

УДК 65.011.56
658.5.011
JEL B50 M10

Ресурсный след деятельности как элемент цифрового двойника предприятия

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5787-2430>

Самосудов Михаил Владимирович, д.э.н.,
доцент кафедры корпоративного управления ГУУ,
руководитель экспертно-методического отдела
группы компаний «Деликатный переезд»

Источник: E-Management, 2019 Т. 2, № 3, стр. 38-47.

***Аннотация:** Рассмотрены вопросы формирования цифрового двойника предприятия для целей управления. Показано, что существующие сегодня варианты цифровых двойников, моделирующих, либо физические объекты, используемые в деятельности, либо отдельные, как правило, технологические процессы не являются в полном смысле цифровым двойником предприятия, который может быть использован для автоматизации управленческой деятельности и управления предприятием. Вместе с тем отмечается, что существуют решения, позволяющие моделировать деятельность людей, процессы, происходящие в компании, точно фиксировать любые явления и события, используя определённый набор фазовых переменных (параметров системы). Это позволяет вплотную приблизиться к решению задачи формирования полноценной имитационной модели предприятия – цифрового двойника. Как один из существенных аспектов моделирования рассматривается фиксация ресурсных трансформаций, происходящих в процессе деятельности в социальной системе – т.н., ресурсного следа деятельности. Используя разработанные подходы, можно фиксировать ресурсный след деятельности и, тем самым, однозначно фиксировать изменение состояния социальной системы, что позволяет оценивать её функциональную устойчивость, рассчитывать последствия реализации управленческих воздействий до их совершения, то есть, рассчитывать управление.*

***Ключевые слова:** цифровой двойник; ресурсы; ресурсно-функциональный подход; точное управление в социальных системах; комплексная модель социальной системы; имитационная модель социальной системы.*

Введение

Современные приложения строгой (точной) теории управления довольно широко используются в технической сфере и, порой, поражают воображение – беспилотные автомобили, летательные аппараты, др. Здесь не возникает попытки назвать управлением действия, которые не приведут к «попаданию в цель» – скажут о том, что объект был неуправляемым. Возможно, управлять пытались, но обеспечить управляемость оказалось невозможно вследствие различных причин. Пусть даже этому способствовали условия среды

– результат от этого лучше не будет. В социальной же сфере мы часто путаем влияние и управление – считаем, что управляем компанией или подразделением, постоянно не достигая намеченных результатов, оправдывая себя «турбулентностью среды», наличием «человеческого фактора» и т. п. удобными речевыми штампами. Безусловно, не всегда можно управлять в строгом смысле, но тогда и не нужно называть это управлением – влияние на объект, не более. По крайней мере, не стоит заблуждаться.

Вместе с тем в социальных системах может и должно быть реализовано точное управление, в том числе, с использованием средств автоматизации – по экономическим соображениям, поскольку любые ошибки в управлении связаны с потерей ресурсов. И, во многом, этому способствуют существующие сегодня тенденции развития использования средств вычислительной техники для целей управления.

Традиционное понимание компании, природы бизнеса не позволяет решить задачи автоматизации деятельности, цифровизации экономики – было много попыток, начиная с 70-х годов. Автоматизация предполагает не только автоматизированный сбор данных, но, прежде всего, расчёт деятельности и управленческих воздействий, прогнозирование результатов воздействий. Соответственно, необходимо измерять все существенные факторы, влияющие на деятельность компании, её состояние, результаты. Но измерять нужно именно необходимые величины, которые влияют на состояние компании и результаты её взаимодействия со средой, а не те, которые мы легко можем измерить. К тому же, поскольку компания и среда – активные системы, требуется учёт активности в модели.

Обзор литературы

Сегодня много и часто говорят о цифровизации экономики. В том числе, часто используют термин «цифровой двойник». Это, конечно, в большей мере мода – очень часто за громкими лозунгами ничего не стоит. Вместе с тем, как это часто бывает, в общем шуме есть, тем не менее, полезные сигналы – автоматизация управленческой деятельности нужна, это уже необходимость в современных условиях. Другое дело, как это реализовать...

