

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Л.А. Родина¹, Т.В. Конорева²

¹ Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия)

² Омский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (Омск, Россия)

Информация о статье

Дата поступления
18 мая 2021 г.

Дата принятия в печать
8 июня 2021 г.

Тип статьи

Обзорная статья

Аннотация. Рассматриваются вопросы подготовки к формированию цифровых двойников объектов управления (промышленных предприятий, производственных процессов, рабочих мест и т. п.) посредством пространственного макетирования. Технология пространственного макетирования призвана формировать варианты (сценарии) цифровизации объекта с возможностью имитационного моделирования трансформируемых (цифрируемых) функций. В результате применения данной технологии появляется возможность обоснования выбора оптимального варианта (сценария) цифровизации объекта в соответствии с набором функций, необходимых для его деятельности. Выбранный сценарий выступает прототипом цифрового двойника объекта управления, который трансформируется на основе цифровых инструментов. Выбор инструментов зависит от функциональных особенностей объекта управления и характеризуется конкретными целевыми установками. Следует отметить, что цифровизация промышленных предприятий и процессов представляет интерес с точки зрения масштабируемости и репрезентативности. Следовательно, по аналогии с цифровой трансформацией промышленных предприятий возможно универсальное применение разрабатываемой технологии для любой сферы деятельности, для которой характерна технологичность. Целью исследования является разработка технологии прототипирования объектов цифровизации. В качестве задач исследования выступают следующие: определение причинно-следственных связей между функциями элементов, составляющих объект цифровизации, и цифровыми инструментами; назначение конкретных цифровых инструментов для элементов, составляющих объект цифровизации; формирование сценариев цифровизации объекта на основе результатов пространственного макетирования; выбор оптимального сценария цифровизации в качестве прототипа цифрового двойника объекта управления. Важно заметить, что набор цифровых инструментов для выбора является реальным, а не прогнозным. Это означает, что на текущий момент времени существуют реальные возможности применения всех предложенных инструментов на основе современных достижений науки и техники.

Ключевые слова

Промышленное предприятие, объект цифровизации, пространственное макетирование, прототипирование

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00081.

SPATIAL PROTOTYPING OF DIGITALIZATION OBJECTS IN THE MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

L.A. Rodina¹, T.V. Konoreva²

¹ Dostoevsky Omsk State University (Omsk, Russia)

² Omsk branch of Financial University under the Government of the Russian Federation (Omsk, Russia)

Article info

Received
May 18, 2021

Accepted
June 8, 2021

Type paper

Review

Abstract. The article is devoted to the preparation for the formation of digital twins for control objects (industrial enterprises, production processes, workplaces, etc.) by means of spatial prototyping. Spatial prototyping technology is designed to form options (scenarios) of digitalization of an object with the ability to simulate transformable (digital) functions. As a result of the application of this technology, it becomes possible to justify the choice of the optimal option (scenario) of digitalization of an object in accordance with the set of functions necessary for its activities. The chosen scenario acts as a prototype of the digital twin of the control object, which is transformed on the basis of digital tools. The choice of tools depends on the functional characteristics of the control object and is characterized by specific target settings. It should be noted that the digitalization of industrial enterprises and processes is of interest from the point of view of scale and representativeness. Consequently, by analogy with the digital transformation of industrial enterprises, a universal application of the developed technology is possible for any field of activity, which is characterized by manufacturability. The aim of the study

Keywords

Industrial enterprise, digitalization object, spatial prototyping, prototyping

is to develop a technology for prototyping digitalization objects. The tasks of the study are the following: determination of cause-and-effect relationships between the functions of the elements that make up the object of digitalization and digital tools; the appointment of specific digital tools for the elements that make up the object of digitalization; formation of scenarios for digitalization of an object based on the results of spatial prototyping; selection of the optimal digitalization scenario as a prototype of the digital twin of the control object. It is important to note that the digital selection toolbox is real, not predictive. This means that at the current time there are real possibilities of using all the proposed tools on the basis of modern achievements of science and technology.

