

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 519:004.8:371

doi: 10.30987/2658-4026-2022-3-168-176

Дизайн цифрового двойника человека и классов задач на нем в приложении к подготовке кадров

Виталий Владимирович Мартынов^{1✉}, Елена Ивановна Филосова²

¹ Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

² Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

¹ vvmartynov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8562-9267>

² filsova.ei@ugatu.su; <https://orcid.org/0000-0001-5355-5470>

Аннотация. Понятие «цифрового двойника» (Digital Twin) является основой цифровой трансформации любого современного предприятия. Для соответствия запросам Индустрии 4.0 перед современной экономикой стоит задача формирования облика гражданина, которая не может быть эффективно решена без создания его цифрового двойника. Эти данные могут помочь решить такие классы задач, как формирование кадрового обеспечения инициатив развития территорий, прогнозирование и планирование динамики кадров в соответствии со стратегией организации и многие другие. Рассматривается технология создания цифрового двойника человека, построены UML-модели этого процесса, рассмотрены существующие технологии и возможность их применения для каждого этапа. При обследовании объекта, после выявления всех существенных для решения задачи построения цифрового двойника характеристик, строится математическая модель. На этапе сбора данных предлагаемый способ интегрированной обработки неструктурированной информации может быть основан на построении онтологии. Этап цифрового проектирования заключается в построении инженеринговой модели, для которой был определен необходимый технический инструментарий и применяемые при построении цифровых двойников программные средства. Этап разработки цифрового двойника проанализирован на примере образовательного процесса. В статье рассматриваются существующие подходы к применению данной технологии и задачи, которые могут быть решены с ее применением в приложении к системе образования. Рассмотрен дизайн интеллектуальной системы принятия решений на основе обработки собираемых данных цифрового портрета обучающегося. С помощью ее можно будет прогнозировать жизненную траекторию обучающегося: его карьеру, профессиональное развитие, здоровье, социальную активность и т.п.

Ключевые слова: цифровой двойник, Индустрия 4.0, цифровой портрет обучающегося, этапы разработки цифрового двойника

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-08-00796 «Интеллектуальное управление промышленным комплексом как динамическим многоагентным объектом на основе методов когнитивного моделирования и машинного обучения».

Для цитирования: Мартынов В.В., Филосова Е.И. Дизайн цифрового двойника человека и классов задач на нем в приложении к подготовке кадров // Эргодизайн. 2022. №3 (17). С. 168-176. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2022-3-168-176>.

Original article

Open Access Article

Designing a human digital twin and its classes of tasks in the supplement to staff training

Vitaly V. Martynov^{1✉}, Elena I. Filsova²

¹ Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

² Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

¹ vvmartynov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8562-9267>

² filsova.ei@ugatu.su; <https://orcid.org/0000-0001-5355-5470>

Abstract. The concept of “digital twin” is the digital transformation basis of any modern enterprise. To meet the demands of Industry 4.0, the modern economy is faced with the task of forming a citizen’s image, which cannot be effectively solved

without creating its digital twin. These data can help solve such classes of problems as forming staffing for territorial development initiatives, forecasting and planning personnel dynamics in accordance with the organization strategy, and many others. The technology of creating a person's digital twin is considered, UML models of this process are built, existing technologies and the possibility of their application for each stage are considered. When examining an object, after identifying all the characteristics that are essential for solving the problem of building a digital twin, a mathematical model is made. At the data collection stage, the proposed method for integrated processing of unstructured information can be based on constructing ontology. The stage of a digital design consists of building an engineering model, for which the necessary technical tools and software applications used in the digital twin construction are determined. The stage of developing a digital twin is analyzed on the example of the educational process. The article discusses the existing approaches to applying this technology and the tasks that can be solved with its application to the education system. The article considers the design of an intelligent decision-making system based on processing the collected data of a student's digital portrait. With its help, it will be possible to predict the student's life path: his or her career, professional development, health, social activity, etc.

Key words: digital twin, Industry 4.0, student's digital portrait, stages of developing a digital twin

Funding: the study is financially supported by the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 20-08-00796 "Intelligent control of the Industrial Complex as a Dynamic Multi-Agent Object Based on Cognitive Modelling and Machine Learning Methods."

Для цитирования: Martynov V.V., Filsova E.I. Designing a human digital twin and its classes of tasks in the supplement to staff training // Ergodizayn [Ergodesign], 2022, no. 3 (17). pp. 168-176. doi: 10.30987/2658-4026-2022-3-168-176.

