«ЗЕЛЁНАЯ»
ЭКОНОМИКА



УДК 339.97
ББК 65.04
348

Печатается по решению редакционно-издательского совета Северо-Западного института управления РАНХиГС

Рецензенты:

Е. Г. Ефимова, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры мировой экономики Санкт-Петербургского государственного университета;

А. И. Погорлецкий, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры мировой экономики Санкт-Петербургского государственного университета

Авторы: А. С. Гейда (гл. 1); А. В. Голубев (гл. 10); Е. В. Жиряева (введение, гл. 6, 7); Н. В. Киреенко (гл. 4); Е. А. Куклина (гл. 5); А. В. Лабудин (гл. 11); О. Н. Мисько (гл. 9); В. Н. Наумов (гл. 7); А. Ю. Прихач (гл. 2); И. Б. Сергеев (гл. 3); И. В. Цыганкова (гл. 8)

«Зеленая» экономика : монография / авт. колл. ; под общ. ред. Е. В. Жиряевой. — СПб. : ИПЦ СЗИУ РАНХиГС, 2023. — 264 с.

348

ISBN 978-5-89781-754-2

В монографии в отношении «зеленой» экономики рассмотрены подходы к управлению устойчиво развивающимися системами, рекомендуется внедрить «компенсирующее» управление, минимизирующее негативные последствия человеческой деятельности. Дана оценка проблем, вызвавших к жизни «зеленую» политику, таких как нехватка традиционных источников энергии и потепление климата. Высказывается критика в адрес подчас безальтернативной ресурсоемкой «зеленой» политики, не отвечающей принципам устойчивого развития. «Зеленая» экономика рассматривается как средство реализации интересов развитых стран, позволяющее им вводить такие инструменты политики, как список необлагаемых пошлинами экологических товаров или корректирующий пограничный налог. Подробно рассмотрен зеленый курс ЕС. Предложены направления интеграционного взаимодействия стран ЕАЭС по развитию экологического сельского хозяйства. Исследованы возможности контроля выбросов и ресурсосбережения в сельском хозяйстве. Проведена оценка влияния мировой торговли на биоразнообразие Российской Федерации. Подтверждена позиция развивающихся стран об их незаинтересованности в либерализации рынка экологических товаров. Показано, что торговля минеральными ресурсами на большие расстояния неприемлема с экологической точки зрения. Разработаны критерии оценки «зеленых» рабочих мест. В качестве альтернативного решения экологических проблем предложена концентрация в государственной собственности стратегических отраслей.

Книга рекомендуется студентам бакалавриата и магистрантам направления «Мировая экономика» экономических специальностей вузов, преподавателям и исследователям, стремящимся разобраться в сути современных трендов в области устойчивого развития, ESG-стратегий и в особенностях реализации международной экономической политики экологической направленности.

УДК 339.97
ББК 65.04

© Авторский коллектив, 2023
© Северо-Западный институт управления РАНХиГС, 2023

ISBN 978-5-89781-754-2

Оглавление

Список условных сокращений 5
Введение 7
Глава 1. Цифровые технологии устойчивого развития 15
1.1. Концепция использования информационных операций на примере устойчиво развивающихся систем 24
1.2. Концепты использования информационных операций на примере исследования функционирования устойчиво развивающихся систем 26
1.3. Принципы использования информационных операций на примере исследования функционирования устойчиво развивающихся систем . . . 28
1.4. Схемы использования информации при функционировании устойчиво развивающихся систем 30
Глава 2. Современные тренды в управлении в условиях «зеленой» экономики 41
2.1. Значение проблематики перехода к «зеленой» экономике 41
2.2. Концепция «зеленой» экономики 48
2.3. Особенности и перспективы управления «зеленой» экономикой 52
Глава 3. «Зеленая» энергетика и ее соответствие целям устойчивого развития 62
3.1. Введение 62
3.2. Современная энергетика: объемы производства, ресурсная база, прогнозы 63
3.3. «Зеленая» энергетика в контексте устойчивого развития 77
3.4. Заключение 86
Глава 4. Экологическое сельское хозяйство 90
Глава 5. Трансформация агропромышленного комплекса Российской Федерации: современное состояние и перспективы развития 112
5.1. ESG-трансформация 114
5.2. Цифровая трансформация 118

Глава 6. Роль международной торговли в «зеленой» экономике, ее влияние на биологическое разнообразие 127
6.1. Введение 127
6.2. Международная торговля и «зеленая» экономика 127
6.3. Оценка влияния мировой торговли на биоразнообразие Российской Федерации 136
6.4. Обсуждение и выводы 156

Глава 7. Понятие экологических товаров в международной торговле, экологические аспекты транспортировки 160
7.1. Торговля экологическими товарами 160
7.2. Экологические аспекты транспортировки 171

Глава 8. «Зеленая» экономика: новые формы занятости и новые рабочие места 186
8.1. «Зеленые» рабочие места в современной экономической системе . . . 186
8.2. Изменения в социально-трудовой сфере под влиянием «зеленой» экономики 198
8.3. Методы и показатели оценки «зеленых» рабочих мест 206

Глава 9. «Зеленая» экономика как форма конкуренции и давления в мировой политике 216

Глава 10. Зеленый курс. Зеленая сделка ЕС 231
10.1. Принципы реализации зеленого курса 232
10.2. Проблемы реализации зеленой сделки ЕС 237
10.3. Возможности и угрозы зеленого курса для России 241

Глава 11. Ретроспективный анализ концепций взаимодействия человека и природы в процессе хозяйственной деятельности 246

Сведения об авторах 262

Глава 1

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Систематический обзор литературы по проблемам цифровизации экономики и общества [2] позволил сделать вывод о том, что одними из важнейших перспективных направлений использования современных (цифровых) информационных технологий (ИТ) являются обеспечение устойчивого развития экономики, общества и государства, стратегическое планирование в экономике и обществе, создание экономики замкнутого цикла. Такая перспективность обусловливается тем, что ИТ позволяют обосновать, спрогнозировать, а затем организовать и осуществить разные виды изменения деятельности в экономических, социальных и в целом в социетальных системах [6]. Указанные аспекты организации деятельности в системах, состоящие в реализации изменений деятельности при изменении ее условий, обеспечения целесообразных реакций деятельности на изменения, в том числе на изменения среды системы, особенно информационные причины целесообразных реакций на изменения и возможные материальные последствия таких причин, сравнительно недавно стали исследоваться в научной литературе по системному анализу [4], хотя основные концепции такой организации деятельности были рассмотрены еще в рамках кибернетики, а теперь и в рамках неокибернетики, метакибернетики [1; 10].

