛА ПЕРИОДА ЦИФРОВИЗАЦИИ

Вычислительная (аналоговая механическая) машина как реальное устройство появилась впервые в 1927 году[4], а к концу 40х годов цифровыми вычислительными машинами, защищенными патентами и оставившими след в эволюции ЭВМ, могли

похвастаться Германия, Великобритания, США и СССР. Можно упомянуть также вычислительную машину 1912 года, произведенную в Российской Империи, но она была создана только для решения ограниченного класса дифференциальных уравнений. В любом случае, цифровые вычислительные машины универсального типа, логика вычислений в которых реализована на высокоуровневых языках программирования, были предъявлены обществу после окончания второй мировой войны.

Обратите внимание: цифровые вычислительные машины. Машины оперировали числами, которые в ее электронной элементной базе представлялись в двоичной или троичной [5] (только в СССР) системах счисления и позволяли реализовать алгоритмы детерминированной природы для получения желаемых результатов. К середине 50-х годов 20-го века в промышленно развитых странах вычислительные машины стали использоваться не только для решения специальных задач в области обороны и безопасности, но и для решения задач в интересах национальных экономик и локальных промышленных целей.

Несмотря на цифровую природу представления объектов в машинных алгоритмах, понятия «оцифровка», «цифровизация», «цифровая трансформация» не только не стали расхожими, но и вообще не получили какого-либо устойчивого использования в узкоспециальных кругах. В контексте последнего замечания было бы логичным выяснить, в каком периоде эволюции научных воззрений, инженерных достижений, практического опыта пользователей термин «цифровой» прочно входит в обиход, почему это происходит и какие перспективы открываются в связи с этим. Для удобства восприятия представим эволюцию ИТ технологий в интересующем нас контексте в хронологии их развития (рис.2).

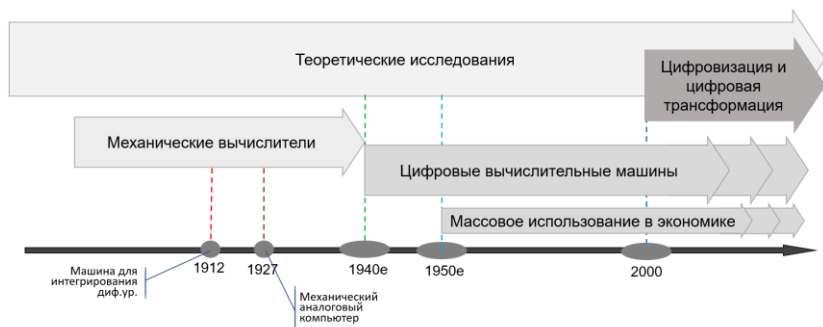


Рис.2. Эволюция развития ИТ технологии

Резюмируем: несмотря на цифровую природу представления информационных сущностей в компьютерных системах начального периода их эволюции (информационные системы с высокоуровневыми языками программирования, получившие массовое распространение в реальном секторе ряда стран), несмотря на то, что физическая природа обработки данных предполагала фактическую оцифровку моделируемых в программных приложениях сущностей, ни термин «оцифровка», ни «цифровизация», ни «цифровая трансформация» не только не получили распространения, но и не были сформулированы как значимые [6].

Тем не менее будем считать период от появления вычислительной техники, реализующей базовые принципы обработки данных в двоичной или троичной логике, периодом информационной оцифровки. Период информационной оцифровки сменится периодом цифровизации, в котором «оцифровка» получит новое значение.

Анализ ИТ решений, получивших широкое распространение в корпоративном секторе до начала периода цифровизации, логично выполнить в историческом аспекте, показав эволюцию классов решений и затем предложить методический аппарат, имеющий

научные основания и способный дать логичные объяснения этой эволюции. Отметим, что в рамках настоящего пособия не ставится задача детального объяснения частных особенностей классов ИТ решений: соответствующие положения предлагаются в других источниках, в частности, подготовленных тем же коллективом авторов, которые работали с данным трудом.

В источниках, предлагающих видение эволюции ИТ решений в корпоративном секторе, предлагается практически единое мнение относительно его представления, вариант которого представлен в Таблице 1.

| Период времени | Концепция обработки информации | Тип КИС | Цель использования |
|----------------|---------------------------------------|---|--|
| 1950 - 1960 | Поток учетных документов | Электромеханические машины для простой обработки учетных документов | Увеличение скорости обработки документов, сокращение персонала, задействованного в учете |
| 1960 - 1970 | Создание управленческих отчетов | ИС для принятия решения на заводском уровне | Автоматизация формирования отчетности для получения управленческой информации в подходящее время |
| 1970 - 1980 | Планирование и управление материалами | Система поддержки принятия решения для высшего менеджмента | Оптимальное/эффективное планирование и поддержка принятия решения в управлении организацией |

| | | | |
|-------------|--|--|---|
| 1980 - 2000 | Синтетическая информация – ресурс для стратегического преимущества | ERP, ERP II, ИС для стратегического управления | Обеспечение устойчивости организации, работающей на глобальных рынках |
|-------------|--|--|---|

Таблица 1. Эволюция ИТ решений для корпоративного сектора в период до цифровизации

В последнем десятилетии 20-го века несколькими исследовательскими группами была озвучена идея использования современных на тот период времени ИТ технологий, которые бы позволили решить ряд задач, стоявших перед мировой экономикой, которая закрепляла свое положение как глобальная. В частности, Николас Негропonte, руководитель Медиа Лабс при Массачусетском технологическом институте, озвучил идеи применения технологических решений, основанных на использовании интернета, для уменьшения транзакционных издержек (По Р.Коузу[7]), величина которых существенно влияла на эффективность бизнеса.

Напомним, что входит в понятие транзакционных издержек и изложим идею Медиа Лабс по их сокращению с помощью современных (на то время) ИТ технологий.

Транзакционные издержки не связаны непосредственно с производством товара или услуги, а имеют отношение к затратам, связанным с основными (затраты на материал, логистику, зарплату, налоги). По Коузу, к транзакционным издержкам относятся:

1. Издержки поиска информации: затраты на поиск контрагентов хозяйственных сделок и поиск наиболее выгодных условий купли-продажи.

2. Издержки заключения хозяйственного договора: отражение затрат времени и денег (привлечение юристов, агентов, организация неформальных встреч и т.п.).

3. Издержки измерения: оценка качества, безопасности товара или услуги, соответствия их заявленным свойствам, что требует привлечения соответствующих специалистов и оборудования, которые бесплатны.

4. Издержки спецификации и защиты прав собственности: издержки на установление объекта и субъекта собственности, функционирование судебной системы, органов охраны правопорядка и охраны.

5. Издержки оппортунистического поведения: издержки, связанные с выявлением и наказанием нарушителя договора – как до его заключения, так и после.

Опыт использования современных ИТ сервисов может подсказать нам возможные решения на все указанные выше виды транзакционных издержек. За 5 лет до наступления 21-го века технологические возможности ИТ были намного скуднее и идея их применения для уменьшения издержек, указанных в п. 1 и п. 2 – издержки поиска информации и заключения хозяйственного договора - уже была воспринята как технологический прорыв. Действительно, прошло около 10 лет с момента, когда Негропonte озвучил идею использования ИТ сервисов для повышения эффективности бизнеса до того времени, когда эта идея была осмыслена и принята как безусловный тренд. Еще несколько лет потребовалось на то, чтобы эти идеи получили практическую реализацию.

Какую точку на оси времени нужно считать началом периода цифровизации? Выступление Н. Негропonte в 1995 году или, возможно, выход книги исполнительного директора компании Tapscott Group Дона Тэпскотта - «Цифровая экономика» в 1994? ИТ

конгресс в 2005 году, на котором и идеи Негропонте, и Тэпскотта были широко приняты? Или необходимо найти даты выпуска патентов на решения, которые практически зафиксировали реализацию идей цифровизации. На наш взгляд, возможная дискуссия на эту тему была бы малопродуктивна. Зафиксируем окрестность 2000 года в качестве обозначения начала периода цифровизации, научную природу которой раскроем в следующих разделах.

2. КОРПОРАТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В КОНТЕКСТЕ СИСТЕМО-КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

Анализ феномена цифровизации, частных задач, возникающих в контексте развития связанных с цифровизацией технологий, крайне желательно рассматривать через призму научных теорий, призванных дать ответы на ключевые вопросы данной предметной области.

Разумеется, нельзя сформировать исчерпывающий список научных направлений, которые имеют отношение к цифровизации: так или иначе, начиная с философии, заканчивая узкоспециализированными теориями – любая теория содержит крупинцы знаний, из которых складывается современное представление цифровизации, которое, при этом, еще и динамично изменяется, внося свой вклад в устойчивость текущего технологического уклада.

Еще раз отметим, что мы ограничили себя рассмотрением цифровизации в корпоративном секторе, которое может быть распространено при соблюдении некоторых ограничений на некоммерческий сектор: например, системы, обслуживающие государственные органы.

Очевидно, что цифровизация – это реализация программных

приложений, функционирующих в составе информационной системы, поддерживающей функционирование предприятия, осуществляющего свою экономическую деятельность, как правило, в конкурентной среде и в рамках регулирующих норм и требований. В контексте этого замечания цифровизацию логично исследовать, используя методологии Архитектуры предприятия. Данное прикладное направление не должно быть единственным в исследовательских усилиях: цифровизацию необходимо рассматривать в рамках полимодельного подхода, привлекая аппарат различных теорий. В данном пособии мы не ставим задачу детального рассмотрения этих теорий, ссылаясь, при необходимости, на их частные выводы, подкрепляя приводимые аргументы ссылками на источники, где теоретические положения подробно рассмотрены.

Важно отметить, что упомянутая выше Архитектура предприятия как прикладное научное направление является частью системы знаний в структуре системно-кибернетических теорий. Вообще говоря, программные компоненты цифровизации следует рассматривать как сущности сложной системы, в связи с чем системно-кибернетическая теория в структуре системы знаний (Рис.3), наполняющих ее своим содержанием, должна рассматриваться как основа исследований.

Рассматривая предприятие как систему, задачу его функционирования мы должны формулировать не в контексте получения прибыли, а в контексте достижения целевых значений эффективности как основной характеристики устойчивости системы. Характеристики ликвидности, оборота материалов, движения денег и т.д. следует рассматривать как частные показатели, формулируемые в результате декомпозиции вышестоящих показателей.

Рассмотрим подходы к анализу задачи представления

цифровизации в терминах Архитектуры предприятия.



Рис. 3. Структура прикладных системно-кибернетических знаний для анализа задач цифровизации

3. ВЫБОР МЕТОДОЛОГИИ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ФОРМАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ЦИФРОВИЗАЦИИ

В научных трудах, затрагивающих Архитектуру предприятия (АП), встречается достаточно много определений, сходных между собой, но и имеющих отличия, связанные со спецификой целей исследования предприятия, среди которых сформулированное в работе [8] Штейнгарта и Бурмистрова представляется наиболее соответствующим содержанию учебного пособия:

«Архитектура предприятия — совокупность моделей, отражающих основополагающие компоненты предприятия (составные части, выделяемые в рамках разных структур предприятия) и основные связи между этими компонентами, а также связи между компонентами предприятия и внешней средой».

Предложенное определение открывает большие возможности для анализа особенностей цифровизации через призму АП в корпоративном секторе, однако, мы не ставим перед собой задачу разработки собственной методологии ввиду затратности и длительности этого пути. Значительно проще и эффективнее использовать существующие разработки, допускающие интерпретацию предлагаемых моделей в соответствии с новыми задачами. В этом смысле правильный выбор методологии из перечня доступных для расширения, интерпретация моделей АП в контексте построения архитектуры, учитывающей тренд цифровизации, представляет собой самостоятельную задачу.

Перечень активных методологий АП, т.е. тех, которые востребованы для решения практических задач, показан на Рис. 4.

| Автор и год | Описание события |
|---|--|
| Дж. Захман (1987) | Первое упоминание сущности, структуры и введение терми- на «архитектура информационных систем» |
| Национальный институт стандартов и технологий (NIST) (1989) | Разработаны специализированные пятиуровневые эталонные модели предприятия |
| Дж. Захман (1992) | Создание авторской методологии разработки АП для эффективного управления предприятием |
| С. Спивак (1992) | Представлено описание методологии EAP |
| Министерство обороны США (при участии Дж. Захмана) (1994) | Создание базовой архитектуры технического обеспечения для управления информацией (Technical Architecture Framework for Information Management TAFIM) |

| | |
|---|---|
| Ассоциация CIMOSA (1994) | Разработана схема открытой системной архитектуры «Open System Architecture for CIM» |
| Рабочая группа IFIP-IFAC (1998) | Создание обобщенной стандартизированной методологии GERAM |
| Федеральный совет директоров США по ИТ (1998) | Создание методологии архитектуры федеральной организации (FEAF) |
| Консорциум The Open Group (1998) | Разработана методология архитектуры консорциума The Open Group Architecture Framework (TOGAF) |
| Федеральный совет директоров США по ИТ (2002) | Модернизация и ренейминг методологии FEAF в методологию FEA |
| Компания Gartner (2005) | Разработана специализированная методология Gartner |

Рис. 4. Перечень методологий и моделей АП, активно используемых при создании корпоративных ИТ решений.

Анализируя компоненты АП, встречающиеся во всех доступных методологиях, мы увидим следующий их состав: компоненты для определения миссии, стратегии, функций, организационной структуры, бизнес-процессов, проектов, инфраструктуры, информационной системы. С точки зрения связи бизнес-архитектуры и ИТ архитектуры предприятия в контексте взаимодействия с внешней средой достаточно привлекательно выглядит методология АП GERAM [9], однако, это взаимодействие, будучи хорошо концептуально проработанным, требует большой работы архитектора, для которого в арсенале GERAM отсутствуют удобные и эффективные инструменты для проектирования детальной многоуровневой модели предприятия.

Наиболее перспективным для целей моделирования и отражения в ИТ архитектуре цифровых компонент является использование NIST [10] моделей АП. Сравнительный анализ различных методологий позволил сделать выбор в пользу NIST как наиболее предпочтительного варианта в силу следующего:

- Элементы NIST модели разрешается интерпретировать в зависимости от целей, для которых она используется
- С исходных представлений модель NIST предполагала к использованию онтологию концепций, позволяющих включить в концептуальное описание сущности внешней среды, с которыми предприятие взаимодействует; иерархия моделей, наполняющих онтологию содержанием, допускает интерпретацию отдельных сущностей как объектов, являющихся внешними для бизнес-единиц предприятия, но остающихся в контуре управления предприятием (см. рис. 5).

