

УДК 004:338.312

СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ

²Державин С.А., ^{1,2}Гейда А.С., ²Резанова В.С.¹*Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Санкт-Петербург, e-mail: geida@iias.spb.su;*²*Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии
народного хозяйства и государственной службы, Санкт-Петербург*

Рассматривается использование информационных технологий для получения измеримых результатов функционирования систем в изменяющихся условиях. Предложены концепция, концептуальные, а затем – формальные модели использования информации для функционирования систем. Концепция и модели развивают кибернетическое представление об использовании информации путем описания информационных действий как необходимых реакций, вызываемых изменениями состояний среды и системы. Информационные действия представлены как действия, цель которых – получение информации, необходимой для успешного функционирования систем в изменяющихся условиях. Полученная в результате реакций на изменения состояний системы и среды информация используется для изменений дальнейших действий. Используемая информация может быть информацией о возможном альтернировании связанных с информационными действиями причинно-следственными связями последующих предметно-преобразующих действий (цель которых – получение материальных эффектов), информацией о текущих результатах функционирования системы и среды, об их соответствии требованиям, о возможных результатах действий и о предписаниях по реализации последующих действий. Результаты использования информации предложено описывать как такие результаты, которые получаются при реализации возможных альтернативных последовательностей действий из множества альтернатив, в результате воздействий среды и использования информации для альтернирования последовательностей действий в различных условиях.

Ключевые слова: цифровая трансформация, информационные технологии, потенциал, методы, эффективность

THE SCHEMAS OF INFORMATION TECHNOLOGIES APPLICATION FOR OBTAINING EFFECTS OF SYSTEM FUNCTIONING

²Derzhavin S.A., ^{1,2}Geyda A.S., ²Rezanova V.S.¹*Saint-Petersburg federal research center of the Russian academy of sciences, St.Petersburg,
e-mail: geida@iias.spb.su;*²*The North-West Institute of management – branch of the Russian Presidential Academy
of National Economy and Public Administration, St.Petersburg*

The use of information technologies to obtain measurable results of systems functioning in changing conditions is considered. The concept, conceptual, and then formal models of the information application for the functioning of systems are proposed. The concept and models utilize a cybernetic understanding of the information application by describing information actions as necessary reactions caused by changes in the state of the environment and system. Information actions are presented as actions aimed at obtaining information which is necessary for the successful functioning of systems in changing conditions. The information obtained because of reactions to changes in the state of the system and its environment is used to change further actions. Such information can be information about the possible alternation of subsequent material transforming actions related to information actions (the purpose of which is to obtain material effects), information about the current results of the functioning of the system and the environment, about their compliance with the requirements, about the possible results of actions and about the prescriptions for the implementation of subsequent actions. It is proposed to describe the results of information application as such results that are obtained when possible alternative sequences of actions implemented from a variety of alternatives, because of environmental influences and the use of information.

Keywords: digitalization, digital transformation, information technologies, models, methods, functioning, system, potential

Выполненный ранее систематический обзор концептуальных и математических моделей, методов и технологий исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем [1; 2] показал, что аналитическое прогнозное исследование прагматических аспектов деятельности, прагматических аспектов использования при этом информационных технологий (ИТ) должно позволить решить комплекс актуальных задач исследования использования информационных технологий для функционировании систем разных видов на осно-

ве математических моделей, описывающих использование ИТ для функционирования систем.

Предложена «деятельностная парадигма» исследования использования информационных технологий. Она должна позволить описать функционирование систем (деятельность в системах) и использование для такого функционирования ИТ, как возможные последовательности причинно-следственных связей между состояниями среды и системы, информационными действиями и результатами пред-