Этот, кибернетический аспект деятельности с раскрытием информационных причин изменений (потенциальный, реагирующий, прогнозный, адаптивный аспекты деятельности в системах с использованием информации) и те же аспекты реагирования структуры и свойств самих систем на информационные причины изменений, реализуемые для организации устойчивого развития систем в условиях цифровой трансформации, сложно переоценить. Причина этого в том, что при исследовании как устойчивого развития, так и цифровой трансформации часто оказывается, что модель устойчивого развития, трансформации рассматривается терминально, по результату. Предполагается, что будет получено функционирование с меньшей нагрузкой на среду, более автоматизированное, дающее

лучшую продукцию, в том числе продукцию, соответствующую передовым экологическим нормам. Однако важнейший аспект использования ИТ в процессе устойчивого развития часто остается недостаточно раскрытым. Этот аспект связан с влиянием ИТ на изменения деятельности при изменениях ее условий и тем самым с их влиянием на регулярное совершенствование деятельности, на ее регулярное приспособление к условиям, в том числе к условиям сред разных видов (антагонистическим, лояльным, индифферентным). Этот аспект ждет должного отражения.

Кроме того, за счет использования цифровых технологий [8] становится возможным реализовать исследование потенциальных будущих результатов деятельности там, где ранее такая деятельность была неосуществима, создать новые виды деятельности. В результате становится достижимым прогресс в решении новых задач устойчивого развития, реализуемых с использованием новых видов деятельности. Также с использованием цифровых технологий возможно реализовать новые, лучшие прогнозы, на бóльшие горизонты планирования, с лучшей точностью. Цифровые технологии позволяют организовать новые способы повторного использования и утилизации ресурсов разных видов. В результате может стать возможным решение новых задач устойчивого развития социетальных систем.

С другой стороны, на основе обзора был сделан вывод, что существующие теоретические средства исследования применения цифровых технологий, в особенности математические модели и методы решения таких задач, развиты в недостаточной мере. В том числе недостаточно развиты математические модели и методы решения задач устойчивого развития систем разных видов как математических задач.

Наибольшие трудности исследователи испытывают именно при описании информационных причин и последствий кибернетических процессов при реализации деятельности в системах — и затем в корректном математическом описании причинно-следственных цепочек, ведущих к той или иной мере соответствия характеристик получаемых результатов требованиям в различных условиях. Указанные трудности при решении актуальных практических задач устойчивого развития в условиях цифровой трансформации проявляются как *проблема исследования цифровой трансформации устойчивого развития*.

Полученные в рамках теории потенциала систем [4] теоретические результаты позволяют надеяться на преодоление указанных трудностей и успешное решение указанной проблемы за счет использования результатов теории потенциала как научного задела.

В рамках разрабатываемой *теории использования информации при функционировании устойчиво развивающихся систем* целесообразно разработать теоретические средства исследования цифровых технологий устойчивого развития. Представляется, что эти средства, как и средства теории использования информации при функционировании систем, должны прежде всего основываться на науке о процессах и на теории деятельности. Кроме того, перспективно использовать расширения теории графов, альтернативные стохастические сети, алгебру циклограмм и частично упорядоченных множеств. В данной главе проанализированы основные результаты указанных теорий в приложении к разрабатываемым формальным средствам информационных технологий устойчивого развития и предложены концепты, принципы и основные схемы использования информации при функционировании систем. Их дальнейшая формализация должна позволить перейти к математическому моделированию использования информационных технологий устойчивого развития систем.

В главе сделана попытка моделирования применения информации для действий в устойчиво развивающихся системах разного вида (на примере технологических систем) на основе математического моделирования эффектов применения информационных технологий и информационных систем (ИС), их реализующих, для успешного функционирования систем. Результат применения информации объясняется как получаемое в результате применения соответствие эффектов функционирования системы изменяющимся требованиям.

Проблемы, связанные с объяснением и моделированием использования информации, расчетом ее ценности для функционирования систем, не новы. Они принимают вид: ИТ-парадокса [21; 43], проблемы ценности информации, проблемы производительности ИТ [26; 45], оценивания успеха ИС [25] при цифровой трансформации, оценивания эффективности использования ИС, определения финансовых результатов использования ИС [19], оценки производительности [39], измерения результатов функционирования цифровой экономики [14]. Текущее состояние исследований в области моделей успеха ИС обсуждается в [53].

Состояние исследований в области оценки ИС и определения выгод можно найти в [19]. Список наиболее известных теорий, касающихся успеха ИС, принятия и использования ИТ и подобных областей, рассмотрен в [51]. Среди них:

- модель успеха ИС (DeLone & McLean IS success model);
- модель принятия технологии (technology acceptance model, TAM);
- теория диффузии инноваций (diffusion of innovation (DOI) theory);

• ресурсно-ориентированный подход (resource based view, RBV);

• унифицированная теория принятия и использования технологии (unified theory of acceptance and use of technology, UTAUT);

• мотивационная теория (motivational theory);

• «технология — организация — среда» (Technology–Organization–Environment, TOE);

• теория обработки информации (information processing theory);

• модель ожидания подтверждения ИС (expectation-confirmation model of IS);

• модель Багоцци, Дхолакии и Басуроя (Bagozzi, Dholakia and Basuroy, BDB);

• теория планируемого поведения (theory of planned behavior, TPB);

• библиотека информационной системы управления Горри и Скотта-Мортона (framework for management information systems);

• модель цепочки «технология — производительность» (Technology-to-Performance Chain (TPC) model);

• модель номологической сети (nomological net model);

• теория ожиданий (expectancy theory);

• теория социального обмена (social exchange theory);

• теория эффективного использования (theory of effective use);

• структура цепочек создания стоимости при деятельности Портера (Porter's value chain activities framework);

• институциональная теория (institutional theory);

• теория обоснованного действия (theory of reasoned action, TRA);

• структура Wixom & Watson;

• модель продолжения ИС Лимайема и др. (Limayem et al.'s IS continuance model);

• библиотека стратегической ориентации предприятия (Strategic orientation of business enterprises (STROBE) framework);

• измерения Бертона-Джонса и Страуба (Burton-Jones and Straub dimensions);

• модель Кларка (Clark model);

• интегративная модель ценности ИТ (integrative model of IT value).

