

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Получено 05.03.2023

Доработано 20.04.2023

Принято 27.04.2023

УДК 338.2

JEL L74

DOI <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2023-6-2-4-13>

Булина Анна Романовна

Аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация

ORCID: 0000-0002-9437-9255

E-mail: mochalova.anna@mail.ru

Солопова Наталья Анатольевна

Д-р экон. наук, проф. каф. менеджмента и инноваций

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация

ORCID: 0000-0003-2034-4321

E-mail: ushanovan@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Строительная индустрия находится на пороге масштабных изменений: Индустрия 4.0 готовит промышленным предприятиям серьезные вызовы. Цифровая трансформация может повлечь значительные изменения во всех сферах деятельности предприятий. Для оценки текущего состояния и измерения цифровой зрелости организации, как правило, используются модели зрелости. В статье предложена авторская четырехэтапная модель оценки цифровой зрелости для промышленных предприятий строительной индустрии. При разработке модели было принято решение уйти от общих оценок и в качестве инструмента оценивания использовать конкретные изменения, которые будут происходить на промышленных предприятиях строительной индустрии в процессе цифровой трансформации: модель содержит пятнадцать факторов оценки, изменения которых на различных этапах являются индикаторами цифровой зрелости. Предложенная модель содержит подробное описание четырех этапов цифровой зрелости, поэтому может служить не только для оценки цифровой зрелости промышленных предприятий строительной индустрии, но и для обозначения целей, планируемых к достижению в будущем в рамках цифровой трансформации, в стратегиях или бизнес-моделях предприятий. Отличительной особенностью модели является наличие факторов оценки, отражающих степень интеграции цифровой среды промышленных предприятий с BIM-моделями строительных организаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Модель зрелости, оценка зрелости, цифровая зрелость, цифровая трансформация, промышленные предприятия, строительная индустрия, цифровые технологии, цифровая экономика, Индустрия 4.0

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Булина А.Р., Солопова Н.А. Модель оценки цифровой зрелости для промышленных предприятий строительной индустрии // E-management. 2023. Т. 6, № 2. С. 4–13.

© Булина А.Р., Солопова Н.А., 2023.

Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



MATURITY MODEL FOR ASSESSING DIGITALIZATION PROCESS OF CONSTRUCTION INDUSTRY COMPANIES

Received 05.03.2023

Revised 20.04.2023

Accepted 27.04.2023

Anna R. Bulina

Postgraduate Student

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0002-9437-9255

E-mail: mochalova.anna@mail.ru

Natalia A. Solopova

Dr. Sci. (Econ.), Prof. at the Management and Innovations Department

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0003-2034-4321

E-mail: ushanovan@mail.ru

ABSTRACT

The construction industry is on the verge of large-scale changes as Industry 4.0 is preparing industrial enterprises for serious challenges. Digital transformation can bring significant changes in all areas of enterprise activity. Maturity models are usually used to assess the current situation and measure the digital maturity of an organization. The authors' four-stage model of digital maturity assessment for construction industry companies has been proposed. When developing the model, it had been decided to move away from general assessments and use specific changes that would occur at construction industry companies in the process of digital transformation as an assessment tool. The model contains fifteen assessment factors, changes of which at various stages are indicators of digital maturity. The proposed model contains a detailed description of the four stages of digital maturity, therefore it can serve not only to assess the digital maturity of industrial enterprises in the construction industry, but can also be used to indicate the goals planned to be achieved in the future as part of digital transformation, in strategies or business models of enterprises. A distinctive feature of the model is evaluation factors reflecting the degree of integration of the digital environment of industrial enterprises with BIM models of construction organizations.