Acknowledgements. The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 19-010-00081.

1. Введение. Для эффективного перехода к цифровой трансформации экономики необходимо обеспечить реализацию предварительных этапов общего процесса – автоматизацию и цифровизацию всех участников экономических отношений.

В этой связи актуальным становится вопрос о тщательной информационной подготовке и обосновании решений относительно цифровизации объектов, среди которых промышленные предприятия рассматриваются как первоочередные объекты цифровизации по ряду причин:

- важнейшее значение промышленности для развития национальной экономики, находящейся в процессе цифровых изменений, на фоне общемировых трансформационных процессов;

- огромное социальное значение промышленных предприятий в связи с преобладающим уровнем занятого в отрасли населения страны;

- специфика деятельности промышленных предприятий в контексте движения больших массивов информации, а следовательно, высокой информационной активности, требующей цифровой трансформации, и т. п.

При этом возникает проблемная необходимость предварительной подготовки к цифровой трансформации объекта, включая максимально возможную формализацию данных, описывающих объект; логическое назначение инструментов цифровизации к элементам, составляющим объект, по их функциональному назначению; формирование вариантов (сценариев) цифровизации объекта в соответствии с наборами функциональных условий деятельности объекта; выбор и реализацию оптимального сценария цифровизации объекта.

2. Обзор литературы. Цифровизация деятельности в целом и промышленных предприятий в частности сравнительно недавно, но до-

статочно стремительно вошла в современную реальность. Разработкой вопросов автоматизации и цифровизации занимаются прежде всего бизнесмены-практики, ученые отечественной и зарубежных научных школ, структуры и группы исследователей, представляющие различные сферы деятельности. Следует отметить, что большое внимание вопросам цифровизации уделено со стороны государственных органов, что нашло отражение в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации».

В этой связи сложно выделить конкретных авторов, чьи исследования проблем цифровизации можно было бы оценить как базовые, фундаментальные. Эта проблема вызвана тем, что существует несколько позиций, принципиально отличающихся друг от друга в контексте временных границ исследуемого процесса. Можно рассматривать в качестве «точки старта» цифровизации промышленных предприятий информатизацию как подготовительный этап перехода на цифровые технологии. Общим проблемам информатизации общества посвящены научные работы В.Л. Иноземцева, Н.Н. Моисеева, А.И. Ракитова, С.А. Дятлова, А.В. Гребенкина, О.Н. Яницкого, А.Д. Урсула и др. [1–4].

Если рассматривать цифровизацию с момента первого упоминания соответствующего термина и принципов электронной экономики, то мировая наука обязана началу эры цифровизации Н. Негропonte [5], а также С. Пейперт [6], основателю теории искусственного интеллекта, К. Линч – за обозначение технологии цифровизации *Big Data*, К. Эштон [7] – за концепцию интернета вещей, Дж. Хинтон – за глубинные нейронные сети и т. д.

Исследования вопросов имитационного моделирования в основе построения цифровых двойников представлены в трудах K.J. Astrom, S. Jahnichen, M. Andersson,

F. Boudaud, A. Jeandel, M. Klose, S.E. Matisson, T. Ernst и др. [8; 9].

Непосредственно исследования цифровых двойников активно ведутся последние 5–7 лет (L. Warshaw, M. Grieves, J. Reid, D. Rhodes, A. Parrott, А.С. Гончаров, С.Н. Масаев и др. [10; 11]). Однако, важно отметить, что соответствующие исследования ведутся преимущественно для решения прикладных задач. Следовательно, для решения вопросов цифровой трансформации экономической деятельности промышленных предприятий необходима адаптация полученных ранее общих результатов.

