

Разработка концепции применения методологии матричной готовности для управления инновационными проектами цифровизации

Шиболденков Владимир Александрович

Канд. экон. наук, доц. каф. бизнес-информатики
ORCID: 0000-0001-6436-8662, e-mail: vshiboldenkov@bmstu.ru

Бастамова Дарья Алексеевна

Студент
ORCID: 0009-0001-0431-474X, e-mail: bastamovada@student.bmstu.ru

Яковлева Кристина Александровна

Студент
ORCID: 0009-0009-7504-4095, e-mail: yakovlevaka@student.bmstu.ru

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Аннотация

Настоящая статья посвящена разработке концепции применения матричной готовности для управления инновационными проектами цифровизации. Одними из особенностей концепции выступают применение существующих методологий оценки уровня готовности инновации и рассмотрение их в условиях VUCA-мира и BANI-мира. Для этого более подробно описаны данные понятия, их структура, влияние и роль в современном мире. Для разработки концепции были использованы существующие методологии оценки уровня готовности технологии (англ. technology readiness level, TRI), производства (англ. manufacturing readiness level, MRL), рынка (англ. customer readiness level, CRL), а также их совокупности. Подробно описана связь модели жизненного цикла продукта и методологии матричной готовности. Рассмотрены различные виды существующих матриц бизнес-аналитики, стратегического и проектного менеджмента. Кроме того, описаны важность цифровизации и ее применимость к методологии матричной готовности. Рассмотрен принцип гибкости в структуре предприятия.

Ключевые слова

VUCA, BANI, матричная структура, оценка уровня готовности, цифровизация, жизненный цикл продукта, управление инновациями

Для цитирования: Шиболденков В.А., Бастамова Д.А., Яковлева К.А. Разработка концепции применения методологии матричной готовности для управления инновационными проектами цифровизации // Вестник университета. 2023. № 12. С. 53–61.



Concept of matrix readiness methodology application development for managing innovative digitalization projects

Vladimir A. Shiboldenkov

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. at the Business Informatics Department
ORCID: 0000-0001-6436-8662, e-mail: vshiboldenkov@bmstu.ru

Daria A. Bastamova

Student
ORCID: 0009-0001-0431-474X, e-mail: bastamovada@student.bmstu.ru

Kristina A. Yakovleva

Student
ORCID: 0009-0009-7504-4095, e-mail: yakovlevaka@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Abstract

The article is devoted to the development of using matrix readiness concept to manage innovative digitalization projects. One of the concept features is the application of existing methodologies for assessing the readiness level of innovation and considering them in the conditions of the VUCA-world and the BANI-world. To do this, these concepts, their structure, influence and role in the modern world have been described in more detail. To develop the concept, existing methodologies were used to assess the technology readiness level (manufacturing readiness level, customer readiness level), as well as their totality. The relationship between the product lifecycle model and the matrix readiness methodology has been analyzed thoroughly. Various types of existing business intelligence, strategic and project management matrices considered. In addition, the importance of digitalization and its applicability to the methodology of matrix readiness have been outlined. The principle of flexibility in the enterprise structure has been considered.

Keywords

VUCA, BANI, matrix structure, readiness level assessment, digitalization, product life cycle, innovation management

For citation: Shiboldenkov V.A., Bastamova D.A., Yakovleva K.A. (2023) Concept of matrix readiness methodology application development for managing innovative digitalization projects. Vestnik universiteta, no. 12, pp. 53–61.

ВВЕДЕНИЕ

Новые факторы быстрых изменений внешней среды приводят к значительной неопределенности, нестабильности и нелинейности внутренней среды бизнеса и вызывают беспокойство всех участников рынка. В связи с актуальными, особенно для крупного бизнеса, становятся подходы управления проектами и программами, совмещающие системное видение и механизмы гибкого управления, которые обобщенно можно назвать интегративными или матричными способами управления проектами.

Механизм системного видения возможно учесть при помощи подходов VUCA и BANI-ответов: для реагирования на перечисленные угрозы и поиска новых возможностей требуется наличие определенной стратегии (рис. 1). Ведение бизнеса без адаптации бизнес-процессов под влияние факторов значительной неопределенности, нестабильности и нелинейности становится затруднительным [1; 2].