KEYWORDS

Maturity model, maturity assessment, digital maturity, digital transformation, industrial enterprises, construction industry, digital technologies, digital economy, Industry 4.0

FOR CITATION

Bulina A.R., Solopova N.A. (2023), "Maturity model for assessing digitalization process of construction industry companies", *E-management*, vol. 6, no. 2, pp. 4–13. DOI: 10.26425/2658-3445-2023-6-2-4-13

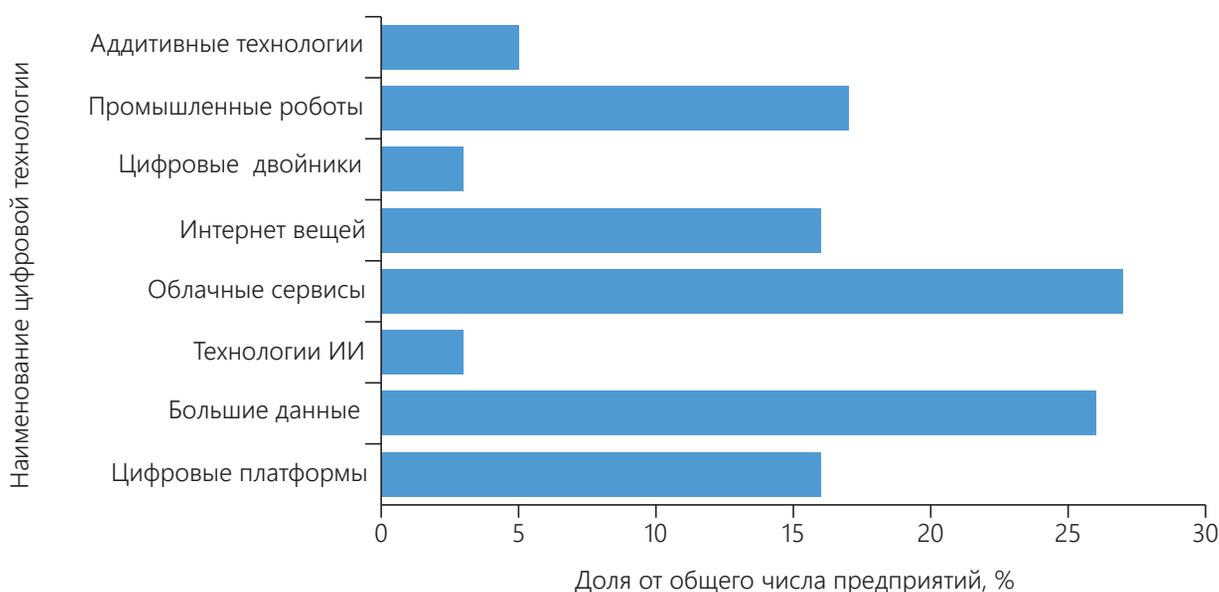


ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Применение цифровых технологий в производственной среде, в том числе на промышленных предприятиях строительной индустрии (далее – ППСИ), открывает новую эру, за которой уже закрепилось название Четвертая промышленная революция, или Индустрия 4.0. Цифровая трансформация привлекает предприятия благодаря различным конкурентным преимуществам, которые она дает [Gökalp et al., 2017]. Например, MacKinsey¹ дает следующую оценку перспективам развития предприятий за счет внедрения цифровой экономики:

- производительность труда увеличится на 45–55 % ;
- время простоя оборудования уменьшится на 30–50 % ;
- затраты на техническое обслуживание снизятся на 10–40 % ;
- время выхода продукта на рынок сократится на 20–50 % .

В Российской Федерации (далее – РФ) большинство ППСИ находятся в самом начале своего цифрового пути либо еще не начинали процесс цифровизации, а к цифровым лидерам, как и во всем мире, относятся отраслевые гиганты. Согласно данным Росстата (рис. 1), только четверть предприятий обрабатывающей промышленности (к которой относятся ППСИ) использует такие технологии, как большие данные и облачные хранилища, а использование других технологий цифровой экономики колеблется на уровне 5–15 %.