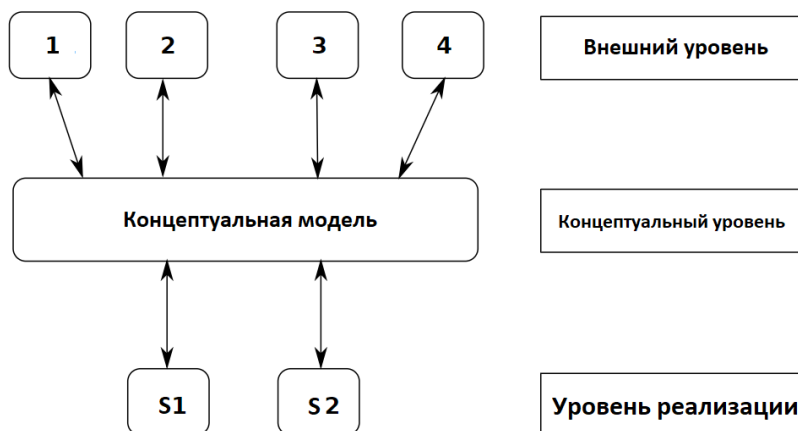


Рис.5. Иерархия компонент модели для учета коммуникации предприятия с объектами внешней среды

Открытость модели, ее ориентация на учет коммуникации с внешним миром позволяет предложить следующую интерпретацию

NIST модели, позволяющую отразить в ней современные аспекты цифровизации предприятия. Напомним, что модель NIST графически представляется ее разработчиками в следующем виде:

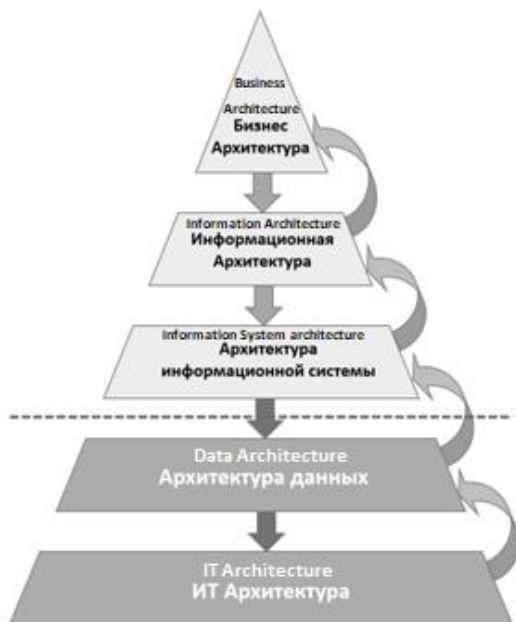


Рис. 6. Представление схемы NIST модели АП

- Бизнес-архитектура отражает функциональные области, значимые для бизнеса (за них отвечает высший менеджмент), стратегию, взаимодействие с сущностями внешнего мира, потенциально способными оказать существенное влияние на показатели эффективности деятельности предприятия. Представители данного уровня являются потребителями работы приложений, относящихся к системам поддержки принятия решений верхнего уровня, в том числе, приложениям долгосрочного планирования.

- Информационная архитектура – уровень, на котором формируются существенные для бизнеса информационные потоки, за которые отвечает менеджмент предприятия «2-го эшелона» (например, на уровне бизнес-архитектуры – операционный директор, а ему подчиняются на данном уровне главный инженер, главный технолог, директор по качеству, главный энергетик, взаимодействующие друг с другом и формирующие информационные потоки в операционной области производства и производственного снабжения). Объектами внешнего мира на данном уровне могут быть, например, внешние подрядчики, оборудование, люди как выразители мнения о качестве продукции, природа как возмущающий фактор. Представители данного уровня являются потребителями работы приложений, относящихся к системам поддержки принятия решений, в том числе, приложениям среднесрочного планирования.

- Архитектура информационной системы – уровень модели, на котором представляются бизнес-процессы, и для которого объектами внешнего мира являются технические объекты, персонал и представители внешних контрагентов, выполняющие конкретные операции (например, обслуживание оборудования), а также природа, воздействующая на предприятие различным, в том числе, деструктивным, образом.

- Архитектура данных обеспечивает преобразование информации в данные, формат которых позволяет приложениям ИТ архитектуры обрабатывать их в соответствии с логикой, определенной на вышестоящих уровнях, а также преобразование данных в информацию или данные другого формата для интерпретации ролями, исполняющими операции бизнес-процессов (для уровня архитектуры информационной системы) и в информацию для использования менеджментом на 2х верхних уровнях. Применительно к данной сущности применима

интерпретация базовой сущности науки о данных - пирамиды DIKIW [11] (Data, Information, Knowledge, Intelligence, Wisdom). В контексте уровня данных представления NIST модели нижний уровень (данные) — это сущность, которая наполняет содержанием процессы вычислений, а информацию (2й снизу уровень) следует рассматривать как результат этих вычислений или как исходную постановку задачи, подлежащую формальному представлению для последующего решения с использованием программно-аппаратной инфраструктуры. Уровень данных и уровень информации выделены цветом на Рис. 7.



Рис. 7. Пирамида DIKIW как базовая конструкция науки о данных

- Нижний уровень представлен программно-аппаратным комплексом, в котором программные компоненты поддерживают выполнение операций с целью эффективной реализации бизнес-процессов (уровень архитектуры информационной системы),

операций поддержки принятия решений (Уровни информационной архитектуры и бизнес-архитектуры), цифровых сервисов (они будут анализироваться далее).

4. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ В КОНТЕКСТЕ СИСТЕМНО-КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

Представим себе, что мы, вооруженные современным знанием, отправились в докомпьютерную эпоху с целью провести анализ работы предприятия размера, позволяющего по современным меркам классифицировать его не менее чем среднее. Мы увидим четкую работу исполнителей операций, супервизоров и учетчиков, между которыми установлено четкое информационное взаимодействие, задачей которого является обеспечение исполнения бизнес-процесса. Отметим несколько существенных замечаний, имеющих непосредственное отношение к уровню бизнес-процессов:

- В стандарте ISO 9000 бизнес-процесс определен следующим образом: это совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы. Это определение однозначно коррелирует с фундаментальным системно-кибернетическим представлением [12], в котором в системе выделяются ядро и полюса – входные и выходные, через которые система взаимодействует со средой.

- Логика исполнения действий в рамках бизнес-процессов детерминирована: исполнителям операций выдаются четкие инструкции, регламентирующие их действия;

- Несмотря на заявленный детерминизм, неопределенность всегда имеет место при исполнении бизнес-процессов. Задача управления – минимизировать риски от наступления событий, которые не учтены в плане, но отражены в сценарных вариантах

исполнения бизнес-процесса в виде вариантов исполнения операций.

Итак, на уровне архитектуры информационной системы реализуется система бизнес-процессов, а также операций поддержки принятия решений, часть из которых может быть исключена из потока операций бизнес-процессов. Логика бизнес-процессов детерминирована и сформирована на основании сценарных условий, определенных с учетом факторов неопределенности, способных повлиять на исполнение операций бизнес-процессов. Данный слой взаимодействует с внешней средой через подмножество полюсов (входов и выходов, если использовать терминологию стандарта ISO 9000, см. рис. 8). В систему входит подмножество подсистем, организованных таким образом, что другие подсистемы рассматриваются как элементы среды.

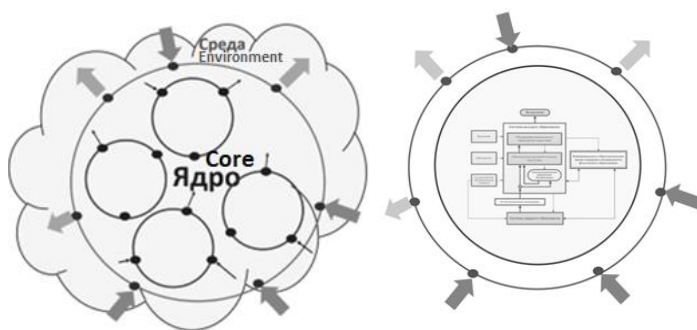


Рис. 8. Представление уровня информационной архитектуры в терминах системно-кибернетической теории, акцент на детерминизм логики исполнения бизнес-процесса

Для более четкого восприятия обозначенного подхода приведем пример, взяв за основу абстрактное предприятие, специализирующееся на производстве велосипедов. Процесс создания добавленной стоимости на предприятии построен как логически упорядоченная последовательность операций,

объединенных в категории (проектирование изделия и технологического процесса, производственное снабжение и производство (согласно с-MES [13]), сбытовая логистика, сервис и обслуживание производственных активов). На предприятии организован процесс распределения готовой продукции, продаж и маркетинга (исполнение процесса реализации ценности), а также обеспечивающие процессы – управление персоналом, финансами, охраной труда и окружающей среды. Элементами среды для такого предприятия являются государственные органы (требования в части налогов, охраны труда и окружающей среды, соблюдение технических регламентов, гарантии разрешения споров и т.д.), конкурирующие компании, контрагенты (поставщики материалов, товаров, услуг, покупатели), окружающая среда (землетрясения, ливни, пожары и т.п.), домашние хозяйства (продавцы рабочей силы, генераторы мнений о продукции). Взаимодействие с элементами внешней среды осуществляется как в формате, который был заранее оговорен (например, формат заказа на продажу, покупку, налоговая декларация) или имеет место взаимодействие, формат которого никак не определен (например, аналитическая записка конкурентной разведки, мнение никнейма о качестве товара, прогноз погодной обстановки и т.д.). За взаимодействие с элементами внешней среды отвечают специальные службы предприятия: налоговая служба в составе финансовой дирекции, служба технического аудита, отдел закупок, отдел продаж, конкурентная разведка и т.п. Анализируя структуру предприятия более детально, обнаружим, что для подразделений предприятия, классифицируемых как его подсистемы, элементами внешней среды могут выступать другие подразделения: например, отдел промышленной безопасности является элементом внешней среды для цеха сборки и окраски.

В контексте предложенного описания поднимемся выше по пирамиде Архитектуры предприятия, напомнив, что бизнес-

процессы, согласно предложенной интерпретации модели, соответствуют уровню архитектуры информационной системы. Еще раз напомним, что деятельность предприятия не ограничивается только бизнес-процессами; менеджмент предприятия выполняет управленческие задачи и для обеспечения требуемой эффективности этой работы необходима система поддержки принятия решений, которая может быть непосредственно не связана с бизнес-процессом. Например, не имеет непосредственного (но имеет опосредованное!) отношения к бизнес процессу решение о соотношении собственных и оборотных средств в инвестиционном потоке, решение о выборе технологии интеграции с производственным оборудованием, решение о выборе состава производственных активов, в отношении которых может быть использован риск-сбалансированный метод обеспечения их надежности, решение о соотношении собственных и привлеченных транспортных средств в контуре производственной логистики.

Анализируя уровни Архитектуры предприятия (3 верхних уровня над пунктирным отрезком на рис. 9), соответствующих бизнес-деятельности, отметим рост информационной неопределенности по мере движения от слоя бизнес-процессов к вершине модельной конструкции, на которой формируется целеполагание, и определяются показатели, с помощью которых оценивается устойчивость предприятия. Нельзя отрицать важность задачи снижения информационной неопределенности в контексте обеспечения устойчивости предприятия и для ее решения должен быть предложен комплекс программных приложений, развернутых в ландшафте информационных технологий (ИТ ландшафте) в соответствии с некоторыми правилами, соглашениями и стандартами. На рис. 9 это 2 уровня архитектуры, находящиеся под пунктирным отрезком.



Рис. 9. Схематическое пояснение роста неопределенности в области ответственности по мере движения к вершине модели архитектуры предприятия

Еще раз обратимся к Рис.8, который иллюстрирует фундаментальные характеристики подсистем архитектуры предприятия, в качестве которых будем рассматривать блоки модели, показанные на рисунках 6 и 9. Действия, осуществляемые субъектами уровней модели и выполняемые внутри границ соответствующей подсистемы, реализуются в рамках некоторого детерминированного сценария: на это у системы достаточно ресурсов, чтобы поддерживать эту определенность. Приведем примеры различных бизнес-сценариев, иллюстрирующих это утверждение:

- рассчитывая сменно-суточное задание в рамках выполнения производственного заказа, руководитель уверен в его выполнимости ввиду наличия необходимых для этого ресурсов;

- формируя расписание отгрузок готовой продукции, руководитель логистической службы уверен в его (расписании) выполнении;

- беря обязательства разработать новый технологический процесс, руководитель подразделения R&D гарантирует выполнения задачи в срок, предложенный им на основании собственных расчетов, подтвержденных аудитом;

- оплата обязательств, обещанных контрагентам, основана на анализе финансовой службы, обеспечивающей достаточную для этого операционную ликвидность;

- годовой план операций предприятия основан на аргументации критериев выбора вариантов в рамках процедуры многокритериальной оптимизации и оценки рисков выполнения, привязанных к количественной шкале;

- решение о начале выпуска новой линейки продукции основано на качественном и количественном анализе факторов, влияющих на эффективность этой стратегической инициативы.

Предложенные примеры наглядно показывают нацеленность предприятия организовать свою деятельность таким образом, чтобы его структурная устойчивость обеспечила выживаемость предприятия в конкурентной экономике, сценарные условия которой определены для определения управляющих воздействий на всех уровнях управления предприятия. При формировании сценарных условий учитываются требования регуляторов, ожидания потребителей, природные условия, конкурентная среда, технологические возможности и т.д.

Следуя положениям общей теории систем [12], отметим, что граница подсистем предприятия (Рис. 8) формируется таким образом,

чтобы задачи, решение которых возлагается на эти подсистемы, были обеспечены ресурсами и организованы так, чтобы любые возмущения, возникающие внутри подсистемы, не являлись критическими для устойчивости функционирования подсистемы. Например, предприятие выполнит весь комплекс операций в соответствии с планом, если запланированные ресурсы (специалисты, оборудование, сырье, финансы) доступны. Иными словами, предприятие, стремящееся обеспечить собственную устойчивость, формирует границы подсистем таким образом, чтобы внутри подсистем (управление бизнесом, реализации бизнес-процессов, технологических процессов, ИТ) было возможно реализовать детерминированный алгоритм действий. Однако за границей систем (как и за границами входящих в нее подсистем) существует среда, которая по своей природе является возмущающей и ее влияние на систему потенциально угрожает устойчивости системы. В контексте общей теории систем и кибернетических понятий (по А.И.Бергу) среда – это другая система, с которой предприятие взаимодействует через входные и выходные полюса. Через эти полюса осуществляется информационный обмен со средой. Даже в случае материального обмена, информация, связанная с материальными активами, является основной сущностью, которая проходит через эти полюса.

В контексте взаимодействия системы и среды через входные и выходные полюса необходимо ответить на следующие вопросы:

- Как определять подсистемы предприятия и что является средой для этих подсистем и что является средой для предприятия?
- Какие классы объектов целесообразно выделить во внешней для предприятия (его подсистем) среде?
- Какие задачи решаются в рамках взаимодействия системы и среды?

5.1 Предприятие: система и подсистемы, среда

Для выделения подсистем в системе, которым является предприятие, будем следовать принципам:

- Подсистема выделяется из системы на основании правил декомпозиции, описанных в теории систем и системотехнике.
- Подсистема выполняет относительно самостоятельную функцию и отношения между элементами структуры подсистемы описываются отношениями строго порядка.
- Отношения между элементами подсистемы наиболее важны с точки зрения взаимодействия с внешней средой.