метно-преобразующих действий. Было показано, что результат такого описания должен позволить строить математические модели разнообразных аспектов деятельности в системах разного вида аналогично тому, как за счет дифференциального и интегрального исчислений описывают математические модели разнообразных аспектов природных явлений. Благодаря концепции, моделям и методам, создаваемых в рамках указанной парадигмы, должно стать возможным связать разные аспекты деятельности – и прежде всего информационные ее аспекты, связанные с получением и преобразованием информации, обучением, обменом информацией, организацией, в том числе социальной, – с психологией деятельности и познания, с человеческим языком – с одной стороны, и комплексом предметно-преобразующих аспектов деятельности: энергетических, материальных, инструментальных – с другой стороны. Ряд необходимых для реализации деятельностной парадигмы концептуальных и математических средств предложен в настоящей статье. Их использование должно позволить решать задачи исследования использования информационных технологий и информации, генерируемой ими, которые были определены в [1; 2] как нерешенные актуальные задачи.

Для решения указанных задач планируется использовать результаты, полученные в рамках теории потенциала систем [3], исследующей свойство потенциала систем как свойство, характеризующее приспособленность систем к функционированию в условиях изменения цели и при других воздействиях среды («в условиях изменений»). В рамках теории потенциала систем исследуются информационные действия, целью которых является получение требуемой для функционирования системы информации [4; 5] в условиях изменений. Информационные действия при функционировании системы исследуются как действия, необходимые системе для организации реагирования на изменения.

Такая точка зрения соответствует определению Норберта Винера [6]: «информация – это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств». Возможные результаты функционирования систем в изменяющихся условиях исследуются в рамках теории потенциала систем [3]. В связи с этим при исследовании использования информации для функционирования систем используются полученные в теории потенциала систем: концепция, концептуальные и затем

ряд формальных моделей использования ИТ и получаемой информации при функционировании систем в условиях изменений. Ценность информации (value of information) в кибернетике и организационной науке обычно описывается как результаты управленческих и организационных действий, реализуемых с использованием той или иной информации. Такие результаты – изменения последующих действий системы. Например, в [7] утверждается: «С одной стороны, роль информации в науке о системах достаточно проста. Но, с другой стороны, особенности исследования использования информации при деятельности в системах достаточно сложны. Имеется много деталей и нюансов, когда исследуется то, каким образом информация превращается в управление или в координацию разнообразных процессов функционирования систем. Информация – это новости о различии, которые вызывают последующее различие. Это различие воплощается в новом функционировании, которое информация нужного содержания вызывает... Конкретные действия, которые вызваны значением сообщения, изменяют внутреннюю организацию системы так, что ее поведение меняется». К настоящему времени пока еще недостаточно результатов получено в области создания аналитических моделей для оценивания того, как система формирует описанные выше результаты при использовании информации и как выбрать характеристики систем и информационных действий, чтобы обеспечить наилучшие результаты функционирования систем в изменяющихся условиях. Такие модели необходимы для того [8; 9], чтобы изменить, приспособить систему и ее функционирование к изменившимся условиям, а затем достичь измененные цели. При этом не до конца ясно, как измерить результаты целенаправленных изменений, достижение изменяющихся целей, и как построить прогнозные, прескриптивные математические модели использования информации для реализации указанных изменений. Такие математические модели и меры результатов целенаправленных изменений (благодаря полученной информации) требуются, в частности, для того, чтобы модернизировать, проектировать и создавать информационные системы с требуемыми свойствами [10; 11].

Материалы и методы исследования

Действия в системе разделены на две главные части. Это «материальные» действия – предметно-преобразующие действия, реализуемые для (в целях) получения материальных эффектов, и информацион-

ные действия – для (в целях) получения информации, требуемой для возможного альтернирования последующих действий. Действия для получения материальных эффектов – это предметно-преобразующие действия, реализуемые людьми либо организованными людьми или под контролем людей каким-либо техническим устройством. Они реализуются для того, чтобы получить материальные результаты, к характеристикам которых людьми предъявлены требования. Будем называть такие результаты эффектами.

Для того чтобы действия для получения материальных эффектов были реализованы и были получены соответствующие эффекты, необходима информация разных видов. Информация необходима в связи с природой человеческой деятельности, которая требует оперирования и/или обмена различными образами отраженной реальности для того, чтобы организовать и осуществить успешную деятельность, выбрав (из возможных) те способы деятельности, которые лучше удовлетворяют требованиям, особенно в изменяющихся условиях.