Введение

Цифровизация экономики стала реальностью современной жизни. Прогресс в науке и технике находит свое отражение в формировании технологических укладов, определяемых уровнем автоматизации процессов производства. Промышленная концепция Industry 4.0 интегрирует в единое информационное пространство и физические операции, и сопутствующие процессы. Промышленность уже в своих концепциях (Industry 4.0, 5.0) и их реализациях идет по принципу создания цифровых двойников, сопровождающих продукцию на всех этапах ее жизненного цикла (ЖЦ). Это позволяет обеспечить не только информационную поддержку во время производства, но и отрабатывать возможные варианты изменения ЖЦ, прогнозировать их на моделях, осуществляя выбор наиболее эффективного по определенным критериям. Цифровые двойники – это виртуальные прототипы действительных производственных процессов, собираемых на основе самых разнообразных данных, в том числе, с помощью многочисленных IoT-датчиков.

Россия первая ввела с 1 января 2022 года стандарт «Численное моделирование» в области цифровых двойников – ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения». В нем приводится следующее определение цифрового двойника: «Цифровой двойник изделия: Система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями». Также в рамках стандарта

определен порядок создания цифровых двойников, требования к его структуре, порядку сопровождения, учета и хранения при эксплуатации и др. Но так как прототипами цифровых двойников могут служить произвольные объекты (предметы живой и неживой природы, социальные структуры, процессы и т.п.), то в настоящий момент исследователи пришли к мнению, что для реализации технологий цифровых двойников не обязательна пространственная визуализация физического прообраза [1]. Поэтому, рассматривая цифрового двойника человека, мы под этим понятием будем подразумевать программный аналог реального физического объекта, воспроизводящий его структуру, состояние, а также динамику их изменения во времени.

Материалы, модели, эксперименты и методы

Изначально цифровые двойники разрабатывались для выявления особенностей поведения реального объекта в разных ситуациях, что применимо к цифровому двойнику человека. Технология цифровых двойников является одной из самых популярных технологий, связанных с Индустрией 4.0 и жизненно важной и для многих сфер современной экономики.

В различных российских и зарубежных источниках [2-4 и др.] опубликованы результаты практического применения цифровых двойников на производстве (решаются задачи совершенствования производственных процессов, в промышленном дизайне, испытаниях изделий и т.п.), но в отношении цифрового двойника человека исследований несравнимо меньше. В этом плане человек, как информационный

объект, отстает от общего развития таких концепций. Можно найти публикации в медицинской сфере, например, в Нижегородском университете имени Лобачевского для контроля физического состояния пациента и предупреждения рисков развития заболеваний, ученые разрабатывают цифровую копию человека с точными аналогами всех жизненных систем. Эта модель даст возможность медикам в реальном времени отслеживать данные о здоровье клиентов и состоянии медицинского оборудования. В компании Philips разработали технологию трехмерной модели сердца человека на основе снимков УЗИ. Из других областей: национальный центр когнитивных разработок Университета ИТМО разработал платформу цифровых аватаров, Digital Doubles создаёт цифрового двойника, который общается от имени владельца в соцсетях.

На каждого гражданина нашей страны в различных базах и банках данных (начиная с сайтов госуслуг, налоговых органов, до персональных данных на предприятии) зафиксировано множество информации, которая является крайне разрозненной и зачастую противоречивой. Отсутствие единой структуры данных приводит как следствие к их несогласованности. Очевидной является проблема структуризации разрозненных данных об индивиде в соответствии с существующими принципами их представления, т.е. создания цифрового портрета индивида (цифрового двойника человека). Для этого в первую очередь необходимо разработать структуру таких данных, подобрать методы их обработки, создать систему поддержки принятия решений на основе полученных результатов. На данной структуре можно будет ставить и решать множество задач, определение классов и технологий решения которых также является актуальной задачей. Решение последней упорядочит усилия научного сообщества в исследовательской сфере, связанной с человеком. Но определение структуры цифрового двойника человека является первичной задачей. Без ее решения все остальные задачи будут обречены на межзадачную несогласованность информации, что порождает множество потенциальных ошибок по ее представлению и обработке. Верхний уровень цифрового двойника человека будет инвариантным для всех, как содержащий общую информацию об индивиде (рис. 1). Далее структура может быть декомпозирована до потребности в