Мы не ставим перед собой задачу проведение глубокого анализа возможностей декомпозиции системы на подсистемы с помощью формальных инструментов, доступных в арсенале теории систем. Тем не менее для понимания основ такой декомпозиции нам потребуется концептуальный анализ вариантов выделения подсистем как самостоятельных сущностей предприятия. Отметим, что для различных исследовательских задач возможны различные методы, в основе каждого из которых лежит набор тех или иных правил и признаков. Наша задача – выявить наиболее приемлемый для анализа вариант декомпозиции, который формирует наглядную картину взаимодействия предприятия со средой.

Если обратиться к рис. 6 и использовать представленную на нем модель предприятия для обоснования формирования подсистем, то, очевидно, что подсистема — это уровень модели: уровень высшего менеджмента, уровень менеджмента среднего звена, уровень исполнителей бизнес-процессов, уровень ИТ поддержки (Рис. 10). Принцип формирования подсистем – общность задач с точки зрения их соответствия уровню управления. Каждая из полученных таким образом подсистем допускает более глубокую декомпозицию на подсистемы в соответствии с набором признаков, выбранных для этой цели.

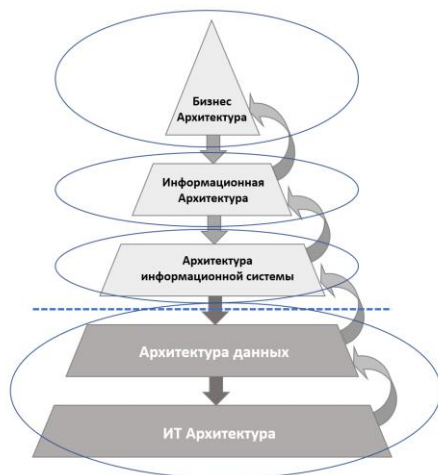


Рис. 10. Формирование подсистем предприятия по принципу принадлежности одному уровню модели архитектуры предприятия

Определим, какие сущности внешней среды являются значимыми для представления взаимодействия предприятия со своим окружением. Это даст нам возможность предложить модель коммуникаций подсистем с внешней средой – не только для предложенной декомпозиции, но и для альтернативных вариантов, описанных далее.

Классы сущностей внешней среды, с которыми взаимодействует предприятие:

- Природа: любые ее проявления – ураганы, грозы, наводнения, землетрясения, морозы и жара, оползни и сели – все, что способно повлиять на планы предприятия и создать угрозу его устойчивости.
- Потребитель – индивидуум, который в силу личных предпочтений оказывает влияние на спрос продукции, выпускаемой предприятием. Предпочтения потребителя нелинейны, характеризуются неопределенностью не только для предприятия, но и, зачастую, для самого потребителя. Потребителем может быть не

только розничный покупатель потребительских товаров, но и работник предприятия, покупающей промышленную продукцию.

- Технические активы (вендинговые аппараты, производственное оборудование, транспортные средства, телекоммуникационные ретрансляторы и т.д.), находящиеся вне географических границ подсистемы, в целях которой актив выполняет свои задачи. Упомянув производственное оборудование, поясним его классификацию как сущность внешней среды. Операции, которые выполняет актив, осуществляется в рамках целей, которые установлены перед производственным подразделением (подсистема 1), а обеспечение надежности актива – есть ответственность подразделения технического обслуживания и ремонта (подсистема 2).

- Институциональные и корпоративные контрагенты (государственные регуляторы, фискальные и таможенные органы, поставщики и покупатели, партнеры и конкуренты и т.д.).

Определив классы сущностей внешней среды, сделаем ряд замечаний:

- Предприятие взаимодействует как с простыми сущностями, так и с комбинациями объектов: потребитель, мнение которого частично сформировано конкурентом; технический актив, часть операций по обслуживанию которого выполняется представителем внешнего контрагента; контрагент, выполняющий функции регулятора и покупателя и т.д.

- Не все классы сущностей внешней среды являются значимыми для конкретного предприятия. Например, для предприятия, расположенного на территории, спокойной с точки зрения неблагоприятных условий внешней среды, можно пренебречь природными факторами. Для ИТ компании, как правило, не использующей в своей деятельности сложные материальные активы, надежность которых влияет на

производственные результаты, отпадает необходимость рассматривать технические активы как сущности внешней среды.

- Внешняя среда всегда должна рассматриваться в контексте возмущений, характеризующихся неопределенностью. В частности, даже имея твёрдые гарантии поставки, гарантированные контрактом с внешним контрагентом, предприятие не может рассчитывать на 100% исполнение поставки согласно договоренностям: поставщик может столкнуться с форс-мажорными обстоятельствами, препятствующими исполнению его обязательств, и на эти обстоятельства предприятие может не иметь возможности влияния.

- Для каждой подсистемы предприятия в представлении Рис. 10 актуальными являются набор классов, показанный на рисунке 11: для подсистемы уровня высших руководителей не актуально рассматривать материальные активы в качестве сущностей внешней среды, а для исполнителей бизнес-процессов конкурентные стратегии бизнес оппонентов имеют лишь познавательный смысл.

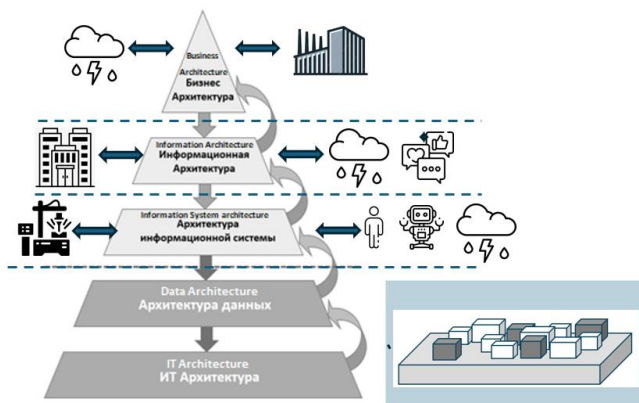


Рис.11. Классы сущностей внешней среды, ассоциируемые с подсистемами предприятия

Рассмотрим альтернативные принципы декомпозиции предприятия на подсистемы. Для этого расширим представление предприятия, добавив в предложенную модель дополнительные признаки. Один из вариантов такого расширения – выделение подсистем на основании принадлежности определенной функциональной области - см. Рис. 12.

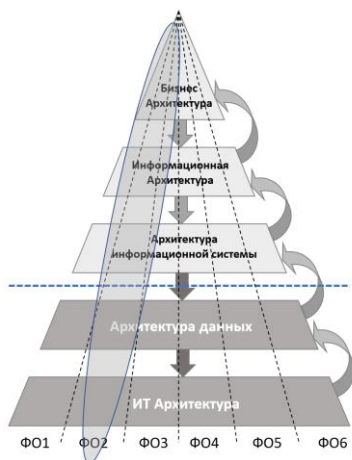


Рис.12. Выделение подсистем на основании принадлежности определенной функциональной области

Сформулируем предложенное понятие «Функциональная область». К этой категории будем относить деятельность сущности предприятия, группируемых по признаку специализации на определенном виде деятельности в контексте достижения поставленного результата. Основой такой группировки является иерархическое представление бизнес-процессов, широко используемое в теории и практике процессной проблематики – оно показано на Рис.13.

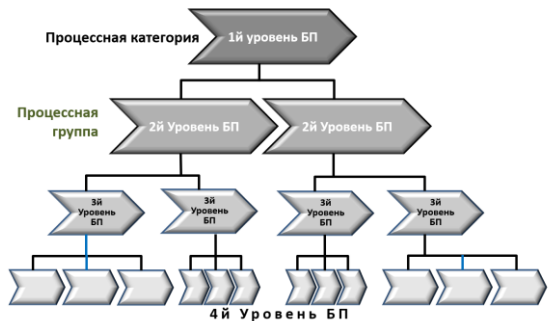


Рис.13. Иерархическое представление процессного описания деятельности предприятия

Предложенное процессное представление ассоциирует уровень бизнес-архитектуры модели архитектуры предприятия с процессной категорией, информационной архитектуры – с процессной группой, 3-й и 4-й уровни бизнес-процесса с архитектурой информационной системы. При этом предполагается, что уровни модельного представления предприятия сохраняют структурное подобие, поскольку только в этом случае система обеспечивает свою максимальную устойчивость функционирования в возмущающей среде. При такой интерпретации ИТ уровень включает программные приложения, обеспечивающие информационную поддержку исполнения бизнес-процессов в их иерархическом представлении.

Для окончания формирования полной картины предложенной модели придадим семантический смысл функциональным областям. Для этого вновь обратимся к процессной интерпретации деятельности предприятия, которая вводит в обиход классификацию процессов на основные и обеспечивающие. К обеспечивающим относятся процессы, специализирующиеся на управлении финансами, персоналом и ИТ процессы. Некоторые авторы относят к обеспечивающим также процессы т.н. «Устойчивого развития», к которым привязывают процессы охраны труда, промышленной

безопасности, охраны окружающей среды и производственной медицины. В этом пособии мы процессы устойчивого развития из рассмотрения исключаем для избегания излишнего информационного нагромождения. К основным относят процессы, которые ориентированы на создание добавленной стоимости и реализацию ценности созданного продукта. Создание добавленной стоимости осуществляется в рамках процессов, ориентированных на управление жизненным циклом создаваемого продукта, и поддерживается ИТ решениями, разработка и использование которых осуществляется в рамках CALS модели [14]. Реализация ценности созданного продукта осуществляется при реализации процессов распределения, продажи и маркетинга, для упрощения объединенного в группу «Управление продажами». Процессные категории, которые формируют полную карту функциональных областей самодостаточного предприятия, показаны на Рис. 14.

В реальной экономике, пожалуй, нет предприятий, являющихся самодостаточными. В этом смысле классификацию функциональных областей можно рассматривать в контексте не предприятия, а экосистемы предприятий, каждый из участников которой принимает на себя ответственность за исполнение части бизнес-процессов в рамках такого партнерства. В качестве иллюстрации этого аргумента: посчитайте количество функциональных областей на Рис. 12 (их 6) и сравните с количеством функциональных областей, которые должны быть реализованы в предприятии полного цикла (минимум 10). Иными словами, для существования гипотетического предприятия из Рис. 12 должны быть введены в экосистему другие предприятия, которые специализируются на осуществлении деятельности в функциональных областях, не представленных для этого гипотетического экземпляра.

Например, концептуальная модель предприятия, специализирующегося на оптовой торговле и логистике, не будет

содержать функциональные области исследования и разработок, производства.

| | | | | |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Исследования и разработки | Управление закупками | Управление логистической цепочкой | Управление производством | Управление продажами |
| Управление активами | Управление сервисом | Управление финансами | Управление персоналом | ИТ процессы |

Рис. 14. Процессные категории самодостаточного предприятия

Возвращаясь к идее выделения подсистем на основании функциональной общности, отраженной на Рис. 12, попробуем выдвинуть предположение о сущностях внешней среды, вводимых в модель. Очевидно, что все 4 класса сущностей (контрагенты, индивидуумы, активы и природа), а также их комбинации должны рассматриваться для каждой подсистемы. При этом для обеспечения эффективности управления предприятием потребуется декомпозиция обозначенных подсистем для выделения подсистем следующего уровня с целью выявления специализации в коммуникации с конкретным классом объектов внешней среды. В этом смысле первая модель выделения подсистем на основе уровней модели Архитектуры предприятия представляется более удачной для целей нашего анализа.

До сих пор мы рассматривали «плоское» представление модели предприятия для задачи выделения подсистем в контексте взаимодействия предприятия с внешней средой. Рассмотрим еще один вариант выделения подсистем предприятия, основанный на использовании бизнес-модели непрерывного улучшения процессов – модели Деминга-Шухарта [15]. Эта модель существенно шире

используемой в настоящем пособии интерпретации, тем не менее идеи, заложенные в модели, позволяют их использовать для расширения модели Архитектуры предприятия, по крайней мере в части, относящейся к бизнес-области. Для удобства ограничимся 3-мя верхними уровнями модели архитектуры, представленной на Рис. 12 (с обозначенными функциональными областями). Перейдем от плоского представления к объемному, представив модель Архитектуры в виде пирамиды с 4-мя гранями, каждая из которых соответствует определенной фазе модели Деминга. На Рис. 15 показана такая пирамида, соответствующая предприятию, в котором поддерживаются только 3 функциональные области.

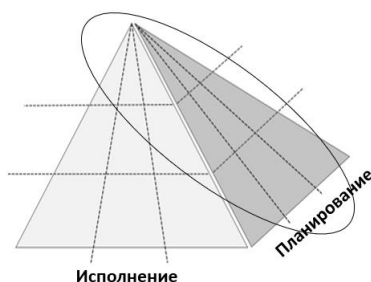


Рис.15. Модель Архитектуры предприятия с учетом фаз цикла Деминга

При таком представлении могут быть выделены подсистемы, ориентированные на реализацию деятельности в соответствии с этим циклом: подсистема планирования, декомпозируемая на функциональные области (планирование производства, планирование закупок, планирование платежных операций и т.д.), подсистема исполнения, подсистема анализа, подсистема выработки корректирующих мероприятий. Очевидно, что при таком разделении взаимодействие с внешней средой по-разному выражено в разных

подсистемах: наибольшее информационное давление в части взаимодействия с внешней средой придется на подсистему планирования и выработки корректирующих мероприятий (с учетом прогнозирования). В меньшей степени взаимодействие с внешней средой будет выражено в оставшихся 2-х подсистемах: исполнения (учета) и анализа. Что касается классов сущностей, то несложно вообразить – сущности всех классов внешней среды в той или иной мере будут представлены как взаимодействующие с подсистемами предприятия и предприятием целиком.

Рассмотрев 3 основных варианта декомпозиции предприятия на подсистемы, сформулируем частный вывод: с точки зрения наглядности, структурируемости наиболее удачной моделью представления взаимодействия предприятия с внешней средой оказывается модель, основанная на выделении подсистем как уровней модели Архитектуры предприятия (Рис. 10).

5.2 Задачи в рамках взаимодействия системы и среды

Ранее мы определили, что действия, осуществляемые системой в своих границах, направлены управленческих функций и реализацию бизнес-процессов. В условиях отсутствия возмущений обоснованное критериями выбора и действующими ограничениями распределение ресурсов, осуществляемое при их планировании, должно приводить предприятие (т.е., в данном случае, систему) к поставленной цели. Однако любая бизнес-система является открытой, т.е. функционирующей в возмущающей среде и, вследствие этого, часть ресурсов системы должна быть использована на противодействие возмущениям, свойства которых характеризуются неопределенностью или априорной неизвестностью. Способность системы найти баланс между ресурсами, выделяемыми на противодействие возмущениям и ресурсами, используемыми в рамках детерминированного сценария достижения целей при

выполнении бизнес-процессов, определяет ее устойчивость. Основываясь на этой закономерности, цели, которые должны быть решены системой (т.е. предприятием) в рамках ее взаимодействия с внешней средой, направлены на сокращение издержек, подобных транзакционным (они перечислены ранее) и самих транзакционных издержек. Еще раз перечислим их, изменив формулировки с учетом положений, сформулированных в п. 5.2 относительно неопределенности, вносимой в поведение системы факторами внешней среды, а также добавим новые издержки:

1. Издержки поиска информации: затраты на поиск контрагентов, поиск наиболее выгодных условий купли-продажи.