Источник² / Source²

Рис. 1. Использование цифровых технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности
 Fig. 1. The use of digital technology in the manufacturing industry

Компании, использующие отдельные цифровые технологии, делают попытки перестроить свою деятельность в соответствии с новыми технологиями, чтобы сохранить свою конкурентоспособность на рынке, однако такие фрагментарные попытки могут оказаться нежизнеспособными. Сама Индустрия 4.0 – это недавнее технологическое достижение, в котором Интернет и вспомогательные технологии служат основой для интеграции физических объектов, человеческих субъектов, интеллектуальных машин, производственных процессов. Данная концепция выходит за рамки организационных границ и формирует новый вид интеллектуальной и гибкой цепочки создания стоимости. Такое далеко идущее видение приведет к увеличению сложности производственных процессов на микро- и макроуровнях [Schuh et al., 2014], поэтому требует комплексного рассмотрения.

¹ *McKinsey Digital. Industry 4.0 at McKinsey’s Model Factories. Get Ready for the Disruptive Wave.* Режим доступа: https://capability-center.mckinsey.com/files/downloads/2016/digital4.0modelfactoriesbrochure_0.pdf (дата обращения: 01.03.2023).

² *Росстат. Итоги федерального статистического наблюдения по ф. №3-информ.* Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-inform.htm> (дата обращения: 01.03.2023).

Опыт семинаров, проведенных с различными организациями, показал, что у компаний есть серьезные проблемы с пониманием общей концепции Индустрии 4.0 и конкретных идей, связанных с ней [Erol, 2016]. По результатам исследований были выделены две основные проблемы.

1. Компании не в состоянии связать идеи Индустрии 4.0 со своей областью деятельности и своей конкретной бизнес-стратегией.

2. Компании испытывают проблемы при определении своего уровня цифрового развития и, следовательно, не могут определить конкретные области деятельности, программы и проекты.

Многие компании сталкиваются с проблемой оценки разнообразия подходов и концепций, обобщенных под термином «Индустрия 4.0», и продолжают разрабатывать собственные корпоративные стратегии [Anderson, 2017]. Для преодоления растущей неопределенности компаниями, которые придерживаются концепции Индустрии 4.0, но находятся в самом начале своего цифрового пути, требуются новые методы и инструменты для обеспечения руководства и поддержки в согласовании бизнес-стратегий и операций [Schumacher, 2016].

В этой статье авторами описана собственная модель цифровой зрелости, разработанная для ППСИ, которая может служить инструментом для систематической оценки состояния цифрового развития компаний.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ / LITERATURE REVIEW

В широком понимании, термин «зрелость» используется для определения, оценки и формирования ориентира и основы для оценки прогресса (например, процесса или технологии) в бизнесе [Gökalp et al., 2017]. Соответственно, «созревающие» объекты или системы с течением времени увеличивают свои возможности в отношении достижения некоторого желаемого будущего состояния. Основная идея использования модели зрелости заключается в описании уровня совершенства для объекта, такого, как новая используемая бизнес-модель или разработанное новое программное обеспечение [Schumacher, 2016].

Модели зрелости, как правило, используются в качестве инструмента для концептуализации и измерения зрелости организации или процесса в отношении некоторого конкретного целевого состояния [Schumacher, 2016].

Вопросом изучения и разработки моделей цифровой зрелости занимались зарубежные исследователи: А. Schumacher [2016], Е. Gökalp [2017], S. Erol [2016], G. Schuh [2014], J. Ganzarai [2016], L. Scremin [2018] и др., а также российские ученые: Т.А. Гиляева [2019], Е.В. Попов [2021], И.Ю. Мерзлов [2022], П.С. Кузьмин [2021] и др. Наибольший интерес для настоящей работы представляют исследования П.С. Кузьмина и Л. Скремина: в данных исследованиях подробно рассмотрены аспекты цифровой оценки, в остальных же работах даны концептуальные положения для разработки подробных моделей оценки. На этих двух работах остановимся подробнее.