Для начала разберёмся в терминах.

Как отмечается в популярной энциклопедии, «цифровой двойник (англ. Digital Twin) – цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса. Концепция «цифрового двойника» является частью четвёртой промышленной революции и призвана помочь предприятиям быстрее обнаруживать физические проблемы, точнее предсказывать их результаты и производить более качественные продукты»¹.

В другом источнике отмечается, что «цифровой Двойник (Digital Twin) – это программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды. Важной особенностью цифрового двойника является то, что для задания на него входных воздействий используется информация с датчиков реального устройства, работающего параллельно. Работа возможна как в онлайн, так и в офлайн режимах. Далее возможно проведения сравнения информации виртуальных датчиков цифрового двойника с датчиками реального устройства, выявление аномалий и причин их возникновения. Цифровой двойник позволяет существенно расширить возможности облачных аналитических сервисов,

¹ *Словарная статья «Цифровой двойник»* (2019) Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 22.09.2019).

используемых в концепции Промышленного Интернета Вещей (IIoT = Industrial Internet of Things) четвертой промышленной революции»².

В статье «Цифровой двойник» портала CNews отмечается, что «впервые полноценно эта концепция была описана в Мичиганском университете в 2002 г. Сейчас цифровым двойником называют виртуальную модель, которая на микро- и макроуровне либо описывает реально существующий объект (выступая как дубль готового конкретного изделия), либо служит прототипом будущего объекта. При этом любая информация, которая может быть получена при тестировании физического объекта, должна быть получена и на базе тестирования его цифрового двойника»³.

Там же, а также в [Абазьева 2019, стр. 210-211] отмечается, что «сейчас распространена классификация, включающая три типа двойников: цифровые двойники-прототипы (Digital Twin Prototype, DTP), цифровые двойники-экземпляры (Digital Twin Instance, DTI) и агрегированные двойники (Digital Twin Aggregate, DTA).

DTP-двойник характеризует физический объект, прототипом которого он является, и содержит информацию, необходимую для описания и создания физической версии объекта. Эта информация включает требования к производству, аннотированную трехмерную модель, спецификацию на материалы, процессы, услуги и утилизацию.

DTI-двойники описывают конкретный физический объект, с которым двойник остается связанным на протяжении всего срока службы. Двойники этого типа обычно содержат аннотированную 3D-модель с общими размерами и допусками, спецификацию на материалы, в которой перечислены текущие и прошлые компоненты, спецификацию на процессы с перечислением операций, которые были выполнены при создании этого физического объекта, а также результаты любых тестов на объекте, записи о сервисном обслуживании, включая замену компонентов, операционные показатели, результаты тестов и измерений, полученные от датчиков, текущие и прогнозируемые значения параметров мониторинга.

DTA-двойники определяются как вычислительная система, которая имеет доступ ко всем цифровым двойникам-экземплярам и может посылать им запросы в режиме случайных или проактивных опросов».

Как видим, под цифровым двойником специалисты понимают имитационную модель, которая используется для организации производства, проведения испытаний (как, например, в автомобильной и авиационной промышленности).

Применительно к предприятию, часто цифровым двойником называют модель производственного или технологического процесса, в том числе, имитационную модель. Но это, по нашему мнению, в лучшем случае является частью модели предприятия – производственный процесс не единственный в хозяйственной системе и, строго говоря, сегодня уже не основной. Другое дело, что сделать имитационную модель предприятия в целом, модель активной социальной системы, осуществляющую деятельность в активной среде, непросто. Поэтому специалисты часто ограничиваются лишь частью предприятия, закрывая, по сути, глаза на всё остальное.

Как отмечает А.В. Петров, «в литературе имитационное моделирование чаще всего определяют как численный метод исследования сложных систем, элементы которых описаны разнородным математическим аппаратом и объединены связующей моделью» [Петров 2018,

² *Цифровой двойник* (2019а) Режим доступа: <https://www.cadfem-cis.ru/service/digital-twin/> (дата обращения 22.09.2019).