2. Издержки на сбор и анализ информации о состоянии используемых в операционной деятельности активов (оборудования) и персонала с целью оценки их соответствия решаемым задачам в данный момент и в будущем.

3. Издержки измерения: оценка качества, безопасности товара или услуги, соответствия их заявленным свойствам, соответствия потребительским предпочтениям покупателей.

4. Издержки оппортунистического поведения и конкурентного поведения (в том числе, целенаправленного противодействия) участников рынка.

5. Издержки прогноза неблагоприятных природных явлений и анализа их влияния на основную деятельность предприятия.

6. Издержки прогноза экономических факторов (биржевые цены и валютные курсы), динамическое поведение факторов, влияющих на спрос, параметры спроса на товары и услуги.

Для достижения обозначенных целей необходимо решить ряд задач, которые соответствуют информационно-коммуникационному характеру взаимодействия с объектами внешней среды.

Задачи информационного взаимодействия системы (т.е. предприятия) с внешней средой через входные полюса (см. Рис. 16) группируются в следующие классы:



Рис.16. Входной полюс системы

- Идентификация источника информации, формирующего информационный поток. Например, если имеется в виду взаимодействие с удаленным техническим активом, то необходимо иметь подтверждение того, что источник входящего информационного потока не подменен.

- Определение значимости информационного потока: например, данные с устройства, для которого выполняется удаленный технический мониторинг, и которые свидетельствуют о нормальной работе этого устройства, могут не использоваться для дальнейшей обработки, будучи классифицированными как незначимые, если это предусмотрено логикой управления (см. Рис. 17, значимые – в пределах выделенных областей).

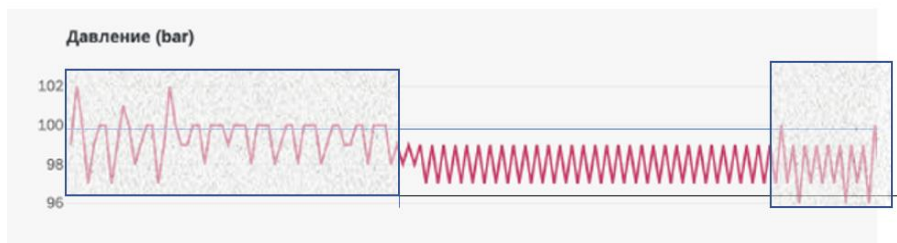


Рис.17. Иллюстрация значимых и незначимых данных

- Накопление данных, например, для поиска корреляции между ними с целью выявления закономерностей, свидетельствующих о приближении наступления нежелательных событий (неисправности) или подтверждения исправного состояния актива.

- Преобразование информации в формат, однозначно интерпретируемый на соответствующем уровне Архитектуры предприятия с целью выполнения операций бизнес-процесса с учетом обстановки во внешней среде или поддержки принятия решения на более высоком уровне также – с учетом значимой для принятия решений обстановки во внешней среде.

Задачи коммуникации с внешней средой, предложенные выше, могут быть реализованы в системе, в которой отсутствует компьютерный слой с программным обеспечением. Можно представить себе предприятие 50-х годов 20-го века, технологически зрелое в сравнении с современным аналогом, но не оснащенное компьютерной техникой. Такое предприятие не осуществляет удаленный мониторинг технических активов и не исследует социальные сети, но анализирует конкурентов, сравнивает условия поставки разными поставщиками, отслеживает погодные условия и прогнозирует рыночную конъюнктуру. Добавление компьютерного слоя в модель управления, представленную Архитектурой предприятия, не только позволяет решать традиционные задачи докомпьютерной эпохи, но и формулировать новые, которые невозможно решать без вычислительной техники и соответствующего задачам программного обеспечения.

Если рассматривать взаимодействие предприятие со внешней средой через выходной полюс, то в этом случае необходимо решить следующие частные задачи в рамках информационного взаимодействия:

- Определение адресата получения информации за пределами системы с целью получения желаемого эффекта взаимодействия.

- Формирование информационного пакета, подлежащего передаче адресату. Например, в случае аварийной ситуации управляемое удаленное устройство получает сигнал на изменение режима функционирования или выключение; при необходимости продвижения продаж потенциальная целевая аудитория получает информацию о товаре и условиях его покупки; конкуренту отправляется дезинформация, касающаяся истинных намерений предприятия. Подготовка информации осуществляется при исполнении бизнес-процесса или в рамках принятия решения.

- Преобразование информации в формат, однозначно воспринимаемый объектом внешней среды. Например, маркетинговая информация подлежит подготовке для ее представления в социальных сетях или масс-медиа, для управления техническим устройством необходимо преобразовать информационный пакет в формат, воспринимаемый его PLC, для извещения клиента клиники необходимо отправить ему СМС и открыть формуляр в личном кабинете и т.д.

- Передача информации адресату.

Выводы:

1. Любое предприятие, будучи экономическим субъектом, является открытой системой, взаимодействующей с окружающей средой.

2. В качестве системы рассматривается предприятие; подразделения предприятия (компании в составе холдинга, отделы, службы и т.д.) также являются системами, принципы взаимодействия которых с внешней средой имеют тот же характер.

3. В качестве классов объектов внешней среды рассматриваются: природа, организации, технические активы и люди. Сочетание элементов этих классов позволяет представить

калейдоскопическое множество сущностей внешней среды, с которыми взаимодействует предприятие (его подразделения).

4. Поведение сущностей внешней среды характеризуется неопределенностью различной природы и, в этом смысле оказывает негативное влияние на предприятие, вынуждая его тратить ресурсы на компенсацию такого влияния.

5. Взаимодействие предприятия (его подразделений) с внешней средой осуществляется через входные и выходные полюса. Задачи, решаемые на полюсах системы структурированы в контексте обеспечения информационно-коммуникационного взаимодействия в условиях противодействия неопределенностям и решения задач эффективного управления транзакционными издержками.

6. Уровни предприятия, выделяемые в рамках декомпозиции задач и их информационной поддержки, характеризуются структурным подобием. В этом смысле, аспекты информационно-коммуникационного взаимодействия, проявленные на уровнях управления и реализации бизнес-процессов, находят отражение на уровне поддерживающего бизнес-задачи программного обеспечения (ПО). В этом смысле программное обеспечение, поддерживающее выполнение бизнес-задач (корпоративное ПО), потенциально не только должно обслуживать выполнение бизнес-процессов и фиксировать принятые управленческие решения, но и обеспечивать выполнение задач взаимодействие с внешней средой. Программные компоненты корпоративного ПО, обслуживающие взаимодействие с внешней средой, сами по себе, без их связи с другими компонентами, поддерживающими выполнение операций бизнес-процессов и управленческих задач, теряют свою ценность, поскольку не ориентированы на достижение производственного результата. В следующем разделе мы разделим упомянутые программные

компоненты и дадим определение цифровизации для корпоративных задач и представим классы программных решений, получивших практическую реализацию для их поддержки.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В разделе 5 нами показано, что архитектура корпоративного программного обеспечения обладает структурным подобием бизнес-уровням архитектуры (см. Рис.9), что является требованием достижения устойчивости предприятия. В этом смысле задачей программного решения является поддержка исполнения бизнес-процессов, организованных в соответствии с циклом Деминга-Шухарта, а также поддержка управленческих функций (см. Рис.18).

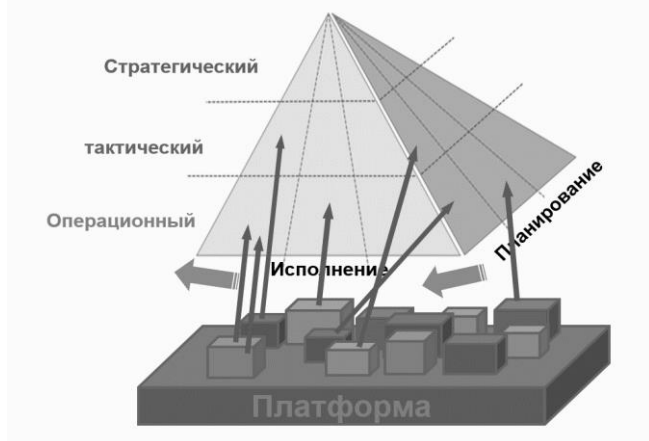


Рис. 18. Архитектурное представление предприятия, учитывающее иерархию управления, декомпозицию на функциональные области, реализацию цикла непрерывных улучшений и наличие программных компонент корпоративного ПО для поддержки этих функций

Возвращаясь к эволюционному аспекту цифровизации, напомним, что, несмотря на бурное развитие ИТ технологий,

широкое распространение в ИТ сфере это явление приобрело только во втором десятилетии 21-го века.

Наличие в составе корпоративного ПО приложений, обеспечивающих взаимодействие с внешней средой для решения задач, сформулированных в разделе 5, отличает поколения ИТ решения периода «до цифровизации» и в «эпоху цифровизации». В учебном пособии по корпоративным информационным системам эта эволюция рассмотрена подробно. Для пояснения приведем несколько примеров, иллюстрирующих автоматизацию функциональных задач без учета программной поддержки взаимодействия с внешней средой в контексте сокращения транзакционных издержек и компенсации неопределенности поведения внешней среды.

- представление декларации в фискальный орган – распечатанные отчеты, доставленные почтой;
- ввод заказа на поставку и в информационной системе вручную и отправка его печатной копии электронной почтой/факсом;
- фиксация пробы для оценки качества – ввод с клавиатуры;
- создание предложения розничному клиенту без учета его рыночной сегментации, фиксирующей типовое потребительское поведение;
- реагирование на нештатные ситуации без возможности оптимального распределения ресурсов, только на основании опыта диспетчера;
- заказ транспортного средства по телефону или на основании письменной заявки.

Основными средствами, которые обеспечивали поддержку коммуникации программного комплекса с внешней средой, были клавиатура, мышь, а принятие решения в условиях неопределенности в большинстве случаев возлагалось на опыт управленца. Иными словами, коммуникация с внешней средой осуществлялась без

использования программных компонент, т.е. без методологической проработки, вне стандартов, за рамками архитектурных подходов.

Что изменилось в ИТ решениях с переходом в цифровизацию? Взаимодействие с внешней средой в контексте ранее обозначенных классов сущностей поддерживается программными компонентами ИТ ландшафта, которые решают задачи, сформулированные в пункте 5.2. Будем называть эти компоненты программными сервисами. Важно также обратить внимание на интеграционный аспект, сформулированный в выводах к разделу 5. Имеется в виду замечание о ценности цифровых сервисов, которую они приобретают только во взаимодействии с приложениями ИТ ландшафта, поддерживающими выполнение бизнес-процессов и фиксирующими управленческие решения. Например, приложение, поддерживающее бизнес-процесс продаж способно повысить их (продаж) эффективность без цифровых сервисов в рамках автоматизации процессной деятельности. Однако эффективность может быть еще больше, если в ИТ ландшафт добавить приложение, обеспечивающее интеграцию с розничными покупателями. Это приложение своими компонентами формирует сегменты покупателей, для которые характерно типовое потребительское поведение, классифицирует розничного покупателя по принципу принадлежности к сегменту, формирует предложение товаров, ориентированное на сегмент (т.е. на покупателя), отправляет адресное предложение потенциальному покупателю и уточняет правильность предложения и привязки покупателя к сегменту для коррекции. Это приложение, которое мы классифицируем как цифровой сервис, не имеет самостоятельной бизнес-ценности, но, будучи интегрированным с приложением, поддерживающим бизнес-процесс продаж, повышает его эффективность.

Другой пример: технические активы (например, насосы в тепло-энергетическом контуре города) обслуживаются в рамках реализации стратегии «по состоянию». Приложение корпоративного ИТ

ландшафта, задачей которой является информационная поддержка процессов технического обслуживания, обеспечивает формирование синтетической картины состояния активов, планирование мероприятий обслуживания тех активов, для которых обслуживание необходимо, планирует ресурсы для выполнения операций, планирует расходные материалы и запасные части, учитывает фактически проведенные операции. Как увеличить эффективность поддержки процессов обслуживания активов? Один из вариантов – сократить затраты. Для этого достаточно уменьшить расходы на сбор данных о состоянии активов, возложив эту задачу на цифровой сервис, обеспечивающий сбор данных с датчиков, измеряющий параметры функционирующего актива. Если стоимость владения (внедрение + использование) такого решения окажется экономически более привлекательной, чем оплата труда мобильных исполнителей, и компенсация затрат на их транспортировку, то положительный эффект от такого решения очевиден.

Сформулируем определения цифровизации, цифровой трансформации и цифровых технологий, опираясь на предложенные положения.

Цифровизация в корпоративном секторе – совокупность методов, стандартов, программных решений, интегрированных с программными компонентами корпоративного ИТ ландшафта, поддерживающими выполнение бизнес-процессов для расширения их возможности в части взаимодействия с внешней средой с целью минимизации рисков ее влияния на предприятие и сокращение транзакционных издержек.

Очевидно, что данное определение обозначает следующие аспекты цифровизации:

- цифровые сервисы – часть корпоративного ИТ ландшафта и их использование предполагает интеграцию с компонентами этого

ландшафта, используемыми для поддержки выполнения бизнес-процессов и фиксации результатов принятия решений;

- цифровые сервисы выполняют коммуникативную, административную, предсказательную функции и функции безопасности;

- использование цифровых сервисов направлено на повышение устойчивости предприятия, что предполагает экономически обусловленное замещение человека из управления предприятием за счет замещения функций персонала предприятия программными и программно-аппаратными сервисами.

В контексте сформулированного определения цифровизации предложим определение цифровой трансформации.

Цифровая трансформация – процесс изменения архитектуры предприятия, при котором функции его взаимодействия с внешней средой передаются на уровень корпоративного ИТ ландшафта с целью повышения устойчивости предприятия за счет внедрения экономически обусловленных цифровых сервисов.

Отметим ключевые моменты предложенного определения:

- При цифровой трансформации корпоративный ИТ ландшафт наполняется новыми цифровыми сервисами, которые выполняют функции взаимодействия с внешней средой;

- Внедрение цифровых сервисов уменьшает часть задач взаимодействия с внешней средой с бизнес-уровней (см. рис.11 – уровень архитектуры информационной системы, бизнес и информационной архитектуры), передавая обусловленные бизнес-задачами функции взаимодействия с внешней средой на уровень корпоративного ИТ ландшафта;

- Процесс цифровой трансформации, будучи инновационно обусловленным, не имеет конечной цели: стратегические, тактические и оперативные задачи цифровой трансформации

подлежат постоянному пересмотру по мере совершенствования ИТ решений, формирующих потенциал инновационных улучшений.

Иллюстрация цифровизации и цифровой трансформации показана на Рис. 19. В левой части рисунка показана условная архитектура ИТ ландшафта, в которой отсутствуют программные компоненты, обеспечивающие взаимодействие с внешней средой (цифровые сервисы). Правая часть рисунка иллюстрирует результат цифровой трансформации, в рамках которого ИТ ландшафт получил новые компоненты – цифровые сервисы, интегрированные с компонентами, поддерживающими выполнение бизнес-процессов.