Так, для успешной реализации деятельности необходима информация о: наличии требуемых объектов (что использовать); наличии требуемого качества этих объектов в должной мере (какие использовать); наличии требуемых отношений объектов деятельности с другими объектами, участвующими с ними в обмене (как связаны); соответствии характеристик системы и среды требованиям – диагностическая информация (каково соответствие); соответствии свойств отношений с другими объектами требованиям (какое соответствие связей); наличии требуемых условий среды (какие условия); предписаниях, требуемых для осуществления действий (как действовать); предписаниях о проверках состояний во время выполнения действий и проверок их соответствия требованиям предписаний (как проверять); предписаниях, как реализовать требуемые воздействия на объекты и их связи во время реализации действий (как направлять) в соответствии с наблюдаемыми состояниями и предписаниями; предписаниях о том, как предсказывать эффекты выполнения действий и их соответствие требованиям (что будет); предписаниях, как накапливать и перемещать полученные эффекты во времени и пространстве для использования другими системами (как доставить).

Как видно, указанная информация может быть условно описана как совокупность информации о системе и среде действия

(дескриптивная информация), о предписаниях для действия с системой и их создании на основе дескриптивной информации (диагностическая, предиктивная и прескриптивная информация) и о реализации прескриптивной информации исполнительными устройствами. Оперирование описанной информацией может быть разделено на три основных вида оперирования: получение информации об объектах действий, об их отношениях и характеристиках (дескриптивной информации, например сенсорной дескриптивной информации об объектах и их отношениях), т.е. получение «входной» информации от внешних объектов; собственно оперирование (получение, передача, хранение, создание, преобразование) информацией, т.е. оперирование информацией разных видов без материального воздействия на материальные объекты действий или получения информации о них, включает оперирование дескриптивной, диагностической, предиктивной и прескриптивной информацией; использование информации для того, чтобы обеспечить требуемое воздействие на объекты и на их отношения во время реализации действий (реализация прескриптивной информации на практике, вид получения информации вида «выход», т.е. по направлению к объектам материального мира). Соответственно, различаются три вида (с подвидами) получения информации для последующего получения материальных эффектов действий.

А именно, вид из четырех подвидов получения информации «самой по себе». Под такими подвидами понимаются виды получения информации, не относящиеся к получению входной информации (от устройств вида сенсоры) или к использованию выходной информации (устройствами вида актуатор), т.е. получение информации без участия объектов материального мира для получения информации о них или получения материальных эффектов действий: дескриптивного подвида (реализуемые для ответа на вопрос «какое из возможных событий произошло в результате действий»); диагностического подвида (реализуемые для ответа на вопрос «каково соответствие требованиям состояний в результате действий»); прескриптивного вида (реализуемые для ответа на вопрос «как действовать, чтобы нужное событие произошло»); предиктивного вида (реализуемые для ответа на вопрос «что за события могут произойти, при различных действиях»).

Получение информации предиктивного вида отличается тем, что оно не обязательно производит информацию о конкретном

объекте действий или действиях, используемых для получения конкретных материальных эффектов. Они могут использоваться для получения более общей информации (более высокого уровня). Например, информации о возможных закономерностях изменений в действительности, не только в результате конкретных исследуемых действий. Могут использоваться и другие виды получения информации общего вида. Например, для получения объяснений, правил, закономерностей проявлений действительности, для получения прогнозов о результатах функционирования объектов, информации о законах природы, а затем, для формирования возможных прогнозов о способах реализации действий, об их результатах, о формировании требований к действиям, их результатам и последствиям и, возможно, для формирования информации высшего уровня.

Например, на рисунке 1: ie^p – действие по процессированию прескриптивной информации (Ie^p), может быть реализовано до начала получения материальных эффектов. Этот вид процессирования информации показан как овал в левой части схемы. Результаты такого процессирования – прескриптивная информация (полученная, обработанная). Она потребляется при процессировании информации во время получения материальных эффектов. Это потребление показано как треугольник, направленный в сторону действия по обмену веществом и энергией.

