

Концептуальные и математические модели, методы и технологии исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем: обзор предметного поля (часть I)*

Гейда А. С.^{1, 2, *}, Гурьева Т. Н.¹, Наумов В. Н.¹

¹Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Северо-Западный институт управления РАНХиГС), Санкт-Петербург, Российская Федерация; *geyda-as@ranepa.ru

²Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация

РЕФЕРАТ

Выполнен обзор предметного поля по исследованиям цифровой трансформации экономических и социальных систем. Исследование включает две части. В первой части рассматриваются исследования, отличающиеся использованием концептуальных и построенных на их основе математических моделей применения цифровых технологий в деятельности. На основе систематического использования обзора предметного поля выявлен комплекс «белых пятен» — несоответствий необходимых на практике концептуальных и математических моделей, методов математического исследования цифровой трансформации систем разных видов, с одной стороны — и имеющихся теоретических средств для такого исследования — с другой. Значительный объем такого рода несоответствий вызван недостаточным исследованием комплекса прагматических, практических аспектов деятельности на основе математического прогнозирования результатов использования современных (цифровых) технологий в системах разного вида. Показано, что прагматическое математическое исследование деятельности может позволить проектировать и совершенствовать цифровую трансформацию систем разных видов за счет оценивания результатов деятельности, ее анализа с использованием математических моделей и затем — синтеза деятельности математическими методами на основе исследования результатов использования информационных технологий.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровая экономика, цифровая организация, цифровое общество, математическое моделирование, математические методы

Для цитирования: Гейда А. С., Гурьева Т. Н., Наумов В. Н. Концептуальные и математические модели, методы и технологии исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем: обзор предметного поля (часть I) // Управленческое консультирование. 2021. № 11. С. 95–108.

Conceptual and Mathematical Models, Methods, and Technologies for the Study of the Digital Transformation of Economic and Social Systems: A Literature Review and Research Agenda (Part I)

Alexander S. Geyda^{1, 2, *}, Tatiana N. Gurieva¹, Vladimir N. Naumov¹

¹Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (North-West Institute of Management of RANEPa), Saint-Petersburg, Russian Federation; *geyda-as@ranepa.ru

²St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда развития научных исследований и прикладных разработок СЗИУ РАНХиГС.

ABSTRACT

The research review of the subject field on the research of the digital transformation of economic and social systems is carried out. The research includes two parts. In the first part the conceptual and mathematical models based on them research considered to apply digital technologies for various types of activities. Based on the systematic use of the review of the subject field, a complex of "white spots" is revealed — inconsistencies of the conceptual and mathematical models necessary in practice, methods of mathematical research of digital transformation of systems of different types, on the one hand, and the available theoretical means for such research, on the other. A significant amount of such inconsistencies is caused by insufficient investigation of the complex of pragmatic, practical aspects of activity based on mathematical forecasting of the results of using modern (digital) technologies in systems of various types. We proved that a pragmatic mathematical study of activity could make it possible to design and improve the digital transformation of systems of different types. We could do such a study by evaluating the activity results, analyzing them using mathematical models, and then synthesizing the activity with mathematical methods based on the analysis of the effects of using information technologies. Such a synthesis can, for example, provide the best results of activities due to the choice of the composition and characteristics of digital technologies.

Keywords: digital transformation, digital economy, digital organization, digital society, mathematical modeling, mathematical methods

For citing: Geyda A. S., Gurieva T. N., Naumov V. N. Conceptual and mathematical models, methods, and technologies for the study of the digital transformation of economic and social systems: a literature review and research agenda (Part I) // Administrative consulting. 2021. N 11. P. 95–108.

Введение

Цифровая трансформация [1–4], цифровая экономика [5–9], цифровое производство [10–12], цифровое общество [13–15], цифровые платформы [16–18], цифровое образование [19–21] и другие «цифровые явления» в настоящее время популярны в исследовательской среде и характеризуются как «модные слова» (BuzzWords). При этом известно [22; 23], что пока еще нет разделяемого большинством исследователей общего мнения об их точном значении. Разработано недостаточно концептуальных и тем более — математических моделей, а также основанных на них методов и методик, которые позволяют: измерять, прогнозировать результаты «цифровых явлений» еще на стадии разработки и проектирования систем, использующих цифровые технологии; планировать деятельность с использованием цифровых технологий для получения лучших результатов использования технологий. Более того, большинство таких явлений, их особенности, использование и ценность для практики их результатов еще не определены концептуально настолько четко, чтобы перейти к математическому моделированию результатов использования, а затем и перейти к проектированию новых технологий, новых создающихся «цифровых явлений» в деятельности людей. В результате такого состояния исследований многие исследователи говорят и о необходимости «цифровой философии» [24] — в частности, для того, чтобы описать роль современных (т. е. цифровых) информационных технологий в деятельности людей. Более того, исследователи указывают на недостаточную изученность явлений информационного характера и на физическом уровне (например, явлений отражения на квантовом уровне), описываемых квантовой физикой и лежащих в основе формирования наблюдаемого мира [25; 26].