элементарных информационных объектах в конкретных областях в зависимости от направления жизнедеятельности конкретного субъекта. Это общий подход к созданию цифрового двойника человека и классах решаемых на нем актуальных задач, позволяющих осуществлять продвижение новых технологий Индустрии 4.0. Для примера рассмотрим применение концепции цифрового двойника в сфере образования. Анализ публикаций о технологии цифровых двойников в образовании из отечественных и зарубежных источников показал, что большинство из них появилось после 2020 года и их количество относительно невелико [5]. В основном эти публикации касаются применения данной технологии «в качестве инструмента для обучения студентов работе с производственными системами, и обосновывается это предложение путём внедрения теорий обучения в рамках педагогических цифровых двойников» [6]. В этом смысле технологию «цифрового двойника» могут использовать в своих интересах как студенты, так и преподаватели. Например, можно создать более интересный интерактивный экспериментальный процесс обучения, что особенно актуально в условиях пандемии. Используя данную технологию, обучающие могут изучать структуру недоступных для них напрямую систем, осваивать методы работы и управление поведением системы в различных смоделированных условиях. Здесь цифровые двойники с помощью виртуальной реальности образуют новый инструмент обучения: вместо изучения реального предмета изучается его цифровое представление. Есть и другая сторона использования цифровых двойников в образовании. Каждый человек в процессе своей жизнедеятельности оставляет цифровой след. Это могут быть фрагменты нашего существования в социальных сетях, таких как «В контакте», Instagram, Facebook, Twitter и других. Мы оставляем информацию на сайтах правительства и муниципалитетов (например, на портале госуслуг, налоговых органов и прочих), в системе здравоохранения, в различных интернет-магазинах. Сбором сферы наших интересов также занимаются поисковые системы. Компании-работодатели собирают информацию о своих сотрудниках, об их квалификации и навыках. В системе образования также накапливаются данные об обучающихся, обычно это размещается в портфолио студента. Все эти фрагменты

данных рассредоточены по различным источникам, и задача объединения их в одну структуру хоть и является достаточно сложной, но необходимой для интегральных проблем и решаемой. Более сложной стороной этого процесса является получение доступа к этой информации. Как в нашей стране, так и в большинстве зарубежных есть

определенные законодательные акты, регулирующие этот процесс (например, Федеральный закон "О персональных данных" от 27.07.2006 № 152-ФЗ). Но даже если есть право на доступ к такой информации, то организации, физически осуществляющие хранение таких данных, далеко не всегда готовы ими поделиться.

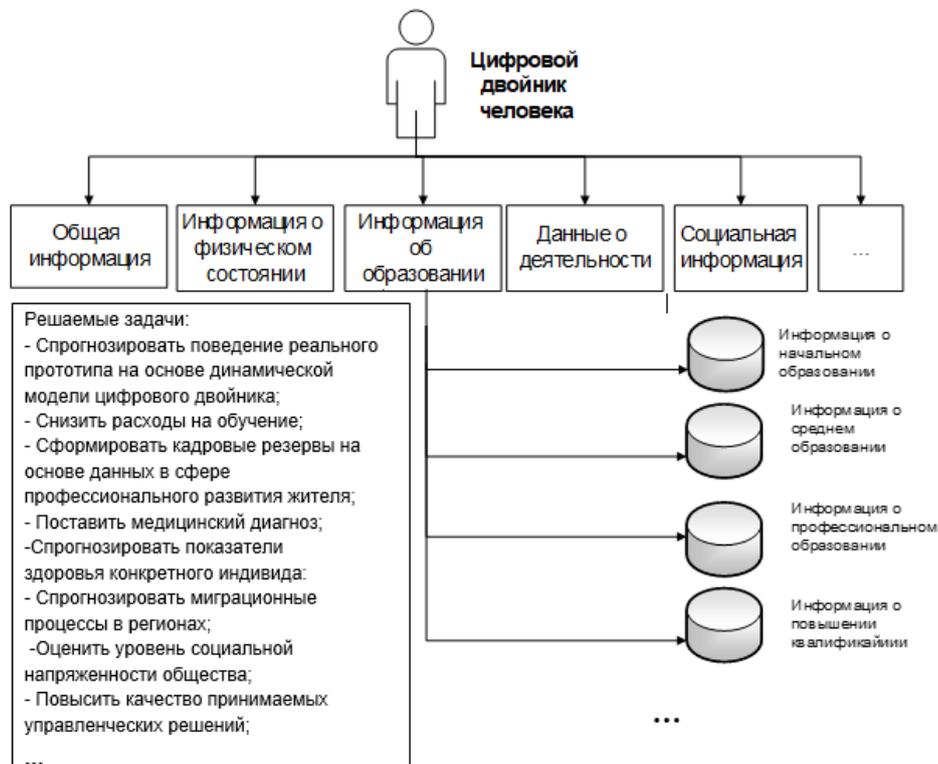


Рис. 1. Структура информации цифрового двойника человека.

