Ссылка для цитирования этой статьи:

Рубанова К.А. Стратегии применения обратного инжиниринга в условиях цифровой трансформации экономики // Human Progress. 2022. Том 9, Вып. 1. С. 13. URL: http://progress-human.com/images/2023/Tom9_1/Rubanova.pdf. DOI 10.34709/IM.191.13. EDN AKEOLL.

УДК 338.2

СТРАТЕГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Рубанова Кристина Анатольевна
Аспирант, ассистент
Финансовый Университет при Правительстве РФ

karubanova@fa.ru
55, Ленинградский просп.
г. Москва, Россия, 125167
+7 (926) 013-15-87

Аннотация. Обратный инжиниринг, как правило, воспринимается в качестве процесса копирования уже существующих технологий с целью их воспроизводства. Однако, результаты реверс-инжиниринга могут быть использованы в контексте применения технологий Индустрии 4.0, которые увеличивают уровень эффективности использования ресурсов, а также создают возможности для возникновения новых бизнес-моделей. Настоящая статья написана с целью проанализировать, каким образом использование обратного инжиниринга вписывается в парадигму цифровой трансформации экономики. Так, в статье приводятся примеры областей, в которых реверс-инжиниринг на основе 3D-сканирования позволяет реализовывать такие технологии Индустрии 4.0, как аддитивное производство, дополненная и виртуальная реальность и симуляция. Кроме того, автором продемонстрировано, как проведение быстрого прототипирования в некоторых областях знаний (например, медицина, искусство, ювелирное дело) увеличивает гибкость работы, что позволяет реализовать стратегию кастомизации. Результат проведенного исследования заключается в систематизации направлений применения результатов обратного инжиниринга и выделении трех основных стратегий его использования: стратегии копирования в общем смысле, и частные ее проявления; использование обратного инжиниринга как неотъемлемый элемент процесса 3D-моделирования; кастомизация при помощи реверс-инжиниринга.

Ключевые слова: обратный инжиниринг; технологии индустрии 4.0; стратегия имитации; стратегия кастомизации; практическое использование 3D-моделирования.

JEL коды: O14; O31.

  DOI 10.34709/IM.191.13

Введение

Вопрос применения обратного инжиниринга вызывает споры среди ученых и производителей, а также осуждается многими представителями науки и предпринимательской деятельности с этической точки зрения в связи с тем, что подразумевается ошибочное равенство между понятиями «обратный инжиниринг» и «копирование» или даже «промышленный шпионаж». Однако, важно подчеркнуть, что обратный инжиниринг – это совокупность технологий, аппаратных и программных средств и методик, предоставляющих возможность получения 3D-модели в результате 3D-сканирования реального объекта с характеристиками, близкими к характеристикам аналога. Иными словами, реверс-инжиниринг сводится в большой степени к процессу получения 3D-модели физического изделия, т.е. происходит перенос физического объекта в цифровой. Для этого используются координатно-измерительные машины (КИМ), лазерные сканеры, компьютерная томография и устройства структурированного белого или синего света [1]. Имея цифровое описание объекта, можно доработать его, усовершенствовать, либо просто отправлять в серийное производство. Недобросовестные предприниматели используют обратный инжиниринг для копирования чужой продукции и производства ее под собственным брендом, но это не единственное направление использование результатов обратного инжиниринга, и реверс-инжиниринг может играть огромную роль в производственном процессе оригинальной продукции.

Так, использование обратного инжиниринга для имитации технологий может иметь благоприятное влияние на технологическое развитие целых стран. Осуществление имитации среди небольшого количества компаний почти всегда ускоряет экономический рост, а также приводит к усилению конкуренции среди производителей, что делает инновационные продукты и технологии более доступными широкому кругу потребителей. Также этот процесс способствует распространению знаний и инноваций, а также проведению собственных НИОКР и развитию собственных инновационных технологий и продуктов теми фирмами, которые начинали деятельность с имитаций, в т.ч. через обратный инжиниринг [2; 3; 4]. В этом ключе обратный инжиниринг сыграл значимую роль в технологическом развитии Китая, который из аграрной страны за несколько десятков лет перешел в категорию высокотехнологичных стран.