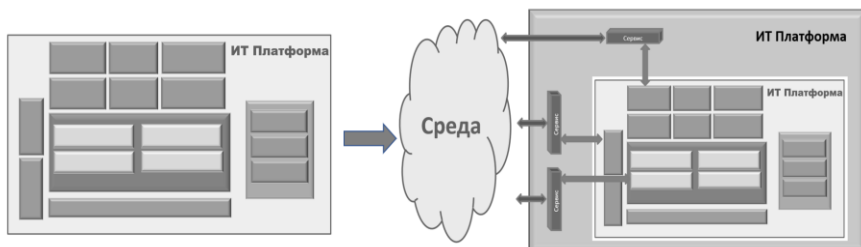


Рис. 19. Схема цифровой трансформации как процесс расширения ИТ цифровыми сервисами

Используя определения цифровизации и цифровой трансформации, сформулируем определение цифровой технологии:

Цифровая Технология – совокупность методов, стандартов и инструментов, предназначенных для достижения бизнес-результатов в корпоративном секторе с использованием цифровых сервисов.

6. КЛАССЫ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ЦИФРОВИЗАЦИИ В КОРПОРАТИВНОМ СЕКТОРЕ

Рассмотрим классы решений, используемые в качестве цифровых сервисов в корпоративных ИТ решениях. При анализе будем указывать на применимость решений в контексте индустрий, классов решений, поддерживающих бизнес-процессы, и уровней в иерархии управления предприятия (см. Рис. 18).

7.1 Коммуникационные сервисы. Интернет вещей

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – система физических объектов, техническая оснащенность которых позволяет им взаимодействовать друг с другом посредством интернет или интранет сетей, а также с приложениями, обеспечивающими информационную поддержку бизнес-процессов [16].

Например, приложение корпоративного ИТ ландшафта, обеспечивающее оперативное планирование производственных заказов (это бизнес-процесс), учитывает график недоступности производственных активов, ориентируясь на график, формируемый приложением, поддерживающим бизнес-процесс управления надежностью активов. Цифровой сервис IoT интегрирован с приложением управления надежностью и, помимо задачи обеспечения информацией приложений, поддерживающих бизнес-процессы планирования и управления надежностью, обеспечивает оперативное управление активом в рамках исполнения бизнес-процесса диспетчирзации производственного оборудования.

Логика работы IoT показана на Рис.20.



Рис.20. Как работает IoT¹

Базовая архитектура компонент IoT показана на Рис.21. Эта архитектура может быть дополнена компонентами, расширяющими его возможности, о чем будут даны пояснения в последующих разделах пособия.

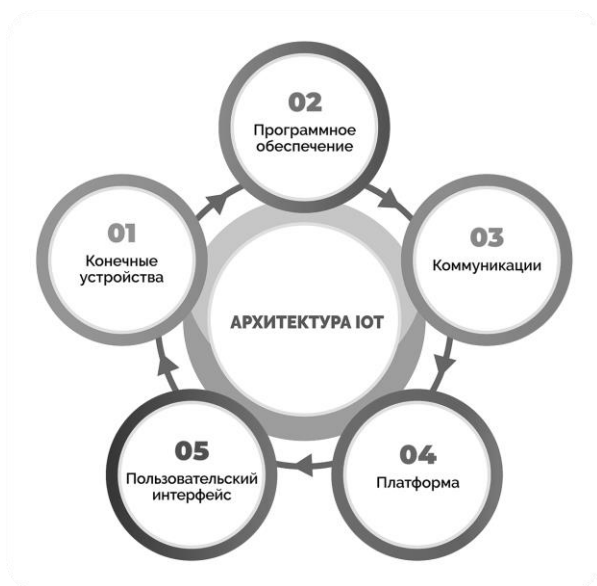


Рис. 21. Архитектура IoT как программного решения

¹ <https://neiros.ru/blog/marketing/iot-perspektivy-interneta-veshchey-i-9-primerov-ego-ispolzovaniya/>

Поскольку IoT ориентирован на взаимодействие с техническими активами как классом сущностей внешней для предприятия среды (см. Рис. 11), то в рамках исполнения последовательности задач информационно-коммуникационного взаимодействия необходимо выполнить идентификацию актива. Толчком для появления концепции стала технология RFID, но в качестве таких технологий могут использоваться все средства, применяемые для автоматической идентификации: оптически распознаваемые идентификаторы (штрихкоды, Data Matrix, QR-коды), средства определения местонахождения в режиме реального времени. Уникальность идентификатора актива, требуемая для безопасности IoT, возможна при следовании стандарту, разработанному для функционирования IoT.

Для объектов, непосредственно подключённых к интернет-сетям, традиционный идентификатор - MAC-адрес сетевого адаптера, позволяющий идентифицировать устройство на канальном уровне, при этом диапазон доступных адресов практически неисчерпаем (248 адресов в пространстве MAC-48), а использование идентификатора канального уровня не слишком удобно для приложений. Более широкие возможности по идентификации для таких устройств даёт протокол IPv6 [17], обеспечивающий уникальными адресами сетевого уровня не менее 300 млн устройств на одного жителя Земли.

Средства измерения IoT обеспечивают преобразование данных с актива в формат, однозначно интерпретируемый бизнес-приложением. Наиболее распространенная реализация средств измерения – датчики, объединение которых позволяет формировать измерительные сети и организовать взаимодействие активов между собой по принципу роя.

Ключевые показатели IoT: эффективность в условиях низких скоростей, отказоустойчивость, адаптивность, возможность

самоорганизации. Протоколы беспроводной коммуникации в сетях IoT разработаны на основании стандартов (в Европе - IEEE 802.15.4), в качестве наиболее распространенных выступают ZigBee, WirelessHart, MiWi, LoWPAN, LPWAN. IoT может функционировать в проводных сетях, которые используют PLC.

IoT используется в отраслях, где технические активы существенны с точки зрения влияния на эффективность бизнеса, и где интернет коммуникация с активами оправданна с точки зрения экономики или безопасности. Основные отрасли, в которых IoT нашел свое применение, показаны на Рис. 22.

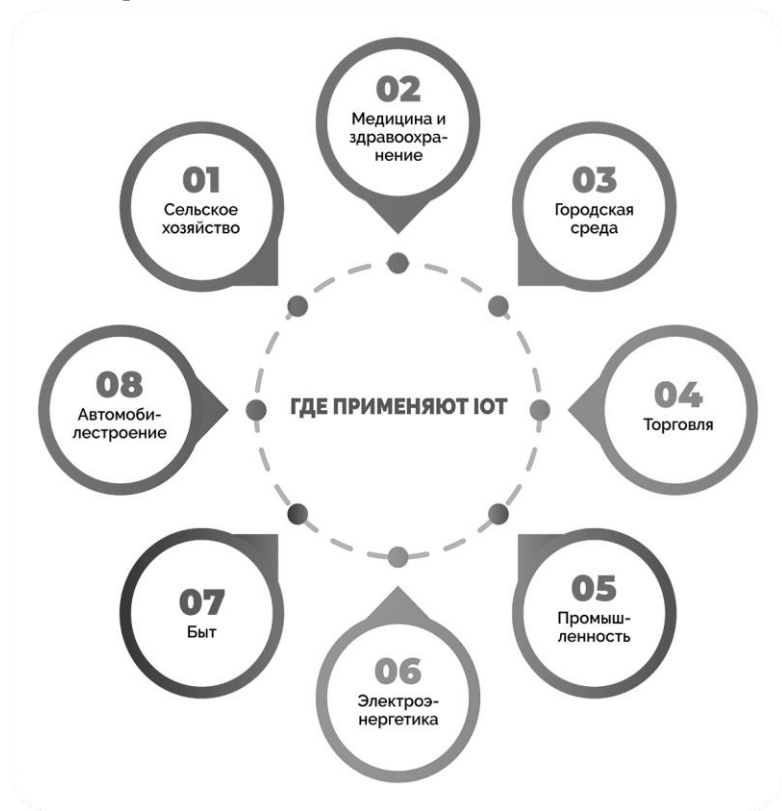


Рис.22. Индустриальное применение IoT.

С точки зрения интеграции IoT сервисов с бизнес-приложениями функциональных областей ИТ ландшафта (Рис.23), в каждой из них есть место для интеграции с IoT сервисами. Даже для управления финансами возможно предложить вариант такой реализации, например, интеграция приложений бухгалтерского учета со сканером, выполняющим семантическое распознавание бумажных первичных документов бухгалтерского учета. В таком примере сервисы IoT могли бы обеспечить удаленное управление таким сканером.



Рис.23.Возможность интеграции бизнес-приложений функциональных областей ИТ ландшафта с сервисами IoT.

Выводы:

- Базовый вариант IoT обеспечивает коммуникацию с физическими активами посредством стандартизированных протоколов. В контексте классов задач взаимодействия с внешней средой этот вариант решает весь комплекс задач, перечисленных в п.5.2;

- Расширенный вариант IoT предполагает интеграцию не только с бизнес-приложениями, но и сервисами другого класса,

например, с сервисами машинного обучения для реализации сценария прогнозируемого будущего состояния актива;

- Для IoT нет ограничений в части интеграции с бизнес-приложениями различных функциональных областей корпоративного ИТ ландшафта;

- В иерархии управления предприятием взаимодействие с сервисами IoT ограничено приложениями, поддерживающими оперативный уровень управления бизнес-процессами.

7.2 Сервисы для поддержки принятия решений

Система поддержки принятия решений (СППР) (Decision Support System, DSS) — программная компонента в структуре корпоративного ИТ ландшафта, задачей которой является помощь лицам, принимающим решение в сложных условиях информационной среды, принять управленческие решения, обеспечивающие достижение целей, поставленных перед организацией, в интересах которой действует данное лицо.

С точки зрения классификации компонент, СППР является сервисной компонентой, непосредственно не поддерживающей выполнение бизнес-процессов.

Задачи в рамках ППР:

- информационный поиск;
- интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных;
- рассуждение на основе прецедентов;
- имитационное моделирование;
- нейронные сети;
- ситуационный анализ;
- когнитивное моделирование.

В большинстве СППР упор на ранжировании, определении приоритетов или выборе среди альтернатив, характеризующихся

множественными критериями или атрибутами. Большинство программных решений, поддерживающих принятие решений, основано на анализе решений, многокритериальном процессе принятия решений.

7.2.1 Информационный поиск

Информационный поиск - процесс поиска неструктурированной документальной информации, удовлетворяющей информационные потребности, научные, методические и программные компоненты, обеспечивающие достижение заданного результата в процессе поиска.

Поиск информации представляет собой процесс выявления в текстовых документах тех, которые посвящены указанной теме (предмету), удовлетворяют заранее определенному запросу поиска или содержат факты, соответствующие информационной потребности.

Процесс поиска включает последовательность операций, направленных на сбор, обработку и предоставление информации.

В общем случае поиск информации состоит из четырех этапов:

- определение информационной потребности и формулировка информационного запроса.
- определение совокупности возможных источников информационных массивов.
- извлечение информации из выявленных информационных массивов.
- ознакомление запрашивающего с полученной информацией и оценка результатов поиска.

Виды поиска:

- Полнотекстовый поиск— поиск по всему содержимому документа.

- Поиск по метаданным — это поиск по неким атрибутам документа, поддерживаемым системой.

- Поиск изображений - поиск по содержанию изображения. Поисковая система распознает содержание фотографии (загружена пользователем или добавлен URL изображения).

Решения информационного поиска применимы к любым приложениям, поддерживающим бизнес-процессы предприятия (бизнес-приложениям), если логика исполнения операций процесса предполагает использование документов, в которых содержится информация, извлекаемая для достижения целей процесса с помощью данного вида цифровых сервисов.

7.2.2 СППР. Интеллектуальный анализ данных

Интеллектуальный анализ данных, Data mining (добыча данных, интеллектуальный анализ данных, глубинный анализ данных) – совокупность методов обнаружения в цифровых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний (по Аккоффу, см. Рис. 7), необходимых для принятия решений в корпоративной деятельности.

Основу data mining составляют всевозможные методы классификации, моделирования и прогнозирования, основанные на применении деревьев решений, искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, эволюционного программирования, ассоциативной памяти, нечёткой логики, *статистические методы* (дескриптивный анализ, корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ, дисперсионный анализ, компонентный анализ, анализ временных рядов, анализ выживаемости, анализ связей) [18].

Одно из назначений методов data mining состоит в наглядном представлении результатов вычислений (визуализация), что позволяет использовать инструментарий data mining людьми, не имеющими специальной математической подготовки.

Интеллектуальный анализ данных применим ко всем функциональным областям и всем уровням управления.

7.2.3. СППР. Рассуждения на основе прецедентов

Рассуждения на основе прецедентов (case-based reasoning) – метод решения новых проблем на основе уже известных решений.

Программные решения, реализующие метод, ориентированы на стратегический уровень управления с целью принятия решений в условиях неопределенности.

Стадии решения задачи управления рассуждениями в работах ведущих теоретиков приведены в Таблице 2.

| О. Зельц | К. Дункер | Грино |
|--|---|---|
| <p>1. Образование комплекса, в который входят:</p> <p>а) характеристики известного и б) отношения известное-неизвестное, определяющие в) место неизвестного в комплексе.</p> <p>Незавершённость этого комплекса — суть проблемности.</p> | <p>1. Проникновение в проблемную ситуацию — понимание её внутренних связей, восприятие её как целого, заключающего в себе некий конфликт.</p> | <p>1. Построение когнитивной сети, состоящей из элементов известного (данного) и неизвестного (отношения между элементами известного и неизвестного пока не установлены).</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>2. Запуск интеллектуальных операций: припоминание или создание решения.</p> | <p>2. Нахождение функционального значения решения. 3. Реализация (воплощение) функционального значения в конкретное решение.</p> | <p>2. Построение связей (отношений) между элементами, модификация сети при помощи дополнительной информации из памяти.</p> |
|--|--|--|

Таблица 2. Стадии решения задачи управления рассуждениями в работах ведущих теоретиков

7.2.4 СППР. Имитационное моделирование

Имитационное моделирование (simulation modeling) – программные приложения, реализующие методы исследования, при которых исследуемая система заменяется моделью, с приемлемой для исследования точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с моделью заменяет эксперименты на реальном объекте.

К имитационному моделированию прибегают, когда:

- дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;
- невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;
- необходимо симитировать поведение системы во времени.

Варианты методов, определяющих классы решений имитационного моделирования, показаны на Рис. 24.



Рис. 24. Методы имитационного моделирования

Дискретно-событийное моделирование - подход к моделированию, предлагающий абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события моделируемой системы, такие, как: «ожидание», «обработка заказа», «движение с грузом», «разгрузка» и другие.

Системная динамика – парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере. Помогает понять суть происходящего выявления причинно-следственных связей между объектами и явлениями.

Агентное моделирование – направление в имитационном моделировании, которое используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не фундаментальными правилами, а наоборот, когда

эти фундаментальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы (агентов).

Цель агентных моделей – получить представление об этих фундаментальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе.



