

К. С. Кондратенко
СПбГУ

Цифровизация как преодоление неопределенности: теоретические аспекты и технологический прогноз*

Статья посвящена интерпретации феномена цифровизации через понятие «неопределенность». Основной целью работы является обоснование интерпретации процессов цифровизации как преодоления неопределенности. Понятие «неопределенность» автор трактует иерархически — от базового аспекта неопределенности (энтропии) до неопределенности высших уровней (неопределенность как вероятность, неопределенность как угроза, а также экзистенциальная неопределенность). Эта иерархия смыслов, по мнению автора, может стать неплохой моделью для прогнозирования мегатрендов цифровизации. Так, цифровизация первой волны, включающая поколения Web 1.0, Web 2.0 и Web 3.0, направлена на минимизацию информационной неопределенности, или энтропии. Данный этап цифровизации характеризуется усовершенствованием общедоступных и частных баз данных, системами поиска информации, технологиями хранения информации, а также способами передачи информации посредством электронной почты, социальных сетей, мессенджеров и пр. Следующие поколения в эпоху второй волны, вероятно, изменят характер своего развития по причине окончания оформления глобальной Сети, то есть наличия в системе значительного количества баз данных, а также средств обмена и передачи информации. Вторая волна предполагает усложнение цифрового пространства, предъявляющего новые требования к безопасности, наличие минимального цифрового «опыта», позволяющего делать более точные прогнозы, а также возникновение роботов, помогающих искать необходимую информацию и принимать решения. Этим обуславливается актуальность технологий распределенных реестров, больших данных, искусственного интеллекта, интернета вещей и других инноваций. Вторая волна цифровизации, вероятно, также охватит три поколения и продолжится, предположительно, до 2050-х годов.

Ключевые слова: цифровизация, мегатренд, неопределенность, энтропия, искусственный интеллект.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-18-00210 «Политическая онтология цифровизации: исследование институциональных оснований цифровых форматов государственной управляемости».

Понятие «неопределенность» в современной науке является междисциплинарным. Проникновение этой темы в самые разные отрасли научного знания объясняется прежде всего распространением когнитивной методологии в сфере гуманитарных наук, а также процессами цифровизации. Такая ситуация вносит неопределенность в само понятие «неопределенность», поскольку оно в различных науках, вероятно, используется в разных смыслах, которые и следует прояснить.

У. Росс Эшби, суммируя идеи К. Шеннона и А. А. Маркова, определяет информацию как «то, что устраняет неопределенность», и в качестве основной характеристики информации устанавливает количество неопределенности, которую информация устраняет [Эшби, 1959, с. 254–255]. Информация, с точки зрения Л. Бриллюэна, представляет собой «отрицательный вклад в энтропию», или негэнтропию [Бриллюэн, 2006, с. 34]. Из этого следует, что информация, равно как и энтропия, не только измеримы, но и представляют собой две части одного целого. Изначальное количество энтропии равно в своем объеме количеству информации, полностью устраняющей неопределенность. Если же речь идет о частичном устранении информации, то неопределенность на данный момент времени рассчитывается по формуле:

$$Ht = H - It,$$

где H — начальная энтропия, It — информация, а Ht — энтропия, имеющиеся на данный момент.

Из этих рассуждений следует, что неопределенность — это характеристика информации и информационных систем. Если информация представляет собой снятую энтропию, то неопределенность в данном случае — информационная недостаточность. Однако есть и другая точка зрения. Так, источником неопределенности может выступать не только недостаток, но и избыток информации [Диев, 2011, с. 84]. Если, к примеру, взять шкалу информации/энтропии на интервале (0; 1), то информация, равная, к примеру, 1,25, увеличивает энтропию на 0,25.

Получается, что энтропия, охарактеризованная как информационная неопределенность, в качестве предмета неопределенности имеет информацию, и основные риски, вытекающие из такого понимания неопределенности, связаны с транзакционными издерж-

ками получения необходимой информации, а также временем, затрачиваемым на поиск и подтверждение или опровержение информации. Подтвержденная информация в данном случае выступает не иначе, как в форме знания. Отсюда возникает и гносеологическая проблема отбора надежных методов подтверждения имеющейся информации.