Исследователи для измерения степени зрелости используют различные методы: зрелость может быть зафиксирована качественно или количественно, дискретным или непрерывным методом [Schumacher, 2016]. П.С. Кузьмин в своем исследовании использует количественный метод оценки: для определения уровня цифровой зрелости организациям предлагается пройти тестирование, а затем рассчитать по предложенной формуле результат. Он выделяет три уровня цифровизации промышленных предприятий: низкий, средний и высокий, а также четыре направления оценки, в рамках которых выделяются присущие каждому направлению аспекты цифровой трансформации (табл. 1).

Таблица 1. Модель оценки цифровой зрелости по П.С. Кузьмину

Table 1. P.S. Kuzmin's Digital Maturity Assessment Model

Направления оценки	Аспекты цифровой трансформации
Организационная готовность	<ul style="list-style-type: none"> – наличие разработанного бизнес-кейса применения технологий Индустрии 4.0; – доступность ресурсов организации и поддержка со стороны руководства; – стратегическая готовность организации; – корпоративная культура организации; – зрелость процессного управления и степень цифровизации
Внутренние компетенции организации	<ul style="list-style-type: none"> – опыт и уровень экспертизы сотрудников организации в сфере внедрения технологий Индустрии 4.0; – опыт сотрудников организации в области анализа и управления данными

Окончание табл. 1

Направления оценки	Аспекты цифровой трансформации
Инфраструктурная и технологическая готовность	<ul style="list-style-type: none"> – уровень зрелости инфраструктуры организации; – уровень развития технологий хранения и обработки данных; – уровень развития технологий защиты и безопасности данных
Готовность к работе с данными и их аналитике	<ul style="list-style-type: none"> – управление данными и их использованием; – технологии обработки и анализа данных

Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

К достоинствам модели, предлагаемой П.С. Кузьминым, относится подробное описание уровней цифровизации промышленных предприятий по всем направлениям. Но в то же время автор описывает их концептуально, в общих чертах, и такая модель с минимальными изменениями может быть адаптирована не только к промышленным предприятиям, но и к организациям, работающими в других областях.

Л. Скремин и другие эксперты на основании сравнительного анализа десяти компаний из Италии и Канады предложили Адаптированную модель оценки цифровой зрелости (Adoption Maturity Model). В предложенной модели исследователи выделяют три группы показателей и восемь показателей. Каждый показатель содержит от двух до шести индикаторов зрелости, что в сумме дает тридцать индикаторов зрелости (табл. 2). Для каждого индикатора на основании тематических исследований были определены пороговые значения, предназначенные для оценки конкретного случая с помощью радарной диаграммы. Целью Адаптированной модели явилась оценка стадии зрелости промышленного предприятия, которое уже приступило к внедрению Индустрии 4.0, следовательно, она не будет применима к предприятиям, которые еще не приступили к процессу цифровизации.

Таблица 2. Модель оценки цифровой зрелости по Л. Скремину

Table 2. Adoption Maturity Model by L. Scremin

Группа показателей	Показатели зрелости	Индикаторы зрелости
Стратегия	Бизнес-стратегии	<ul style="list-style-type: none"> – инвестиции; – дорожные карты Интернета вещей; – усовершенствования продукта с помощью Интернета вещей; – разработка новых продуктов с помощью Интернета вещей
	Технологическая стратегия	<ul style="list-style-type: none"> – проблемы кибербезопасности; – выбор платформы и стандартов
	Создание сетей и интеграция	<ul style="list-style-type: none"> – принятие решений по вертикальной интеграции; – горизонтальная интеграция и совместное использование данных для принятия решений; – степень использования систем Интернета вещей в организации
Зрелость	Инфраструктура для Интернета вещей	<ul style="list-style-type: none"> – инфраструктура оборудования; – ИТ-системы; – системы безопасности; – принятые технологии
	Аналитические способности	<ul style="list-style-type: none"> – способность анализировать большие данные; – осознание важности анализа больших данных; – причины использования больших данных; – система самооценки; – возможности изменения в реальном времени на основе аналитики; – эффективное использование больших данных для конкурентной разведки