Среди российских представителей следует особо отметить группы ученых Томского государственного университета [12], обобщивших последствия цифровизации на основе социально-экономического анализа и оценивших роль государственных решений в развитии цифровой экономики. Результативность цифровизации в России, а также возможности государственной поддержки бизнеса в условиях цифровизации оценили сотрудники Государственного университета менеджмента [13]. Представители Самарского государственного университета экономики [14] предложили рассматривать университеты центрами цифровизации в регионах.

Таким образом, внимание к проблемам цифровизации заметно усилилось, преимущественно в практической плоскости. Однако приходится констатировать, что именно научные результаты исследования находятся в условно-зачаточном состоянии. Но быстро меняющиеся технологические, экономические, социальные, политические условия приводят к перманентной нестабильности информационной среды, что требует новых исследований в целях управления рискам цифровизации. Основными направлениями исследований в мировой науке по научной проблеме обоснования решений перехода промышленных предприятий на цифровизацию являются:

- технологическая интеграция предприятий на основе цифровых инструментов;
- влияние цифровизации на преобразование современной экономики;
- наука и практика в условиях экспансии цифровой глобализации и т. п. [15].

3. Гипотезы и методы исследования. Для обоснования варианта (сценария) цифровизации объекта (промышленного предприятия, производственного процесса, рабочего

места и т. д.) необходимо смоделировать исследуемый объект с целью визуализации и имитации его деятельности в контексте применения цифровых инструментов. Технология пространственного макетирования предполагает решение проблемы формирования сценариев цифровизации объекта для обоснования выбора оптимального сценария при различном сочетании реализуемых функций объекта.

Базовыми методами исследования рассматриваются моделирование, метод сравнений и аналогий.

4. Результаты исследования. Для целей пространственного макетирования объектов цифровизации необходимо прежде всего определить причинно-следственные связи между функциями элементов, составляющих объект цифровизации, и цифровыми инструментами. В этой связи промышленные предприятия представляются как высокотехнологичные и информационно емкие системы. Следовательно, важно определиться с теми функциями элементов системы, которые поддаются цифровизации и, что еще важнее, при трансформации будут выполняться с большей эффективностью, чем без цифровизации.

Итак, выделим ключевые функции объекта цифровизации – промышленного предприятия:

- производственная деятельность (производство продукции);
- идентификация (материальных ресурсов, грузов, готовой продукции, средств производства и т. п.);
- наблюдение, отслеживание (состояния процессов, работников, оборудования, условий труда и т. п.) и защиты (работников, оборудования, информации, запасов и т. п.);
- оптимизация затрат (финансовых, временных, квалификационных, эмоциональных, информационных и т. п.).

Безусловно, данный перечень не является конечным и зависит от множества дополнительных факторов: специфики технологии производства, масштабов объекта, финансовых возможностей и т. п.

При этом функции объекта в целях оптимизации рассматриваются исключительно с позиции целевых установок на обеспечение безопасности, оперативности, бесперебойности деятельности объекта.

Производственная функция для промышленного предприятия может быть трансформи-

рована посредством механизации, роботизации, автоматизации большинства производственных процессов. В этом случае новые возможности цифровизации могут быть реализованы с помощью полностью автоматических конвейерных производств, беспилотной промышленной техники и устройств. Также в целях цифровизации производственной функции возможно использование экзоскелетов, с одной стороны, защищающих работников, с другой – усиливающих их мышечные действия. Особую важность такая возможность приобретает в контексте управления рисками техногенных аварий, профессиональной заболеваемости работников, осуществляющих свою деятельность в опасных для здоровья и жизни условиях.

Функция идентификации материальных ресурсов, грузов, готовой продукции, средств производства и т. п. поддается цифровой трансформации посредством технологий автоматической идентификации объектов, например *RFID* (радиосигналами) или иными метками, тегам. При этом основными задачами применения такого цифрового инструмента являются, например, возможность отслеживания местонахождения и диспетчеризации, объема запаса, качественных характеристик идентифицируемого объекта в реальном времени. Возможности идентификаторов позволяют на основе собранной в динамике информации оперативно принимать решения по вопросам материального снабжения, логистики и т. п.