Другая интерпретация термина «неопределенность» связана с хаотическим поведением системы и служит одной из основных характеристик хаоса. «Очевидно, что хаотические состояния содержат в себе неопределенность. Если бы мы знали все величины, мы могли бы по крайней мере выписать их, найти некоторые правила их расположения и, таким образом, справились бы с хаосом. Вместо этого мы должны иметь дело с неопределенностями, или, более точно, с вероятностями» [Хакен, 1980, с. 34]. Устойчивое развитие системы предсказуемо. Чем больше порядка в системе, тем больше ее предсказуемость. Однако таких систем не существует, и мера непредсказуемости развития системы в действительности содержится в каждой реальной системе.

Неопределенность поведения системы зависит от количества исходов, или реализаций, наступления тех или иных событий. Так, число вероятных исходов бросания монеты, обладающей двумя гранями, равно 2. Количество исходов бросания кубика на стол равняется 6, то есть в этом случае неопределенность поведения системы выше, чем в случае бросания монеты. Значит, сложность самой системы увеличивает неопределенность поведения той. Также стоит отметить, что потеря устойчивости чревата для самой системы чувствительностью к флуктуациям. «При потере устойчивости особой точкой может возникнуть предельный цикл, а при потере устойчивости предельным циклом — хаос» [Теория бифуркаций, 1986, с. 12]. Неустойчивое состояние система пытается сменить на устойчивое, то есть выбрать один из вариантов развития среди нескольких возможных. Теоретически она может основываться на теории вероятностей, к примеру, на теореме Байеса, для определения более вероятной траектории развития. Однако исследования Д. Канемана это отвергают [Канеман и др., 2005]. Обычно в условиях неопределенности люди склонны принимать решения, основываясь на интуиции и некоем удовлетворяющем (принцип *satisficing* Г. Саймона) их решении, а не на теории вероятности и математическом расчете.

Такую неопределенность можно условно назвать *системной*; это неопределенность развития или поведения. Основными рисками выступают здесь чрезмерные траты ресурсов, неэффективность развития и подталкивание тем самым всей системы к новым неустойчивым состояниям. Знание в данном случае здесь также играет немаловажную роль — это возможность прогнозирования и снижение неопределенности в обнаружении наиболее вероятной траектории развития.

В психологических исследованиях понятие «неопределенность» исследуется значительным количеством авторов. Основные трактовки связаны с выбором и принятием решений, поведением в условиях риска, а также с самоопределением [Корнилова, 2015]. Одни из наиболее известных российских исследователей психологии неопределенности О. К. Тихомиров и Т. В. Корнилова под неопределенностью подразумевают большей частью системную неопределенность и соответствующие аспекты данной проблемы — выбор в условиях неопределенности (который можно сравнить с точкой бифуркации), готовность системы к риску (устойчивость к флуктуациям и расширение горизонта мыслимых последствий в будущем), самоопределение и самоконструирование через выбор. Однако такая трактовка неопределенности не является чисто психологической, скорее это приложение междисциплинарной теории систем на конкретную область исследований.

Специфический взгляд на неопределенность с точки зрения психологии, заключается, на наш взгляд, в исследованиях ситуаций неопределенности, ее переживания, умения личности выйти из нее. Ряд ученых отмечает, что ситуация неопределенности порождает страх, тревогу, дискомфорт [Buhr, Dugas, 2002; Greco, Roger, 2001; Grenier et al., 2005], порождающие мотивацию выхода из неопределенности. Взаимосвязь уровня нетерпимости к неопределенности и личностной тревоги уже установлена исследователями [Ladouceur et al., 2000].