Fig. 1. Structure of information of a digital twin of a person

В настоящий момент можно найти публикации, касающиеся данной проблемы как в общем случае (для создания цифрового двойника гражданина), так и для сферы образования (для создания цифрового двойника обучающегося), но конкретных результатов пока не представлено. Так, например, президент российской академии наук Сергеев А. М. в 2019 году отмечал, что есть заинтересованность и ведется обсуждение с российскими IT-компаниями проектов по созданию цифровых двойников в области образования [7]. В частности, обсуждалось «применение систем компьютерного распознавания для исследования психологии учеников, их эмоционального состояния в ходе учебы и формирования так называемой цифровой модели учащегося». Если рассматривать цифрового двойника обучающегося с этой точки зрения, то он должен отображать не только текущее состояние объекта в режиме реального времени, но и предсказывать его будущее состояние, основываясь на текущих

данных. Цифровой двойник обучающегося должен содержать информацию не только о его знаниях, но и навыках, учитывать угасание знаний (то, что мы забываем), потерю навыков (то, что мы теряем, не практикуясь). Эта информация может служить базой для принятия решений об индивидуальной траектории обучения, выбора адаптивной методики преподавания, создания проактивной образовательной программы, подбора необходимых кадров для предприятия.

Для объединения разрозненных данных и создания цифрового портрета необходимо:

- создать прототип цифрового двойника человека;
- разработать структуру данных, необходимых для описания физической версии;
- подобрать и применить методы ее обработки.

Этапы создания цифрового двойника представлены в виде модели деятельности UML на рисунке 2.



Рис. 2. Процесс создания и использования цифрового двойника.
 Fig. 2. The process of creating and using a digital twin.

Рассмотрим каждый этап более подробно. При обследовании объекта выявляются все существенные для решения задачи построения цифрового двойника характеристики. На этапе сбора данных строится математическая модель обработки информации. Информационное пространство любого предприятия составляют подмножества как структурированных, так и неструктурированных пересекающихся данных. Предлагается способ интегрированной обработки неструктурированных данных в рамках одной системы на базе логического уровня - онтологии. Наполнение онтологии будет осуществляться на основе выделения данных из информационного потока о конкретном событии или процессе, связанном с конкретным индивидом. Логическая форма онтологии структурирована, поэтому к наполняющим ее данным применима реляционная алгебра. Обязательным условием создания такого интегрированного решения является наличие инструмента создания и редактирования онтологий [8]. Целиком этап сбора данных представлен на рисунке 3 (также в виде модели деятельности UML).

Рассмотрим этап цифрового проектирования. При построении инженеринговой модели определяется

необходимый технический инструментарий. Существует целый ряд программных средств, применяемых при построении и применении цифровых двойников на производстве. Например, компания ANSYS предлагает инструмент Twin Builder, который представляет собой технологию для моделирования, интеграции и анализа киберфизических систем [9], у компании PTC (Продуктивные Технологические решения) есть платформа ThingWorx Converge, которая взаимодействует с системами сбора информации (PLM, SLM, ALM, CRM и т. д.) через реализованные в них интерфейсы программирования приложений API. После сбора информации с помощью методов интеллектуального анализа данные фильтруются и анализируются решением ColdLight.

Результатом этапа цифрового проектирования является разработка цифрового двойника. Здесь необходимо в первую очередь создать методологическую базу его использования, технологию управления им (провести моделирование возможных событий). Моделирование поведения виртуальных прототипов представляется возможным, например, на основе агентов. Для того, чтобы использование цифрового двойника принесло результат при проведении экспериментов