В текущих условиях для России применение обратного инжиниринга также может быть оправдано в связи с необходимостью оперативного формирования технологического суверенитета [5]. Например, для сохранения непрерывности производственного процесса некоторые производители вынуждены организовывать воспроизводство запасных частей к исполь-

зуемому импортному оборудованию, поставки которых нарушены в связи с санкционным давлением.

В рамках парадигмы открытых инноваций также рассматривается идея применения реверс-инжиниринга как способа создания базы для проведения собственных НИОКР. Используя знания об уже имеющихся достижениях промышленности (полученные как путем лицензирования, организации совместной деятельности, так и путем обратного инжиниринга), ученые могут повышать эффективность исследовательской деятельности [6].

Однако, важно понимать, что сам процесс обратного инжиниринга не является созданием копии исследуемого объекта. Это, в первую очередь, анализ, позволяющий вывести конструктивные особенности изучаемого устройства, и, как было отмечено выше, – в существующих реалиях, в первую очередь, – процесс получения 3D-модели физического изделия. Полученная таким способом 3D-модель в условиях цифровой трансформации экономики может иметь широкое применение, направления которого рассматриваются в настоящей статье.

В литературе немало внимания уделяется вопросам применения обратного инжиниринга по отдельным направлениям [6; 7; 8; 9], но данные исследования в большей степени имеют прикладной характер, отражая способы решения конкретных производственных задач путем использования методов реверс-инжиниринга. Большое количество работ посвящено применению технологий индустрии 4.0 [10; 11; 12; 13]. Однако работы, посвященные систематизации знаний об использовании обратного инжиниринга, особенно в условиях цифровой трансформации, практически отсутствуют. Данное исследование выполнено с целью заполнения указанного пробела.

Учитывая изложенное, цель настоящего исследования – изучить и систематизировать возможности применения обратного инжиниринга в рамках технологий Индустрии 4.0, а также проанализировать, каким образом использование реверс-инжиниринга вписывается в парадигму цифровой трансформации экономики.

Теоретической основой проведенного анализа являются публикации в научных журналах по результатам использования обратного инжиниринга в различных областях знаний, как в отечественной экономике, так и в зарубежных.

При проведении настоящего исследования использованы общенаучные методы сравнения, обобщения, анализа и синтеза.

1. Обратный инжиниринг как элемент технологий Индустрии 4.0

Индустрия 4.0 или четвертая промышленная революция основана на идее соединения физического мира с виртуальным в режиме реального времени. Переходя к Индустрии 4.0,

производственные компании внедряют ряд решений, повышающих производительность и персонализирующих готовую продукцию.

Одной из значимых технологий четвертой промышленной революции является аддитивное производство – это технология, позволяющая создавать новые конструкции и сложные формы, которые невозможно изготовить с использованием традиционных методов производства, а также осуществлять индивидуализируемое производство от умеренных до массовых объемов. Эта технология открывает производственные возможности, значительно сокращая сроки изготовления, оптимизируя производственный процесс (включая используемые ресурсы), удовлетворяя спрос клиентов быстрее и отвечая меняющимся требованиям рынка [11; 14].

Обратный инжиниринг в сочетании с аддитивным производством обеспечивает точное или улучшенное воспроизведение сложных деталей. Последовательное проведение реверс-инжиниринга и 3D-печати позволяет производить более эффективные, простые и легкие модификации реконструированных деталей.

Таким образом, в контексте применения методов аддитивного производства обратный инжиниринг становится существенной частью технологий Индустрии 4.0.

2. Кастомизация при помощи реверс-инжиниринга

Развитие технологий аддитивного производства повлекли глубокую трансформацию промышленных компаний, что привело к формированию новых операционных моделей, бизнес-процессов, а также применяемых бизнес-моделей [14].

Проведение цифровой трансформации связано не только с применением новых технологий, но и с ориентиром бизнеса на интересы и ценности покупателя, в связи с чем ценностное предложение строится на индивидуальности, происходит кастомизация продукта, т.е. выпуск продукта со свойствами, подогнанными под требования конкретного покупателя. Это становится возможно с помощью, в том числе, аддитивных технологий, использование которых способствует минимальному расходу материалов и времени на разработку кастомизированной продукции и прототипирование.