При этом неопределенность может трактоваться не только в негативном, но и конструктивном ключе — как источник творческого изменения действительности и возможность трансформации реальности. Если личность оценивает ситуацию неопределенности позитивно, то его деятельность, вероятно, не будет направлена на устранение неопределенности [Garling et al., 1998]; на-

против, субъективная оценка приведет к удержанию неопределенности и поиска новых возможностей, а также готовности к риску.

Описанную выше неопределенность условно обозначим как *психологическую*, связанную с внутренним миром человека и его переживаниями. Иными словами, это преимущественно субъективная неопределенность, рассмотренная под углом когнитивной реакции на объективную ситуацию. При этом субъект, по всей видимости, не только и не столько позитивно оценивает объективную неопределенность, сколько моделирует ее и порождает неопределенность в своем сознании, из которой творчески ищет выход. В когнитивном плане это означает *возможность знания возможного*.

Наконец, стоит выделить еще один тип неопределенности — *экзистенциальную*. Этот аспект напрямую связан со свободой человека: «В экзистенции неизбежно присутствует свобода, и с ней неопределенность» [Ялом, 1999]. Симона де Бовуар, комментируя «Бытие и ничто» Ж. П. Сартра, охарактеризовала экзистенциализм как этику неопределенности [De Beauvoir, 2019]. Эта трактовка неопределенности объединяет практически всех представителей экзистенциализма — от С. Кьеркегора до И. Ялома. Речь идет о взгляде на человека как на существо, способное выйти за рамки выбора, поскольку выбор совершается из чего-то определенного самим человеком. Разрушение определенности и есть переход к полной свободе, в том числе к страданию от неопределенности. Облекая предметы-понятия в оболочку «ничто», человек освобождается от их навязчивого присутствия и требования выбора.

Речь де-факто идет о знании своего незнания, знания неопределенности, познании отсутствия границ своей свободы, поскольку главный враг свободы — сам человек. Подобные идеи высказывались Николаем Кузанским, С. Л. Франком, Н. А. Бердяевым, Э. Фроммом и др. Определенность есть уверенность в определенности или убеждение в определенности. Отрыв от своих убеждений погружает субъекта в некоторое метапространство неопределенности, и именно оно выступает истинным источником познания и самопознания, а не описанная выше смоделированная неопределенность в сознании субъекта.

Отношение аспектов понятия «неопределенность» друг к другу является предметом отдельного исследования.

Ниже приведена таблица (табл. 1), суммирующая все высказанные в данной работе идеи.

Таблица 1. Сравнительный анализ основных аспектов понятия «неопределенность»

Типы неопределенности	Предмет неопределенности	Риски	Когнитивная составляющая
Экзистенциальная	Убеждения	Зависимость от убеждений	Знание как свобода
Психологическая	Ситуации	Страх, тревога, дискомфорт	Знание как реакция на неопределенность; знание как аутопозис
Системная	Динамика	Чрезмерные траты ресурсов, неэффективность развития, неустойчивое состояние	Знание как прогнозирование; как оценка альтернатив
Информационная	Информация	Транзакционные издержки	Знание как подтвержденная информация

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что современный мир преодолевает фазу информационной неопределенности. Три десятилетия развития Интернета и соответствующие им три поколения Web 1.0, 2.0 и 3.0 занимались совершенствованием общедоступных и частных баз данных, системами поиска информации, технологиями хранения информации, а также способами ее передачи посредством электронной почты, социальных сетей, мессенджеров и пр. Подавляющее большинство компаний имеют официальный сайт или интернет-магазин. Значительное количество статистической информации, собираемой как государственными, так и частными предприятиями, сегодня представлено в общем доступе. Достижением этого этапа цифровизации стал не только общий доступ, но и структурирование информации, то есть размещение ее на специальных сайтах-«хранилищах». При этом ряд исследователей полагает, что перед поколением 4.0 стоят совсем иные задачи — распознавание, интеллектуализация системных процессов, а также цифровое управление, понимаемое в широком смысле этого слова (см. табл. 2).