(решение на нем различных классов задач), в представлении данных, их анализе и использовании, также могут быть спроектированы динамические имитационные модели. Цифровой двойник объединяет виртуальную и физическую среды, которые включают в себя физическую систему, внешние датчики, интерфейсы связи и т.п. (рис. 3, UML). Эти данные включают в себя информацию из физических систем, внешних датчиков, информационных систем и т.п., они передаются в виртуальную среду для обновления модели в цифровом двойнике. Например, для образовательного процесса данные могут собираться из системы управления вузом, системы дистанционного обучения, систем обеспечения безопасности и других информационных систем, функционирующих в организации. Предполагается наличие программно-аппаратного комплекса, который имитирует работу образовательного учреждения и действия обучающихся, ППС и сотрудников в нем, благодаря чему решает определенные классы задач на цифровом двойнике обучающегося. Это может позволить контролировать время активной и неактивной деятельности, отслеживать, соответствуют ли реальные действия обучающихся текущим заданиям и др. Этапы тестирования и запуска в эксплуатацию являются достаточно стандартными и выполняются на основе ГОСТ 34.603-92.

Для обработки данных логично использовать механизм построения комплексного двойника – это совокупность всех известных на сегодняшний день технологий агрегирования, моделирования, анализа и визуализации данных [10,11]. Совокупность собранной информации образует «Большие данные» – важнейший источник информации для принятия решений. Значительная часть таких данных собирается через Интернет, а остальная часть с поддержкой устройств Интернета вещей (Internet of Things, IoT). Большие данные имеют важное значение для глобального бизнеса, поскольку соответствуют получению точной информации и более точному ее анализу, который, в свою очередь, обеспечивает прогнозирование будущих состояний с помощью моделей предиктивной аналитики, что позволяет управлять объектом в режиме реального времени, обеспечивает более эффективное принятие решений, повышает операционную эффективность и сокращает затраты на выполнение процессов. Цифровые двойники активно используют эту

технологии Индустрии 4.0, так как сбор и накопление всех доступных данных позволяет анализировать поведение реального объекта и управлять им. Обработка данных цифровых двойников предполагает обмен огромным объемом информации, которая поступает, как ранее отмечалось, как в структурированном, так и в неструктурированном виде. Источники этих данных разнообразны, разнородны. Проблемой становится не только разноформатность собираемой информации, но и ограниченность пропускной способности системы передачи данных от информационных систем сбора к системам обработки информации. Здесь необходимы высокопропускные магистрали для передачи информации, схемы облачного хранения, системы обеспечения безопасности этих данных.

К особенностям больших данных также можно отнести то, что они создаются не в исследовательских целях, а охватывают всю популяцию, дают представление о поведении людей на микроуровне и генерируются и обрабатываются в режиме реального времени. Это очень важно при исследовании социального поведения человека, т.к. дает представление о реальных действиях и интересах обучающихся. Анализ таких данных с помощью технологий Big Data позволяет эффективно выполнять важные управленческие функции. Результаты обработки больших данных позволяют выявлять тенденции и закономерности, на основании которых можно составлять различного рода прогнозы. Данные цифрового двойника могут быть использованы для анализа, разработки стратегий и принятия правильных решений при формировании его жизненной траектории. Далее предлагается создать интеллектуальную систему принятия решений в определенном классе задач на основе полученных результатов обработки данных цифрового двойника человека.

Результаты

Если рассматривать систему образования, то цифровая экономика предполагает такое использование информационных технологий, которое автоматически меняет структуру и содержание образовательного процесса под ее потребности. Рассмотрим дизайн системы принятия решений на основе полученных результатов обработки данных цифрового двойника обучающегося. Если под

информатизацией понимать процесс постоянного совершенствования познавательных знаний и умений с помощью активного использования программных средств учебного назначения и ресурсов сети интернет, то наличие цифрового двойника будет способствовать выявлению не только вектора развития образовательной траектории обучающегося на основе обработки данных по использованию различных информационных технологий образовательной организации и цифрового следа в web-ресурсах, но и направлений дополнительного творческого развития. В список обрабатываемых данных входят образовательные успехи обучающегося, его достижения в виде полученных наград, грамот, дипломов, сертификатов, результаты профориентационного и других видов

тестирования, анализ хода выполнения учебных заданий. Также это могут быть и личные пожелания, собираемые с помощью обратной связи, скорость и качество ликвидации задолженности, и множество других. В системе должны храниться и обрабатываться данные из взаимосвязанных категорий, таких как «Образование», «Внеучебная активность», «Наука», «Карьера», «Профориентация», «Психология» и других. Эти данные лягут в основу принятия решений по подготовке специалистов, которые гарантированно востребованы на рынке труда, легко и свободно владеют цифровыми технологиями, а также ориентированы на непрерывное обучение и отвечают потребностям экономики в специалистах определенного профиля.