Развитие современных цифровых технологий в ряде областей знаний позволило сформировать феномен массовой кастомизации, т.е. происходит уход от традиционной кастомизации (сопровождающейся существенным повышением себестоимости производимого продукта) к возможности производства кастомизированной продукции для огромного количества клиентов, связанной с существенным снижением затрат на индивидуализированную продукцию [15].

В рамках кастомизации суть реверс-инжиниринга сводится к 3D-сканированию и моделированию, что в дальнейшем позволяет реконструировать дефекты уже существующих предметов или осуществлять их полную переделку в соответствии с предпочтениями клиентов. С этой целью используются сканирующие устройства для оцифровки анализируемых изделий, подлежащих дальнейшей обработке. Созданные виртуальные модели физических объектов анализируются, во внутреннюю и внешнюю структуру вносятся индивидуальные изменения, проводятся прочностные испытания элементов. Готовый проект подается на 3D-принтер, который изготавливает исходную модель (прототип) [8].

Наличие прототипа позволяет спроектировать недостающие детали, модифицировать его, внеся необходимые изменения или просто проанализировать на предмет соответствия всем требованиям.

Последним этапом этого процесса является производство продукта с измененным дизайном посредством процесса литья и его окончательной обработки, т.е. удаление видимых дефектов, полировка или нанесение дополнительных элементов.

В описанном процессе реверс-инжиниринг позволяет воспроизвести реальную структуру изучаемого объекта, а также реализовать связанных с ним новые идеи.

Кастомизацию на основе результатов обратного инжиниринга возможно осуществить в следующих областях:

– Медицина. 3D-моделирование органов и систем человеческого организма обеспечивают индивидуализированное изготовление медицинских имплантатов для лечения травм краниофациальной области, опорно-двигательной системы, деформаций грудной клетки [7; 10; 16].

– Искусство. Воссоздание художественных объектов, например, скульптур, объектов архитектуры, религиозных объектов, в том числе в целях реставрации [17; 18].

– Ювелирное дело. Изготовление индивидуальных проектов на основе уже существующих изделий [8].

В перечисленных сферах проведение быстрого прототипирования значительно увеличивает гибкость работы, выполняемой за гораздо более короткое время, чем в случае традиционных методов. Использование реверс-инжиниринга в этих областях позволяет экономить время и выполнять сложные паттерны.

В целом, кастомизация для любого промышленного производства, создает ряд преимуществ – в т.ч. позволяет осуществлять оптимизацию архитектуры продукции, приводит к экономии от масштаба и разнообразия, что, в свою очередь, повышает дифференциацию продукции компании, обеспечивая рост выручки и снижение затрат [15].

3. Обратный инжиниринг для 3D-моделирования

3D-модель искомого объекта, создаваемого в процессе обратного инжиниринга, в контексте технологий индустрии 4.0 может использоваться не только для последующего аддитивного производства, но и исключительно для визуализации в цифровом пространстве и дальнейшего изучения исследуемого объекта.

Например, 3D-сканирование делает возможным применение технологий виртуальной и дополненной реальности в разнообразных областях знаний:

– Архитектура. Лазерное сканирование дает возможность создать полную информационную модель памятника архитектуры в его текущем состоянии [19], что позволяет в дальнейшем отслеживать изменения, а также дает возможность восстановить хронологию конструкции архитектурного объекта за весь период его существования [13].

– Маркетинг. Технологии 3D-оцифровки товаров интернет-магазина дают возможность потребителям визуально осматривать товар, взаимодействовать с ним, узнавать о формах, текстурах и функциях товара, что обеспечивает более комплексную оценку приобретаемого товара [12].

– Медицина. Применение систем 3D-проектирования позволяет создавать трехмерные модели органов, систем и организма человека в целом, что используется как в клинической практике, так и для решения ряда педагогических задач [10].

– Обучение персонала. Применение виртуальных тренажеров позволяет повысить качество обучения персонала и автоматизировать данный процесс [20].

Таким образом, реверс-инжиниринг является важным этапом ряда технологий Индустрии 4.0 и неотъемлемой частью процесса их использования. Помимо аддитивного производства к этим технологиям относятся дополненная и виртуальная реальность и симуляция. Это – один из элементов четвертой промышленной революции, система, объединяющая промышленную инфраструктуру с информационными технологиями и Интернетом.