³ *Цифровой двойник* (2019) Режим доступа: http://data.cnews.ru/articles/2018-04-18_tsifrovyye_dvojniki_kontseptsiya_razvivaetsya (дата обращения 22.09.2019).

стр. 58]. Часто имитационные модели реализуются в виде программно-аппаратных комплексов.

Постановка проблемы

Учитывая вышесказанное, введём следующее определение: цифровой двойник предприятия – это комплекс информации, позволяющий проследить изменение ситуации в компании при моделировании различных воздействий на неё – управленческих, возмущающих воздействий среды, др. Для этого такой комплекс информации должен учитывать все существенные причинно-следственные связи, а также содержать необходимый и достаточный набор данных, позволяющий имитировать поведение предприятия в рыночной среде.

Учитывая тенденции развития использования вычислительной техники, датчиков и способов обработки данных, которые сегодня именуется «цифровизация», можно отметить, что цифровой двойник деятельности может быть рассмотрен как компьютерная программа, описывающая (фиксирующая) деятельность. То есть, набор программных модулей, фиксирующих определённые данные в определённом формате, определённым образом их обрабатывающая и обеспечивая тем самым возможность моделирования деятельности, состояния социальной системы, расчёта.

Рассмотрим некоторые требования к модели, которые накладывает на неё задача управления.

Для целей организации управления в социальной системе, модель должна позволять рассчитывать решения – т.е., позволять определить последствия тех или иных действий человека в процессе управления. То есть, модель должна имитировать поведение социальной системы, функционирующей в активной среде. И быть, при этом, расчётной, что означает необходимость параметрической модели.

Социальная функциональная система, которую мы рассматриваем в рамках данной работы, – строго динамическая активная система, функционирующая в строго динамической активной среде. Поэтому модель должна учитывать активность участников и факторы, влияющие на активность. Строго динамическая система означает, что в любой момент времени существует хотя бы одна фазовая переменная (параметр системы), скорость изменения которого не равна нулю. То есть, в такой системе не бывает стационарного состояния.

К сожалению, активность участников и активность среды оказались вне поля зрения специалистов в области экономики. Также в экономических моделях недостаточно, по крайней мере, учитывается информация и её влияние на функционирование компаний. Да и, строго говоря, экономика почти не уделяет внимания вопросам функционирования отдельного предприятия – всё больше крупными мазками описывает процессы, не вдаваясь в «несущественные» детали... Вместе с тем активность является одним из существенных факторов, определяющих развитие корпоративных систем, процессы обмена ресурсами в социально-экономическом пространстве.

Активность – характеристика участника корпоративных отношений (УКО), показывающая его влияние на систему, изменение условий, распределение ресурсов. Причём, именно вынужденное (под воздействием активных УКО) распределение ресурсов. Активность связана с неудовлетворённостью человека. Именно неудовлетворённость существующими

условиями, распределением ресурсов приводит к увеличению активности участников взаимодействия.

Учитывая вышесказанное, для целей управления модель должна позволять решать следующие задачи:

- Рассчитать поведение компании (корпоративной системы) при осуществлении управляющего воздействия.
- Рассчитать поведение системы при изменении условий (состояния среды).
- Рассчитать траекторию развития системы, результат реализации определённой траектории развития, траекторию, приводящую к заданному результату (например, заданному входящему денежному потоку).
- Выявить отклонение траектории развития системы / ситуации.
- Рассчитать управленческое воздействие.
- Рассчитать коэффициент функциональной устойчивости на основе значений параметров системы.
- Рассчитать значения параметров среды на основе информации о значении параметров компании и наблюдаемых явлений, с учётом значений некоторых параметров среды (формирование обоснованных гипотез о значениях параметров, недоступных для измерения).

Задачи, которые должна позволять решать модель, сформулированные по-человечески:

- Если примем такое-то решение, как изменится входящий денежный поток компании?
- Куда приведёт нас фактическая траектория развития компании – будет ли удовлетворять интересам ключевых участников это состояние, обеспечит ли оно необходимый входящий денежный поток?
- Если нам нужен такой-то входящий денежный поток, то какие должны быть значения параметров корпоративной системы, среды?