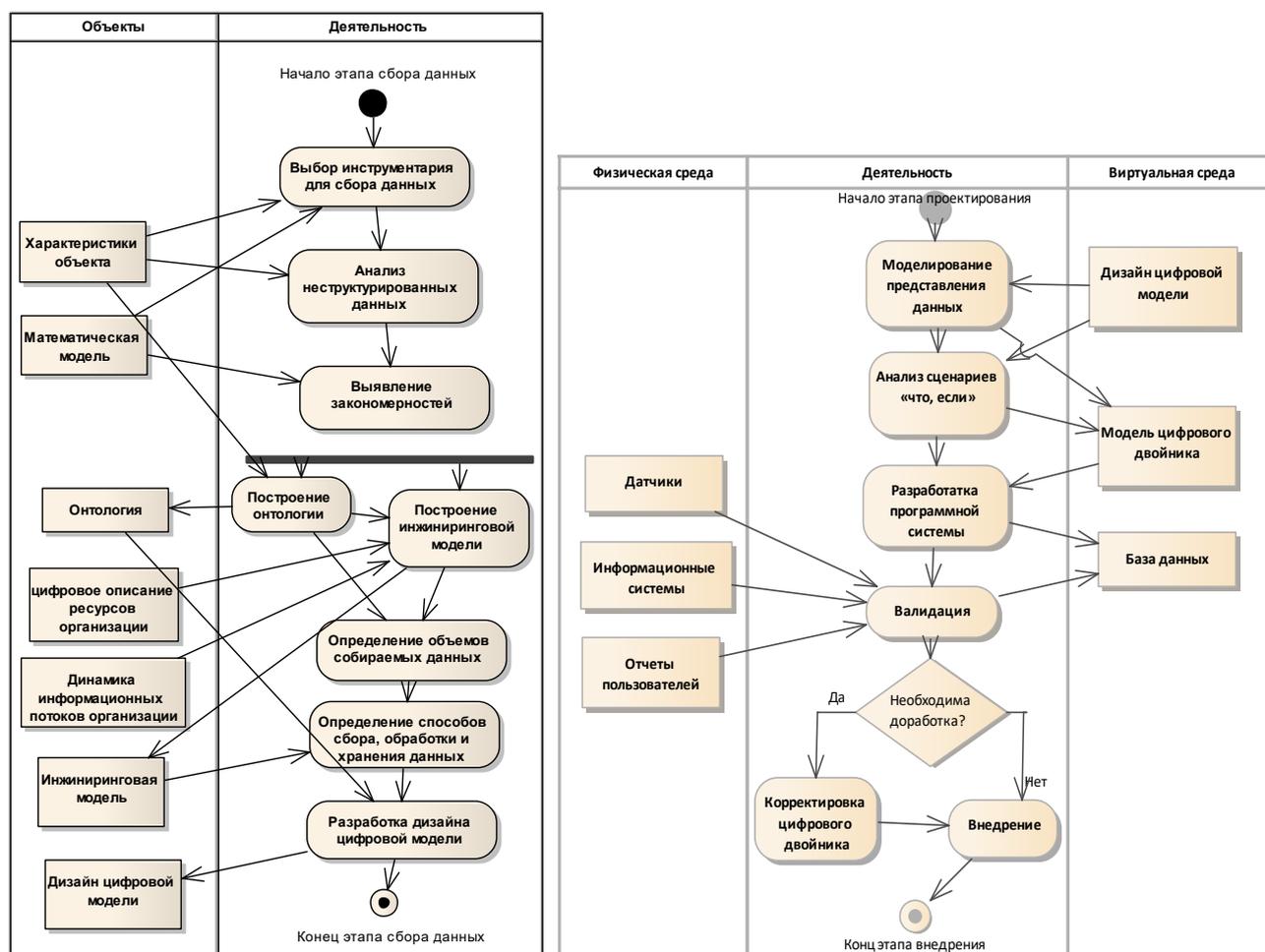


Рис. 3. Этапы сбора данных, проектирования и внедрения при создании цифрового двойника.
 Fig. 3. Stages of data collection, design and implementation when creating a digital twin.