4. Стратегии применения обратного инжиниринга в условиях цифровой трансформации экономики

Реверс-инжиниринг, преобразовывая информацию о физической детали в цифровые данные, позволяет реализовать как минимум 3 бизнес-стратегии в современных условиях. При этом, актуальность продолжают сохранять как традиционные направления использования обратного инжиниринга, так и появляющиеся новые, ввиду развития технологий четвертой промышленной революции.

Первая стратегия, которая была упомянута во введении к настоящему исследованию – стратегия копирования в общем смысле, и частные ее проявления:

– наладка серийного производства отечественных аналогов дорогостоящего импортного оборудования, позволяющая выполнить импортозамещение изделий, не производимых в Российской Федерации или уступающих по качеству зарубежным. Пожалуй, такая стратегия бизнеса является достаточно массовой, и будет сохранять свою актуальность ближайшие несколько лет с целью построения технологического суверенитета отечественной промышленности;

– проведение имитации инноваций отдельными компаниями, что может использоваться на постоянной основе как стратегия подражания либо как способ накопления знаний для дальнейшего инновационного развития. Стратегия особо актуальна для отдельных начинающих компаний, которые стремятся к технологическому росту и формированию конкурентных преимуществ, не имея изначально достаточных ресурсов.

Вторая стратегия – использование обратного инжиниринга как неотъемлемый элемент процесса 3D-моделирования. В этом случае реверс-инжиниринг рассматривается как часть технологий Индустрии 4.0 и направлен на перевод реальных физических объектов в цифровой формат. Цифровое моделирование может использоваться как для создания цифровых двойников, так и для проектирования продуктов, материалов и процессов на этапе инженерных разработок, что, в свою очередь, способствует автоматизации управления производственными процессами. Данная стратегия также имеет массовый характер, в том числе с учетом роста уровня цифровизации отечественной экономики.

Наконец, третья стратегия – кастомизация при помощи реверс-инжиниринга. Такая стратегия позволяет максимально индивидуализировать выпускаемый товар, подгоняя его под требования заказчика, в том числе путем создания прототипа. Использование обратного инжиниринга в данном направлении имеет более точечных характер, вместе с тем позволяет решать не только сложные технические задачи, обеспечивая гибкость работы, но и выполнять общественно-значимые функции (например, в медицинской области применения).

Заключение

Анализируя возможности реверс-инжиниринга, можно сделать вывод о том, что суть данного процесса некорректно сводить только к копированию чужих идей. Являясь способом получения цифровой информации о существующем физическом объекте, обратный инжиниринг может лежать в основе процесса создания чего-то совершенно нового. А кастомизация отдельных продуктов, осуществляемая при помощи реверс-инжиниринга, позволяет не

только индивидуализировать производство в соответствии с запросами потребителей, но и выполнять социальную функцию при создании товаров медицинского назначения.

Систематизированные автором стратегии применения обратного инжиниринга формируют более глубокий подход к рассмотрению функций процесса обратного инжиниринга. Представляется насущным изучение стратегий управления реверс-инжинирингом, в том числе для обоснования управленческих решений по эффективному применению данного процесса в производственной деятельности российских компаний.

Литература

1. Лукманов, О. Обратный инжиниринг // САПР и графика. 2018. № 1 (255). С.: 7-8.
2. Mukoyama, T. Innovation, imitation, and growth with cumulative technology // Journal of Monetary Economics. 2003. № 50 (2). P.: 361-380.
3. Александровский, С.В.; Шушкин, М.А. Модель реализации стратегий имитации компаниями // Инновации. 2015 № 1. С.: 108-114.
4. Линдер, Н.В. Формирование инновационных режимов в промышленности // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2020. Том 11. № 3. С.: 272-285.
5. Рубанова, К.А. Применения обратного инжиниринга на предприятиях промышленности в условиях новых санкций // Экономика и предпринимательство. 2022. № 4 (141). С.: 1368-1372.
6. Владимиров, Д.А. Обратный инжиниринг как основной инструмент в повышении эффективности проведения НИОКР // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 9 (111). С.: 28-30.
7. Кизатова, Е.А.; Плотников, С. В. Разработка пластины для фиксации плечевой кости методом обратного инжиниринга // Интернаука. 2021. № 16-2(192). С.: 56-59.
8. Kroma, A.; Adamczak, O.; Sika, R.; Górsk,i F.; Kuczko, W.; Grześkowiak, K. Modern reverse engineering methods used to modification of jewelry // Advances in Science and Technology. Research Journal. 2020. Vol. 14. No 4. P.: 298-306.
9. Петров, А.Л.; Баева, Л.С.; Петрова, Н.Е.; Кумова, Ж.В. Применение технологии реверс-инжиниринга в судостроении // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2020. № 1. С.: 34-37.
10. Хаджибаев, А.М.; Махкамов, К.Э.; Азизов, М.М. Интеграция компьютерного инжиниринга и аддитивных технологий в медицинскую сферу // Вестник экстренной медицины. 2019. Том 12. № 2. С.: 5-11
11. Attaran, M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing // Business Horizons. 2017. Vol. 60. No 5. P.: 677-688.