Составлено авторами по материалам источников [1–4]

Рис. 1. Характеристика VUCA-мира

Однако последние тенденции в мире показали, что VUCA-модель уже не способна дать полное и актуальное описание современного состояния организации, поэтому необходимо учитывать подход нового поколения – BANI. «BANI – это концепция для описания все более распространенных ситуаций, в которых простая неустойчивость или сложность являются недостаточными основаниями для понимания того, что происходит» [5] (рис. 2). Обстоятельства, в которых условия не просто нестабильны, а хаотичны.

С развитием данных концепций растет потребность адаптации участников рынка к изменяющимся условиям. Инновации являются главной движущей силой в эпоху неопределенности и ключевым аспектом конкурентоспособности компании на рынке. Они способны помочь компаниям более эффективно реагировать на современные вызовы для сохранения конкурентных преимуществ. Одним из подходов является переход на инновационные бизнес-модели. Возникает потребность в их декомпозиции и структуризации для управления аспектами модели, облегчения анализа и понимания.

По мнению авторов, ключевым аспектом ведения инновационной деятельности является системное моделирование с возможностями контроля, оценки состояния и управления инновацией на каждом этапе ее разработки и реализации. Наиболее полно и наглядно отразить системный или интегративный уровень готовности инновации (промежуточных результатов инновации) позволяет матричная модель, совмещающая подходы жизненного цикла инновации, ожиданий заинтересованных групп и корпоративной политики.

Среди движущих сил BANI-мира выступают цифровые технологии. Как выразился Клаус Шваб, основатель Всемирного экономического форума: «В новом мире не большая рыба съедает маленькую рыбу, а быстрая съедает медленную» [5]. Высокий уровень цифровизации может положительно сказаться

на динамичности компании, однако это зависит от используемых технологий и от того, насколько хорошо они подходят для поддержки бизнес-процессов [7; 8]. Предприятия должны быть в состоянии адаптироваться к условиям VUCA и BANI, предвидя эти изменения как можно быстрее.



Составлено авторами по материалам источников [5; 6]

Рис. 2. Характеристика BANI-мира

Цифровизация в работе представляет собой технологическое воплощение инновационного продукта посредством объединения различных цифровых технологий и способов формирования сложных инновационных бизнес-моделей в условиях неопределенности, нестабильности и нелинейности. В результате таких «цифровых инноваций» компании могут добиться успеха с точки зрения оптимизации использования ресурсов, снижения затрат, улучшения производительности и эффективности работы сотрудников, совершенствования цепочек поставок, повышения лояльности и удовлетворенности клиентов. Цифровизация оказывает влияние на каждую отрасль, поскольку такой процесс влияет на корпоративные стратегии и требует адаптации существующих инновационных бизнес-процессов к новым условиям [6]. Применительно к матричной структуре управления инновационными проектами цифровизация является инструментом, позволяющим отслеживать состояние объектов матрицы и упрощающим их физическое отображение. Цифровизация предоставляет возможность автоматизировать различные процессы управления инновациями и сократить время на оценку новых технологий, ускоряя их коммерциализацию.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Формирование концепций VUCA и BANI стало основой для научных публикаций и разработок решений для ведения бизнеса, в том числе и инновационного [1; 4]. Методологиям, описывающим степень готовности инновации, посвящено множество исследований [9–11]. Основываясь на существующих методологиях, мы предлагаем решение на основе матричной структуры в связке с цифровым инструментом.

Метрики оценки инновационной готовности – основные показатели проекта, влияющие на успешность внедрения его результатов. Они измеряются с помощью количественных оценок и критериев подтверждения. Параметры оценки инновационной готовности технологии, применяемые в практике управления инновационными проектами, описаны не только в научной литературе, но и в государственных стандартах (далее – ГОСТ).