Окончание табл. 2

Группа показателей	Показатели зрелости	Индикаторы зрелости
Зрелость	Потенциал освоения	<ul style="list-style-type: none"> – система обучения сотрудников; – системы управления знаниями; – осведомленность о навыках, необходимых для Интернета вещей
Производство	Преимущества внедрения Индустрии 4.0	<ul style="list-style-type: none"> – экономические выгоды; – социальные льготы; – экологические преимущества
	Влияние на эффективность	<ul style="list-style-type: none"> – эффективность сотрудников; – скорость выполнения заказа; – снижение затрат, времени выполнения заказа, энергопотребления и частоты дефектов; – сокращение времени на принятие решений; – влияние требований к инвентарю

Составлено авторами по материалам исследования / Compiled by the authors on the materials of the study

Рассмотренные модели предлагают расширенный перечень индикаторов оценки цифровой зрелости, при этом, несмотря на различные направления оценки, индикаторы оценки в обеих моделях в целом схожи: стратегическая готовность организации / дорожные карты интернета вещей, уровень развития технологий защиты и безопасности данных / проблемы кибербезопасности, система обучения сотрудников / опыт и уровень экспертизы сотрудников организации в сфере внедрения технологий Индустрии 4.0, уровень зрелости инфраструктуры организации / инфраструктура оборудования и др. Это говорит о том, что, несмотря на подробный анализ, данные модели оценки носят скорее обобщенный характер оценивания, что делает их универсальными, но требует адаптации к каждой конкретной отрасли.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / STUDY RESULTS

После изучения описанных моделей оценок цифровой зрелости и анализа их достоинств и узких сторон авторами предлагается собственная модель оценки готовности ППСИ к цифровой трансформации (табл. 3). В авторской модели предлагается уйти от общих оценок и традиционных инструментов и для оценки цифровой зрелости предприятий проанализировать конкретные изменения, которые будут происходить на ППСИ, что, по мнению авторов, будет способствовать лучшему пониманию влияния цифровой трансформации на деятельность ППСИ. При составлении модели предлагается качественное измерение цифровой зрелости: такая модель может служить одновременно как для определения оценки цифровой зрелости, на которой находится ППСИ, так и для описания стадий цифровой зрелости.

Авторская модель оценки цифровой зрелости содержит четыре этапа: между нулевым этапом и этапом цифровой зрелости выделяется два промежуточных. Каждый этап характеризуется пятью блоками оценки: каждый блок содержит три фактора оценки. В пределах одного блока определяющие его факторы оценки подобраны таким образом, что предприятие будет находиться в пределах одного цифрового этапа, но допускается, что факторы оценки в пределах одного блока могут находиться на соседних этапах. Например, в блоке «Получение, хранение и обработка данных» уже проводятся хранение и анализ данных для документирования и мониторинга с использованием пассивного хранилища данных, но цифровые технологии (датчики, преобразователи) еще не используются. Исключение составляет блок оценки «Бизнес-модель»: включенные в нее факторы могут находиться на разных этапах цифровой зрелости в зависимости от стратегии цифрового развития и применяемой бизнес-модель ППСИ.