При информатизации учебного процесса можно будет автоматически искать наиболее подходящие для конкретного индивида дисциплины по выбору, технологии обучения, либо формировать индивидуальную образовательную

траекторию, подбирать курсы для восполнения обнаруженных пробелов по конкретным дисциплинам или под заданные требования сотрудника компании-нанимателя, научные проекты по его интересу и имеющимся компетенциям.

Расширение и детализация доступной информации для работодателя об обучающемся позволило бы осуществлять качественный кадровый подбор на основе количественных параметров цифрового двойника его характеризующих. В свою очередь обучающийся, используя подобный инструментарий с набором личностных показателей, заранее будет иметь представление о пробелах в компетенциях, необходимых работодателю, и сможет своевременно их устранять, чтобы соответствовать всем требованиям последнего.

Интеллектуальная система принятия решений также позволит повысить цифровизацию управленческой деятельности образовательной организации путем объединения данных различных подсистем. Например, это могут быть данные центра профориентации, деканата, администрации, кадров, психолога, медицинского кабинета, видеосистемы охраны, оборудования обслуживания электронных карт и множество других. На основе обработки данных можно осуществлять качественный кадровый подбор по требованиям работодателя на базе индивидуальных профилей компетенций учащихся, формировать команды проектов, искать и прогнозировать направления подготовки для получения профессиональных компетенций с наибольшей вероятностью успешного прохождения обучения. Это поможет повысить продуктивность конкретных

бизнес-процессов благодаря использованию оцифрованной информации и соответствующих технологий ее обработки.

Обсуждение/Заключение

Развитие жизненной траектории человека – это определение направлений развития его будущей профессиональной карьеры, социальной роли в обществе. Цель моделирования такой траектории – определить потенциальные возможности и формы участия человека в программах социально-экономического развития на основе анализа всех значимых факторов. Необходимо выявить классы задач прогнозирования жизненной траектории (прогнозирование карьеры, профессионального развития, здоровья, социальной активности и т.п.) и требуемые для этого данные его цифрового следа, их источники и алгоритмы обработки, на основании которых возможно составить траекторию развития.

На цифровой модели двойника человека можно будет решать любые задачи, в которых задействована собранная информация, необходимая для принятия решения в рассматриваемой области. Например, такие классы задач, как формирование кадрового обеспечения инициатив развития территорий, прогнозирование и планирование динамики кадров в соответствии со стратегией организации и многие другие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

REFERENCES

1. Минаев В.А., Мазин А.В., Здирук К.Б. и др. Цифровые двойники объектов в решении задач управления // Радиопромышленность. 2019. № 3. С. 68-78. DOI 10.21778/2413-9599-2019-29-3-68-78.
2. TAdviser. Цифровой двойник. Digital Twin of Organization, DTO. 2021. URL: <https://www.tadviser.ru/a/395520> (дата обращения: 24.04.2022).
3. Meierhofer J., West S., Rapaccini M., Barbieri C. The Digital Twin as a Service Enabler: From the Service Ecosystem to the Simulation Model. Lecture Notes in Business Information Processing 377 LNBIP, 2020;347-359. DOI 10.1007/978-3-030-38724-2_25.
4. Рудской А. И. Цифровая промышленность на основе цифровых двойников // Приборы. 2021. № 3(249). С. 9-16.
5. Вихман В.В., Ромм М.В. «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 2. С. 22-32. DOI 10.31992/0869-3617-2021-30-2-22-32.
6. David J., Lobov A., Lanz M. Learning Experiences

1. Minaev V.A., Mazin A.V., Zdiruk K.B. et al. Digital Twins of Objects in Solution of Control Problems. Radio Industry. 2019;3:68-78. DOI 10.21778/2413-9599-2019-29-3-68-78.
2. TAdviser. Digital Twin of Organization, DTO [Internet]. 2021 [cited 2022 Apr 24]. Available from: <https://www.tadviser.ru/a/395520>.
3. Meierhofer J., West S., Rapaccini M., Barbieri C. The Digital Twin as a Service Enabler: From the Service Ecosystem to the Simulation Model. Lecture Notes in Business Information Processing 377 LNBIP, 2020;347-359. DOI 10.1007/978-3-030-38724-2_25.
4. Rudskoy A.I. Digital Industry Based on Digital Twins. Instruments. 2021;3(249):9-16.
5. Vikhman V.V., Romm M.V. “Digital Twins” in Education: Prospects and Reality. Higher Education in Russia. 2021;30(2)22-32. DOI 10.31992/0869-3617-2021-30-2-22-32.
6. David J, Lobov A, Lanz M. Learning Experiences

Involving Digital Twins // 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. 2018:3681–3686. DOI 10.1109/IECON.2018.8591460.