12. Briciu, A.; Briciu, V.A. Designing the virtual product experience: learnings from Shenzhen, China and the Esun solutions // International Conference on Strategic Innovative Marketing and Tourism. ICSIMAT. Northern Aegean. July 2019. Switzerland: Springer. P.: 435-442. 2020.
13. Fang, L.; Ding, Zh. Application of VR technology in after-earthquake restoration of cultural architecture // Communications in Computer and Information Science. 2013. Vol. 363. P.: 117-125.
14. Elhazmiri, B.; Naveed, N.; Naveed, Anwar M.; Ul Haq, M.I. The role of additive manufacturing in industry 4.0: An exploration of different business models // Sustainable Operations and Computers. 2022. Vol. 3. P.: 317-329.
15. Титов, С.А.; Титова, Н.В. Оценка экономических эффектов от кастомизации продукции российских промышленных предприятий // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2022. № 1. С.: 26-36.
16. Mussi, E.; Servi, M.; Facchini, F.; Furferi, R.; Volpe, Y. Assessment and treatment of pectus deformities: a review of reverse engineering and 3D printing techniques // Rapid Prototyping Journal. 2022. Vol. 29. No. 1. P.: 19-32.
17. Herraez, J. et al. Cultural heritage restoration of a hemispherical vault by 3d modelling and projection of video images with unknown parameters and from unknown locations // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11. No 12. Article num. 5323.
18. Soulioti, A.M.; Chatzidaki, M. Double trouble: replicas in contemporary art and their impact in conservation decision-making // Studies in conservation. 2022. Vol. 67. No 1-2. P.: 21-29.
19. Oudatzi, K. Virtual reality in restoration of historic buildings: 3d model projection of the restoration project of Alaca Imaret Câmi with intuitive and interactive application through hyper realism technology // IEEE. Materials of 16th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Seoul, Korea. 2010. P.: 361-365.
20. Миннегалиев, Р.М. Внедрение 3D тренажера в обучение персонала // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 74-2. С.: 104-108.

REVERSE ENGINEERING STRATEGIES IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ECONOMY

Kristina Rubanova

Assistant, Department of Management and Innovations, Financial University under the Government of the Russian Federation

Moscow, Russia

Abstract. Reverse engineering is usually perceived as the existing technologies copying in order to reproduce them. However, the reverse engineering results can increase the resource efficiency level and also create opportunities for the new business models emergence and can be used in the Industry 4.0 technologies. The purpose of this article is to analyze how reverse engineering fits into the digital transformation of the economy paradigm. Thus, the article provides the areas in which reverse engineering based on 3D scanning allows additive manufacturing, augmented and virtual reality, and simulation. In addition, the author demonstrates how rapid prototyping in some areas of knowledge (for example, medicine, art, jewelry) increases the work flexibility, which allows implementing a customization strategy. The result of the study is to systematize the application areas for reverse engineering results and highlight the three main strategies for its use: copying strategies in the general sense, and its particular manifestations; the reverse engineering usage as an integral element of the 3D modeling process; customization through reverse engineering.

Keywords: reverse engineering; industry 4.0 technologies; simulation strategy; customization strategy; 3D modeling practical use.

JEL codes: O14; O31.