Функция наблюдения, отслеживания состояния процессов, работников, оборудования, условий труда призвана обеспечивать прежде всего безопасность производственной деятельности. Цифровые инструменты, обеспечивающие трансформацию этой функции, позволяют в реальном времени с помощью нательных датчиков собирать информацию о состоянии здоровья работников (температура, пульс, давление, уровень сатурации, сахара в крови, стрессового напряжения и т. п.) и его перемещениях (трекинг). Это необходимо для оперативного реагирования на отклонения от норм и срочного оказания медицинской помощи работнику. На основе полученной информации о перемещениях сотрудника можно строить оптимальные схемы организации его рабочего места и использовать полученную информацию в целях обеспечения трудовой дисциплины.

Также специальные датчики могут следить за состоянием технических устройств, за-

действованных в производственном процессе. Опять же, любое отклонение от норм (скорость, температура рабочих поверхностей, давление, уровень трения, сбои в программах управления и т. п.) генерирует сигнал, инициирующий отключение устройства или иное оперативное реагирование для управления риском остановки производства в случае выхода из строя рабочего оборудования.

Наблюдение за условиями в производственных помещениях (температура, давление, влажность, уровень шума, запыленности, загазованности, концентрации вредных веществ в воздухе, освещенность и т. п.) также возможно посредством использования сенсорных датчиков, собирающих в режиме мониторинга сведения с последующей их обработкой для целей определения соответствия нормам охраны труда. Поддержание безопасных условий или генерация сигналов опасности с последующей срочной эвакуацией работников в случае отклонения от норм является главной целью трансформации в этой сфере.

Функция наблюдения в целях защиты объекта (пожаро-, взрывоопасность, риски краж, порчи имущества, террористической опасности и т. п.) также может быть реализована посредством панорамных камер наблюдения с интеллектуальной системой идентификации и беспилотных летательных аппаратов.

Параллельно с защитной функцией этими цифровыми инструментами могут выполняться функции слежения за перемещениями сотрудников, техники, транспортных средств для обеспечения трудовой дисциплины и рационального использования ресурсов предприятия.

Беспилотные летательные аппараты также могут осуществлять аэрофотосъемку, отслеживание объектов, требующих синхронизации в их совместной деятельности, мелкие грузовые перемещения по территории. При этом, конечно, необходима диспетчерская поддержка их полетов на территории предприятия с точки зрения обеспечения безопасности самого летательного аппарата по отношению к коммуникациям и людей, находящихся в зоне этих полетов.

Функция оптимизации затрат на промышленном предприятии трансформируется посредством нескольких цифровых инструментов. В первую очередь следует отметить необходимость объединения в единую сеть всех элементов, составляющих объект цифровиза-

ции – промышленное предприятие. Это касается не только создания информационной системы, позволяющей свободно циркулировать информационным потоком между всеми участниками процесса производства, но и аккумулировать огромные массивы информации от вновь вводимых цифровых инструментов (датчиков, камер, беспилотных аппаратов, автоматических устройств и т. п.).

В этой связи необходим мощный компьютер с интеллектуальной системой обработки больших данных (*Big Data*). Но самое главное – это четкое понимание, какие именно большие базы данных понадобятся для работы этой системы (о потребителях, поставщиках, партнерах, конкурентах, правовая информация, валютные курсы, научные разработки и т. п.). С одной стороны, речь идет о серьезных капитальных вложениях в создание нового типа информационной системы на принципах цифровой трансформации. Но в среднесрочной перспективе эти затраты окупятся, давая возможность сверхоперативно реагировать на факторы риска, не давая ему реализоваться до ущерба.