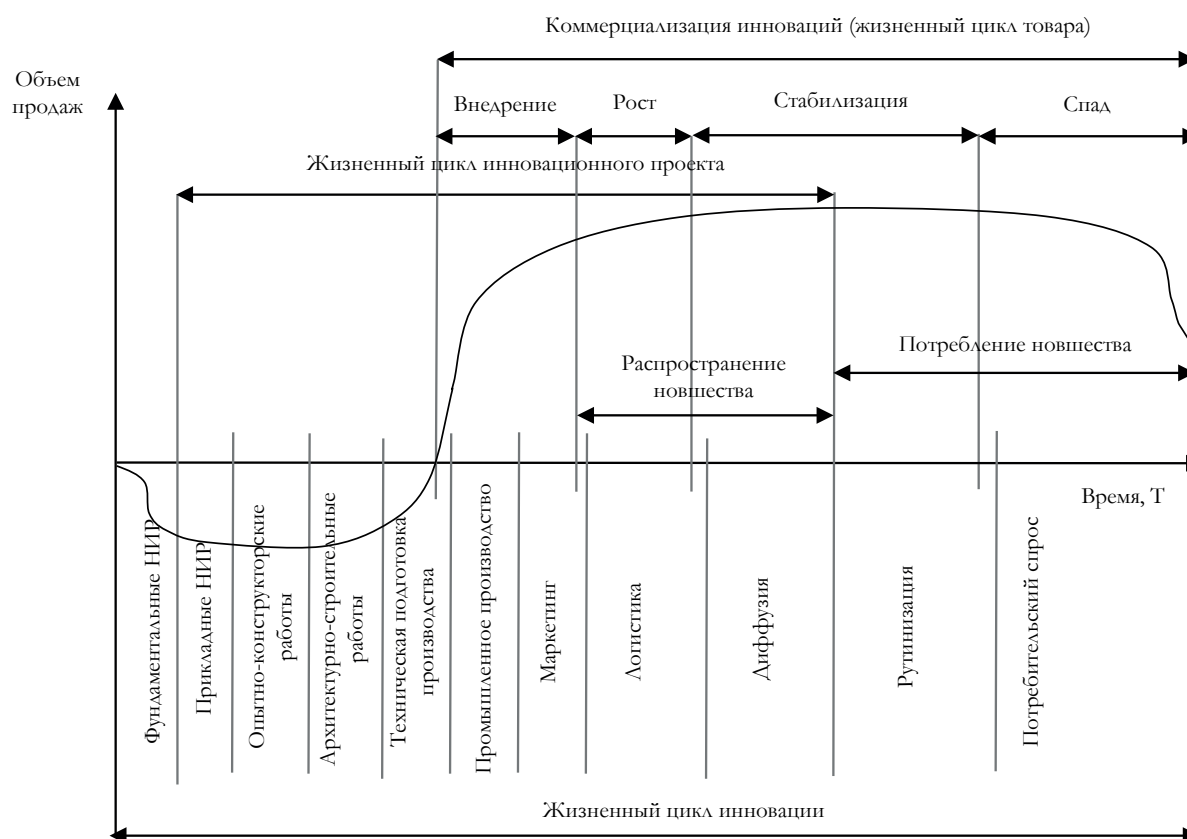
Цифровизация предоставляет предприятиям возможности для гибкого и быстрого реагирования на потенциальные угрозы, чтобы сохранить и укрепить свои позиции на мировом рынке [8]. В исследовании Массачусетского технологического института и компании CapGemini показано, что компании, которые успешны как в цифровизации, так и в интенсивности трансформации, систематически превосходят другие компании с точки зрения доходов, прибыльности и рыночной оценки [7].

Объектом настоящего исследования является жизненный цикл инновации в процессе инновационной деятельности. Предметом исследования выступают подходы системного управления инновационными проектами в цифровизации бизнеса.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно ГОСТ Р 57316–2016, инновация – «это внедрение нового или существенно улучшенного продукта (товара, услуги), процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода ведения бизнеса, организации рабочего места или внешних взаимодействий» [12]. Коммерциализация инновации, ее выход на рынок и получение стабильной прибыли составляют основную цель инновационной деятельности.