Методология

Методология исследований базируется на [27] и представляет обзор предметного поля. Приведем краткое описание алгоритма обзора предметного поля и описание результатов, полученных при его реализации.

Исследование состоит из двух этапов. *На первом этапе* производится обзор литературы, формирование первичного облака ключевых слов, формирование запросов и их выполнение, формирование исследовательских гипотез и вопросов. *На втором этапе* — проверка гипотез, поиск ответов на поставленные вопросы, анализ состояния исследований по рассматриваемой проблеме. Алгоритм, используемый для проведения обзора литературы, состоял из комплекса рекурсивных шагов.

1. Было сформировано эвристическое базовое ядро ключевых слов по тематике цифровой трансформации экономики и социума. К ним отнесены ключевые слова облака ключевых слов на русском языке: «Цифровая трансформация», «Цифровая экономика», «Цифровизация», «Цифровое государство», «Информационное общество». На английском языке первичное облако ключевых слов состоит из: «Digital Transformation», «Digital Economy», «Digitalization», «Digital Factory», «Digital Business», «Digital Government», «Digital Education», «Digital Citizenship», «Digital Philosophy».

2. Был выполнен комплекс поисковых запросов — по ключевым словам базового ядра — в научных журналах, индексируемых Web of Science core collection и Scopus, по крайней мере, за последние пять лет.

3. Было выполнено несколько десятков поисковых запросов по сочетаниям ключевых слов базового ядра и соответствующим направлениям исследований. Эти поиски отнесены к поискам первого уровня. При поиске на первом уровне были получены десятки тысяч результатов. Они были обработаны статистически с использованием языка статистического программирования R и пакета R bibliometrix «библиометрикс» [28], а также с использованием пакета VOSViewer. Результаты были использованы для дальнейшего уточнения ключевых слов в исследованиях, связей и взаимовлияний коллективов авторов публикаций, распределения публикаций по странам мира.

В результате статистической обработки выявлен ряд наиболее цитируемых авторов (Sandkuhl K, Li F, Li J, Chen Y.). Получено облако ключевых слов, расширяющее исходное. Показано, что наибольшее число публикаций по рассматриваемой тематике характерно для стран, где реализуются государственные программы цифровизации экономики и общества (Китай, ЕС, РФ). Публикации в США носят более узкую направленность, отражая, по-видимому, структуру тем грантовой поддержки исследований. Публикации российских авторов в основном сосредоточены в изданиях ЕС (в частности, Springer), а для авторов из Китая такого явления не прослеживается.

4. Были выбраны статьи и обзоры с лучшим рейтингом — прежде всего, из заданного исходного списка высокорейтинговых журналов (Q1, Q2) для обзора. Были отобраны, прежде всего, статьи с высоким индексом цитирования и высокой популярностью в новой версии Web Of Science Core Collection. Отбор реализован по расширенному облаку ключевых слов (КС). Предпочтительно были отобраны статьи, помеченные как «Высокоцитируемые», «Популярные статьи» в новом интерфейсе WoS, а также статьи, помеченные WoS, как обзорные. Кроме того, изучались и другие источники, если они получили высокую оценку релевантности запросу. Релевантность измерялась в новой версии поиска WoS.

Мы изучили содержание отобранных статей, особенно — критических и обзорных. Такое изучение было направлено на формирование исследовательских вопросов (ИВ) и возможных направлений поиска ответов на эти вопросы. На основе выполненного исследования отобранных источников мы извлекли больше КС, которые затем были использованы для поиска исследовательских статей с возможными ответами на ИВ. В результате таких систематических действий по отбору и изучению статей были сформированы основные ИВ и КС последующего уровня детализации для поиска ответов на ИВ. Полученное облако КС приведено на рис. 1. Полученные в результате ИВ приведены в следующем подразделе.

заций цифровых технологий в производственных, экономических и социальных системах.