В целях оптимизации затрат может быть рассмотрен такой инструмент цифровизации, как преобразователь энергии. Возможность получения электрической энергии от солнечного излучения, из механической, ветровой энергии, сжигания биомасс, приливов / отливов, биотоплива и т. п. уже сейчас является реальностью альтернативной энергетики. Поэтому установка солнечных батарей на открытых пространствах или альтернативные кровельные материалы промышленных помещений на принципах гелиоэнергетики могут после окупаемости затрат на реконструкцию значительно снизить стоимость электроэнергии в производственных целях. Вариант преобразования механической энергии движущихся частей рабочих механизмов в электроэнергию также можно рассматривать как альтернативный источник с целью оптимизации затрат.

Косвенно снизить затраты финансового и временного характера в производственной деятельности призваны цифровые инструменты визуализации проектируемых объектов. К таким цифровым инструментам можно отнести очки виртуальной реальности и голограммы. С их помощью появляется возможность имитационного представления проектируемых объектов в виртуальном формате. Данная возможность позволяет оперативно и без созда-

ния материального макета (опытного образца) исследовать проектируемый объект с возможностью выявления ошибок, неточностей проектирования, представлять его виртуальную модель заинтересованным лицам (заказчикам, партнерам) с демонстрацией его функциональных возможностей. Представленные инструменты могут выступать в качестве виртуальных 3D-инструкций, поэтапно демонстрирующих процесс производства того или иного продукта с возможностью видеть результат действий при различных вариантах манипуляций. Это позволит избежать явных ошибок, которые ранее могли быть выявлены только на уровне экспериментов с опытным образцом. Также уменьшаются временные затраты на обучение работника, для которого цифровые инструменты визуализации выступают «тренажером», высвобождается время и на согласования, уточнения.

Такой цифровой инструмент, как 3D-принтер, также косвенно участвует в трансформации функции оптимизации затрат с точки зрения оперативного изготовления опытных образцов продукции. К тому же этот инструмент позволяет рентабельно изготавливать мелкие комплектующие на месте и обеспечивать производство особых конструкций в единичных экземплярах.

Представим в таблице соотношение функций объекта цифровизации (промышленного предприятия, производственного процесса, рабочего места и т. п.) с привязкой к цифровым инструментам и целевым установкам их использования.

Определившись с информационным основанием цифровизации объекта, имеется возможность осуществления 3D-моделирования вариантов трансформации объекта на основе различного сочетания выбираемых (выполняемых) им функций. При этом технологически можно предусмотреть не только статичную визуализацию, т. е. виртуальное представление образа трансформируемого объекта (см. рис.), но и проведение имитационного моделирования его функциональных возможностей. Более того, рассматривая технологии как «общий знаменатель» для всех сфер деятельности (медицинские, образовательные, сельскохозяйственные, торговые, управленческие и т. п. технологии), можно адаптировать сценарии цифровизации промышленных объектов на любые другие технологизированные сферы с анало-

гичным цифровым функционалом (производство, идентификация, наблюдение, оптимизация затрат).

Не только функционал, но и размещение, кратность используемых цифровых инструмен-

тов для элементов объекта управления могут быть вариативными, что способствует формированию новых сценариев цифровизации для выбора оптимального варианта – цифрового прототипа объекта.

Структурирование функций, инструментов и целевых установок для технологии пространственного макетирования объекта цифровизации

Structuring of functions, tools and targets for the technology of spatial prototyping of the digitalization object

Функции объекта цифровизации	Цифровые инструменты	Целевые установки
Производство	Автоматические линии	Управление рисками техногенных аварий, профессиональных заболеваний; оптимизация затрат
	Беспилотные промышленные устройства	
	Экзоскелеты	
Идентификация	Транспондеры	Материально-техническое снабжение; логистика; диспетчеризация
Наблюдение	Сенсорные датчики на рабочих	Безопасность условий труда; дисциплина труда; защита ресурсов и имущества; диспетчеризация
	Сенсорные датчики на оборудовании	
	Сенсорные датчики в помещениях	
	Панорамные интеллектуальные камеры	
	Беспилотные летательные аппараты	
Оптимизация затрат	Мощные компьютеры с интеллектуальными системами обработки больших данных	Оперативное реагирование на факторы риска на основе обработки больших массивов информации; визуализация для целей имитационного моделирования проектируемых объектов; альтернативные источники энергии
	Очки виртуальной реальности	
	Голограммы	
	Преобразователи энергии	
	3D-принтеры	