Большая часть указанных формализмов (моделей, методов) основаны на оценке успеха ИС (DeLone & McLean IS success model), исследованной в [23], где авторы предложили 180 признаков информационных систем, которые они классифицировали по шести категориям:

1) качество системы: измерения самой ИС;

2) качество информации: измерение выходных данных ИС;

3) манипулирование информацией: обработка получателями результатов ИС;

4) удовлетворенность пользователя: реакция получателей на обработанные результаты при функционировании ИС;

5) индивидуальное влияние информации: влияние информации на поведение получателей;

6) организационное влияние: влияние информации на показатели качества функционирования организации в целом.

В представленном материале в основном рассмотрена последняя категория.

Гипотеза исследования заключается в том, что эффекты информации могут быть исследованы на основе прогнозных системно-теоретических, кибернетических математических моделей и методов, в отличие от эвристических, структурных и экспертных моделей, которые характерны для приведенных выше исследований, систематизированных, например, в [19; 29; 54]. В [41] проанализированы литературные источники по числовому оцениванию успеха ИС. Обнаружена четкая потребность в численном оценивании успеха. Представлен каркас приложения поддержки принятия решений для систем управления знаниями, ориентированный на числовое оценивание ценности. Однако математических моделей для такого оценивания не приведено. Майер [32] критикует модель DeLone/McLean. Он отмечает, что вклад в общий успех системы в этой модели не отражен должным образом. Остается неясным, в какой мере отдельные переменные в категориях вносят вклад в общий успех применения ИС. Неясно и то, как отдельные переменные влияют или зависят друг от друга. Кроме того, он отмечает отсутствие учета воздействий окружающей среды. Модель ограничена описанием непосредственного влияния на применение ИС и пренебрегает переменными окружающей среды.

Влияние среды должно быть измерено количественно или, по крайней мере, это влияние должно быть контролируемым для того, чтобы получить такие оценки результатов ИС, которые были бы сопоставимыми. Примеры аспектов, которые должны быть учтены: стратегия организации, организационная структура, задачи, которые решаются в ИС, соответствие между задачами и ИС, а также человеческий аспект решаемых ИС задач, например качество услуг, предоставляемых персоналом или отделами ИС или ИТ, или индивидуальные характеристики сотрудников.

Отмечается недостаточность исследования воздействия на организацию в целом. Критика подхода DeLone/McLean со стороны Майера состоит в том, что в эту категорию в критикуемом исследовании входят почти

исключительно финансовые меры, которые не всегда удобны для оценки влияния применения ИС, как утверждает Майер. Кроме того, с появлением систем групповой поддержки принятия решений с акцентом на рабочие группы, команды и сообщества предлагается включить еще одну конструкцию между индивидуальным и организационным влиянием: влияние рабочей группы.

Майер проанализировал также альтернативы модели DeLone/McLean Ballantine [49] и заявил, что хотя модель представляет собой смелую попытку ответить на большую часть критики в адрес модели DeLone/McLean (основные аспекты этой критики изложены выше), ее основной недостаток состоит в том, что в рамках этой модели не создано методов операционализации для аналитического оценивания меры успеха ИС, в связи с чем возникает значительное число вопросов о том, как использовать эту модель.

Постоянно уделялось внимание операционализации модели DeLone/McLean [27] и моделированию принятия и развития ИТ [51; 35], но эти усилия основаны на качественных или экспертных оценках. Существует тенденция среди исследователей строить модели для объяснения успеха ИТ через динамическое согласование бизнеса и ИТ [28; 38], но эти попытки также используют качественные и экспертные оценки.

Существует разрыв между потребностью в прогностическом моделировании внедрения ИТ, использования ИС на стадии разработки/внедрения и имеющимися прогностическими математическими моделями и методами, которые могут объяснить использование ИТ/ИС во время разработки.

Прогностическое математическое моделирование динамического внедрения ИТ, динамического согласования бизнеса и ИТ, динамических моделей успеха ИС (при применении ИС/ИТ) на основе теории систем, кибернетики и гибких процессных моделей функционирования систем могло бы значительно улучшить возможность построения необходимых математических моделей и объяснения применения ИС/ИТ.

В результате выполненных исследований [3; 5–7] предлагаются направления преодоления существующего пробела. Для моделирования применения ИС и ИТ при реализации деятельности в системах предложены схемы применения информации. Цель этих схем — формализовать то, как информация применяется и преобразуется в измеряемые эффекты. Схемы могут быть построены экспертами по функционированию систем и/или с использованием записей файлов журналов процессов. Предполагается, что информация применяется в системах для их изме-

нения при функционировании, если такие изменения возможны и обоснованы. Именно поэтому исследователи уделяют внимание [38] динамическим аспектам применения ИС/ИТ.

К сожалению, изменения функционирования системы не исследованы настолько хорошо, в тех деталях, которые необходимы для построения математических моделей для объяснения изменений и формирования их результатов для успеха ИС и затем системы, в которой ИС используется. Математические модели таких изменений только исследуются [13; 38; 42]. Использование больших данных и журнальных файлов (log files) для построения таких моделей пока находится на стадии исследования [37; 40].