4. Имеются пробелы в создании и последующем эффективном практическом применении цифровых технологий по различным отраслям деятельности.

Исследовательские вопросы

Указанные пробелы в исследованиях ведут к несоответствию имеющихся концептуальных, формальных, методических и информационных средств цифровизации требованиям практики по созданию новых цифровых информационных технологий и последующей успешной и повсеместной реализации эффективной цифровизации.

Это несоответствие ведет к *научной проблеме* концептуального и, на его основе, формального (на основе математических моделей и методов) исследования цифровой трансформации экономики и общества, которая в должной мере еще не решена.

В связи с указанной научной проблемой первый и второй вопрос исследования формулируются следующим образом:

В1. Каковы основные пробелы, недостатки, несоответствия в исследованиях цифровых явлений — таких, как цифровая экономика, цифровое государство, цифровая трансформация предприятий, производства?

В2. В чем причины проявления недостатков, несоответствий, пробелов в исследованиях, почему они возникают и к чему ведут?

Описание указанных пробелов в исследованиях, уточнение их границ и особенностей должно позволить сначала уточнить сформулированную научную проблему концептуального и формального исследования цифровой трансформации экономики и общества — а затем — уточнить возможные направления исследований на основе применения математических методов и наметить возможные пути решения сформулированной проблемы.

В связи с этим были сформулированы третий, четвертый и пятый вопросы исследования:

В3. Каковы основные возможные направления исследований для преодоления имеющихся несоответствий, недостатков, пробелов и затем — решения сформулированной проблемы?

В4. Какие теоретические средства (теории, модели, методы, методики) используются в настоящее время для решения задач в исследуемой области?

В5. С помощью каких теоретических средств (теорий, моделей, методов, методик) имеющиеся несоответствия могут быть преодолены?

Результаты второго этапа исследования

Поиск и изучение источников

Использовался систематический библиометрический обзор по базам данных Scopus и Web of Science, а затем, на его основе — библиометрический многоуровневый обзор по высокорейтинговым и высоко цитируемым источникам в Web of Science. По основным найденным источникам, которые описывали «цифровые явления» в целом (облако КС первого уровня), был выполнен теоретический обзор для поиска последующих ключевых слов, характеризующих концептуальное и математическое исследование *цифровой трансформации экономики и общества* (рис. 2). В связи с большим количеством результатов (тысячи, десятки тысяч) для первичного ядра источники подвергались статистическому исследованию по результатам Scopus и Web of Science. Результаты были кратко изложены выше. Последующее изучение источников реализовывалось по трудам авторов, отобранных по новым

societas — общность) — система отношений и процессов, рассматриваемых на уровне общества в целом. Термин «социетальный» был введен А. Г. Келлером, который относил его прежде всего к организационным аспектам социальной жизни. Показано, что отличие цифровизации от информатизации состоит в том, что цифровизация характеризуется повсеместностью проникновения, влияет на функционирование всех социетальных систем. Однако цифровизация может влиять не только положительно. Например, она может приводить к таким негативным последствиям, как повсеместная слежка и «удаленное управление» людьми, процессами организации и самими организациями. Указано, что цифровые процессы организации могут создавать угрозу и наносить ущерб либеральным и демократическим гражданским правам, изменять отношение к труду, к ресурсам и к собственности на них. Выполненный авторами [29] обзор исследований позволил выделить следующие основные негативные направления воздействия цифровизации.

Цифровые платформы в экономике ведут к негативным трансформациям труда и ролей, выполняемых работниками — например, к трансформации труда в «сдельно-временный» и изменению социальных гарантий и ответственности работодателей. Цифровые платформы могут препятствовать или противодействовать цифровому активизму и новым формам организации, например — в целях получения большей прибыли. Отмечаются возможные проблемные последствия цифровизации для государственных и общественных организаций, в частности, в виде измененной мотивации сотрудников на помощь гражданам, в некорректном использовании данных о гражданах. Наконец, имеются и неожиданные эффекты внедрения цифровых технологий для организаций — например, в результате создания организаций новых типов для достижения нетрадиционных целей (приводится пример организации неомарксистского толка). Могут складываться ситуации, когда цели коллектива организации, других стейкхолдеров и цели, принятые моралью и достигаемые обществом — существенно различаются. Указано, что для ответа на вопросы о том, какие же эффекты и почему проявятся, необходимы дополнительные исследования. Построение концептуальных и математических моделей влияния ИТ на организацию не рассматривается. Механизмы формирования, проявления негативных эффектов не моделируются. Тем не менее, указано, что негативные эффекты вызываются изменениями, трансформацией деятельности, различных ее аспектов. Представляется, что характеристики получаемых эффектов следует моделировать на основе использования математических моделей — прогностно, аналитически — так, чтобы вскрыть зависимости характеристик ИТ и характеристик как получаемых результатов, так и рисков. Это позволит решать соответствующие практические задачи, как математические задачи исследования результатов деятельности и рисков.