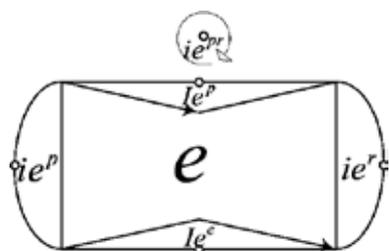


Рис. 1. Схема действий для получения материальных эффектов

ie^r – действие по мониторингу полученных материальных эффектов и представлению информации (Ie^e), может быть выполнено после получения материальных эффектов. Этот вид процессирования показан как часть схемы в виде овала справа. Информация Ie^e формируется во время действия для получения материальных эффектов, что показано в виде треугольника с направлением его ребра от действия для получения материальных эффектов;

e – действие для получения материальных эффектов, выполняется между ie^p и ie^r .

Получение информации для выполнения действия для получения 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^{pp} – действие по получению предиктивной информации (Ie^{pp}) о получаемых эффектах действия, может реализовываться асинхронно и в любой момент времени, причем как тогда, когда действие для получения материальных эффектов планируется, так и если даже и не планируется. Получение информации такого вида показано как стрелка в виде окружности над действием для получения материальных эффектов. Такое действие может быть реализовано с использованием всех видов информации, рассмотренных ранее, и, возможно, дополнительных видов информации.

В результате виды получения информации могут быть классифицированы на основе видов использования информации при реализации действия. На этой основе становится возможным описать и классифицировать «первый уровень» обработки информации, ближайший к реализации действий для получения материальных эффектов. В зависимости от результатов классифицированных ранее видов и подвидов получения информации действие может приводить к разным характеристикам эффектов (результатов, к которым предъявлены требования). Затем такие разные характеристики эффектов приведут и к разному соответствию эффектов требованиям к ним в разных возможных условиях, с учетом характеристик реализуемых информационных действий. Такое соответствие в разных условиях возможно рассматривать как показатель качества действий для получения материальных эффектов в условиях изменений, а значит – с использованием информации, возможно – разных видов. Такие соответствия в разных возможных условиях можно оценить с использованием мер (например, вероятностных) соответствия эффектов требованиям в возможных условиях. Значения, полученные с использованием указанных мер соответствия, возможно использовать в качестве показателей успешности использования информационных технологий.

При этом показатели успешности действий зависят от того, какие изменения могут произойти (и с какой мерой возможности) и какие реакции (в виде целенаправленных изменений характеристик объектов действий для получения материальных эф-

фффектов и целенаправленных изменений отношений между объектами) на изменения условий могут быть реализованы, а также в зависимости от того, каковы характеристики обработки информации. Указанные реакции могут происходить в результате различных причин: изменения среды, изменения характеристик объектов действий и связей между объектами действий в результате уже предпринятых действий, в результате возможных природных воздействий, деградации и старения, в результате изменения целей действия для получения материальных эффектов.

За счет использования предложенных показателей на основе мер возможности соответствия возможных эффектов возможным требованиям возможно описать зависимости показателей успешности действий для получения материальных эффектов (с использованием мер соответствия эффектов требованиям в разных условиях и в результате оперирования информацией для выбора реакции на изменения условий) в зависимости от характеристик изменений и характеристик оперирования информацией. Описание таких зависимостей открывает путь к последующему исследованию возможных цепочек действий для получения материальных эффектов и цепочек обработки информации в зависимости от изменяющихся условий. Цепочки могут моделироваться, например, как деревья последовательностей действий (и соответствующих им состояний) разного вида в изменяющихся условиях. Такие модели использования информации могут строиться: как теоретико-графовые модели (например, деревья) возможных цепочек информационных и последующих материальных действий, строящиеся экспертами в предметных областях; путем использования методов машинного обучения для построения моделей возможных цепочек возможных изменений (например, путем обработки файлов журналов процессов и событий) – по аналогии с Process Mining, но с учетом обработки информации при функционировании и последующего возможного альтернирования действий, что еще не реализовано в должном объеме методами Process Mining, например в рамках Process Variants Analysis и Smart process management [11; 12]; путем построения моделей возможных изменений за счет обработки как имеющихся записей журналов, так и других данных, в том числе неструктурированных текстовых данных о действиях и об их альтернировании с использованием обработки разнородной информации (Activity Mining).