Причины и последствия таких изменений, возникающих в результате получения и последующего использования информации при функционировании систем, не изучены с необходимой глубиной для построения количественных математических моделей указанных изменений, их причин и последствий. Если такие модели в нужном количестве и качестве были бы построены, то это могло бы дать возможность создания математического цифрового двойника использования информации при реализации деятельности в системах — математической модели деятельности, позволяющей при поступлении какой-либо информации об изменении условий деятельности изменить деятельность в системе и саму систему так, чтобы измененная деятельность и система лучше соответствовали изменившимся условиям. «Лучшее соответствие» означает, что будущие (относительно момента поступления информации) состояния деятельности и системы будут лучше соответствовать требованиям к этим состояниям (например, мера соответствия будущих состояний требованиям будет больше).

Указанное изменение при поступлении информации может носить характер организационного управления, планирования, модернизации, переналадок, изменений логистических, финансовых потоков, обучения персонала, изменения технологий. Такого рода изменения при поступлении разного рода информации изучаются в рамках кибернетики. В связи с этим такая модель может быть названа еще и кибернетической моделью использования информации при деятельности в системе.

С использованием такого рода моделей представляется возможным автоматизировать реагирование на разнообразные изменения при функционировании, например синтезировав программы организационного управления системами на основе созданных цифровых двойников деятельности.

Причиной изменений деятельности постулируется информация [33]. Она производится и передается в результате информационных действий

различного рода. Среди таких действий [16; 48; 55] измерение, проверка, мониторинг, тестирование, идентификация, исследование, расследование, разведка и прогнозирование. Такие действия производят различные виды информации, которые могут вызывать необходимость или возможность целенаправленного изменения. Такие целенаправленные изменения за счет применения информации приводят, с одной стороны, к уменьшению энтропии функционирования сложной системы (меньше возможностей после сделанного выбора) и, с другой стороны, к увеличению меры соответствия результатов функционирования такой системы (эффектов) изменяющимся требованиям. Такое увеличение получают за счет функционирования, осуществляемого в соответствии с лучшим выбором (по отношению к имевшимся альтернативам) в результате использования имеющейся информации.

Указанные изменения осуществляются на основе одного или нескольких подходов, обзор которых выполнен в [22; 24; 36; 56], как подходов, позволяющих обеспечить адаптацию и гибкость систем к изменяющимся условиям. Целенаправленные изменения реализуются сначала путем выбора дальнейшего возможного способа действий и, соответственно, выбора соответствующих прогнозируемых результатов (выбранных состояний и событий среди возможных). За счет выбора такого способа действий эффективно ограничивается энтропия возможных состояний функционирования, но это приводит к возможному увеличению гибкости функционирования за счет лучшего соответствия целенаправленно изменяемых характеристик прогнозируемых состояний изменяющимся условиям. После того, как целенаправленные изменения выбраны из множества их возможных значений и изменения выполнены в соответствии с используемыми подходами, происходящие события и состояния могут быть зарегистрированы в журналах изменений или в других базах данных, информационных хранилищах, которые в дальнейшем могут быть использованы как источник больших данных.

Методы анализа данных и анализа процессов [40] позволяют строить реализации (traces) процессов и затем модели процессов на основе журналов регистрации реализаций процессов (лог-файлов). Такие модели могут быть использованы для улучшения будущих процессов с целью достижения лучшего эффекта и большей гибкости. Улучшение процессов может происходить в различных формах. Было показано, что основным способом улучшения процессов является обеспечение их гибкости и адаптивности [42; 55]. Такие усовершенствования могут быть реализованы как целенаправленные изменения с помощью декларативных, императив-

ных, прецедентных, агентных, аспектно-ориентированных, вариантных подходов и технологий [56] и других возможных подходов к обеспечению адаптации и гибкости процессов. Для построения моделей адаптивных и гибких процессов предлагается поиск изменений в журналах изменений [40].

Метод моделирования использования ИС/ИТ для реализации деятельности в системах может быть описан на основе представления использования ИТ в виде цепочек причинно-следственных связей, начинающихся с получения информации и, далее, продолжающихся событиями и состояниями, вызванными информационными действиями в форме «информационные действия — полученная информация — нахождение новых возможностей — выбор способов изменений (за счет использования новых возможностей) — реализация выбранных изменений и переход к измененной деятельности — проверки результатов — возможные записи в журнале регистрации реализаций процессов (лог-файле)». Не все этапы реализации этих цепочек причинно-следственных связей между действиями, событиями и состояниями описаны достаточно формализованно в современных процессно-ориентированных ИС и не все действия, состояния и события записывают в лог-файлы.

Тем не менее модели таких цепочек причинно-следственных связей требуются для решения многих важных практических задач, например для разработки новых ИТ, планирования цифровой трансформации систем. При этом описания таких цепочек, их частей (действий, состояний, событий) и запись соответствующих лог-файлов необходимы для построения моделей описанных цепочек на основе больших данных об описанных цепочках, о планируемых к сбору сведениях об элементах цепочек, описывающих процессы, и данных о причинно-следственных связях этих элементов. Например, это могут быть новые типы записей в журналах изменений (changelogs) или записи о действиях, событиях и состояниях при применении информации (information application actions, events, states — IAES — logs). Такие данные в новом формате должны позволить автоматизировать моделирование применения информации при функционировании систем и перейти к решению упомянутых практических задач на основании автоматизированно строящихся моделей.

Однако такие модели, методы их создания, использования, автоматизации (создания и использования) и программное обеспечение для решения задач с использованием полученных моделей еще не созданы в нужном количестве и качестве. Отсутствие таких — требуемых на практике для решения актуальных задач исследования использования информации

для функционирования систем — математических моделей и методов и приводит к *проблеме исследования использования информации для функционирования систем с использованием аналитических математических моделей*.

Проблема может быть описана с использованием представлений кибернетики как метакибернетическая проблема математического исследования использования информации для функционирования систем.

Она же может быть представлена с использованием понятий о современных технологиях цифровизации как проблема разработки и использования (методов) цифрового двойника (моделей) применения информации для деятельности с системами (the problem of *Digital Twin of Information Application for Actions in Systems, DTIAS*). Такое представление можно считать частным случаем цифровых двойников деятельности (Activity Digital Twin, ADT).