Таблица 3. Модель оценки цифровой зрелости ППСИ

Table 3. Model for assessing digital maturity of construction industry companies

Блок оценки	Фактор оценки	Этап 0	Этап 1	Этап 2	Этап 3
		Нулевая	Начальная	Активное развитие	Цифровая зрелость
Внутренний обмен информацией, контроль	<i>Информационно-коммуникационные технологии в производстве</i>	Обмен информацией через электронную почту / телекоммуникации	Центральные серверы данных в производстве	Автоматизированный обмен информацией (например, отслеживание заказа) с возможностью поделиться данными через Интернет-порталы	Партнеры (поставщики и клиенты) полностью интегрированы в цифровой процесс
	<i>Коммуникация менеджмента и производства</i>	Обмен информацией через электронную почту / телекоммуникации	Неунифицированные форматы обмена данными между подразделениями с использованием программных комплексов ERP, CRM	Унифицированные форматы обмена данными между подразделениями	Полностью подключенные к сети цифровые решения
	<i>Мониторинг и контроль</i>	Отсутствие мониторинга со стороны централизованной системы, контроль в ручном режиме	Обнаружение ошибок / поломок с использованием цифровых технологий	Прогноз собственного функционального состояния оборудования	Независимые адаптированные меры контроля с использованием искусственного интеллекта
Внешний обмен информацией, Коммуникация с заказчиками (строительными организациями)	<i>Коммуникация с заказчиками</i>	Обмен информацией через электронную почту / телекоммуникации	Базовая интеграция в цифровую среду заказчика	Автоматизированный обмен информацией (например, отслеживание заказа)	Обмен информацией как составная часть интеграции с BIM-моделями
	<i>Документооборот с заказчиком</i>	Документооборот бумажный	Документооборот смешанный (бумажный и электронный)	Документооборот электронный	Документооборот электронный с интеграцией в BIM-модели
	<i>Интеграция в цифровую среду заказчика</i>	Нет интеграции	Взаимодействие отдельных элементов цифровых моделей	Внедрение элементов BIM-моделей в цифровую среду	Полная интеграция цифровой среды с BIM-моделями на всех стадиях жизни объекта строительства

Продолжение табл. 3

Блок оценки	Фактор оценки	Этап 0	Этап 1	Этап 2	Этап 3
		Нулевая	Начальная	Активное развитие	Цифровая зрелость
Взаимодействие с оборудованием (Интернет вещей)	<i>Взаимодействие машина-машина</i>	Нет связи	Базовый управ- ленческий интер- фейс	Интерфейс с промышленной локальная сетью/ интернетом	Веб-сервисы (программное обе- спечение M2M)
	<i>Взаимодействие машина-человек</i>	Нет обмена ин- формацией между пользователем и машиной	Использование локальных поль- зовательских интерфейсов	Использование пользователями мобильных интерфейсов	Дополненная и виртуальная реальность
	<i>Интерфейс управ- ления оборудова- нием (Интернет вещей)</i>	Оборудование не имеет интерфейса	Наличие интерфейса оборудования	Наличие интерфей- са оборудования, интегрированного в промышленной локальную сеть	Управление оборудованием через интернет
Получение, хранение и обработка данных	<i>Получение данных об оборудовании с применением циф- ровых технологий</i>	Цифровые техно- логии (датчики, преобразователи) не используются	Интеграция дат- чиков и преобра- зователей	Обработка данных, получаемых с датчиков	Оценка и анализ полученных данных с применением циф- ровых технологий
	<i>Обработка данных в процессе произ- водства</i>	Нет обработки данных	Хранение и анализ данных для документирова- ния и монито- ринга	Оценка процесса для плани- рования / контроля	Автоматический про- цесс планирования/ контроля
	<i>Хранение данных и обмен данными</i>	Никаких функциональных возможностей	Имеет пассивное хранилище данных	Автономная система хранения данных	Обмен информаци- ей и данными как составная часть циф- рового процесса
Бизнес-модель	<i>Ценностное предложение</i>	Получение прибыли от продажи стандартизирован- ных продуктов	Продажи и консультации по продукту	Продажи, консультации и адаптация продукта к требованиям покупателя	Дополнительная продажа товаров, связанных с услугами
	<i>Каналы сбыта</i>	Торговые агенты (менеджеры по продажам), фирменные мага- зины, магазины- партнеры	Диверсификация каналов за счет внедре- ния продаж в Интернет- магазинах и на онлайн- площадках	Приоритет на онлайн-продажи, минимизация традиционных каналов сбыта	Замена торговых агентов на интеллект- уальных ассистен- тов, традиционных магазинов – на электронные ката- логи продукции и онлайн-платформы