За счет построения моделей деятельности в условиях возможных изменений и моделей оперирования информацией разных видов и последующей интеграции их в комплексы моделей, которые проявляли бы такие же результаты (на тестовых данных), как и данные, получаемые в результате реальной деятельности с использованием обработки информации разных видов – аналогично тому, как имитируется деятельность человека при решении задач искусственного интеллекта (искусственная деятельность, Artificial Activity).

*Концепты использования
информационных действий
для функционирования систем*

Информационное действие определяется как действие, цель которого – получение информации, требуемой для выполнения других действий (в том числе действий для получения материальных эффектов) и затем – для успешного функционирования системы в изменяющихся условиях. Схема информационного действия показана на рисунке 2. Информационное действие (ИД) состоит из частей, которые предназначены для получения информации определенных видов, и (или) частей, которые реализуют тот или иной вид обработки информации с использованием различных объектов ИД (например, программ, компьютеров). ИД показано, как овал, на рисунке 2. На рисунке i – моделируемое ИД.

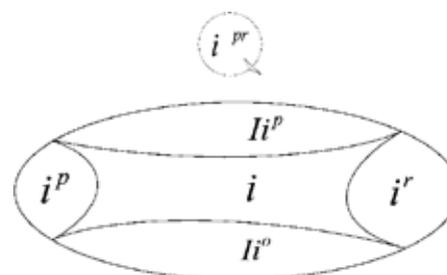


Рис. 2. Схема информационного действия

Для такого ИД, как и в случае с действием для получения материальных эффектов, используются дескриптивная и прескриптивная информация и соответствующие виды получения информации:

i^p – получение прескриптивной информации (например, трансляция, интерпретация программы на языке высокого уровня);

i^r – получение дескриптивной информации (например, мониторинг выполнения программы, отладочная информация, описания входа и выхода информации);

Ii^p – прескриптивная информация (например, описания алгоритмов, тексты программ);

Ii^0 – дескриптивная информация (например, желаемый и действительный ввод, вывод, текущее состояние вычислений);

i^{pr} – получение предиктивной информации (для получения информации Ie^{pr} предиктивного вида). Это получение может быть реализовано в любой момент времени одновременно или нет с информационным действием. Показано круговой стрелкой над информационным действием i . Такое получение может использовать все виды информации, рассмотренные ранее. Результаты такого получения могут использоваться любым из рассмотренных информационных действий.

Схемы использования информации для деятельности в системах

При создании моделей использования информации для деятельности в системах информационные действия и действия для получения материальных эффектов предложено комбинировать в последовательности с использованием концепций портов и синхронизации действий в изменяющихся условиях среды.

Порт – элемент схемы действий, с которым ассоциированы обмен информацией или веществами, энергиями. Такой обмен реализуется между объектами действия внутри и извне порта, причем объекты извне порта соединяются через соответствующий порт друг с другом действий. Возможны информационные порты и «материальные порты» (порты обмена веществами и энергиями). Концепция использования информационных портов проиллюстрирована на рисунке 3.

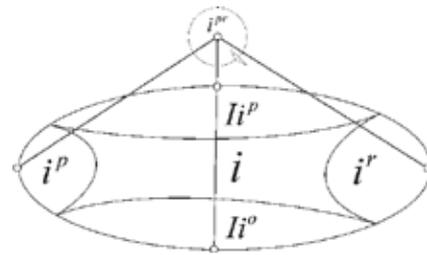


Рис. 3. Схема реализации информационных действий с использованием портов

Схема, в простейшем случае ее использования, может представлять собой конструкцию из нескольких OR(XOR) и AND в языках моделирования бизнес-процессов [13]. В этом случае действие информационной операции можно представить как таблицу решений.