Полагаем, что такое представление в наиболее общем виде характеризует современные цифровые технологии деятельности, в том числе использование информации при деятельности в системах, поскольку именно при реализации деятельности в системах и возникает необходимость при появлении необходимой информации изменять деятельность в качестве реакции на появившуюся информацию.

Чтобы разрешить описанную проблему, автором предложены концепты и принципы использования информации на примере устойчиво развивающихся систем, а затем на их основе — схемы моделирования последовательностей причинно-следственных связей действий (разных видов), использования информации, получаемых событий и состояний.

Полученные схемы, в свою очередь, использованы для порождения аналитических математических моделей использования информации при функционировании систем.

1.1. Концепция использования информационных операций на примере устойчиво развивающихся систем

Концепция включает совокупность взаимосвязанных концептов и принципов исследования использования информации в устойчиво развивающихся системах. Концепты и принципы порождены в результате выполненного систематического обзора концептуальных и математических моделей, методов и технологий исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем.

Отличие устойчиво развивающихся систем заключается прежде всего в том, что при их функционировании требуется учитывать: 1) необходи-

мость целенаправленных изменений функционирования системы при изменениях среды; 2) возможные реакции среды на изменения функционирования системы. Эти и другие отличия и следует учесть, рассматривая взаимодействие устойчиво развивающейся системы и ее среды с использованием, например, введенного выше понятия цифрового двойника деятельности (Digital Twin of Activity, DTA) на основе изучения метакибернетических особенностей взаимодействия системы и среды. Такое исследование следует выполнить путем описания информационных действий, связывающих устойчиво развивающуюся систему и ее среду.

Анализ публикаций привел к следующим выводам, позволяющим обосновать направление исследований по вопросам применения ИТ при изучении функционирования устойчиво развивающихся систем.

Во-первых, следует устранить несоответствие между необходимостью рассмотрения системы аспектов применения ИТ и имеющимися теоретическими средствами, описывающими, как правило, отдельные аспекты такого применения.

Во-вторых, следует устранить несоответствие между необходимостью использовать прогнозные математические средства исследования результатов деятельности в системах разного вида и отсутствием математических средств, позволяющих исследовать деятельность с учетом прогнозных математических зависимостей между характеристиками применяемых ИТ, получаемых результатов деятельности и их соответствия требованиям к таким результатам.

В-третьих, выполненный анализ показал, что наиболее близки к требуемым теоретическим средствам для решения задач устойчивого развития на основе применения ИТ, согласно полученным результатам, теоретические средства, так или иначе основанные на исследовании роли информации и ИТ в деятельности в соответствии с «деятельностной парадигмой» исследований. Ключевые слова, относящиеся к такой парадигме: process science, complexity science, applied activity theories; systemic-structural activity theory; activity theory; action theory; action research, digital philosophy и др. Этот вывод связан с тем, что на основе «процессной» и «деятельностной» парадигм принципиально возможно связать разные виды деятельности — прежде всего информационные виды деятельности, связанные с получением и преобразованием знаний, обучением, социумом и с психологией деятельности, с одной стороны, и деятельности предметно-преобразующей, энергетической, материальной — с другой. Такое исследование следует осуществить по комплексу связей различных свойств указанных видов деятельности. Такие теоретические средства и необходимы, на наш

взгляд, для решения задач, отмеченных ранее как нерешенные. Примеры применения «деятельностного подхода» для разных видов деятельности с использованием информации и ИТ представлены в [18; 46]. «Деятельностный подход», или «деятельностная парадигма», обладает значительной обобщенностью, поскольку основывается на описании деятельности в целом. Однако этот подход не содержит, на момент написания монографии, теоретических средств прогнозного аналитического оценивания деятельности, ее результатов, их соответствия требованиям — в зависимости от характеристик используемых ИТ. Ее математические инструменты на сегодня в основном ограничены средствами моделирования проектов и программ и отчасти средствами проектного управления. Однако эти инструменты не описывают применение ИТ и связи между характеристиками ИТ и характеристиками реализуемой деятельности. Таким образом, теоретические инструменты «деятельностного подхода», с одной стороны, характеризуются междисциплинарностью и широтой, однако во многом благодаря этому лишены устоявшихся математических средств решения задач. Тем самым следует устранить два различных несоответствия, вызванных текущим состоянием теоретических средств решения задач применения ИТ в деятельности.

1.2. Концепты использования информационных операций на примере исследования функционирования устойчиво развивающихся систем

Концепты использования информационных операций при функционировании устойчиво развивающихся систем предложено формировать на основе науки о процессах (process science) и наук о деятельности (activity theory, action theory, action research). Предложены концепты, объясняющие и расширяющие предложенные результаты концептами информации, информационных операций, их отношениями с человеческой деятельностью, средой и устойчивым развитием.

Науку о процессах предложено определить [20] как междисциплинарное изучение непрерывных изменений («the interdisciplinary study of continuous change»). Под процессом при этом понимается взаимосвязанная совокупность целенаправленных изменений состояний, упорядоченная во времени и пространстве на различных уровнях («by process, we mean a coherent series of changes that unfold over time and occur at multiple levels»).

Для целенаправленных изменений требуется выполнение информационных операций, возможно разного вида. Их цель — получение требу-

емой информации. Информация — это форма (например, запись на каком-нибудь «носителе информации») существования идей, или мыслей (представлений, понятий, суждений), в материальном мире (т. е. вне сознания). Она необходима для использования при получении требуемых результатов человеческой деятельности. Тем самым мы различаем отражение, которое наблюдается в материальном мире и без людей, от информации, которая отражает идеи людей.

Информационная операция — операция (элемент деятельности с заданными целями, способами и прогнозируемыми результатами реализации), предназначенная для получения требуемой информации (в результате оперирования информацией). Описание информационных операций содержится в информационной технологии — совокупности описаний возможных информационных операций в разных условиях и возможных связей между ними.