Рис. 25. Применимость методов имитационного моделирования в зависимости от сценарных условий

7.2.5 СППР. Мультиагентные системы

Если системы имитационного моделирования ориентированы на исследование систем (среда рассматривается как система более высокого уровня, чем предприятие) путем проведения экспериментов на модели в рамках заданных сценарных условий, то

мультиагентные системы имеют более широкие задачи: не только моделирование, но, главным образом, планирование и ситуационное управление, поддерживаемое автоматизированной системой, реализующей адаптивные принципы. С точки зрения реализации функций по модели Деминга в корпоративной информационной системе мультиагентная система выполняет задачи, соответствующие фазе «Планирование» и «Исполнение». Задачи учета по-прежнему выполняет мастер-система, функции которой расширены мультиагентной компонентой. Свойства и возможности мультиагентных систем:

- наличие целей;
- наличие «предпочтений»;
- набор ограничений;
- возможность коммуникаций с другими агентами для согласования решений;
- выработка вариантов действий;
- оценка эффективности своих действий.

Несмотря на то, что мультиагентная система ориентирована на поддержку бизнес-процессов, часть ее компонент классифицируется как цифровой бизнес-сервис. Именно поэтому мультиагентная система рассматривается в этом разделе пособия.

Мультиагентная система – состоит из множества программных агентов, позволяющих решению проблемы самоорганизовываться:

Дополнительные классы агентов задач (операций) + функциональность агента целостности + протоколы переговоров по методу компенсаций, включая горизонтальные и вертикальные переговоры

- Агент заказа
- Агент продукта
- Агентресурса
- Штабной агент



Дополнительные классы агентов задач (операций) + функциональность агента целостности + протоколы переговоров по методу компенсаций, включая горизонтальные и вертикальные переговоры

- Первые применения: е-коммерция, текущие применения: логистика, извлечение знаний, понимание текста и другие.

- Будущее: самоорганизующийся Web-Intelligence.

Принцип мультиагентной системы показан на Рис.26.

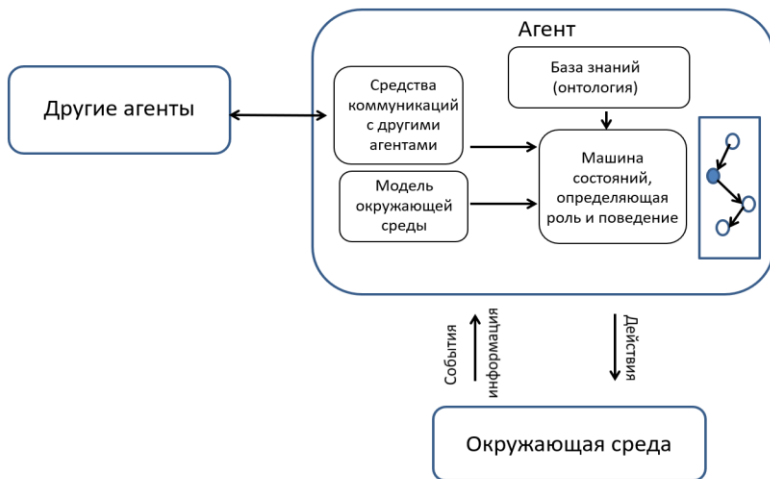


Рис.26. Принцип мультиагентной системы

Свойства и возможности:

- наличие целей;
- наличие «предпочтений»;
- набор ограничений;
- возможность коммуникаций с другими агентами для согласования решений;
- выработка вариантов действий;
- оценка эффективности своих действий.

Основу мультиагентной системы составляет подсистема описания предметной области, использующая базу знаний, построенную на базе онтологий предметной области [19] – см. Рис. 27.



Рис. 27. База знаний предметной области, построенная с помощью онтологий

Напомним, чем отличается база данных (уровень информации в пирамиде DIKIW) от базы знаний (уровень знаний).

Базы данных:

- Жесткая «схема» базы данных, введение новых полей влечет перепрограммирование системы;
- Данные организованы в виде последовательных массивов элементов, упорядоченных по индексам (алфавиту);
- Элементами базы данных могут быть только данные;
- Запросы по поиску данных программируются заранее и являются predeterminedными;
- Эффективное хранение только простых однородных наборов данных (годы рождения или адреса жительства граждан).

Базы знаний:

- Расширяемый «словарь» понятий и отношений предметной области для программирования системы;
- Данные организованы в виде семантической сети связей;
- Элементами сети могут быть понятия и отношения, а также правила рассуждений;
- Запросы направлены на установление фактов и могут реализовываться путем динамических проверок;
- Эффективное хранение сложных разнородных сведений, как, например, о цифровом двойнике производства.

Напомним, что, согласно положениям науки о данных, знания – это сведения о закономерностях окружающего мира, позволяющие моделировать окружающий мир и решать прикладные задачи (например, классификаторы видов млекопитающих на Земле или законы физики).

Детальный облик описаний предметной области (см. Рис. 28) достигается совокупностью онтологических моделей и сцен.

- Базовая онтология «Управление ресурсами» – формализованная модель знаний предметной области процессов управления;

- Прикладная онтология – онтология предметной области предприятия на основе базовой онтологии управления;
- Онтологическая модель предприятия – спецификация ресурсного состава предприятия на основе онтологий управления и предметной области;
- Сцена предприятия – состояние объектов и процессов предприятия в заданный момент времени.

В итоге описания предметной области в мультиагентной системе формируется цифровой двойник предприятия, который используется как основа планирования и ситуационного управления. Напомним, что такое цифровой двойник согласно сложившейся бизнес-практике.

Понятие «цифрового двойника» (ЦД) активно входит в науки об управлении и обработке данных благодаря конвергенции кибер-физических систем, компьютерных моделей объектов и ИИ систем.

Первые ЦД были посвящены техническим объектам, но в последнее время начали создаваться ЦД процессов управления предприятиями, включающие процессы распределения, планирования и контроля использования ресурсов.

Под «цифровым двойником процессов управления предприятия» (далее «ЦД предприятия») – будем понимать интеллектуальную кибер-физическую систему (ИКФС), обеспечивающую:

- планирование и моделирование работы предприятия;
- синхронизацию по событиям виртуального и реального предприятия в реальном времени;
- автономную работу параллельно с реальным предприятием.

С ростом сложности и размерности задач планирования и ситуационного управления применение известных классических и эмпирических моделей, методов и средств становится затруднительным:

- управление ресурсами предприятия ведется в реальном времени;
- необходимо учитывать множество требований предметной области бизнеса предприятия;
- высокая размерность решаемой задачи и т.д.

Для решения задачи используются онтологии и мультиагентные технологии, позволяющих создавать ЦД предприятий "на потоке", т.е. делать это быстрее и дешевле, а также объединять их в платформе.

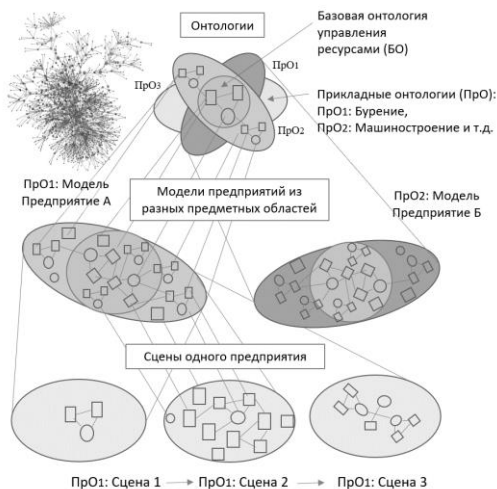


Рис. 28. Детальный облик предприятия в онтологических и сценарных элементах

Функции ЦД предприятия [20]:

- Описывает организацию предприятия (отделы);
- Задаёт бизнес-процессы или технологические процессы;
- Ведёт реестр описаний классов задач каждого процесса;

- Специфицирует продукцию и ресурсы для исполнения каждой задачи;
- Строит планы работы предприятия до уровня каждого сотрудника и контролирует их исполнение;
- Позволяет моделировать варианты действий (клоны);
- Оценивает эффективность действий предприятия.

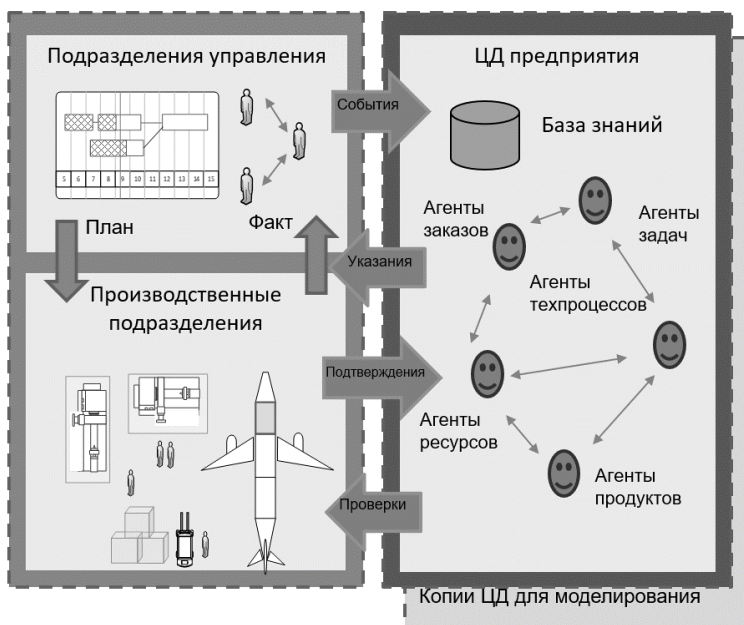


Рис. 29. Место ЦД предприятия в мультиагентной системе

Полученная информационная модель предприятия, построенная с помощью конструктора онтологий и включающая ЦД предприятий, используется мультиагентной системой для поиска оптимальных планов или для поддержки принятия решений при ситуационном управлении. Рис. 30 иллюстрирует функционирование мультиагентной системы.

В мультиагентном подходе план использования ресурсов самоорганизуется на виртуальном рынке системы в ходе переговоров программных агентов заказов и ресурсов, направленных на выявление и разрешение конфликтов с взаимными уступками.

План по приходу каждого события лишь частично (быстро) перестраивается в ходе командной работы агентов, направленной на достижение состояния неуплощаемого «конкурентного равновесия», в котором ни один из агентов не может улучшить результат в соответствии с правилом Парето.

Разработанные модели, методы и алгоритмы делают сервис гибким и адаптивным, пригодным для работы в реальном времени и повышения эффективности использования ресурсов.

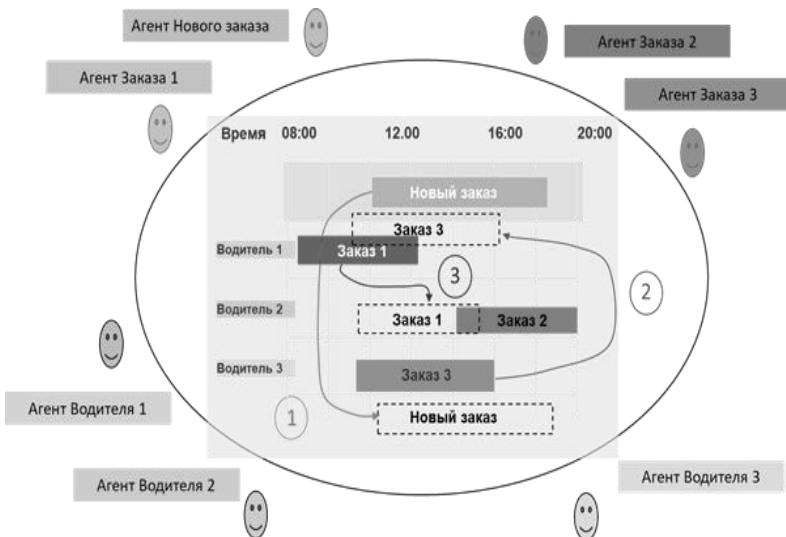


Рис. 30. Иллюстрация мультиагентного подхода

7.3 Машинное обучение

Машинное обучение – это научные и инженерные подходы, направленные на разработку алгоритмов и статистических моделей,

которые компьютерные системы используют для выполнения задач без явных инструкций, полагаясь вместо этого на шаблоны и логические выводы.

Компьютерные системы используют алгоритмы машинного обучения для обработки больших объемов статистических данных и выявления шаблонов данных. Таким образом, системы могут более точно прогнозировать результаты на основе заданного набора входных данных.

Машинное обучение: базовый принцип:

Имеется множество объектов (ситуаций) и множество возможных ответов (откликов, реакций). Существует некоторая зависимость между ответами и объектами, но она неизвестна. Известна только конечная совокупность прецедентов - пар «объект, ответ», называемая обучающей выборкой. На основе этих данных требуется восстановить неявную зависимость, то есть построить алгоритм, способный для любого возможного входного объекта выдать достаточно точный классифицирующий ответ (см. Рис. 31). Эта зависимость не обязательно выражается аналитически, и здесь реализуется принцип эмпирически формируемого решения. Важной особенностью при этом является способность обучаемой системы к обобщению, то есть к адекватному отклику на данные, выходящие за пределы имеющейся обучающей выборки. Для измерения точности ответов вводится оценочный функционал качества.

Например, программная компонента, выполняющая роль сервиса для анализа данных, получаемых с датчиков, измеряющих параметры функционирования технического актива (станок, насос, трансформатор и т.д.), и интегрированная с приложением для управления надежностью активов, позволяет реализовать сценарий прогнозного (будущего) состояния технического актива, от которого зависит тип, время и наполнение мероприятий по поддержанию его технического состояния. Т.е. цифровой сервис, реализующий логику

машинного обучения, собирает данные, поступающие с помощью сервисов IoT, анализирует их и находит корреляции данных, свидетельствующие о перспективе наступления неисправности. Результаты анализа направляются в бизнес-приложение, которое назначает мероприятие по поддержанию надежности, планирует ресурсы для его проведения и осуществляет учет проведения.

Машинное обучение – одна из набора задач, решаемых в рамках взаимодействия системы и среды (см. п. 5.2.)

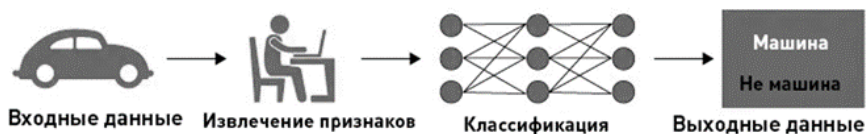


Рис.31. Принцип машинного обучения

Типы алгоритмов машинного обучения (см. Рис. 32) [21]:

- Машинное обучение с учителем;
- Машинное обучение без учителя;
- Машинное обучение с частичным привлечением учителя;
- Машинное обучение с подкреплением.