Очевидно, что для ответа на эти вопросы нужно иметь не только набор зависимостей, отражающих влияние переменных системы на целевую величину, но и методику формализации, отражения в параметрической форме состояния компании и наблюдаемых явлений.

Некоторые параметры корпоративной системы, используемые в модели, практически очень сложно измерить. Но «очень сложно» не означает «невозможно» – в компании могут быть организованы процессы, в которых квалифицированный специалист станет помощником компьютера при измерении отдельных переменных.

Исходя из этих требований и нужно формировать модель, которая выступит в роли цифрового двойника предприятия для целей управления.

Для создания цифрового двойника необходимо найти способ однозначной фиксации процессов деятельности участников корпоративных отношений. Отметки исполнителей в отчётах («галочки») – ненадёжный способ. Человек может обмануть, искренне заблуждаться и ошибаться. Отметка руководителя и/или контролёра – тоже ненадёжный способ: за всеми деталями не уследишь, множество контролёров – дорого, ненадёжно, источник коррупции.

Одна из существенных проблем автоматизации (цифровизации) деятельности – фиксация происходящих процессов в корпоративной системе. Чтобы реально говорить о цифровом двойнике нужно иметь возможность фиксировать *в цифровом виде* любые события и явления – конфликты, изменение поведения людей, др. Для этого необходимо использовать

параметры системы – переменные величины, связанные известной зависимостью с состоянием системы.

В [Антонов, Самосудов 2018; Самосудов 2011] приведён набор параметров, позволяющий *описать любую среду и корпоративную систему, ситуацию, их динамику*. А комплексная модель социальной системы, основные элементы которой представлены в докладе и материалах к нему [Самосудов 2019], показывает связь фазовых переменных (параметров системы) с входящим ресурсным потоком, частью которого является входящий денежный поток.

Таким образом, в [Самосудов 2019] показано, что социальная система вполне может быть формализована до уровня математических моделей. Это позволяет вплотную приблизиться к созданию полноценных имитационных моделей социальных систем, которые могут быть использованы, как для целей управления, так и для целей обучения, а также для научной работы – можно многое рассчитать, используя модели для проведения экспериментов прежде, чем мы начнём проводить натурные эксперименты в действующей компании.

Вместе с тем в упомянутых работах недостаточно отражён один из существенных аспектов, связанных непосредственно с деятельностью предприятия (социальной системы), который имеет существенное значение для моделирования социальных систем, реализации имитационной модели – ресурсные трансформации, происходящие в ходе деятельности или, по-другому, ресурсный след деятельности.

Решение

Практика управления и обучения управлению показывает, что люди часто недостаточно понимают, что такое ресурс, какие ресурсы бывают, не умеют думать про ресурсы, определять, какие ресурсы нужны для деятельности. Неоднократно приходилось сталкиваться с этим в деятельности компании.

Представляется, что одна из основных причин – кажущаяся очевидность и простота знания. Действительно, кто же не знает, что такое ресурс?! Как правило, ответ звучит следующим образом: «это то, что используется для...». Но следующий вопрос «что отличает ресурс от не ресурса?», как правило, ставит человека в тупик.

Здесь мы под ресурсом понимаем любой феномен (предмет, явление, сочетание, соотношение, совокупность, процесс и др.), в отношении которого у субъекта анализа имеется информация о том, как использовать его для реализации заданной (целевой) функции.

Соответственно, во-первых, ресурс – категория субъективная, зависящая от точки зрения субъекта, наличия у него информации (знаний), позволяющей рассмотреть некоторый феномен как ресурс; во-вторых, нечто (некоторый феномен) может быть определено (определён) как ресурс только при конкретизации функции и наличии знания о том, *как использовать* это для реализации *заданной* функции. Если эти условия не выполняются, то феномен нельзя отнести к группе «ресурсы».