Таблица 2. Сравнение концепций Web [Гарипов и др., 2018]

Концепция/ Уровень	Web 1.0	Web 2.0	Web 3.0	Web 4.0
Аппаратно-физический	web-серверы, ПК	оптоволокну, графические процессоры	гиперсерверы, нетбуки, планшеты, многоядерные ПК	распознающие процессоры
Сетевых протоколов	TCP/IP	защищенные протоколы, р2р-сети	мультимедиа-протоколы, семантические протоколы	управляющие телематические протоколы
Операционно-системный	многозадачные ОС	сетевые ОС	облачные вычислительные структуры	загружаемые ОС
Программно-инструментальный	сетевые языки, 3GL	визуальные среды, 4GL	серверные среды, 5GL	языки искусственного интеллекта, 6GL
Топологический	иерархическая фиксированная однонаправленная структура	сетевая многосвязная диалоговая структура	логическая (объектно-реляционная) структура	реляционная структура
Управления данными	корпоративная сетевая СУБД	поисковые гиперсерверы	анализирующие гиперсерверы	управляющие гиперсерверы
Прикладной	browser, статический HTML-сайт, HTML2.0 — HTML3.2	browser-framework, динамические сайты на CMS-движках, HTML4	идентифицирующий netframework, сетевые прикладные сервисы, межсерверный обмен, HTML5, XML	slave-приложение, управляющее пользователем, глобальный master — управляющий гиперсервер
Сетевых отношений	сетевой гипертекст	интерактивная связь	поисковая оценивающая связь	глобальная управляющая связь
Общественно-информационный	технические сети, клиент осуществляет «серфинг» по сети, читает всю информацию сети	бытовые сети (СМИ), клиент «разговаривает», общается с сервером, сервер регулирует область чтения и действий клиента	разведывательные сети, сервер собирает досье на клиента и управляет приложениями клиента	управляющие сети, сервер управляет всеми клиентами в режиме электронного правителя

Подтверждает тезис о завершении этапа «первой волны» цифровизации некоторые статистические данные. Так рейтинг популярности сайтов по количеству посетивших сайт пользователей по версии портала Lifewire на сентябрь 2019 г. выглядит следующим образом:

- 1) Google.com;
- 2) Youtube.com;
- 3) Facebook.com;
- 4) Baidu.com;
- 5) Wikipedia.org;
- 6) QQ.com;
- 7) Taobao;
- 8) Yahoo.com;
- 9) TMall.com;
- 10) Amazon.com¹.

Данный рейтинг на 90 % состоит из информационных справочников, поисковых систем и социальных сетей. Другие рейтинги показывают схожую тенденцию — первые места традиционно делят поисковые системы и социальные сети. Такое внимание к информационно-коммуникационным технологиям не может не указывать на глобальную тенденцию устранения информационной неопределенности. Однако сегодня внимание общественности, государственные программы и объемы инвестиций явно сигнализируют о начале смены мирового тренда.

В апреле 2019 г. исследовательская компания Gartner обозначила следующие технологические тренды: автономные устройства; дополненная аналитика; разработка приложений на основе ИИ; цифровые двойники; усиление периферийных вычислений; технологии с эффектом погружения; блокчейн; «умные» пространства; цифровая этика и конфиденциальность; квантовые вычисления². В свою очередь, Правительство РФ составило прогноз научно-технологического развития страны до 2030 г., в котором указаны

¹ Fisher S. The Top 10 Most Popular Sites of 2019. URL: <https://www.lifewire.com/most-popular-sites-3483140> (дата обращения: 05.10.2019).

² Тенденции мирового ИТ-рынка. 10 технологических трендов от Gartner на 2019 год. URL: www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 05.10.2019).

следующие приоритетные направления исследований в области информационно-коммуникационных технологий.

1. *Компьютерные архитектуры и системы*: экзафлопсные суперЭВМ, вычислительные алгоритмы и программное обеспечение для систем, распределенные системы и архитектуры, новые архитектуры серверных и персональных компьютерных устройств, новые парадигмы организации и реализации вычислительных процессов, новые технологии создания компьютерных устройств.