7. **Цифровые двойники в образовании.** Информационное агентство "Научная Россия". 2020. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/tsifrovye-dvojniki-v-obrazovanii> (дата обращения: 24.04.2022).

8. **Зверева Н.Н., Мартынов В.В.** Цифровая экономика и ее кадровый потенциал в условиях модернизации образовательных стандартов. Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: материалы II Международного научного форума 6-7.12.18. Вып. 3. ГУУ. М: ГУУ, 2018. С.257-262. ISBN 978-5-215-03130-8.

9. **ANSYS Twin Builder.** URL: <https://cae-expert.ru/product/ansys-twin-builder> (дата обращения: 24.04.2022).

10. **Madni A.M., Madni C.C., Lucero S.D.** Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering. Systems. 2019;7(1):7. DOI 10.3390/systems7010007.

11. **Pyasov B.G., Martynov V.V., Makarova E.A. et al.** Data Processing and Computing the Integral Indexes of Russian Regions Development. Proceedings of the 2021 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS). Yaroslavl, 6-10.09.2021. P. 490-495. DOI 10.1109/ITQMIS53292.2021.9642879.

Involving Digital Twins. In: Proceedings of 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society; 2018. p. 3681-3686. DOI 10.1109/IE-CON.2018.8591460.

7. **Digital Twins in Education.** Information Agency "Scientific Russia" [Internet]. 2020. [cited 2022 Apr 24]. Available from: <https://scientificrussia.ru/articles/tsifrovye-dvojniki-v-obrazovanii>.

8. **Zvereva N.N., Martynov V.V.** Digital Economy and Its Personnel Potential in the Context of Educational Standard Modernization. In: Proceedings of the 2nd International Scientific Forum 6-7.12.18: A Step into the Future: Artificial Intelligence and the Digital Economy; Moscow: State University of Management: 2018;3. p. 257-262.

9. **ANSYS Twin Builder [Internet]** [cited 2022 Apr 24]. Available from: <https://cae-expert.ru/product/ansys-twin-builder>.

10. **Madni A.M., Madni C.C., Lucero S.D.** Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering. Systems. 2019;7(1):7. DOI 10.3390/systems7010007.

11. **Pyasov B.G., Martynov V.V., Makarova E.A. et al.** Data Processing and Computing the Integral Indexes of Russian Regions Development. In: Proceedings of the 2021 IEEE International Conference: Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS); 2021 Sep 6-10; Yaroslavl: 2021. p. 490-495. DOI 10.1109/ITQMIS53292.2021.9642879.

Информация об авторах:

Мартынов Виталий Владимирович
профессор, д.т.н., +7(905)1803068, зав.кафедрой
экономической информатики, Почетный работник
высшего профессионального образования РФ, член IEEE,
Author ID Scopus 57193740389, Web of Science
ResearcherID AAH-9330-2019, AuthorID РИНЦ: 126010.

Филосова Елена Ивановна
доцент, к.т.н., тел. +7(927)635-89-70, доцент,
международные идентификационные номера автора:
Scopus-Author ID: 57204116864, Web of Science
ResearcherID ABD-5072-2020, Author-ID-РИНЦ: 674380.

Information about the authors:

Martynov Vitaly Vladimirovich
Professor, Doctor of Technical Sciences, ph.
+7(905)1803068, Head of the Department "Economic
Informatics", Honourary Worker of Higher Professional
Education of the Russian Federation, Member of IEEE,
Author ID Scopus 57193740389, Web of Science
ResearcherID AAH-9330-2019, AuthorID RSCI: 126010.

Filsova Elena Ivanovna
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, ph.
+7(927)635-89-70, Associate Professor, the author's
international identification numbers: Scopus-Author ID:
57204116864, Web of Science ResearcherID ABD-5072-
2020, Author-ID-RSCI: 674380.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.06.2022; одобрена после рецензирования 21.06.2022; принята к публикации 22.06.2021. Рецензент – Лозбинева Ф.Ю., д.т.н., профессор, профессор Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, член редсовета журнала «Эргодизайн».

The paper was submitted for publication on the 15th of June, 2022; approved after the peer review on the 21st of June, 2022; accepted for publication on the 22nd of June, 2022. Reviewer – Lozbineva F.Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, member of the editorial board of the journal "Ergodesign".