Устойчивое развитие [47] в отношении к использованию цифровых технологий, науки о процессах и наук о деятельности определено как способность создавать и использовать информацию о возможном будущем для реализации разных видов деятельности (разработки, обеспечения и управления развитием), чтобы они удовлетворяли потребности как ближайшего будущего, так и возможные потребности будущих поколений.

Роль ИТ в таких процессах деятельности связана с предсказанием, организацией, регулярным мониторингом, изменением деятельности для того, чтобы эта деятельность вызывала как можно меньшие негативные и как можно большие позитивные последствия на горизонтах планирования, предельных для исследований в существующих условиях развития человеческой культуры. В этом смысле такая трактовка близка к предмету стратегического планирования, однако направлена на большую детализацию возможных угроз среде.

Такая роль ИТ существенно отличается от традиционной (и тем не менее еще недостаточно изученной) роли, состоящей во всемерном обеспечении целенаправленных изменений в процессах деятельности на ограниченных горизонтах планирования с заданными конечными целями ограниченного круга субъектов, т. е., как правило, без учета последствий для среды и для развития системы на дальних горизонтах планирования. Для корректного описания использования информационных операций в исследовании функционирования устойчиво развивающихся систем кроме науки о процессах следует исследовать и принять во внимание результаты различных теорий деятельности и [30] в приложении к реализации информационных операций.

Это необходимо в связи с тем, что наука о процессах в настоящее время не включает оригинальной концепции и методологии исследования деятельности. Однако именно деятельность и вызывает необходимость использования информационных операций и информации.

В случае разработки деятельностных аспектов науки о процессах в рамках теории использования информации при функционировании систем представляется возможным описать организационные [31; 50], социальные [34; 52], экономические [9], психологические [17], культурологические [12; 44], когнитивные, поведенческие [15], экологические и образовательные [17] аспекты использования информации при функционировании систем (в деятельности с системами).

Далее предложены принципы исследования использования информации при функционировании (в деятельности) систем [11] на основе предложенных концептов, а также результатов науки о процессах и теорий деятельности.

1.3. Принципы использования информационных операций на примере исследования функционирования устойчиво развивающихся систем

Первый принцип: эффекты использования информации, информационных операций в функционировании устойчиво развивающихся систем состоят в целенаправленных изменениях разного уровня (изменения состояний, изменения процессов функционирования, изменения информационных операций при функционировании), в совершенствовании и развитии деятельности в зависимости от изменяющихся условий среды. Такие изменения могут происходить как вне сознания (переработка отходов, уменьшение выбросов), так и в сознании (осознание важности сохранения ресурсов, среды, борьба с загрязнениями и выбросами). Будем рассматривать изменения вне сознания (материальные) и измерять их по характеристикам изменений в разных условиях и по мере соответствия получаемых в разных условиях изменений разного уровня требованиям субъектов деятельности. Этот принцип соответствует науке о процессах в том смысле, что, измеряя результаты информационных операций, результаты использования информации, мы должны измерять результаты изменений разных видов, разных уровней и в разных условиях в их комплексе. Такие измерения результатов использования информации как комплекса возможных изменений должны быть, в соответствии с определением науки о процессах, в ядре этой науки. Однако в настоящее

время концепция описания использования информации, информационных операций, особенно с использованием математических методов и моделей, недостаточно хорошо развита в науке о процессах. При этом в числе изменений в результате информационных операций должны быть также рассмотрены уровни изменений (например, изменение процесса, изменение информации о процессе, изменение информационных операций) и возможности таких изменений в зависимости от изменений среды. Информационные операции используются для того, чтобы разработать и подготовить любой целенаправленный процесс. Однако затем возможны и изменения других уровней, например изменения при реализации процесса функционирования системы в результате изменений условий среды. Такие изменения более высоких уровней должны быть учтены при рассмотрении качества функционирования устойчивых систем.

Второй принцип: качество использования информации при функционировании заданной системы следует измерять аналитически, на основе математических моделей и методов — по тому, как изменяются характеристики процессов функционирования системы, результаты функционирования и как изменяется мера соответствия (изменяющихся) результатов функционирования (изменяющимся) требованиям к этим результатам со стороны среды (в том числе требованиям субъектов, в интересах которых реализуется функционирование).

Третий принцип: изменения среды и процессов функционирования при реализации деятельности в устойчиво развивающихся системах следует рассматривать как регулярно проявляющиеся изменения. Тем самым после серии изменений среды и последующих необходимых реакций устойчиво развивающейся системы с использованием ИТ необходимо рассмотреть последующие возможные изменения — в зависимости от тех или иных альтернативных событий в среде и системе. В результате формируются последовательности альтернативных изменений, или сценарии возможных изменений. По характеристикам возможных совокупностей таких сценариев и по их соответствию требованиям и следует оценивать функционирование устойчиво развивающихся систем — в зависимости от условий и характеристик информационных операций (и соответствующих ИТ).

В результате становится возможным оценить качество функционирования устойчиво развивающихся систем аналитически, с использованием математических моделей возможных сценариев изменений среды и последующих реакций устойчиво развивающихся систем на основе оценивания мер соответствия результатов функционирования устойчиво развивающихся систем (изменяющимся) требованиям.

1.4. Схемы использования информации при функционировании устойчиво развивающихся систем

Действия системы делятся на две основные группы: действия по получению (измеримых материальных) эффектов; информационные действия. Они различаются по своим целям: действия по получению эффектов направлены на изменения вещества и энергии, а информационные действия направлены на получение информационных изменений.

Действие по получению эффекта («исполнению заданного результата») — это действие, производимое людьми, организуемое людьми или под их контролем для получения требуемых материальных результатов. Такие эффекты проявляются в результате обмена энергией и веществом по желанию человека, или/и под контролем человека, или/и по выполняемому им плану. Такой обмен рассматривается во времени и в пространстве. Согласно предложенной концепции, для выполнения такого рода действий и получения (материальных) эффектов необходима информация различного рода. Необходимость такой информации обусловлена природой действий человека, которая требует оперирования и/или обмена различными сторонами отражения реальности для успешной подготовки, выполнения действия и изменений действий при необходимости в результате получения информации.