Жизненный цикл инновации начинается с формирования концепции и идеи будущей продукции или технологии (рис. 3). Уже на этом этапе применяется методология оценки инновационной готовности самой идеи, позволяющая определить жизнеспособность инновации и потребность рынка в ней. С проведения фундаментальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (далее – НИОКР) начинается старт инновационного проекта полного цикла, который завершится после стабилизации положения инновационного товара/технологии на рынке. Для оценки продвижения инновационного проекта также можно использовать шкалу готовности, которая позволит определить успешность развития данного проекта по определенным показателям. Соответственно, каждый этап жизненного цикла инновации является источником анализа не только технологической готовности продукта/технологии, но и производственной, а также рыночной. Такая информация имеет высокую значимость для представителей разных функциональных подразделений и в целом для компании.



Примечание: НИР – научно-исследовательская работа

Составлено авторами по материалам источника [13]

Рис. 3. Жизненный цикл инновации

Современные подходы к управлению и организации бизнеса базируются на непрерывном внедрении инноваций, которые являются движущей силой конкурентоспособности. Это касается в том числе инноваций в области бизнес-моделей и бизнес-процессов (бизнес-процессные инновации). Такие изменения подразумевают сложные процессы, неопределенность и финансовые риски. Однако благодаря развитию

цифровых технологий в последние годы инновации в области бизнес-моделей стали более открытыми и основанными на сотрудничестве [13].

Зная структуру жизненного цикла и методики оценки зрелости продукта на каждом этапе, возможно прогнозировать развитие продукта, анализировать ожидаемые риски и управлять ими даже в условиях неопределенности. Способность принимать правильные решения относительно включения или исключения новых технологий и новаторских концепций при отсутствии полной информации и в условиях сложности имеет большое значение для успешного ведения современного бизнеса. Для решения этой управленческой задачи были разработаны многочисленные подходы, включая использование различных инструментов поддержки принятия решений. Однако важнейшим шагом во всех таких методологиях является последовательная оценка зрелости различных передовых технологий до их включения в проекты разработки новых систем. Технологическая готовность является фактором, который определяет, будет ли технология принята для использования в продуктах или в качестве технологического процесса. Модели технологической готовности не могут выявить зависимости и провести сложный анализ, но они предоставляют компаниям соответствующий обзор уровня развития технологий на каждом этапе [13].

Существующие модели технологической готовности разнообразны по области охвата и своей направленности, но они одинаково используются для связи технологических показателей, рыночных и конкурентных характеристик технологии с требованиями областей применения [14]. Среди часто используемых и цитируемых моделей готовности встречается цикл зрелости технологии (Hype cycle), предложенный компанией Gartner для использования при внедрении новой системы на предприятии. Hype cycle отображает кривую, графически представляющую стадии, через которые проходит технологическое новшество в ходе своего становления [15].

Широко распространена методология оценки уровня готовности технологии (англ. Technology readiness level, далее – TRL), разработанная для управления сложных технических систем с целью создания интегрированного инструмента. В рамках оценки уровня готовности по шкале TRL технологии присваивается рейтинг на основе прогресса, где TRL1 – фундаментальные технологические исследования, TRL2 – исследования для доказательства осуществимости технологии, TRL3 – экспериментальное или аналитическое подтверждение концепции, TRL4 – подтвержденная в лаборатории концепция, TRL5 – подтвержденная в производственной среде концепция, TRL6 – разработка прототипа технологии, TRL7 – проверенный в производственной среде прототип, TRL8 – технология подтверждена и опробована на испытаниях, а последний уровень TRL9 – фактическое применение технологии в ее окончательном виде. Однако выгода для компаний ограничена, шкала TRL была разработана с акцентом на технологическую разработку продукта (для одной группы заинтересованных сторон). Чтобы приспособить данную методику оценки к развитию инноваций, были разработаны различные шкалы адаптированного уровня готовности (англ. Readiness level, далее – RL) с разных точек зрения. Одновременно с разработкой шкалы технологической зрелости возникла потребность в аналогичной шкале для производственной области, называемой «оценка уровня готовности производства» (англ. Manufacturing readiness level, далее – MRL), а также для уровня рыночной готовности (англ. Customer readiness level, далее – CRL) [9]. Существуют и другие метрики: оценка преимуществ и рисков проекта (англ. Benefits and risks level, далее – BRL), параметр инженерной готовности проекта (англ. Engineering readiness level, далее – ERL) и т.д. Таким образом, способ управления разработкой продукта превратился в интегративный подход управления инновацией с учетом разных фаз жизненного цикла и заинтересованных сторон (при переходах между фазами), а также различных аспектов инновации [10].