В обзорах [30; 31] исследованы особенности цифровизации с использованием одной из повсеместно распространенных и признанных новых цифровых технологий — технологии искусственного интеллекта (ИИ). Указано, что имеется существенный теоретический пробел в исследованиях того, как организации должны развивать свои бизнес-стратегии для успешного использования ИИ в бизнесе, совместно с другими ИТ. Для этого необходимо связать ИИ с бизнес-действиями и с получаемыми результатами этих действий, что, на взгляд авторов обзора, на момент его написания (2021 г.) было реализовано в недостаточной мере. Указано, что связь между технологиями ИИ, реализацией ИТ в бизнесе, действиями бизнеса и их результатами следует вскрыть теоретически, на основе моделей, что пока еще реализовано недостаточно полно. При этом даже определение ИИ и основные концептуальные модели его использования пока что находятся в стадии уточнения, формулирования. Кроме того, недостаточно полно описаны средства, модели и методики, описывающие связи технологий ИИ с другими ИТ и с бизнес-действиями, их резуль-

татами. Сделан вывод о том, что для описания генерации бизнес-ценности следует создать необходимый теоретический аппарат, описывающий формирование бизнес-ценности в результате внедрения заданной технологии. Такой теоретический аппарат пока что находится в стадии разработки. Указано, что контекст и условия, в которых изучается ИИ не связывается сейчас с устоявшимся теоретическим аппаратом использования ИТ. Важно отметить, что сделанный в обзоре вывод, как следует из выполненных нами исследований, может быть распространен и на другие повсеместно распространенные цифровые технологии и их связь с бизнес-ценностью реализуемых в результате бизнес-действий. Более того, этот же вывод может быть распространен на действия в организациях разного вида (не только коммерческих) и далее — на действия в социетальных системах с использованием внедряемых новых технологий. В обзоре указывается, что описания механизмов получения бизнес-ценности остаются, в основном, нетеоретическими (и тем более, неформальными, нематематическими).

На наш взгляд, следует сделать вывод об отсутствии необходимого формально-теоретического аппарата, описывающего связи характеристик отдельных ИТ, действий, реализуемых в рамках реализации ИТ, последующих действий, на которые направлены ИТ и затем — результатов этих действий и последствий проявления этих результатов для систем (например, в виде характеристик успешности, потенциала, полезности, устойчивости, эффективности достижения цели, конкурентоспособности).

В связи с этим нами было проведено дополнительное библиографическое исследование теоретических исследований, описывающих различные стороны внедрения ИТ и ИИ — в частности. Так, в обзоре [31] сделан вывод о том, что необходимо выполнить больше исследований, направленных на выявление того, как влияет технология ИИ на реализацию бизнес-стратегий предприятий и организаций. Рассмотрены концептуальные аспекты согласования бизнес-стратегий и характеристик ИИ. Сделан вывод о необходимости в дополнительных исследованиях в области планирования и управления внедрением ИИ в организациях и предприятиях.

В обзоре [32] выполнено исследование роли ИИ в сервисах государства. Сделан вывод о том, что основными выгодоприобретателями от использования ИИ в США являются предприятия бизнеса и оборона, а в ЕС — организации основных цифровых «игроков», национальных государств и институтов ЕС.

В [33] изучена роль ИТ в устойчивом развитии организаций и социума, в реализации инноваций. Показано, что влияние ИТ на устойчивое развитие, на реализацию инноваций следует изучать на основе науки о сложности (Complexity Science) и науки о сложных адаптивных системах (Complex Adaptive Systems, CAS). Показана роль этих наук в систематическом совершенствовании объектов разного вида, в том числе в придании характеристик устойчивого развития самим ИТ. Указано, что следует рассмотреть использование современных ИТ для устойчивого совершенствования отношений между такими объектами, как организации, правительственные учреждения, предприятия и организации науки. Однако отмечено, что теоретический аппарат совершенствования таких отношений и исследования того, как эти отношения, их характеристики влияют на устойчивое развитие еще не вполне разработан. При этом сделано предположение, что реализация таких исследований может существенно улучшить экологическую обстановку и привести к устойчивому развитию экономики. Сделан вывод, что достижение устойчивого развития и успешное инновационное развитие определяются сочетаниями разнообразных факторов (еще недостаточно изученных) — а именно, условиями среды, характеристиками ИТ, сотрудничеством между различными партнерами с использованием ИТ. Сделан, на наш взгляд, важный вывод о том, что ИТ не следует рассматривать сами по себе (как часто делается), а следует исследовать последствия их применения. В качестве