На схеме предиктивное получение информации (i^{pr}) соединяет информационные порты информационных действий разных видов. Такие соединения необходимы в связи с тем, что предиктивное получение информации, в общем случае, требует все виды информации об использованных информационных действиях, а результаты обработки могут быть посланы для использования через любой информационный порт.

Пример схемы, сконструированной из элементарной для того, чтобы схематизировать одно из возможных применений информации для реализации функционирования системы (деятельности в системе), показан на рисунке 4.

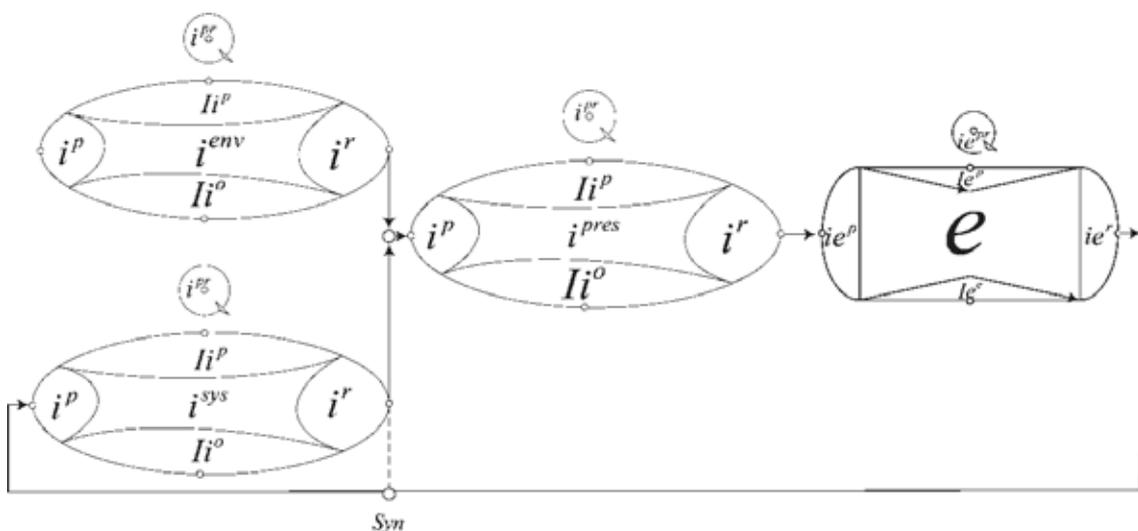


Рис. 4. Пример схемы использования информации для функционирования системы

Схема включает 3 информационных действия, обозначенные i^{env} , i^{sys} , i^{pres} : i^{env} – информационное действие мониторинга событий в среде; i^{sys} – информационное действие мониторинга событий в системе. Эти два информационных действия дают результаты, которые могут быть переданы последующему информационному действию, i^{pres} систематически, с синхронизацией во времени. Для синхронизации используется элемент *Суп* диаграммы (например, с ним может быть ассоциирована циклограмма и использующие ее вычислительные устройства). i^{pres} – информационное действие генерации предписаний для реализации действий. Это информационное действие генерирует предскриптивную информацию по реализации действия для получения материальных эффектов, e , которое может быть сложным (например, быть сетью).

Информация об эффектах действия e используется i^{sys} с применением того или иного средства синхронизации. Это необходимо для того, чтобы удостовериться, что текущие результаты действия для получения материальных эффектов и результаты функционирования среды в каждый из моментов синхронизации соответствуют по времени и могут быть учтены при генерации последующих предписаний.

*Оценивание показателей
качества использования
информационных технологий*

Предложенные схемы использованы для оценивания показателей качества использования систем (их потенциала) [3] и результатов использования информации для функционирования систем. Для такого оценивания исследователь должен оценить все возможные последовательности возможных изменений среды и затем зависящих от них изменений действий системы

как реакций на изменения среды. Для этого используются результаты моделирования в соответствии с предложенными концептуальными схемами – характеристики последовательностей C_n возможных изменений благодаря информационным действиям, выполняемым разными способами и связанными с ними причинно-следственными отношениями действиями для получения материальных эффектов, выполняемые разными способами в зависимости от результатов информационных действий.