TRL, MRL, BRL, CRL являются независимыми лишь отчасти: для корректной оценки уровня по одному из параметров требуется учет данных из других метрик. Оценки результата разработки, сделанные без такого учета, как правило, будут недостоверными. Например, оценка размера секторов рынка по метрике CRL без учета ключевых преимуществ и ограничений из BRL, основанных в свою очередь на соответствии технологическим характеристикам (TRL) и оценке себестоимости (MRL), обычно оказывается сильно завышенной [10; 11].

Для комплексной оценки технологического проекта используется методология сбалансированного подхода к оценке готовности проектов в целом (англ. Technology project readiness level, далее – TPRL), включающая вышеперечисленные параметры, тем самым предоставляя сбалансированный результат оценки готовности. Данная методология позволяет исполнителям проектов, инвесторам и инновационным

компаниям сократить ресурсы и время при проведении экспертной оценки проектов и управлении портфелем проектов. Объединение трех методик оценки готовности (TRL, CRL, MRL) предоставляет возможность рассматривать полный жизненный цикл инновационного проекта, причем оценка уровня готовности по функциональным областям необязательно происходит последовательно [10].

Развитие науки, технологий, производства, рынка и других областей сильно зависят друг от друга, а также от качества коммуникации и кооперации между группами заинтересованных сторон. Для комплексной оценки разрабатываемых технологий и принятия решения по управлению инновациями в условиях неопределенности необходима модель более высокого порядка или системного взгляда. Анализ чрезвычайно важен перед принятием решения, для этого существует множество матриц бизнес-аналитики. В практике можно встретить применение матриц оценки внешних факторов (англ. External factor evaluation matrix, далее – EFE) и оценки внутренних факторов (англ. Internal factor evaluation matrix, далее – IFE). Матрица EFE помогает анализировать внешнюю бизнес-среду на уровнях мировой среды, макросреды и отраслевой среды, в то время как IFE – это матрица оценки внутренних факторов и используется для обобщения и оценки сильных и слабых сторон функциональных бизнес-сегментов. Большую популярность обрели матрица Бостонской консалтинговой группы (далее – БКГ), дающая анализ положения товаров на рынке, матрица McKinsey, позволяющая предприятиям проводить оценку соответствия их возможностей с рыночными условиями, а также SWOT-анализ, выявляющий факторы внешней и внутренней среды. Матрица Хофера-Шенделя является одним из инструментов, используемых для определения оценки конкурентной позиции компании [16; 17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вышеперечисленные методы анализа дают понимание о положении исследуемого продукта на рынке, а также о характере стратегии развития, но не учитывают уровни зрелости на каждом этапе оценки и разработку новых продуктов, так как не рассматривают исследуемый продукт на протяжении всего его жизненного цикла (инновации).

Матричное представление является удобным способом применения модели, так как оно позволяет перенести структуру TRL, MRL, CRL на табличную форму и оценивать готовность продукта на нескольких уровнях, при этом в когнитивно удобном виде для лиц, принимающих решения (рис. 4). Следовательно модель разрабатывается как концепции фаз и этапов [18]. Каждый шаг должен являться последовательным и логичным, а используемые методы – совместимыми друг с другом. Кроме того, при использовании матричной формы каждый уровень готовности легче описывается и отображается. Важно подчеркнуть, что предлагаемая модель способствует улучшению результатов проектов, которые начинаются на этапах технологической разработки, поскольку такая модель позволяет лучше интегрировать команды разработчиков и производителей.