Как показано в [Самосудов 2011, Самосудов 2011a] ресурсы, используемые в хозяйственной деятельности, можно классифицировать по следующим классификационным признакам:

- по природе (или происхождению) ресурса;
- по значимости для деятельности;
- по степени расходования в процессе деятельности;
- по степени зависимости от человека;

- по взаимной зависимости ресурсов;
- по степени дефицитности;
- по функциональному назначению;
- по сложности;
- по активности;
- по возможности получения ресурса.

Для моделирования социальной системы и деятельности принципиально важно фиксировать именно *все виды ресурсов*, убедиться в том, что мы видим все аспекты деятельности. Часто специалисты не фиксируют интеллектуальные ресурсы, информационные, организационные и др.

Но не менее, а, может быть, и более значимо понимать и фиксировать динамику ресурсных трансформаций в процессе социальной деятельности – преобразование ресурсов в новый ресурс, изменение пространственно-временной локализации ресурсов, переход ресурсов из пассивной в активную форму и обратно, перераспределение ресурсов. Это однозначно характеризует динамику состояния системы и, по сути, является «ресурсным следом» деятельности человека.

С точки зрения формализации деятельности, наиболее существенным классификационным признаком ресурсов является признак активности.

Ресурс в активной форме – ресурс, подготовленный к действию, приведённый в состояние, пригодное для деятельности.

Материальные ресурсы должны быть определённым образом локализованы в пространстве и во времени, чтобы их нужным образом можно было бы использовать для получения необходимого результата.

Информационные ресурсы должны быть доведены до сведения и усвоены определёнными участниками деятельности (участниками корпоративных отношений). То есть, должна быть обеспечена социальная локализация информационных ресурсов.

Человеческие ресурсы⁴ должны быть обеспечены надлежащей активностью человека – он должен хотеть передать их в систему посредством совершения определённых действий (то есть, его *вектор поведения* должен обеспечивать передачу этих ресурсов в деятельность). Для этого, безусловно, должны быть сформированы надлежащие субъективные оценки стимулов и ограничений, связанных с совершением действий.

Можно строго показать, что, фиксируя появление в системе ресурсов, их преобразование и, в том числе, изменение пассивной формы ресурсов на активную, можно точно фиксировать процессы в компании. Причём, не по «галочкам» заинтересованного сотрудника, но, во многих случаях, аппаратным способом и/или посредством расчётов.


Исследования в области теории деятельности и организации деятельности показали, что процесс деятельности можно определить как последовательность преобразований ресурсной базы. Причём, *любая деятельность* может быть представлена как последовательность действий, каждое из которых относится к одной из четырёх групп

⁴ Отметим, что, вопреки распространённому мнению, мы не рассматриваем человека как ресурс – человек субъект отношений, владеющий необходимым для деятельности ресурсом. Вследствие этого, с человеком нужно договариваться – он субъект, участник корпоративных отношений. Вместе с тем категория «человеческий ресурс» используется, но для определения принадлежности ресурса человеку – это ресурс, использование которого в существующих условиях невозможно без согласия человека, его владельца. Безусловно человеческим ресурсом является интеллектуальный ресурс – способность человека думать, решать определённые задачи, формировать новую информацию, необходимую для деятельности.

функциональных действий – формирование ресурсной базы, информирование участников, управление, трансформация ресурсов.

К тому же, каждое из этих действий тоже требует создания определённой ресурсной базы, управления, информирования – так проявляется фрактальная природа деятельности, в частности, нетривиальная структура на любом масштабе и самоподобие.

В общем случае цикл деятельности выглядит следующим образом:

- 
- 1) Ресурс появляется в деятельности (в корпоративной системе).
 - a) Вследствие передачи ресурса участником корпоративных отношений.
 - b) Вследствие создания этого ресурса в процессе деятельности (вследствие трансформации ресурсной базы).
 - 2) Ресурс переводится в активную форму (то есть, приводится в состояние, готовое к взаимодействию с человеком, соединению с активностью человека).
 - 3) Объединение с активностью субъекта деятельности.
 - 4) Трансформация ресурсной базы.