Последовательности возможных изменений соответствуют комплексу: последовательностей изменений в среде, вызванных ими изменений в результатах информационных действий и вызванных затем результатами информационных действий последующих изменений способов реализации действий, что и ведет к проявлению различных материальных эффектов и затем к различным соответствиям эффектов изменяющимся требованиям. Такие последовательности возможных изменений описывают применение информации для деятельности в системах. Их получают на основе предложенных схем, характеристик способов действий, на основе документации на систему и сведений от экспертов, лицами, осуществляющими моделирование. Для того чтобы оценить каждую последовательность описанных возможных действий и состояний $C_n(E, It, S)$ системы и ее среды, предложена вероятностная мера $\omega(C_n, E, It, S)$, соответствующая последовательности изменяющихся условий E среды и реакций системы на изменяющиеся условия при используемых характеристиках ИТ It и системы S . Например, каждая из таких последовательностей возможных действий и состояний системы и среды, в условиях среды E при использовании ИТ It и при характеристиках системы S , может быть измерена мерой:

$$\omega(C_n, E, It, S) = \langle P(C_n, E, It, S), \mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S) \rangle, n \in N,$$

$P(C_n, E, It, S)$ – вероятность актуализации последовательности $C_n(E, It, S)$ из действий и состояний в условиях использования ИТ It и при характеристиках системы S ;

$\mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S)$ – мера соответствия результатов реализации информационной и последующих за ней операций $Y(C_n)$ в последовательности C_n требованиям $Y^T(C_n)$ при характеристиках среды E . Она может быть определена как вероятностная мера соответствия случайных величин возможных результатов требованиям (т.е. не больше требований, больше) при реализации действий для каждой из возможных последовательностей C_n :

$$\mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S) = P(Y(C_n) \leq / > Y^T(C_n), E, It, S)$$

Затем для всех возможных $C_n, n \in N$ была порождена многомерная мера $\Omega(E, S, It)$, в которой It – информационная технология, используемая для реализации системой с характеристиками S возможных изменений в различных условиях.

Характеристики многомерной меры $\Omega(E, S, It)$ (например, все распределение, поскольку оно дискретно и задано на множестве N) могут служить в качестве векторного показателя потенциала системы $\Psi(S, It)$.

В качестве скалярного $\Psi(S, It)$ показателя возможно использовать квантили, моменты и другие характеристики многомерной случайной величины. Например, если в качестве характеристики случайной величины $\Omega(E, S, It)$ использовать математическое ожидание, то:

$$\psi(E, S, It) = \sum_{n=1}^N P(C_n, E, S, It) \cdot \mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S)$$

Исследователь может использовать предложенные меры для оценивания показателей, характеризующих различные аспекты качества использования систем в условиях реагирования на изменения и использования соответствующих ИТ, поскольку предложенная многомерная мера зависит от характеристик используемых информационных действий, реализуемых по той или иной ИТ. Это, в частности, позволяет оценить показатели успешности использования ИТ для функционирования систем. Так, простейшим индикатором успешности использования ИТ может быть использована разность между значениями показателей потенциала системы при использовании новой (цифровой) ИТ и при использовании базовой ИТ.

В общем случае использования в качестве показателя успешности ИТ разности значений случайной величины многомерной меры $\Omega(E, S, It)$ соответствия эффектов требованиям для разных ИТ такую разность следует вычислять с использованием функции свертки случайных величин – мер соответствия эффектов требованиям для разных используемых ИТ.