Пример назначения цифровых инструментов по их функциональному назначению элементам цеха промышленного предприятия:

1 – сенсорный датчик на рабочем; 2 – экзоскелет; 3 – очки виртуальной реальности; 4 – голограмма; 5 – сенсорный датчик на оборудовании; 6 – панорамная камера; 7 – преобразователь энергии (альтернативный источник – солнечная батарея и т. п.); 8 – беспилотный летательный аппарат; 9 – 3D-принтер; 10 – беспилотные промышленные машины; 11 – сенсорные датчики в помещении; 12 – мощный компьютер; 13 – транспондер (теги, метки)

An example of the assignment of digital tools according to their functional purpose to the elements of the workshop of an industrial enterprise:

1 – sensor on the worker; 2 – exoskeleton; 3 – virtual reality glasses; 4 – hologram; 5 – sensor on the equipment; 6 – panoramic camera; 7 – energy converter (alternative source – solar battery, etc.); 8 – unmanned aerial vehicle; 9 – 3D printer; 10 – unmanned industrial machines; 11 – sensors in the room; 12 – powerful computer; 13 – transponder (tags)

5. Заключение. Применение технологии пространственного макетирования и прототипирования позволяет автоматизировать процесс и обеспечить высокий уровень аргументации, обоснованности принятия решений по поводу цифровизации объекта. При этом экономический эффект будет складываться из возможной оптимизации затрат (альтернативные источники дешевой электроэнергии, превентивные меры по управлению рисками и предотвращению ущерба, обоснование принимаемых реше-

ний с имитационным моделированием планируемых результатов и т. п.). Ресурсный эффект от предложений будет выражаться в оптимальном использовании временных, квалификационных, эмоциональных и иных ресурсов. Технологический эффект предполагается от разработки новой технологии управления на основе формализации и визуализации объектов и процессов. Социальный эффект предполагается от снижения стрессоёмкости труда и повышения уровня его безопасности.