Следует заметить, что соответствие активности УКО и активности ресурсов – необходимое условие получения результата деятельности.

Для осуществления любой деятельности необходим определённый набор ресурсов ($R_{\text{вх.}}$), часть из которых будет израсходована, а часть – использована без изменения их количества; результатом любой деятельности является ресурс или совокупность ресурсов ($R_{\text{рез.}}$), а действие (o) формализуется следующей зависимостью: $R_{\text{вх.}} \xrightarrow{o} R_{\text{рез.}}$

Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что фиксация ресурсных трансформаций, переходов и активности УКО позволяет однозначно фиксировать деятельность, делать её прозрачной для компьютера и, следовательно, для руководителя. Но, как уже отмечалось, принципиально значимо учитывать все виды ресурсов.

Вследствие этого возникает возможность использовать это для создания программного обеспечения, предназначенного для автоматизации управленческой деятельности. Необходимо только сформировать соответствующие базы данных, которые, во-первых, позволяют зафиксировать и учитывать все виды ресурсов, включая сложноизмеримые ресурсы – интеллектуальные, информационные, социальные, организационные ресурсы и др.

Заключение

Таким образом, как показали проведённые исследования, для фиксации деятельности, отражения её в компьютере необходимо:

- Фиксировать ресурсные трансформации («ресурсный след деятельности») – возникновение, расходование, получение ресурсов, изменение распределения ресурсов, их локализации, перевод в активную форму.
- Фиксировать формирование необходимой активности участников деятельности, её синхронизацию и координацию с изменением пространственно-временной локализации ресурсов.

Активность УКО рассчитывается на основе, фиксации движения информации, изменения институциональной среды, прогноза поведения участников корпоративных отношений, а также фактического распределения ресурсов.

Эта информация и использование модели социальной системы [Самосудов 2019], позволяет сформировать имитационную модель предприятия (цифровой двойник), которую можно использовать в управленческой деятельности.

Для этого, безусловно, нужно создавать специализированное программное обеспечение, поскольку распространённые сегодня программные решения не обеспечивают учёт, во-первых, большинства ресурсов, используемых в деятельности (не учитываются информационные, социальные, интеллектуальные, организационные ресурсы – для них нет соответствующего места в учётных системах); во-вторых, не позволяют фиксировать ресурсные трансформации – в них просто нет соответствующего места для этого.

Безусловно, на пути создания соответствующего программного обеспечения ещё много сложностей, но они уже технического характера – методологические проблемы уже решены, по крайней мере, в основном – понимание природы корпоративной системы, социальной деятельности, активности человека и социальной системы доведено до уровня математических моделей, основные причинно-следственные связи формализованы. Нужно лишь научиться фиксировать необходимые данные в нужном виде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Абазьева М.П. (2019) Цифровые двойники: концепция, возможности, перспективы // Наука и бизнес: пути развития, № 5 (95), стр. 210-212.

Антонов В.Г., Самосудов М.В. (2018) Проблемы и перспективы развития цифрового менеджмента. // E-Management, 2, стр. 38-48. Режим доступа: <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2018-2-38-48> (дата обращения 22.09.2019).

Петров А.В. (2018) Имитация как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета, Том: 22, № 10 (141), стр. 56-66.

Самосудов М.В. 2011) Развитие теории корпоративного взаимодействия на основе решения проблемы устойчивости компании: Дис. ... док. экон. наук : 08.00.05. : Москва, 2011. 440 с.

Самосудов М.В. (2011а) Классификация ресурсов для бизнеса. // Вестник университета (ГУУ), № 21, 2011. – стр. 204-207.

Самосудов М.В. (2019) Концепция модели социальной системы, функционирующей в активной среде, для целей цифровизации управления: Доклад на семинаре «Развитие теории и методологии управления в социальных системах» 23.05.2019 г. // Режим доступа: <http://iom.guu.ru/?p=4930> (дата обращения 22.09.2019).