В простейшем случае возможно обойтись разностью значений скалярных показателей: математических ожиданий ψ_1 или медиан ψ_2 . Тогда разность $\Phi(It_a, It_0)$ скалярных значений показателей потенциала системы для новой ИТ It_a и для базовой ИТ It_0 может служить в качестве показателя результативности новой ИТ (по отношению к старой):

$$\Phi_1(It_a, It_0) := \psi_1(It_a) - \psi_1(It_0)$$

$$\text{или } \Phi_2(It_a, It_0) := \psi_2(It_a) - \psi_2(It_0)$$

Заключение

Предложена концепция использования информации для функционирования

систем. На ее основе описан ряд диаграмматических моделей. Представленные модели были использованы для того, чтобы формализовать использование информации для функционирования систем, что не было в полной мере реализовано ранее. Такая формализация открыла возможность математического описания последовательностей действий для получения материальных эффектов и возможных изменений таких последовательностей за счет использования информационных технологий. Указанные последовательности моделируются как цепочки информационных действий (вызываемых возможными изменениями системы и среды) и связанных с ними причинно-следственными связями последующих действий по реализации материальных эффектов. Полученные результаты использованы для оценивания введенных показателей потенциала систем с учетом использования информации для функционирования систем. С их помощью предложено оценивать новые показатели успешности использования информационных технологий. Полученные результаты делают возможным решение задач выбора характеристик информационных технологий и характеристик систем для улучшения результатов их использования. Планируется создать новые виды моделей использования информации для функционирования систем, основываясь на различных возможных видах систем и использования информации. Предложено рассмотреть возможности машинного обучения моделей использования информации, основываясь на «больших данных» о действиях при функционировании систем.

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

Список литературы

1. 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. DOI: 10.22394/1726–1139-2021-11-95-108.
2. 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 II) // Управленческое консультирование. 2021. № 12. С. 111–125. DOI: 10.22394/1726–1139-2021-12-111-125.
3. Гейда А.С. Основы теории потенциала сложных технических систем: монография. М.: РАН, 2021. 408 с.
4. Урсул А.Д. Природа информации: философский очерк. Челябинская гос. акад. культуры и искусств, Научно-образовательный центр «Информационное общество», Российский гос. торгово-экономический ун-т, Центр исслед. глобальных процессов и устойчивого развития. 2-е

изд. Челябинск: Челябинская гос. акад. культуры и искусств, 2010. 231 с.

5. Новиков Д.А. Кибернетика 2.0 // Проблемы управления. 2016. Вып. 1. С. 73–81.

6. Винер Н. Кибернетика и общество. М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. 200 с.

7. George E. Mobus and Michael C. Kalton. Cybernetics: The Role of Information and Computation in Systems. Principles of Systems Science, Understanding Complex Systems. 2015. Vol. 8. P. 359–455. DOI: 10.1007/978-1-4939-1920-8_9.

8. Mobus G.E., Kalton M.C. Principles of Systems Science. Springer New York, 2014. 755 p.

9. Vikoulov A. The Syntellect Hypothesis: Five Paradigms of the Mind's Evolution. The Syntellect Hypothesis: Five Paradigms of the Mind's Evolution. 2019. 379 p.

10. Farbod Taymouri, Marcello La Rosa, Marlon Dumas, Fabrizio Maria Maggi. Business process variant analysis: Survey

and classification. Knowledge-Based Systems. 2021. Vol. 211. P. 106557.

11. Marrella A., Mecella M. Adaptive Process Management in Cyber-Physical Domains. In: Grambow G., Oberhauser R., Reichert M. (eds) Advances in Intelligent Process-Aware Information Systems. Intelligent Systems Reference Library. Springer, Cham. 2017. Vol. 123. 245 p. DOI: 10.1007/978-3-319-52181-7_2.

12. Kapuruge M., Han J., Colman A., Kumara I. Enabling Ad-hoc Business Process Adaptations through Event-Driven Task Decoupling. In: Salinesi, C., Norrie, M.C., Pastor, Ó. (eds) Advanced Information Systems Engineering. CAiSE. Lecture Notes in Computer Science. 2013. Vol. 7908. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-38709-8_25.

13. Golenko-Ginzburg D. Stochastic network models in innovative projecting. Vol. 1: Network projects with deterministic structure: Monograph. Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2014. 384 p.