Для успешного выполнения действий человек должен быть уверен в следующем: действие начинается с требуемыми объектами требуемого качества, находящимися в требуемых отношениях с другими интересующими нас при реализации действий объектами; действие начинается в определенных условиях, представленных в виде требований к описаниям и измеримым значениям характеристик объектов, используемых в действии, в наличии требуемой для действия информации (например, инструкций, предписаний, описаний); затем необходимо: проверить состояния во время выполнения действия и их соответствие предписанным значениям; обеспечить требуемые воздействия на объекты и их отношения во время выполнения действия в соответствии с проверяемыми состояниями и отношениями объектов, используемых для действия; предсказать (материальные) эффекты выполнения действия и их соответствие требованиям; переместить полученные эффекты для возможного использования в других действиях или другими людьми через пространство и время.

Как видим, при реализации действия необходимо использовать информацию различных видов, среди которых: получение описательной

информации об объектах действия, их отношениях и характеристиках, получение, обработка и отправка информации от/к источникам информации, использование предписывающей информации для обеспечения требуемого воздействия на объекты и на их отношения при выполнении действия. Далее выделяются три вида обработки информации для выполнения действия по получению материальных эффектов (проверочная, предиктивная и прескриптивная обработка). Также выделяются три вида информационных действий по обработке информации — по видам обрабатываемой информации: описательная, предписывающая, прогностическая информация и комбинации этих видов.

Обработка прогностической информации отличается тем, что она не обязательно производит информацию о конкретных объектах действия, используемых для выполнения воздействий. Она производит информацию более высокого уровня. Прогностическая информация — это общая информация о том, почему эффекты проявляются и как — не только в конкретных случаях выполнения действий и не только об объектах и информации, используемых конкретно для этого действия.

Могут существовать и другие виды действий по обработке информации более высокого уровня. Такая высокоуровневая обработка информации может быть, например, видом обработки информации для получения объяснений, закономерностей, правил, особенностей и, на их основе, прогнозов использования, формирования результатов функционирования объектов, общих законов природы, обоснования описаний закономерностей и тому подобного, а затем формирования прогноза выполнения различных действий, правил формирования различных требований к результатам действий. Могут быть задействованы и другие уровни объяснений вплоть до объяснений, формируемых на основе философии. Такие объяснения формируются как знания, позволяющие описать различные способы деятельности человека и реакции на нее природы, знания о формировании результатов явлений, знания об особенностях взаимодействия человека и природы. В исследовании пока не рассматривается обработка информации более высоких уровней. Это является предметом будущих исследований. Тем не менее из описанного следует, что особенности использования информации для функционирования систем составляют ядро взаимодействия человека и природы и поэтому должны и дальше раскрываться на разных уровнях в рамках описания использования информации для устойчиво развивающихся систем, в том числе при описании устойчивого развития на основе цифровых двойников деятельности (с использованием информации указанных видов).

Как отмечалось ранее, обработка информации при выполнении действий по реализации эффекта может быть разнесена во времени и в пространстве. По этой причине должны использоваться различные виды моделей синхронизации. На рис. 1.1 действие по получению материальных эффектов (*e*) представлено прямоугольником; овальные сегменты слева и справа — части обработки информации перед и после действия по получению материальных эффектов; вверху круглой стрелкой обозначена прикрепленная информационная операция прогнозирования эффектов действия.

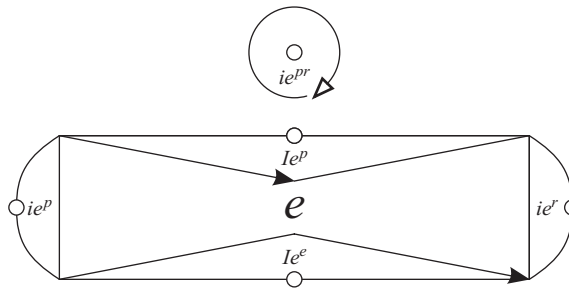


Рис. 1.1. Схема структуры действий по реализации материальных эффектов

ie^{p} — действие по процессированию прескриптивной информации (Ie^{p}), может быть реализовано до начала получения материальных эффектов. Результаты такого процессирования — прескриптивная информация (полученная, обработанная). Она потребляется при процессировании информации во время получения материальных эффектов. Это потребление обозначено треугольником, одна из сторон которого направлена в сторону действия по обмену веществом и энергией (*e*).

ie^{r} — действие по мониторингу полученных материальных эффектов и представлению информации (Ie^{e}) может быть выполнено после получения материальных эффектов. Этот вид процессирования показан на схеме как овальный сегмент справа. Информация Ie^{e} формируется во время действия по получению материальных эффектов, что на схеме показано в виде треугольника, одна из сторон которого направлена от действия по получению материальных эффектов.

e — действие по получению материальных эффектов, выполняется между ie^{p} и ie^{r}. Получение информации для выполнения действия по получению материальных эффектов требуется в случае, если действие новое (в том смысле, что оно отличается от выполненных ранее, до его

начала, действий), а также если действие должно или может быть изменено после его начала.

ie^{pr} — действие по получению предиктивной информации (Ie^{pr}) о получаемых эффектах действия. Может реализовываться асинхронно и в любой момент времени, причем независимо от того, планируется действие по получению материальных эффектов или нет. Получение информации такого вида на рис. 1.1 показано как окружность со стрелкой, расположенная над действием по получению материальных эффектов. Такое действие может быть реализовано с использованием всех видов информации, рассмотренных ранее, и, возможно, дополнительных видов информации.

Если действие новое, информация о его различных аспектах должна быть получена до его начала, чтобы было возможно такое действие начать. Если действие уже известно, информации о необходимости или возможности ее изменении не поступило, другая прескриптивная информация для старта действия не нужна. Если действие может или должно измениться или уточниться перед его началом, то прескриптивная информация по выполнению действия по реализации материальных эффектов все еще необходима, как и в случае реализации нового действия.