Литература

1. *Иноземцев В. Л.* Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы. – М. : Логос, 2000. – 200 с.
2. *Ракитов А. И.* Информация, наука, технология в глобальных исторических изменениях. – М. : Изд-во РАН : Ин-т науч. информ., 1998. – 104 с.
3. *Дятлов С. А.* Информационная экономика: закономерности становления и развития // Новые приоритеты в реформировании экономики России. – 1996. – № 4. – С. 27–41.
4. *Яницкий О. Н.* Россия как общество всеобщего риска. Куда идет Россия? Кризис институциональных систем: Век, десятилетие, год. – М. : Логос, 1999. – 432 с.
5. *Negroponte N.* Being Digital. – New York : Knop, 1995. – viii, 243 p.
6. *Stager G. S.* Seymour Papert (1928–2016) Father of educational computing // Nature. – 2016. – Vol. 537 (7620). – P. 308. – DOI: 10.1038/537308.
7. *Ashton K.* That 'Internet of Things' Thing // RFID Journal. – June 22, 2009. – URL: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>.
8. *Mattsson S. E., Andersson M., Astrom K. J.* Object-oriented modeling and simulation // CAD for Control Systems / ed. D. A. Linkens. – Marcel Dekker, 1993. – P. 31–69.
9. *Ernst T., Jähnichen S., Klose M.* The Architecture of the Smile/M Simulation Environment // Proceedings 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics, Berlin, Germany, August 24-29, 1997 : in 6 volumes. – Berlin : Wissenschaft & Technik, 1997. – Vol. 6 : Application in modelling and simulation. – P. 653–658.
10. *Parrott A., Warshaw L.* Industry 4.0 and the digital twin technology. – Deloitte University Press, 2017. – 17 p. – URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3833_Industry4-0_digital-twin-technology/DUP_Industry-4.0_digital-twin-technology.pdf.
11. *Reid J. B., Rhodes D. H.* Digital system models: An investigation of the non-technical challenges and research needs // 2016 Conference on Systems Engineering Research. – URL: http://seari.mit.edu/documents/preprints/REID_CSER16.pdf.
12. *Чернышов А. Г.* Цифровизация и технологизация общественной жизни как социально-политическая проблема: сохранение идентичности и роль государства в условиях развития глобальных сетей // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2017. – № 40. – С. 319–328. – DOI: 10.17223/1998863X/40/30.
13. *Khalimon E. A., Guseva M. N., Kogotkova I. Z., Brikoshina I. S.* Digitalization of the Russian Economy: First Results // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – 2019. – Vol. 57 : GCPMED 2018 – International Scientific Conference Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development. – P. 199–213. – DOI: 10.15405/epsbs.2019.03.21.
14. *Khmeleva G. A., Agaeva L. K., Chirkunova E. K., Shikhatova E. E.* Russian Universities: the Innovation Centres of Digitalization in the Region // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – 2019. – Vol. 57 : GCPMED 2018 – International Scientific Conference Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development. – P. 1728–1740. – DOI: 10.15405/epsbs.2019.03.175.

15. Уманский Р. Ю. Основные направления трансформации организаций в условиях перехода к цифровой экономике // *Modern economy success*. – 2020. – № 6. – С. 141–145.

References

1. Inozemtsev V.L. *Sovremennoe postindustrial'noe obshchestvo: priroda, protivorechiya, perspektivy* [Modern post-industrial society: nature, contradictions, prospects]. Moscow, Logos publ., 2000. 200 p. (in Russian).
2. Rakitov A.I. *Informatsiya, nauka, tekhnologiya v global'nykh istoricheskikh izmeneniyakh* [Information, science, technology in global historical changes]. Moscow, Russian Academy of Sciences publ., Institute of Scientific Information publ., 1998. 104 p. (in Russian).
3. Dyatlov S.A. *Informatsionnaya ekonomika: zakonomernosti stanovleniya i razvitiya* [Information economy: patterns of formation and development]. *Novye priority v reformirovani ekonomiki Rossii*, 1996, no. 4, pp. 27-41. (in Russian).
4. Yanitskii O.N. *Rossiya kak obshchestvo vseobshchego riska. Kuda idet Rossiya? Krizis institucional'nykh sistem: Vek, desyatiletie, god* [Russia as a society of universal risk. Where is Russia going? Crisis of institutional systems: Century, decade, year]. Moscow, Logos publ., 1999. 432 p. (in Russian).
5. Negroponte N. *Being Digital*. New York, Knopf publ. 1995. viii + 243 p.
6. Stager G.S. Seymour Papert (1928–2016) Father of educational computing. *Nature*, 2016, Vol. 537 (7620), p. 308. DOI: 10.1038/537308.
7. Ashton K. That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, June 22, 2009, available at: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>.
8. Mattsson S.E., Andersson M., Astrom K.J. Object-oriented modeling and simulation, in: Linkens D.A. (ed.) *CAD for Control Systems*, Marcel Dekker publ., 1993, pp. 31-69.
9. Ernst T., Jähnichen S., Klose M. The Architecture of the Smile/M Simulation Environment, in: *Proceedings 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics*, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, in 6 volumes, Berlin, Wissenschaft & Technik publ., 1997, Vol. 6. Application in modelling and simulation, pp. 653-658.
10. Parrott A., Warshaw L. *Industry 4.0 and the digital twin technology*. Deloitte University Press, 2017. 17 p. Available at: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3833_Industry4-0_digital-twin-technology/DUP_Industry-4.0_digital-twin-technology.pdf.
11. Reid J.B., Rhodes D.H. Digital system models: An investigation of the non-technical challenges and research needs, in: *2016 Conference on Systems Engineering Research*, available at: http://seari.mit.edu/documents/preprints/REID_CSER16.pdf.
12. Chernyshov A.G. The digitalization and technologization of social life as a sociopolitical problem: the preservation of the identity and role of the state in the development of global networks. *Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science*, 2017, no. 40, pp. 319-328. DOI: 10.17223/1998863X/40/30. (in Russian).
13. Khalimon E.A., Guseva M.N., Kogotkova I.Z., Brikoshina I.S. Digitalization of the Russian Economy: First Results. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 2019, Vol. 57. GCPMED 2018 – International Scientific Conference Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development, pp. 199-213. DOI: 10.15405/epsbs.2019.03.21.
14. Khmeleva G.A., Agaeva L.K., Chirkunova E.K., Shikhatova E.E. Russian Universities: the Innovation Centres of Digitalization in the Region. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 2019, Vol. 57. GCPMED 2018 – International Scientific Conference Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development, pp. 1728-1740. DOI: 10.15405/epsbs.2019.03.175.
15. Umanskiy R.Yu. The main directions of transformation of organizations under transition conditions to the digital economy. *Modern economy success*, 2020, no. 6, pp. 141-145. (in Russian).