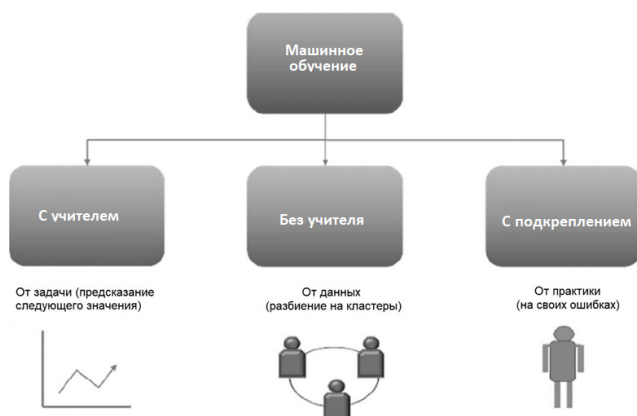


Рис. 32. Типы алгоритмов машинного обучения

7.3.1 Машинное обучение с учителем

Специалисты по работе с данными предоставляют алгоритмам помеченные и определенные обучающие данные для оценки корреляций. Демонстрационные данные определяют как входные данные, так и выходные данные алгоритма. Например, изображения рукописных цифр аннотируются, чтобы указать, какому числу они соответствуют. Система обучения с учителем может распознавать кластеры пикселей и фигур, связанных с каждым числом, при наличии достаточного количества примеров. Со временем система распознает написанные от руки цифры, стабильно различая числа 9 и 4 или 6 и 8.

Сильные стороны машинного обучения с учителем – простота и легкость структуры. Такая система полезна при прогнозировании возможного ограниченного набора результатов, разделении данных на категории или объединении результатов двух других алгоритмов машинного обучения. Сложность: маркировка миллионов немаркированных наборов данных.

Маркировка данных — это процесс категоризации входных данных с соответствующими им определенными выходными значениями. Помеченные обучающие данные необходимы для обучения с учителем. Например, миллионы изображений яблок и бананов должны быть помечены словами «яблоко» или «банан». Затем приложения машинного обучения могли бы использовать эти обучающие данные, чтобы угадывать название фрукта по изображению фрукта. Однако маркировка миллионов новых данных может быть трудоемкой и сложной задачей. Сервисы коллективной работы должны обеспечивать доступ к большому количеству рабочих ресурсов.

7.3.2 Машинное обучение без учителя

Алгоритмы обучения без учителя обучаются на неразмеченных данных. Такие алгоритмы просматривают новые данные, пытаются установить значимые связи между входными и заранее определенными выходными данными. Они могут выявлять закономерности и классифицировать данные. Алгоритмы без учителя могут группировать новостные статьи с разных новостных веб-сайтов в общие категории, такие как спорт, криминал и т.д. Они могут использовать обработку естественного языка для понимания смысла и эмоций в статье. В розничной торговле обучение без учителя поможет найти закономерности в покупках клиентов и предоставить результаты анализа данных, такие как: покупатель, скорее всего, купит хлеб, если также купит масло.

Обучение без учителя полезно для распознавания образов, обнаружения аномалий и автоматического группирования данных по категориям. Поскольку обучающие данные не требуют маркировки, настройка проста. Эти алгоритмы также можно использовать для автоматической очистки и обработки данных для дальнейшего моделирования. Ограничение этого метода состоит в том, что он не может дать точных прогнозов. Кроме того, он не может самостоятельно выделять конкретные типы выходных данных.

7.3.3 Машинное обучение с частичным привлечением учителя

Метод сочетает в себе обучение с учителем и без него. Этот метод основан на использовании небольшого количества размеченных данных и большого количества неразмеченных данных для обучения систем. Сначала размеченные данные используются для частичного обучения алгоритма машинного обучения. После этого частично обученный алгоритм сам размечает неразмеченные данные. Этот процесс называется псевдомаркировкой. Затем модель

переобучается на результирующем наборе данных без явного программирования.

Преимущество этого метода в том, что вам не требуются большие объемы размеченных данных. Это удобно при работе с такими данными, как длинные документы, чтение и маркировка которых отнимает слишком много времени у человека.

7.3.4 Машинное обучение с подкреплением

Обучение с подкреплением – это метод, в котором значения вознаграждения привязаны к различным шагам, которые должен пройти алгоритм. Таким образом, цель модели – накопить как можно больше призовых баллов и в конечном итоге достичь конечной цели. Большая часть практического применения обучения с подкреплением за последнее десятилетие была связана с видеоиграми. Передовые алгоритмы обучения с подкреплением добились впечатляющих результатов в классических и современных играх, часто значительно превосходя ручные аналоги.

Хотя этот метод лучше всего работает в неопределенных и сложных средах данных, он редко применяется в бизнес-контексте. Это неэффективно для четко определенных задач, и предвзятость разработчиков может повлиять на результаты. Поскольку специалист по работе с данными разрабатывает награды, они могут влиять на результаты.

7.3.5 Машинное обучение. Глубокое обучение

Глубокое обучение – это метод машинного обучения, который моделируется по аналогии с мозговыми процессами в голове человека. Алгоритмы глубокого обучения анализируют данные с логической структурой, аналогичной той, которую используют люди. Глубокое обучение использует интеллектуальные системы, называемые искусственными нейронными сетями, для обработки

информации слоями. Данные проходят от входного слоя через несколько «глубоких» скрытых слоев нейронной сети, прежде чем попасть на выходной слой. Дополнительные скрытые слои поддерживают обучение, которое намного эффективнее, чем стандартные модели машинного обучения.

Искусственная нейронная сеть

Слои глубокого обучения представляют собой узлы искусственной нейронной сети (ИНС), которые работают как нейроны человеческого мозга. Узлы могут представлять собой комбинацию аппаратного и программного обеспечения. Каждый уровень в алгоритме глубокого обучения состоит из узлов ИН (см. Рис. 33).

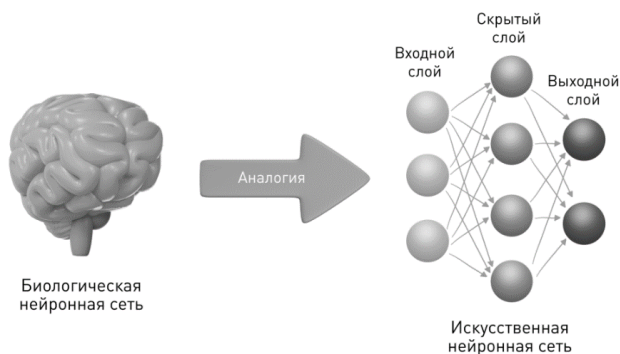


Рис. 33. Общий принцип создания нейросети

Нейросеть представляет собой систему взаимодействующих между собой процессоров (процессор = искусственный нейрон). Сеть процессоров способна выполнять сложные задачи.

Нейронные сети не программируются, а обучаются. Обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также

выполнять обобщение: в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искажённых данных.

Примеры практического использования нейросетей:

- Распознавание образов на изображениях или видео;
- Распознавание речи и перевод текстов;
- Классификация данных разных форматов – тексты, звуки или видео;
- Прогнозирование будущих событий – погода, финансы и т. п.;
- Анализ больших объемов данных и выявление скрытых взаимосвязей;
- Управление роботами и автоматизированными системами.

Принцип работы нейросети продемонстрирован на Рис.34.

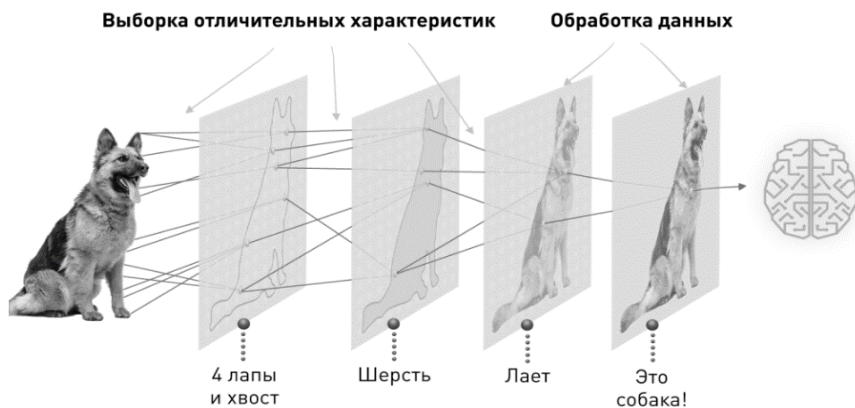


Рис. 34. Принцип функционирования нейросети

Еще раз обратим внимание на аспект интеграции с приложениями, поддерживающими бизнес-процессы предприятия. Нейросетевой сервис сам по себе, без интеграции с бизнес-

приложениями, выполняет познавательную или развлекательную функции. Расширение возможностей бизнес-приложений за счет интеграции с этим цифровым сервисом при необходимости принятия решений, учитывающих скрытые аспекты окружающего мира, выявленные при анализе данных, создает новую ценность интегрированному ИТ решению.

Один из примеров глубокого обучения - компьютерное зрение. Подобно решениям с элементами искусственного интеллекта, которые позволяют компьютерам реализовывать логику, сложность которой сравнима с человеческим мозгом, компьютерное зрение позволяет видеть, распознавать, наблюдать и реагировать. Самоуправляемые транспортные средства используют компьютерное зрение, чтобы «читать» дорожные знаки. Камера автомобиля делает снимок знака. Это фото отправляется алгоритму глубокого обучения в машине. Первый скрытый слой обнаруживает края, следующий различает цвета, а третий слой идентифицирует детали алфавита на знаке. Алгоритм предсказывает, что на знаке написано СТОП, и автомобиль ответит срабатыванием тормозного механизма.

7.3.6 Нейросети. Большие языковые модели (LLM)

Большие языковые модели (LLM) – это очень большие модели глубокого обучения, которые предварительно обучены на огромных объемах данных. В основе LLM – набор нейронных сетей (трансформер), каждая из которых состоит из кодера и декодера с возможностью самонаблюдения. Кодер и декодер извлекают значения из последовательности текста и понимают отношения между имеющимися в ней словами и фразами.

Трансформеры LLM способны обучаться без наблюдения, на основе самообучения. Именно благодаря этому процессу трансформеры учатся понимать базовую грамматику и языки, а также усваивать знания.

Архитектура нейронной сети трансформера позволяет использовать очень большие модели, которая включает сотни миллиардов параметров. Такие сверхбольшие модели могут получать огромные объемы данных, часто из Интернета, а также из специализированных источников – индекс Common Crawl (более 50 миллиардов веб-страниц), Википедия (57 миллионов страниц).

LLM могут кардинально повлиять на создание контента и использованию людьми поисковых систем и виртуальных помощников. LLM можно использовать для генеративного искусственного интеллекта для создания контента на основе подсказок к вводу на естественном языке.

Области применения больших языковых моделей:

- Копирайтинг: написание оригинальной копии, внесение изменений в оригинальные предложения для улучшения стиля и голоса.
- Ответы в базе знаний: генерация ответов на конкретные вопросы, содержащиеся в справочной информации в цифровых архивах.
- Классификация текста: используя кластеризацию, LLM могут классифицировать текст со схожими значениями или смыслом. Варианты применения включают измерение настроений клиентов, определение взаимосвязи между текстами и поиск документов.
- Генерация кода: LLM хорошо разбираются в генерации кода на основе запросов на естественном языке.
- Генерация текста: при генерации текста можно завершить неполные предложения, написать документацию по продукту.

7.3.7 Машинное обучение. Преимущества и недостатки

Преимущества моделей машинного обучения:

- определение тенденций и закономерностей данных, которые может упустить человек;

- работа без вмешательства человека после настройки; например, машинное обучение в ПО для кибербезопасности может постоянно отслеживать и выявлять нарушения в сетевом трафике без участия администратора;

- результаты могут стать более точными с течением времени;
- обработка различных форматов данных в динамических, объемных и сложных средах данных.

Недостатки моделей машинного обучения:

- исходная подготовка является дорогостоящим и трудоемким процессом; трудоемкая реализация в отсутствие достаточного объема данных (необученная система неправильно реагирует на значимые ситуации);

- ресурсоемкий процесс, требующий больших первоначальных инвестиций, если оборудование устанавливается собственными силами;

- без помощи специалиста может быть сложно правильно интерпретировать результаты и устранить неопределенность;

- Нет инструментов переучивания модели при изменении состояния среды.

7.4 Роботизированная автоматизация процессов

Роботизированная автоматизация процессов, RPA, Robotic Process Automation — это компьютерная программа-робот, имитирующая действия человека в различных системах и приложениях. Данный подход представлен с помощью специализированной логики. Пользователь выполняет поставленную задачу в специальном интерфейсе. Программа считывает действия человека, формируя собственную очередность действий для выполнения задачи, которые выполняются автономно [22].

Множество цифровых роботов (ботов) решают рутинные бизнес-задачи и имитируют часть действий пользователя: например, робот

может обрабатывать корреспонденцию, обрабатывать платежки и технические формуляры, создавать отчетные документы. RPA, как цифровой сервис, приобретает ценность только при использовании его в рамках интегрированного сценария, когда сервис расширяет возможность связанного с ним бизнес-приложения.



Рис. 35. Иллюстрация логики работы RPA

Инструменты RPA используют ботов для автоматизации рутинных задач в приложениях, которые обычно выполняются сотрудниками. Роботы достаточно мощны, чтобы имитировать несколько действий пользователя, таких как вход в приложения, копирование и вставка данных, перемещение файлов и папок, заполнение форм, очистка браузеров и извлечение структурированных и данных из документов.

Примеры возможностей робота RPA:

- Открытие и закрытие приложений, систем веб-клиентов и электронной почты, перемещение внутри приложений (ERP, CRM и т.п.).
- Создание и перемещение файлов и папок, заполнение и копирование форм, выполнение многоуровневых перепроверок данных.

- Переход по ссылкам и эмулирование нажатия кнопок, совершение автоматического перехода между приложениями.
- Загрузка данных из внешних источников в программный интерфейс или базу данных, проверка и сравнение данных.
- Выполнение математических вычислений, работа по сложной логике с условиями и циклами.
- Распознавание текста (PDF / DOC / XLS), общение с клиентами в мессенджерах с помощью чат-ботов.
- Использование предсказательной аналитики для управления решениями на основе статистики и интеллектуального анализа данных.

7.5 AR: Augmented Reality – Дополненная реальность

Дополненная реальность — технология, при которой компьютерные возможности используются для расширения и дополнения физического мира графическими объектами, 3D-анимацией, звуками. Компьютер в режиме реального времени накладывает на изображение окружающего пространства на экране различных устройств дополнительные слои с виртуальными объектами.

Технология не заменяет реальную среду искусственной, а лишь вносит в неё то, что недоступно в текущий момент.

- Принцип работы технологии:
 - камера устройства захватывает реальное изображение;
 - по специальной разметке и маркерам программа определяет место размещения виртуального объекта и его тип;
 - виртуальная картинка накладывается поверх реальной и отображается на экране.

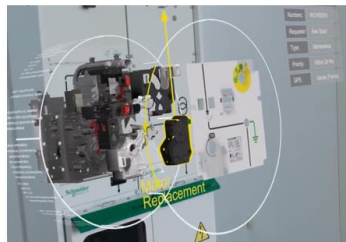


Рис.36. Иллюстрация работы AR

Виды дополненной реальности:

- **Маркерная.** Для обнаружения места расположения виртуального объекта нужны специальные маркеры — QR-код, цветная метка и другие.

- **Безмаркерная.** Искусственный интеллект обнаруживает местоположение объекта по заданным точкам и плоскостям, на которые разделяется зафиксированное ранее пространство. Принцип основан на использовании данных GPS, гироскопа, компаса и других приборов, определяющих положение пользователя.

- **Проекционная.** Отображает видимые человеческому глазу световые голограммы. Из-за сложности для массового применения пока не доступна.