таких последствий рассмотрен комплекс адаптационных процессов с использованием ИТ во взаимодействующих организациях. Такие адаптационные процессы с использованием ИТ и представляются в работе, как процессы, создающие экономические и социальные ценности. Их изучению, особенно с использованием математических методов, в качестве которых авторами предложены науки о сложности, науки о сложных адаптивных системах, а также сравнительный анализ на основе нечетких множеств, и перспективно, на взгляд авторов работы, посвятить дальнейшие усилия по преодолению указанных несоответствий. Это должно позволить реализовать значительное число перспективных исследований по моделированию, как указывают авторы статьи, комплексных взаимодействий в целях реализации инноваций, устойчивого развития, придания жизнестойкости организациям.

В обзоре [34] выполнено исследование влияния цифровизации на экономику замкнутого круга (*circular economy*). Цифровизацию предложено определить как интеграцию цифровых технологий в повседневную жизнь. Промышленность 4.0 (*Industry 4.0*) определена как термин, описывающий повсеместное внедрение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), а также использование Интернета вещей (*Internet of Things*), услуг и данных с целью управления производством и бытовыми сетями в режиме реального времени. Смарт-производство (*Smart Factory*) определено как отдельные компании или группы компаний, которые используют ИТ для разработки, производства товаров, логистики, выстраивания взаимоотношений с клиентами для того, чтобы ответить более гибко на их запросы. На роботизацию указано как на еще одно существенное направление автоматизации и цифровизации. Указывается, что сопоставление управления отходами с другими промышленными секторами позволяет сделать вывод о том, что цифровизация и использование роботов в экономике замкнутого круга и в управлении отходами все еще находятся в зачаточном состоянии. Описан SWFN (*Smart Waste Factory Network*) — система, состоящая из нескольких видов установок обработки отходов, которые выполняют различные задачи системы обращения с отходами и взаимосвязаны через потоки данных и логистические системы (например, сортировочные предприятия, предприятия по производству рекуперированных топлив и т. д.). Описан ряд цифровых средств *circular economy* — умные мусорные ведра (*Smart Bins*), автономные транспортные средства сбора мусора (*Autonomous collection vehicles*), NFC/RFID метки в продукции для направления по требуемому лучшему маршруту утилизации. Однако концептуальные и — на их основе — математические модели формирования эффектов цифровизации экономики замкнутого цикла не рассмотрены. Тем не менее указано, что эти эффекты формируются за счет прогрессивных изменений действий с отходами, за счет вовлечения отходов в новые, измененные циклы производства.

В [35] выполнен обзор одного из основных средств цифровизации — *цифровых платформ*. В качестве примеров цифровых платформ приведены Google, Amazon, Facebook, eBay. Под *цифровой платформой* понимается платформа на базе программного обеспечения, состоящая из расширяемой кодовой основы платформы, функциональности, используемой взаимодействующими модулями платформы и интерфейсов платформы, через которые модули взаимодействуют. Отмечается, что, к сожалению, изучению специфических свойств и результатов цифровизации уделяется еще недостаточно внимания.

В обзоре [36] рассмотрена *цифровизация сетей поставок* (*Supply Chain Networks, SCN*). Введена концепция X-SCN, которую авторы вводят как реализацию перестраиваемой (*Reconfigurable*) сети поставок. Ее суть состоит в оперативном изменении, в зависимости от условий, характеристик сетей поставок, автоматизации переходных процессов в цепях поставок, их оперативной настройке в связи с изменениями условий. Для таких сетей снабжения характерны цифровизация на-

Результаты обзора по облаку ключевых слов первого уровня, позволившие описать проблему концептуального и формального исследования цифровой трансформации экономики и общества

Table. The results of the cloud review of the first level keywords, which made it possible to describe the problem of the conceptual and formal study of the digital transformation of the economy and society