Окончание табл. 3

Блок оценки	Фактор оценки	Этап 0	Этап 1	Этап 2	Этап 3
		Нулевая	Начальная	Активное развитие	Цифровая зрелость
Бизнес-модель	Взаимодействие с клиентом	Традиционный способ взаимодействия посредством телекоммуникационных технологий, личных встреч, каталогов продукции	Использование Интернет-сайта организации и других онлайн-площадок для выбора продукции, заказ через сотрудника	Внедрение интеллектуальных ассистентов и чат-ботов, использование онлайн-платформ продаж (в т.ч. сторонних)	Полная интеграция процесса продаж в цифровую экосистему, использование предиктивной аналитика данных для продаж

Составлено авторами по материалам исследования / *Compiled by the authors on the materials of the study*

Отличительная особенность данной модели – наличие факторов оценки, отражающих степени интеграции ППСИ в цифровую среду строительных организаций (ВМ-модели).

Определение этапа цифровой зрелости в пределах одного блока оценивания проводится по формуле 1:

$$B_i = \frac{\sum \Phi_i}{4}, \tag{1}$$

где B_i – этап цифровой зрелости в пределах блока, Φ_i – этап цифровой зрелости в соответствии с определяемым фактором i . Округление полученного результата проводится до ближайшего целого числа.

Результирующее определение итогового этапа цифровой зрелости ППСИ проводится по формуле 2:

$$\Xi_{цз} = \frac{\sum B_i}{5}, \tag{2}$$

где $\Xi_{цз}$ – итоговый этап цифровой зрелости, B_i – этап цифровой зрелости в соответствии с определяемым блоком i . Округление полученного результата проводится до ближайшего целого числа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Предлагаемая модель цифровой зрелости позволяет достоверно оценить, на каком этапе цифрового развития находится ППСИ. Она позволяет оценить степень цифровой зрелости предприятия на каждом этапе: от нулевого до цифровой зрелости. Отсутствие методов сравнения позволяет делать независимую самооценку для предприятия. Кроме того, такая модель не только позволяет провести оценку текущего состояния цифровой зрелости, но и дает возможность наметить цели, планируемые к достижению в будущем.

Авторская модель цифровой зрелости служит как практической, так и научной целям. Научная цель заключается в получении достоверных данных о текущем состоянии ППСИ для извлечения данных о потенциальных факторах успеха в цифровой трансформации. Практическая цель этой работы состоит в том, что ППСИ имеют возможность должным образом оценить свою цифровую зрелость и пригодность текущих стратегий, а также планировать собственную цифровую трансформацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гилева Т.А. (2019). Цифровая зрелость предприятия: методы оценки и управления // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. № 1(27). С. 38–52. DOI <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2019-1-27-38-52>

Кузьмин П.С. (2021). Цифровизация промышленности: эмпирическая оценка цифровой зрелости предприятий // Стратегические решения и риск-менеджмент. № 12(3). С. 220–235. DOI <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-3-220-23>