- **На основе наложений.** Нейросеть обучается на базе обширных библиотек загруженных форм, видов, образов, изображений. По выведенным алгоритмам она распознаёт объекты и пространства, а затем накладывает на них цифровую картинку. Именно так работают маски в социальных сетях и сервисы с эффектом примерки одежды или предметов интерьера.

Технология может работать на смартфонах, планшетах, умных экранах, а также через проекторы и очки дополненной реальности.

7.6 VR: Virtual Reality – Виртуальная реальность

Виртуальная реальность – это визуальное представление окружающего мира, созданного при помощи программного обеспечения. Специальное оборудование (очки и шлемы виртуальной реальности, информационные перчатки, геймпады, виртуальные комнаты) помогают передать человеку эффект присутствия в интерактивном мире через органы чувств.

Разновидности VR:

VR с эффектом полного погружения (для такого погружения необходима правдоподобная симуляция мира с максимально точной детализацией, мощный компьютер и специальное оборудование).

VR без погружения (такую разновидность используют для создания 3D объектов в промышленном дизайне, архитектуре, археологических исследованиях и т.д.)

VR с совместной инфраструктурой

7.7 Распределенный реестр и Блокчейн

Распределенный реестр – это база данных, которая распределена между несколькими сетевыми узлами или вычислительными устройствами. Каждый узел получает данные из других узлов и хранит полную копию реестра. Обновления узлов происходят независимо друг от друга.

Ключевая особенность распределенного реестра — отсутствие единого центра управления. Каждый узел составляет и записывает обновления реестра независимо от других узлов. Затем узлы голосуют за обновления, чтобы удостовериться, что большинство узлов согласно с окончательным вариантом. Голосование и достижение согласия в отношении одной из копий реестра называется консенсусом, этот процесс выполняется автоматически с помощью алгоритма консенсуса. Как только консенсус достигнут,

распределенный реестр обновляется, и последняя согласованная версия реестра сохраняется в каждом узле.

Технология распределенного реестра существенно уменьшает затраты на доверие. Использование распределенных реестров поможет уменьшить зависимость от банков, государственных органов, юристов, нотариальных контор и регламентирующих органов.

Блокчейн — это один из видов распределенного реестра. Не все распределенные реестры используют последовательность блоков для достижения достоверного консенсуса в распределенной системе защищенным от злоупотреблений способом.

Блокчейн распределен в одноранговой сети и управляется с помощью этой сети. Так как это частный случай распределенного реестра, он может существовать без центральной власти или управляющего сервера, а качество данных в блокчейне обеспечивается репликацией базы данных и доверием, основанном на вычислениях (см. Рис.37).



Рис. 37. Принцип организации распределенного реестра

Примеры применения:

- Хранение данных заказчиков;
- Умные контракты для страховых организаций;
- Отслеживание необходимости разработок в научно-исследовательских центрах;
- Отслеживание цепочек поставок;
- Государственный контроль операций.

7.8 3D печать

Сущность 3D-печати отражается термином – «аддитивное производство», то есть производство за счет добавления материала. Основное отличие множественных технологий 3D-печати от привычных методов промышленного производства, получивших в свою очередь название «субтрактивных технологий», то есть «отнимающих»: если при фрезеровке, шлифовке, резке и прочих схожих процедурах лишний материал удаляется с заготовки, то в случае с аддитивным производством материал постепенно добавляется до получения цельной модели.

Аддитивное производство требует программной составляющей и в этом смысле рассматривается как цифровой сервис: аддитивное производство требует управления с помощью компьютеров, чтобы форму конечных изделий можно было определять за счет построения цифровых моделей. Именно этот фактор и задержал широкое распространение 3D-печати до того момента, когда числовое программное управление и 3D-проектирование стали общедоступными и высокопроизводительными.

8. ЭВОЛЮЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ ИХ ПРОГРАММНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Предлагаемая концепция цифровизации основана на выделении в ИТ ландшафте предприятия компонент, задачей которых является коммуникация с внешней средой. Мы назвали эти компоненты цифровыми сервисами, четко отличая их от элементов микросервисной архитектуры. Для цифровых сервисов мы определили классы сущностей, с которыми они взаимодействуют, и сформулировали классы задач, которые они решают. Мы отметили, что в корпоративном секторе цифровые сервисы имеют практическую ценность только в случае их использования в интеграции с приложениями, поддерживающими бизнес-процессы предприятия.

Мы отметили, что классификация бизнес-процессов, их взаимосвязь, архитектура и функциональное наполнение рассматриваются за рамками настоящего учебного пособия. При этом мы обозначили процессные категории бизнес-процессов, соответствующие потенциально представленным в предприятии функциональным областям, и не рассматривали эволюцию бизнес-процессов и поддерживающих их ИТ приложений, считая ИТ ландшафт зафиксированным. Динамику ИТ ландшафта мы рассматривали в контексте цифровой трансформации, представив этот процесс в упрощенном виде: бизнес-приложения остаются в неизменном виде, но в ИТ архитектуре добавляются или изменяются цифровые сервисы, расширяя тем самым возможности ИТ слоя Архитектуры предприятия.

На самом деле, процесс цифровизации затрагивает бизнес-приложения, меняя в этой части ИТ архитектуру. Происходит это по следующим причинам:

- Предприятие, которое взяло на вооружение цифровые сервисы, повышает свою технологическую зрелость. Эта концепция сформулирована авторитетными исследовательскими организациями [23] (см. Рис. 38) и нашла свое отражение в понятных методиках.

- Цифровые сервисы делают избыточными часть бизнес-процессов, например, доставка мобильных бригад до удаленных технических активов становится устаревшим и подлежит исключению из архитектуры при внедрении IoT сервисов.

- Цифровые сервисы инициируют появление новых бизнес-процессов, например, самообслуживание покупателей или портал для удаленной работы контрагентов при осуществлении транспортировки невозможны для реализации без коммуникационного сервиса, позволяющего выполнять действия, предусмотренные логикой бизнес-процесса.

- При внедрении цифровых сервисов часть процессов изменяется, например, использование аддитивных технологий изменяет содержание производственного процесса снабжения производства.



Рис. 38. Модель зрелости предприятия по Гартнеру

Повышение зрелости предприятия приводят не только к расширению ИТ архитектуры за счет цифровых сервисов, но и изменению архитектуры бизнес-приложений, что нашло отражение в методике оценки трансформационного потенциала предприятия (см. Рис. 39). В современном мире компания сохраняет свою устойчивость, если подходит к вопросу обеспечения конкурентного уровня зрелости системно, осознавая ценность не только цифровых сервисов, но и программных приложений, поддерживающих бизнес-процессы.

| Этап зрелости | Бизнес-процессы | Технологии | KPI | Люди и организационное взаимодействие |
|-------------------|---|---|---|--|
| 1 этап - новичок | Модернизация отдельных БП | Отдельные технологические элементы | Не соотносятся затраты и показатели | Работники не понимают назначения ПО. Линейно-функциональные организационные структуры, отсутствие изменений в организации. |
| 2 этап – кандидат | Мониторинг, обновление, долгосрочное планирование | Внедрение системных технологических решений | Оценка эффективности и рисков | Модификация существующих систем организационного управления – смешанные структуры. |
| 3 этап – лидер | Уникальные бизнес-процессы | Полная цифровая трансформация компании | Оценка каждого элемента и его вклада в эффективность. | Формирование матричных структур. Сочетание различных элементов структур. |

Рис. 39. Оценка трансформационного потенциала предприятия.

Обращая внимание на обеспечение зрелости компании, будет некорректным связывать обеспечение устойчивости компании только с трансформацией ИТ уровня. Модель Архитектуры предприятия (Рис.6) формирует целостную картину, в которой изменение на каком-то из уровней модели инициирует изменения на другом (других). В этом контексте важно обратить внимание на изменения на уровне Архитектуры бизнеса, в котором появилась роль, непосредственно связанная с цифровизацией.

В иностранных источниках эта роль получила название CDO – Chief Digital Officer, а в русскоязычной – директор (руководитель) по цифровой трансформации (РЦТ).

Существует множество источников, в которых по-разному сформулировано определение роли РЦТ, многие из которых подчеркивают технический характер роли. Это не так: роль РЦТ – управленческая.

Исходя из предложенной в пособии концепции цифровизации и цифровой трансформации, остановимся на следующей трактовке этой роли, которая раскрыта, в частности, в описании, предложенном РWC [24]. Отметим, что приведенные аспекты роли РЦТ – не кальку с существующего описания, а адаптированная версия, учитывающая положения, приведенные в данном пособии.

Руководитель по цифровой трансформации (РЦТ) — роль в высшей управленческой иерархии предприятия, ответственная за разработку и реализацию стратегии цифровизации предприятия, формирование дорожной карты его цифровой трансформации, осуществляемой в соответствии с целями предприятия по обеспечению его устойчивости, оцениваемой частными показателями, специфичными для конкретного предприятия.

В контексте приведенного определения РЦТ отвечает за:

- согласование бюджетов предприятия, учитывающих мероприятия цифровой трансформации;
- согласование бизнес и ИТ архитектуры, в которых отражены цифровые сервисы, разворачиваемые в ИТ ландшафте и интегрированные с бизнес-приложениями;
- взаимодействие с бизнес-партнерами, привлекаемыми к реализации мероприятий цифровой трансформации;
- оценку влияния мероприятий по цифровой трансформации на показатели эффективности деятельности компании;
- формирование предложений по изменению стратегии компании на основании фактических и прогнозируемых результатов цифровизации и цифровой трансформации.

Обратив внимание читателя на то, что РЦТ – это не техническая роль, мы хотели бы подчеркнуть отличие этой роли от руководителя ИТ службой. Несмотря на то, что эти две роли достаточно близки в части сотрудничества и использования пересекающегося пула ресурсов, это – разные роли. Дискуссия в этой области выходит за

рамки целей учебного пособия. Полезное сравнение можно найти, например, тут. [25] Тем не менее мы приведем свою короткую аргументацию различия ролей РЦТ и ИТ руководителя.

Обе роли могут принадлежать высшему уровню в управленческой иерархии предприятия. Но если ИТ руководитель отвечает за нижний слой Архитектуры (см. рис. 6), то РЦТ – координатор мероприятий этого слоя и постановщик задач на более высоких уровнях, в которых задачи коммуникации с внешней средой являются значимыми для достижения целей предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы предложили подход к цифровизации и цифровой трансформации предприятий, основанный на использовании прикладной интерпретации системно-кибернетических знаний, науки о данных, моделей Архитектуры предприятия. Нами предложена таксономия задач, решаемых в рамках цифровизации в корпоративном секторе и показаны **некоторые** примеры классов решений, формирующих текущий тренд цифровизации. Разумеется, учебное пособие не предназначено для анализа всего спектра классов решений в рассматриваемой области. Тем более, мы далеки от того, чтобы показать конкретные примеры реализации задач внедрения цифровых ИТ сервисов.

Мы не формулировали задач информационной безопасности, не поднимали инфраструктурных вопросов разворачивания компонент, обеспечивающих цифровизацию предприятия (on-premise vs cloud).

Упомянутые аспекты рассматриваются в учебных пособиях по дисциплинам «Корпоративные информационные системы» и «Облачные вычисления».

В новой версии данного учебного пособия будут рассмотрены аспекты цифровизации в контексте поколений «Индустрий»: чем отличаются цифровизационные решения в индустрии 4.0 от 5.0.

Почему они не включены в данную редакцию? Это связано с тем, что упомянутая тема должна войти в учебное пособие по курсу «Искусственный интеллект», структура которого находится в стадии формирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринин Л. Е. Кондратьевские волны, технологические уклады и теория производственных революций //Кондратьевские волны. – 2012. – №. 1. – С. 222-262.
2. Глазьев С. Ю. Новый технологический уклад в современной мировой экономике //Международная экономика. – 2010. – №. 5. – С. 5-27.
3. Клаус Шваб, Николас Дэвис. Технологии четвертой промышленной революции = Shaping The Fourth Industrial Revolution. — Эксмо, 2018. — 320 с. — ISBN 978-5-04-095565-7
4. Хасанов И. И., Логинова Е. А. Зарождение информационно-вычислительных систем: основные этапы развития вычислительной техники //История и педагогика естествознания. – 2017. – №. 3. – С. 31-36.
5. Стахов А. П. Троичный принцип Брусенцова, система счисления Бергмана и «золотая» троичная зеркально-симметричная арифметика //Академия Тринитаризма», М., Эл. – 2005. – №. 77-6567.
6. Фролов К.В., Бабкин А.В., Фролов А.К. (2024) Понятие и сущность цифровизации и цифровой трансформации на основе фундаментальных и прикладных аспектов системно-кибернетической теории. *π-Economy*, 17 (1), ##-##. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.171##>
7. Coase, Ronald. The Nature of the Firm // *Economica*, Vol. 4, No. 16, November 1937 pp. 386—405
8. Штейнгарт Е.А., Бурмистров А.Н. Обзор и сравнительная характеристика методологий разработки архитектуры предприятий // *π-Economy*. 2016. №3 (245)
9. Любушин Н. П. Архитектура предприятия: Учебник. М: Компания КноРус, 2018. 354 с

10. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://www.nist.gov/> (дата обращения: 12.01.2024)
11. Городецкий В.И. Наука о данных: методология, основные направления, проблемы и перспективы // Искусственный интеллект и принятие решений. 2022. № 3. С. 3-20
12. Калинин В.Н. Теоретические основы системных исследований: учебник для адъюнктов. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2016. 293 с.
13. Kletti J. (ed.). Manufacturing Execution Systems—MES. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2007.
14. Е. В. Судов, А. И. Левин. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» (2002).
15. *Репин В. В., Елиферов В. Г.* Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. — 408 с.
16. Rose K., Eldridge S., Chapin L. The internet of things: An overview //The internet society (ISOC). – 2015. – Т. 80. – №. 15. – С. 1-53.
17. Loshin P. IPv6: Theory, protocol, and practice. – 2004.
18. Seifert J. W. Data mining: An overview //National security issues. – 2004. – С. 201-217.
19. Скобелев П. О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений //Автометрия. – 2002. – Т. 38. – №. 6. – С. 45.
20. Y.Shoham, K.Leyton-Brown. Multi-agent systems: Alghoritmich, Game Theoretic and Logical Foundations. – Cambridge University Press, 2009: <http://www.masfoundations.org>
21. Полетаева Н. Г. Классификация систем машинного обучения //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. – 2020. – №. 1. – С. 5-22.
22. Hofmann P., Samp C., Urbach N. Robotic process automation //Electronic markets. – 2020. – Т. 30. – №. 1. – С. 99-106.

23. Кузин Д. В. Проблемы цифровой зрелости в современном бизнесе // Мир новой экономики. – 2019. – №. 3. – С. 89-99.
24. The right CDO for your company's future. URL: <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/the-right-cdo-companys-future/the-right-cdo-for-your-companys-future.pdf> (дата обращения: 12.01.2024)
25. *The 2016 Chief Digital Officer (CDO) Study. Global findings (англ.)* // Strategy& | PwC. — 2017. — Май. — С. 4.