Ссылка на обзор, статьи	Даны определения	Ключевые слова для дальнейшего поиска	Как описаны результаты цифровизации	Как моделируются эффекты цифровизации
[29]	Digitalization	Societal systems Digitalization Dark side Surveillance Capitalism Platform Capitalism	Изменения (как положительные, так и негативные)	Не описано
[30; 31]	Artificial Intelligence (AI)	AI business strategy	Изменения в будущей деятельности	Не описано
[32]	AI for government	AI Government systems	Изменения в деятельности	Не описано
[33]	IT for sustainable development	Complex Adaptive Systems Complexity Science Sustainable Economy	Адаптация деятельности к изменяющимся условиям	Не описано
[34]	Digitalisation Smart Factory Industry 4.0	SWFN Robots, Cobots Digitalization Smart Bin NFC, RFID	Прогрессивные изменения в рециркуляции отходов	Не описано
[35]	Digital Platform	Digitalization Adaptation	Совершенствование деятельности клиентов платформы	Описаны концептуально
[36]	Supply Chain Network (SCN) X-SCN Reconfigurable SCN	Resilience Sustainability Agility Lean Leagility SC Twins Learning Self-adaptation Transparency Smart Operations Additive Manufacturing Efficiency Flexibility	Автоматизированные изменения, совершенствование цепей поставок в связи с изменениями условий	Описаны концептуально

Ссылка на обзор, статьи	Даны определения	Ключевые слова для дальнейшего поиска	Как описаны результаты цифровизации	Как моделируются эффекты цифровизации
[37]	Digitalization Sustainability	Organizational culture, environmental sustainability, digitalization, business development Belief Altitude Value Digitalization Digitization Action Development Adoption	Результаты формируются за счет формирования цепочек между изменениями составной организационной культуры, среды, ИТ, действий и их результатов	Описано концептуально
[38]	Digital Twin	Digital Twin Distributed Ledger	Улучшение качества деятельности и уменьшение издержек производства	Описано концептуально

стройки, оперативное целенаправленное изменение сетей — для придания, в том числе — новых свойств, таких как Leagility, т. е. Lean Agility, бережливости и гибкости [39]. Описывается концепция сети снабжения X-SCN, позволяющей объединить как свойства Lean (бережливости), Agile (гибкости), так и Sustainable (устойчивости), Resilient (эластичности) и Digital (цифровой). Описана концепция X-SCN придания таких свойств. В ней описаны принципы построения перестраиваемых сетей поставок, как систем нового вида, их организации, управления и инструменты (в том числе цифровые) реализации таких сетей. Концептуальной и математической модели получения результатов цифровизации не предложено, однако на концептуальном уровне описаны отличия таких результатов, как различные виды приспособленности к целенаправленным изменениям и совершенствованию сетей снабжения в изменяющихся условиях.

В обзоре [37] изучена связь между информационными технологиями, организационной культурой, устойчивым развитием малых и средних предприятий, организаций и цифровизацией. Цифровизация определена так же, как в [40]: «преобразование бизнес-моделей в результате фундаментальных изменений в «основных внутренних процессах, клиентских интерфейсах, продуктах и услугах, а также повсеместное использование информационных и коммуникационных технологий». Отмечается несоответствие в исследованиях по сложным и многогранным отношениям между организационной культурой исследуемых в [37] малых и средних предприятий, стратегиями обеспечения экологической устойчивости и стратегиями цифровизации.

Устойчивое развитие в отношении к использованию цифровых технологий определено как способность обеспечить такое развитие, чтобы оно удовлетво-

ряло потребности настоящего без уменьшения способностей будущих поколений удовлетворять свои потребности. Результаты совершенствования организационной культуры формируются за счет описания цепочек изменений состояний организационной культуры, среды, ИТ, действий и их результатов. Однако концепций, моделей и методов математического моделирования таких цепочек не предложено.

В статье, описывающей следующую часть обзора, мы рассмотрим возможные пути такого математического моделирования.