References

1. Lukmanov, O. (2018) Reverse engineering. *CAD and graphics*. 1 (255). P.: 7-8. (In Russ.).
2. Mukoyama, T. (2003). Innovation, imitation, and growth with cumulative technology. *Journal of Monetary Economics*. 50(2). P.: 361-380.
3. Aleksandrovskij, S.V.; Shushkin, M.A. (2015) Application model of imitation strategy for a company. *Inovations*. 1. P.: 108-114. (In Russ.).
4. Linder, N.V. (2020) Exploring innovation modes of Russian industrial companies. *Strategic Decisions and Risk-managemen*t. 3 (11). P.: 272-285. (In Russ.).
5. Rubanova, K.A. (2022) Reverse engineering application at industrial companies in the context of new sanctions. *Economics and Entrepreneurship*. 4(141). P.: 1368-1372. (In Russ.).
6. Vladimirov, D.A. (2020) Reverse engineering as the main tool in increasing the efficiency of R&D. *Science and Business: Ways of Development*. 9(111). P.: 28-30 (In Russ.).
7. Kizatova, E.A.; Plotnikov, S.V. (2021) Development of a plate for fixing the humerus by the method of reverse engineering. *InterSciense*. 16-2(192). P.: 56-59. (In Russ.).
8. Kroma, A.; Adamczak, O.; Sika, R.; Górski, F.; Kuczko, W.; Grześkowiak, K. (2020) Modern reverse engineering methods used to modification of jewelry. *Advances in Science and Technology. Research Journal.* 4 (14). P.: 298-306.

9. Petrov, A. L.; Baeva, L. S.; Petrova, N. E.; Kumova, Zh. V. (2020) Application of reverse engineering technology in shipbuilding. *News of higher educational institutions. Arctic region*. 1. P.: 34-37. (In Russ.).

10. Hadzhibaev, A.M.; Mahkamov, K. E.; Azizov, M. M. (2019) Integration of computer engineering and additive technologies into the medical field. *Bulletin of Emergency Medicine*. 2 (12). P.: 5-11. (In Russ.).

11. Attaran, M. (2017) The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons.* 5 (60). P.: 677-688.

12. Briciu, A.; Briciu, V.A. (2019). Designing the virtual product experience: learnings from Shenzhen, China and the Esun solutions. *International Conference on Strategic Innovative Marketing and Tourism, ICSIMAT. Northern Aegean, July 2019*. Switzerland: Springer. P.: 435-442.

13. Fang, L.; Ding, Zh. (2013) Application of VR technology in after-earthquake restoration of cultural architecture. *Communications in Computer and Information Science*. 363. P.: 117-125.

14. Elhazmiri, *B.*; Naveed, N.; Naveed Anwar, M.; Ul Haq, M.I. (2022) The role of additive manufacturing in industry 4.0: An exploration of different business models. *Sustainable Operations and Computers.* 3. P.: 317-329.

15. Titov, S.A.; Titova, N.V. (2022). Estimation of economic eff ects from product customization of Russian industrial enterprises. *Strategic Decisions and Risk Management*. 13(1). P.: 26-36. (In Russ.).

16. Mussi, E.; Servi, M.; Facchini, F.; Furferi, R.; Volpe, Y. (2022) Assessment and treatment of pectus deformities: a review of reverse engineering and 3D printing techniques. *Rapid Prototyping Journal.* 1 (29). P.: 19-32.

17. Herraez, J. et al. (2021) Cultural heritage restoration of a hemispherical vault by 3d modelling and projection of video images with unknown parameters and from unknown locations. *Applied Sciences (Switzerland)*. 12 (11). P.: 5323.

18. Soulioti, A.M.; Chatzidaki, M. (2022) Double trouble: replicas in contemporary art and their impact in conservation decision-making. *Studies in conservation*. 1-2 (67). P.: 21-29.

19. Oudatzi, K. (2010) Virtual reality in restoration of historic buildings: 3d model projection of the restoration project of Alaca Imaret Câmi with intuitive and interactive application through hyper realism technology. *IEEE. Materials of 16th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Seoul, Korea*. P.: 361-365.

20. Minnegaliev, R.M. (2021) Implementation of a 3D simulator in staff training. *Trends in the development of science and education.* 74-2. P.: 104-108. (In Russ.).

Contact

Kristina Rubanova

Financial University under the Government of the Russian Federation

55, Leningradsky ave., 125167, Moscow, Russia

karubanova@fa.ru