Применение информации для реализации действия по получению материальных эффектов проиллюстрировано на рис. 1.2.

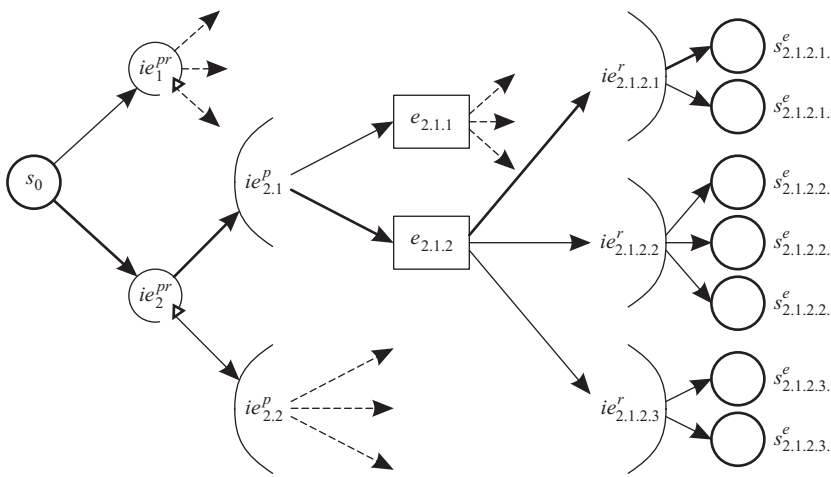


Рис. 1.2. Схема применения информации для реализации действия по получению материальных эффектов

На рисунке жирными ребрами выделена одна из ветвей дерева, соответствующая «следу» (trace), т. е. одной реализации функционирования при конкретных результатах информационных и других операций.

На рис. 1.3 проиллюстрировано соотношение состояний, полученных с использованием информации для деятельности в системах и без него — за счет реализации процесса, выбранного на рис. 1.2. Когда информация используется в действии по получению материальных эффектов, реализуется только элемент множества последовательностей возможных состояний или подмножество последовательностей состояний с заданным на его элементах распределением вероятностей, которое отличается от распределения вероятностей на последовательностях состояний в том случае, если информация не была использована.

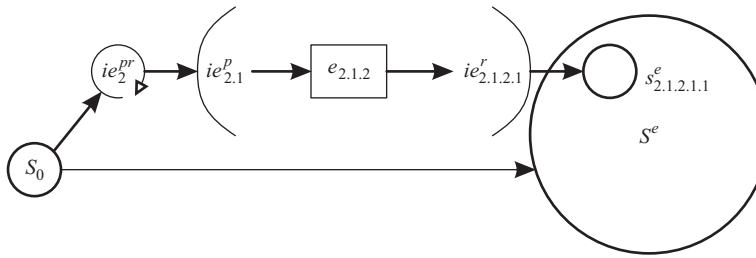


Рис. 1.3. Сравнение состояний (s^e, S^e), полученных с применением информации (внутренняя окружность, s^e) для реализации действия по получению материальных эффектов и без использования информации (внешняя окружность, S^e)

Распределение вероятностей состояний $s_i(ie) \in S^e$ в результате информационного действия ie, $\{p_i(ie), s_i(ie) \in S^e\}$ позволяет рассчитать энтропию:

$$E(ie) \le E;\ E(ie) = -\sum_{s_i(ie) \in S^e} p_i(ie) \log p_i(ie).$$

Здесь $E(ie)$ — энтропия множества возможных состояний в результате функционирования в случае реализации информационной операции ie и последующих, вызванных ей операций по получению материальных эффектов. Она отражает возможные изменения последовательностей состояний как реакцию на изменения среды и системы при реализации действия по получению материальных эффектов. В результате таких изменений выполненные информационные действия приводят к последу-

ющим изменениям действий по получению материальных эффектов. Результаты таких изменений — состояния, которые, вероятно, были возможны и до того, как изменились условия, но стали, например, более предпочтительны, чем другие, в результате изменившихся условий.

E — энтропия множества последовательностей состояний в результате выполнения действия по получению материальных эффектов в случае, если информация не использована для изменения возможных состояний действия по получению материальных эффектов. В этом случае изменений условий или/и реакции на изменившиеся условия не произошло.

Разница $\Delta(E)$ между энтропией $E(ie)$ и E — это та разница, которая вызвана применением информации. Изменение энтропии — не цель, но средство, с использованием которого возможно достичь цели.

Достижение цели измеряется мерой соответствия характеристик эффектов требованиям, которая, в отличие от энтропии, и описывает достижение цели, если условия изменились, и соответствующая информационная операция привела к коррекции способа выполнения последующего действия по получению материальных эффектов. Таким образом, в результате информационного действия будет достигнуто лучшее соответствие эффектов требованиям — за счет снижения энтропии. Тем самым энтропия может рассматриваться как «ресурс», который «используют» для улучшения соответствия эффектов требованиям в изменяющихся условиях.

Цель использования такого «ресурса» — увеличение меры $\mu(e, ie)$ соответствия эффектов действия $w(e, ie)$ по получению материальных эффектов требованиям к ним $r(e, ie)$. Мы рассматриваем как эффекты, так и требования как случайные величины и, в большинстве случаев, функции времени (случайные процессы), т. е. $w(e, ie, t)$ и $r(e, ie, t)$. Тогда мера соответствия может быть описана как

$$\mu\left(e,ie\right) = Poss\left(\hat{w}\left(e,ie,t\right) \sim \hat{r}\left(e,ie,t\right)\right),$$

где ~ означает соответствие, один элемент или комбинацию корректно примененных знаков отношений: $\{<, \leq, >, \geq, =\}$.

Использование информации может быть описано как система взаимосвязанных изменений:

$$Syn = \left\{\mu\left(e, ie\right), \Delta E\left(e, ie\right)\right\}.$$

Полученные соотношения задают основу для построения формальной модели (цифрового двойника) деятельности с учетом использования информации на примере устойчиво развивающихся систем.