Литература/References

1. Digital Transformation of Capital Market Infrastructure // *Economic Policy*. 2020. V. 15. N 5. P. 8–31.
2. Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective / L. Li, F. Su, W. Zhang, J.-Y. Mao // *Information Systems Journal*. 2018. V. 28. N 6. P. 1129–1157.
3. Digital Transformation of Multidisciplinary Design Firms / ed. M. M. Bonanomi. Cham : Springer International Publishing, 2019.
4. Aturin V. Digital transformation management: Scientific approaches and economic policy / V. Aturin, I. Moga, S. Smagulova // *Upravlenets*. 2020. V. 11. N 2. P. 67–76.
5. Ahmad N. Towards a Framework for Measuring the Digital Economy / N. Ahmad, J. Ribarsky // 16th Conference of the International Association of Official Statisticians (IAOS) OECD Headquarters, Paris, France. Paris : IAOS, 19–21 September 2018.
6. Digital Transformation of the Economy Challenges, Trends and New Opportunities / ed. S. Ashmarina, A. Mesquita, M. Vochozka. Cham: Springer International Publishing; Imprint: Springer, 2020. 1 online resource (XI, 717 pages 122 illustrations, 77 illustrations in color).
7. Digital economy: Conceptual architecture of a digital economic sector ecosystem / Y. Akatkin, O. Karpov, V. Konyavskiy, E. Yasinovskaya // *Business Informatics*. 2017. V. 2017. N 4. P. 17–28.
8. Impact of the worldwide trends on the development of the digital economy / V.H. Voronkova, V.A. Nikitenko, T.V. Teslenko, V.E. Bilohur // *Revista Amazonia Investiga*. 2020. V. 9. N 32. P. 81–90.
9. Abroskin A. International Digital Economy Measurement Experience // *Vestnik Universiteta*. 2018. N 12. P. 59–63.
10. The Future Exchange of Digital Engineering Data and Models: an Enterprise Systems Analysis / T. McDermott, P. Collopy, M. Nadolski, C. Paredis // *Procedia Computer Science*. 2019. V. 153. N 4. P. 260–267.
11. Gorodetsky V.I. Conceptual Model of a Digital Platform for Cyber-Physical Management of a Modern Enterprises Part 1. Digital Platform and Digital Ecosystem / V.I. Gorodetsky, V.B. Laryukhin, P.O. Skobelev // *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*. 2019. V. 20. N 6. P. 323–332.
12. Finger M. The rise of the new network industries / M. Finger, J. Montero. New York : Routledge, 2021.
13. Glukhikh I. N. Systems Engineering Methodology for Designing Digital Public–Private Partnership Platforms / I. N. Glukhikh, L. A. Tolstolesova, O. A. Arzikulov // *Applied System Innovation*. 2021. V. 4. N 1. P. 4.
14. The digitalization of public diplomacy. New York : Springer Berlin Heidelberg, 2019.
15. Emejulu A. Towards a radical digital citizenship in digital education / A. Emejulu, C. McGregor // *Critical Studies in Education*. 2019. V. 60. N 1. P. 131–147.
16. McAfee A. Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future. W.W. Norton & Company, 2018.
17. Okano M.T. Digital transformation in the manufacturing industry under the optics of digital platforms and ecosystems / M. T. Okano, S. N. Antunes, M. E. Fernandes // *Independent Journal of Management & Production*. 2021. V. 12. N 4. P. 1139–1159.
18. Sutherland W. The sharing economy and digital platforms: A review and research agenda / W. Sutherland, M. H. Jarrahi // *International Journal of Information Management*. 2018. V. 43. December. P. 328–341.
19. Aagaard T. Digital agency in higher education / T. Aagaard, A. Lund. Abingdon Oxon, New York : Routledge, 2020.