Составлено авторами по материалам источников [9; 14; 18]

Рис. 4. Матричное представление оценки готовности продукта

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценка уровня готовности инновационного проекта полезна только в том случае, если она объективна и предоставляет документированные доказательства того, что созданная в рамках проекта продукция и ее ключевые компоненты соответствуют целевым технико-экономическим показателям и требованиям рынка для каждого уровня готовности. Уровень готовности продукта определяется минимальным уровнем зрелости его критических компонентов.

Матричный метод ориентируется на конкретную задачу, стоящую перед предприятием, поэтому нет универсальной матрицы, подходящей для точного анализа любой входящей ситуации. Матрица отражает текущее положение технологии, проекта и т.п. в рамках установленной стратегии развития, но возможные варианты данных стратегий ограничены, так как нет возможности учесть все непредвиденные факторы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы была разработана концепция применения методологии матричной готовности для управления инновационными проектами цифровизации. Технологическое развитие и принятие стратегических решений в значительной степени взаимосвязаны. Для комплексной оценки развивающихся технологий и принятия решений в условиях неопределенности необходима высокоуровневая модель процесса для определения, структурирования и управления различными промежуточными результатами на разных этапах жизненного цикла инновационного продукта. Представление такой модели в виде матрицы может быть рассмотрено путем изучения и интеграции существующих методов оценки готовности технологии.

Внедрение любой новой технологии вносит неопределенность, которая влечет за собой риски, в том числе финансовые, для ее разработчиков, производителей, поставщиков, операторов и конечных пользователей. В эпоху значительной неопределенности, нестабильности и нелинейности степень сложности и вероятность возникновения неучтенных рисков возрастают. Методика матричной готовности предоставляет возможности для управления этими рисками и показывает, как можно уменьшить неопределенность в результатах. Применение agile-подхода в рамках цифровизации делает метод более прозрачным и доступным в оценке готовности технологии и в контроле результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mack O. Khare A., Kramer A. Burgartz T. *Managing in VUCA world*. London: Springer; 2015. 259 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16889-0>
2. Jamais Cascio. *Facing the Age of Chaos*. Springer; 2020. 32 p.
3. Шенталер Д.Ф. Успех в цифровом мире VUCA: гибкость и эффективные цепочки поставок (группа PROMATIS). Технологический регион Карлсруэ; 2018. 54 с.
4. Дипак П., Махешкумар П.Д., Арун С., Раджен К.Г. *Подъемные инновации и динамические возможности в странах с развивающейся экономикой: данные из индийского автомобильного сектора 2017 г.* 110 с.
5. World Economic Forum. *About Klaus Schwab*. <https://www.weforum.org/about/klaus-schwab> (дата обращения: 01.10.2023).
6. Михненко П.А. Цифровой менеджмент: модели развития концепции. *Инновации в менеджменте*. 2020;3(25):30–39
7. Capgemini Consulting. *The Digital Advantage: how digital leaders outperform their peers in every industry*. https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/The_Digital_Advantage_How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf (дата обращения: 01.10.2023).
8. Rachinger M., Rauter R., Muller C., Vorraber W., Schirgi E. Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2019;30(8):1143–1160. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0020>
9. Джемьер В., Ирвин Б., Оше К. *Демистификация TRL для сложных технологий*. <https://projects.leitat.org/demystifying-trls-for-complex-technologies/> (дата обращения: 02.10.2023).
10. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (ред.) Принципы бережливого управления НИОКР на основе методологии уровней готовности инновационных проектов. экономика науки. *Экономика науки*. 2019;6(1–2):22–34.
11. Ferreira C.V., Biesek F., Scalice R. Product innovation management model based on manufacturing readiness level (MRI), design for manufacturing and assembly (DFMA) and technology readiness level (TRL). *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. 2021;43(7):1–18. <https://doi.org/10.1007/s40430-021-03080-8>

12. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. ГОСТ Р 57316–2016. *Инновационный менеджмент. Стандартизация ключевых показателей инновационных возможностей малых и средних предприятий*. М.: Стандартинформ; 2020.
13. Ibarra D., Ganzarain J., Igartua J.I. Business model of innovation through Industry 4.0: an overview. *Procedia Manuf.* 2018;4(10):12–18.
14. Ардилио А., Зайденстрикер С., Шмит М. Измерение и оценка готовности технологий для конкретных приложений. *Международный журнал по передовой науке, инженерии и информационным технологиям*. 2015;5(6):475–480.
15. Строун Г. Открывая наука и кривая развития технологий. *Данные Intel*. 2021;3:1–7.
16. Динь Б.Х.А. Использование матрицы Хоффера в стратегическом бизнес-анализе для Nguyen Hoang Group во Вьетнаме. *Международный журнал междисциплинарных исследований и оценки роста*. 2021;2(4):61–66.
17. Zulkarnain A., Wahyuningtias D., Putranto T. S. Analysis of IFE, EFE and QSPM matrix on business development strategy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018;126:62. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012062>
18. Комаров А.В., Петров А.Н., Сартори А.В. Модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов. *Экономика науки*. 2018;4(1):47–57.

REFERENCES

1. Mack O. Khare A., Kramer A. Burgartz T. *Managing in VUCA world*. London: Springer; 2015. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16889-0>
2. Jamais Cascio. *Facing the Age of Chaos*. Springer; 2020.
3. Schenthaler D.F. *Success in the digital world of VUCA: Flexibility and Efficient Supply chains (PROMATIS Group)*. Karlsruhe Technology Region; 2018. (In Russian).
4. Deepak P., Maheshkumar P.D., Arun S., Rajen K.G. *Disruptive innovations and dynamic opportunities in emerging economies: Data from the Indian automotive sector 2017*. (In Russian).
5. World Economic Forum. *About Klaus Schwab*. <https://www.weforum.org/about/klaus-schwab> (accessed 01.10.2023).
6. Mikhnenko P.A. Digital management: models of concept development. *Innovations in management*. 2020;3(25):30–39. (In Russian).
7. Capgemini Consulting. *The Digital Advantage: how digital leaders outperform their peers in every industry*. https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/The_Digital_Advantage_How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf (accessed 01.10.2023).
8. Rachinger M., Rauter R., Muller C., Vorraber W., Schirgi E. Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2019;30(8):1143–1160. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0020>
9. Jamier V., Irwin B., Osche K. *Demystification of TRL for complex technologies*. <https://projects.leitat.org/demystifying-trls-for-complex-technologies/> (accessed 02.10.2023). (In Russian).
10. Sartori A.V., Sushkov P.V., Mantsevich N.M. (ed.) Principles of lean R&D management based on the methodology of readiness levels of innovative projects. economics of science. *Economics of science*. 2019;6(1–2):22–34. (In Russian).
11. Ferreira C.V., Biesek F., Scalice R. Product innovation management model based on manufacturing readiness level (MRL), design for manufacturing and assembly (DFMA) and technology readiness level (TRL). *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. 2021;43(7):1–18. <https://doi.org/10.1007/s40430-021-03080-8>
12. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. ГОСТ Р 57316–2016. *Innovation management. Standardization of key indicators of innovative capabilities of small and medium-sized enterprises*. Moscow: Standartinform; 2020. (In Russian).
13. Ibarra D., Ganzarain J., Igartua J.I. Business model of innovation through Industry 4.0: an overview. *Procedia Manuf.* 2018;4(10):12–18.
14. Ardilio A., Seidenstricker S., Schmit M. Measurement and assessment of technology readiness for specific applications. *International Journal of Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2015;5(6):475–480. (In Russian).
15. Strawn G. Open science and the curve of technology development. *Intel data*. 2021;3:1–7. (In Russian).
16. Dinh B.H.A. Using the Hoffer matrix in strategic business analysis for Nguyen Hoang Group in Vietnam. *International Journal of Interdisciplinary Research and Growth Assessment*. 2021;2(4):61–66. (In Russian).
17. Zulkarnain A., Wahyuningtias D., Putranto T. S. Analysis of IFE, EFE and QSPM matrix on business development strategy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018;126:62. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012062>
18. Komarov A.V., Petrov A.N., Sartori A.V. Model of integrated assessment of technological readiness of innovative scientific and technological projects. *Economics of science*. 2018;4(1):47–57. (In Russian).