2. *Телекоммуникационные технологии*: новые технологии передачи информации; новые технологии организации сетей; новые технологии распространения контента; технологии и системы цифровой реальности и перспективные «человеко-компьютерные» интерфейсы.

3. *Технологии обработки и анализа информации*: методы и технологии сбора, обработки, анализа и хранения сверхбольших объемов информации, новые технологии работы с мультимедийной информацией, новые технологии работы с текстовой и слабо-структурированной информацией, перспективные веб-технологии и системы, новые технологии анализа информации.

4. *Элементная база и электронные устройства, робототехника*: перспективные технологии автоматизированного проектирования элементной базы, использование новой элементной базы для создания перспективных ИКТ, технологии создания сложных функциональных блоков для элементной базы, робототехника.

5. *Предсказательное моделирование, функционирование перспективных систем*: моделирование сложных систем и процессов, интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений, средства проектирования и поддержки функционирования ИКТ.

6. *Информационная безопасность*: технологии надежной идентификации и аутентификации в ИКТ, надежные и доверенные архитектуры, протоколы, модели, технологии обеспечения защиты персональных данных, методы и средства биометрической идентификации личности, противодействие новым вызовам информационной войны и киберпреступности в ИКТ.

7. *Алгоритмы и программное обеспечение*: перспективные парадигмы и технологии программирования, языки и системы,

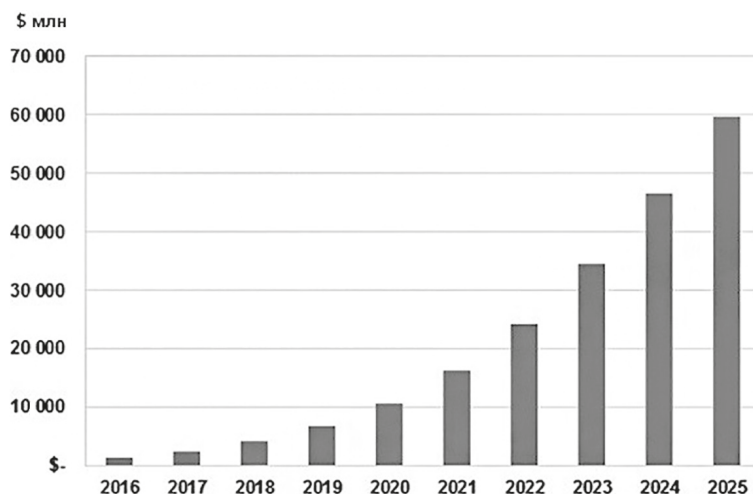


Рис. 1. Рост мирового рынка технологий искусственного интеллекта⁴

перспективные технологии и решения для операционных систем, СУБД и программного обеспечения промежуточного слоя, когнитивные технологии³.

Искусственный интеллект занимает особое место среди перспективных разработок. Такое положение дел объяснимо, с одной стороны, традиционным повышенным вниманием со стороны ВПК, с другой — успехами цифровой экономики, а также предвыборной компании Д. Трампа в 2016 г. В 2017 г. аналитическая компания Tractica опубликовала прогноз рынка ИИ до 2025 г., согласно которому ожидается стремительный рост инвестиций в ИИ-стартапы (рис. 1). По прогнозу инвестиционного банка UBS, к 2030 г. экономическая добавленная стоимость от применения искусственного интеллекта только в Азии будет составлять от \$1,8 до \$3 трлн в год.

³ Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Правительством РФ). URL: <https://legalacts.ru/doc/prognoz-nauchno-tekhnologicheskogo-razvitija-rossiiskoi-federatsii-na-period/> (дата обращения: 05.10.2019).

⁴ *Кутовая Я.* Интеллектуальное превосходство: Китай ставит на мировое господство на рынке искусственного интеллекта // Forbes. 2017.