20. Digital education pedagogy / ed. S. Pal, Q. C. Ton, R. S. S. Nehru. Palm Bay FL : Apple Academic Press, 2021.
21. Scherer R. The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education / R. Scherer, F. Siddiq, J. Tondeur // *Computers & Education*. 2019. V. 128. N 2. P. 13–35.
22. Digital Transformation: A Literature Review and Guidelines for Future Research / J. Reis, M. Amorim, N. Melao, P. Matos // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Berlin : Springer International Publishing, 2018. P. 411–421.
23. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // *The Journal of Strategic Information Systems*. 2019. V. 28. P. 118–144.
24. Sadiku M. N. O. Digital Philosophy / M. N. O. Sadiku, M. Tembely, S. M. Musa // *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. 2018. V. 8. N 5. P. 27.
25. Marletto C. Constructor Theory of Information / C. Marletto // *Information and Interaction* / ed. I. T. Durham, D. Rickles. Cham : Springer International Publishing, 2017. P. 103–111.
26. Deutsch D. Constructor theory // *Synthese*. 2013. V. 190. N 18. P. 4331–4359.
27. Arksey H. Scoping studies: towards a methodological framework / H. Arksey, L. O'Malley // *International Journal of Social Research Methodology*. 2005. V. 8. N 1. P. 19–32.
28. Derviş H. Bibliometric Analysis using Bibliometrix an R Package // *Journal of Scientometric Research*. 2020. V. 8. N 3. P. 156–160.
29. Exploring the dark and unexpected sides of digitalization: Toward a critical agenda / H. Trittin-Ulbrich, A. G. Scherer, I. Munro, G. Whelan // *Organization*. 2021. V. 28. N 1. P. 8–25.
30. Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda / C. Collins, D. Dennehy, K. Conboy, P. Mikalef // *International Journal of Information Management*. 2021. V. 60. N 4. P. 102383.
31. The strategic use of artificial intelligence in the digital era: Systematic literature review and future research directions / A. F. S. Borges, F. J. B. Laurindo, M. M. Spínola [и др.] // *International Journal of Information Management*. 2021. V. 57. N 17. P. 102–225.
32. Reis J. Artificial Intelligence in Government Services: A Systematic Literature Review / J. Reis, P. E. Santo, N. Melão // *New Knowledge in Information Systems and Technologies* / ed. Á. Rocha, H. Adeli, L. P. Reis, S. Costanzo. Cham : Springer International Publishing, 2019. P. 241–252.
33. Van de Wetering R. Driving organizational sustainability-oriented innovation capabilities: a complex adaptive systems perspective / R. van de Wetering, P. Mikalef, R. Helms // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2017. V. 28. P. 71–79.
34. Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy-oriented waste management: A review / R. Sarc, A. Curtis, L. Kandlbauer [et al.] // *Waste management (New York)*. 2019. Vol. 95. P. 476–492.
35. Reuver M. The Digital Platform: A Research Agenda / M. de Reuver, C. Sørensen, R. C. Basole // *Journal of Information Technology*. 2018. V. 33. N 2. P. 124–135.
36. Dolgui A. Reconfigurable supply chain: the X-network / A. Dolgui, D. Ivanov, B. Sokolov // *International Journal of Production Research*. 2020. V. 58. N 13. P. 4138–4163.
37. The relationship between organizational culture, sustainability, and digitalization in SMEs: A systematic review / C. Isensee, F. Teuteberg, K.-M. GRIESE, C. Topi // *Journal of Cleaner Production*. 2020. V. 275. P. 122–944.
38. Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications / M. Liu, S. Fang, H. Dong, C. Xu // *Journal of Manufacturing Systems*. 2021. V. 58, September. P. 346–361.
39. Banerjee A. Modeling a Leagility Index for Supply Chain Sustenance / A. Banerjee, F. Ganjeizadeh // *Procedia Manufacturing*. 2017. V. 11. P. 996–1003.
40. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) / Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) [Электронный ресурс]. <https://www.bmw.de/Redaktion/EN/Publikationen/monitoring-report-wirtschaft-digital-2017.html> (дата обращения: 20.09.2021).

Об авторах:

Гейда Александр Сергеевич, доцент кафедры бизнес-информатики Северо-Западного института управления РАНХиГС (Санкт-Петербург, Российская Федерация), кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН; geyda-as@ranepa.ru;

Гурьева Татьяна Николаевна, доцент кафедры бизнес-информатики Северо-Западного института управления РАНХиГС (Санкт-Петербург, Российская Федерация), кандидат технических наук, доцент; gureva-tn@ranepa.ru

Наумов Владимир Николаевич, заведующий кафедрой бизнес-информатики Северо-Западного института управления РАНХиГС (Санкт-Петербург, Российская Федерация), доктор военных наук, кандидат технических наук, профессор; naumov-vn@ranepa.ru

About the authors:

Alexander S. Geyda, Associate Professor of the Business Informatics Department of North-West Institute of Management, Branch of RANEPА (St. Petersburg, Russian Federation), PhD in Technical Science, Associate Professor, Senior Researcher of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation; geyda-as@ranepa.ru.

Taiana N. Gurieva, Associate Professor of the Business Informatics Department of North-West Institute of Management, Branch of RANEPА (St. Petersburg, Russian Federation), PhD in Technical Science, Associate Professor; gureva-tn@ranepa.ru

Vladimir N. Naumov, Head of the Business Informatics Department of North-West Institute of Management, Branch of RANEPА (St. Petersburg, Russian Federation), Doctor of Science, Professor; naumov-vn@ranepa.ru