Сведения об авторах

Родина Лариса Александровна – д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры экономики и финансовой политики

Адрес для корреспонденции: 644077, Россия, Омск, пр. Мира, 55а

E-mail: RodinaLA@omsu.ru

ORCID: 0000-0003-3451-3771

Scopus AuthorID: 57211793604

Web of Science ResearcherID: A-7566-2017

РИНЦ AuthorID: 421359

Конорева Татьяна Васильевна – кандидат экономических наук, доцент, декан факультета экономики и управления

Адрес для корреспонденции: 644099, Россия, Омск, ул. Партизанская, 6

E-mail: t.v.konoreva@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7401-833X

Web of Science ResearcherID: ABC-1301-2021

РИНЦ AuthorID: 349971

Вклад авторов

Родина Л.А. – введение, идея и методы исследования, обзор литературы, результаты исследования, заключение

Конорева Т.В. – введение, обзор литературы, результаты исследования

Для цитирования

Родина Л. А., Конорева Т. В. Пространственное макетирование объектов цифровизации в управлении промышленными предприятиями // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2021. – Т. 19, № 3. – С. 61–69. – DOI: 10.24147/1812-3988.2021.19(3).61-69.

About the authors

Larisa A. Rodina – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Economics and Financial Policy

Postal address: 55a, Mira pr., Omsk, 644077, Russia

E-mail: RodinaLA@omsu.ru

ORCID: 0000-0003-3451-3771

Scopus AuthorID: 57211793604

Web of Science ResearcherID: A-7566-2017

RSCI AuthorID: 421359

Tatiana V. Konoreva – PhD in Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics and Management

Postal address: 6, Partizanskaya ul., Omsk, 644099, Russia

E-mail: t.v.konoreva@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7401-833X

Web of Science ResearcherID: ABC-1301-2021

RSCI AuthorID: 349971

Authors' contributions

Rodina L.A. – introduction, idea and methods of research, literature review, research results, abstract

Konoreva T.V. – introduction, literature review, research results

For citations

Rodina L.A., Konoreva T.V. Spatial prototyping of digitalization objects in the management of industrial enterprises. *Herald of Omsk University. Series "Economics"*, 2021, Vol. 19, no. 3, pp. 61-69. DOI: 10.24147/1812-3988.2021.19(3).61-69. (in Russian).