- Мерзлов И.Ю. (2022). Методы оценки цифровой зрелости: обзор международной практики // Креативная экономика. Т. 16, № 2. С. 503–520. DOI <https://doi.org/10.18334/ce.16.2.114163>.
- Попов Е.В., Симонова В.Л., Черепанов В.В. (2021). Уровни цифровой зрелости промышленного предприятия // Journal of new economy. № 2. С. 88–109. DOI <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-2-5>.
- Anderson E. (2017). Empire of Cotton: A Global History // Ethnobiology Letters. Vintage. NY: Vintage. 615 p. Pp. 97–100. DOI <https://doi.org/10.14237/ebl.8.1.2017.1068>
- Erol S., Schumacher A., Sihm W. (2016). Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model // Proc. of International Conference on Competitive Manufacturing, January 27–29, 2016 / Stellenbosch, South Africa.
- Ganzarain, J., Errasti, N. (2016). Three Stage Maturity Model in SME's toward Industry 4.0 // Journal of Industrial Engineering and Management. Vol. 9, no. 5. Pp. 1119–1128. DOI <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>
- Gökalp E., Şener U., Eren P.E. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM // International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination, September 9, 2017 / Springer, Cham. Pp. 128–142. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10
- Scremin L., Armellini F., Brun A., Solar-Pelletier L., Beaudry C. (2018). Towards a Framework for Assessing the Maturity of Manufacturing Companies in Industry 4.0 Adoption // Research Anthology on Cross-Industry Challenges of Industry 4.0. Hershey, PA: IGI Global. 2004 p. Pp. 895–925. DOI <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8548-1.ch045>
- Schuh G., Potente T., Varandani R., Schmitz T. (2014). Global Footprint Design based on genetic algorithms – An ‘Industry 4.0’ perspective” // CIRP Annals-Manuf. Technology. Vol. 63, no. 1. Pp. 433–436.
- Schumacher A., Erol S., Sihm W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises // Procedia CIRP. Vol. 52. Pp. 161–166. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>

REFERENCES

- Anderson E. (2017), “Empire of Cotton: A Global History”, In: *Ethnobiology Letters*, Vintage, NY, pp. 97–100, DOI <https://doi.org/10.14237/ebl.8.1.2017.1068>
- Erol S., Schumacher A. and Sihm W. (2016), “Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model”, *Proc. of International Conference on Competitive Manufacturing, January 27–29, 2016*, Stellenbosch, South Africa.
- Ganzarain J., Errasti N. (2016), “Three Stage Maturity Model in SME's toward Industry 4.0”, *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 9, no. 5, pp. 1119–1128, DOI <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>
- Gileva T.A. (2019), “Digital maturity of the enterprise: methods of assessment and management”, *Bulletin USPTU*, no. 1(27), pp. 38–52 (in Russian), DOI <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2019-1-27-38-52>
- Gökalp E., Şener U. and Eren P.E. (2017), “Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM”, *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination, September 9, 2017*, Springer, Cham, pp. 128–142, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10
- Kuzmin P.S. (2021), “Industrial digitalization: An empirical assessment of the digital maturity of enterprises”, *Strategic Decisions and Risk Management*, no. 12(3), pp. 220–235 (in Russian), DOI <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-3-220-23>
- Merzlov I.Yu. (2022), “Methods for assessing digital maturity: an overview of international practice” *Journal of Creative Economy*, vol. 16, no. 2, pp. 503–520 (in Russian), DOI <https://doi.org/10.18334/ce.16.2.114163>
- Popov E.V., Simonova V.L. and Cherepanov V.V. (2021), “Digital maturity levels of an industrial enterprise”, *Journal of new economy*, no. 2, pp. 88–109 (in Russian), DOI <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-2-5>
- Scremin L., Armellini F., Brun A., Solar-Pelletier L. and Beaudry C. (2018), “Towards a Framework for Assessing the Maturity of Manufacturing Companies in Industry 4.0 Adoption”, In: *Research Anthology on Cross-Industry Challenges of Industry 4.0*, IGI Global, Hershey, PA, pp. 895–925, DOI <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8548-1.ch045>
- Schuh G., Potente T., Varandani R. and Schmitz T. (2014), “Global Footprint Design based on genetic algorithms – An ‘Industry 4.0’ perspective”, *CIRP Annals-Manuf. Technology*, vol. 63, no. 1, pp. 433–436.
- Schumacher A., Erol S. and Sihm W. (2016), “A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises”, *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 161–166, DOI <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>