Суть тренда второй волны цифровизации достаточно проста — усилия акторов, вовлеченных в этот мегатренд, будут направлены на борьбу и преодоление системной неопределенности. Остаются при этом открытыми вопросы, какой временный период охватит этот процесс и каким образом будут развиваться события. Можно предположить, что по аналогии с первой волной цифровизация второй волны охватит период до 2050 г. и также будет измеряться десятилетиями-поколениями:

- 2020–2030 г. — поколение Web 4.0;
- 2030–2040 г. — поколение Web 5.0;
- 2040–2050 г. — поколение Web 6.0.

При этом, если быть объективным, сверхзадачи, которые уже поставили крупные игроки нового мегатренда, вряд ли окажутся решенными в ближайшее десятилетие. Вероятно, это будет пошаговый процесс, ключевым из аспектов которого станет безопасность системы. Она может быть обеспечена посредством постоянного мониторинга состояния компонентов системы, анализа данных, а также принятия решений о мерах безопасности. Отсюда следует, что перспективные разработки на данный момент целесообразнее вести в следующих направлениях:

- создание приборов сбора данных за состоянием компонентов системы (цифровое оборудование);
- безопасная среда хранения и передача данных от компонента к анализирующему устройству (например, системы распределенных реестров);
- интеллектуальный компонент системы (ИИ).

Если эти задачи будут решены к 2030 г., то в дальнейшем произойдет качественный скачок в развитии искусственного интеллекта — персонализация, то есть искусственный интеллект начнет анализировать информацию исходя из потребностей конкретного пользователя и предлагать решения — от схемы проезда до решения жизненно важных задач. Особое значение персональный ИИ примет в военных разработках для решения

12 мая. URL: <https://www.forbes.ru/kompanii/344031-iskusstvo-intellekta-kitay-stavit-na-mirovoe-gospodstvo-na-rynke-iskusstvennogo> (дата обращения: 05.10.2019).

боевых задач, однако будет пользоваться успехом и у рядовых граждан.

Вторая волна цифровизации завершится примерно к 2050 г. усовершенствованными системами персонального искусственного интеллекта, а также полноправным участием ИИ в системе принятия политических, корпоративных, управленческих и иных решений. Надо полагать, что преодоление неопределенности будет играть ключевую роль в сфере информационно-коммуникационных технологий на любом этапе своего развития.

Литература

- Бриллюэн Л.* Научная неопределенность и информация. М.: КомКнига, 2006.
- Гарипов И. М., Гафарова Я. К., Герасимов В. В.* Сравнение концепций Web: Web 1.0, Web 2.0, Web 3.0, Web 4.0 // Студенческий научный журнал. 2018. Вып. 16(36). Ч. 1. С. 28–30.
- Диев В. С.* Риск и неопределенность в философии, науке, управлении // Вестник ТГУ. Философия. Социология. Политология. 2011. № 2(14). С. 79–89.
- Канеман Д., Словик П., Тверски А.* Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения. Харьков: Изд-во Института прикладной психологии «Гуманитарный Центр», 2005.
- Корнилова Т. В.* Принцип неопределенности в психологии выбора и риска // Психологические исследования. 2015. Т. 8. № 40. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2015v8n40/1111> (дата обращения: 05.10.2019).
- Теория бифуркаций / В. И. Арнольд, В. С. Афраймович, Ю. С. Ильяшенко, Л. П. Шильников. М.: ВИНТИ, 1986.
- Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980.
- Эшби У. Росс.* Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1959.
- Ялом И. Д.* Экзистенциальная психотерапия. М.: Класс, 1999.
- Buhr K., Dugas M. J.* The Intolerance of Uncertainty Scale: Psychometric Properties of the English Version // Behaviour research and Therapy. 2002. Vol. 40 (8). P. 931–945.
- De Beauvoir S.* The Ethics of Ambiguity // Marxists Internet Archive. URL: <https://www.marxists.org/reference/subject/ethics/de-beauvoir/ambiguity/index.htm>,
- Garling T., Biel A., Gustafsson M.* Different Kinds and Roles of Environmental Uncertainty // Journal of Environmental Psychology. 1998. Vol. 18. P. 75–83.