

Технология оценивания цифровой зрелости образовательной организации. Часть II *

Ю. В. Шевцова¹, Т. И. Монастырская¹, А. Н. Полетайкин^{1, 2}, Л. Ф. Данилова¹

¹ Сибирский гос. унив. телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ)

² Кубанский государственный университет (КубГУ)

Аннотация: В статье отражена разработка технологии оценивания цифровой зрелости организационной системы и её применение на примере образовательной организации высшего образования. Технология предполагает опрос работников организации в форме анкетирования и использует аппарат нечёткой логики для вычисления уровня цифровой зрелости. Для формирования рациональной системы нечёткого вывода применяется процедура группового экспертного оценивания и метод минимизации логических функций, адаптированный к обработке небулевых переменных. Полученная технология обладает научной новизной, которая заключается в комплексировании разнородных методов и моделей, и является интеллектуальной. Апробация технологии показала приемлемые по достоверности результаты оценивания цифровой зрелости организационной системы.

Ключевые слова: организационная система, цифровая трансформация, цифровая зрелость, показатели цифровой зрелости, опрос работников организации, методы экспертной оценки, нечёткая модель, нечёткий логический вывод, минимизация небулевых функций.

Для цитирования: Шевцова Ю. В., Монастырская Т. И., Полетайкин А. Н., Данилова Л. Ф. Технология оценивания цифровой зрелости образовательной организации. Часть II // Вестник СибГУТИ. 2023. Т. 17, № 4. С. 34–48. <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2023-17-4-34-48>.



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0
License

© Шевцова Ю. В., Монастырская Т. И.,
Полетайкин А. Н., Данилова Л. Ф., 2023

Статья поступила в редакцию 23.11.2022;
переработанный вариант – 29.03.2023;
принята к публикации 29.04.2023.

1. Введение

Все организации время от времени сталкиваются с необходимостью обновления своих информационных систем и развития бизнес-процессов, для того чтобы быть конкурентоспособными в рыночных условиях. Программы цифровой трансформации (ЦТ), как правило, выдвигают эти проблемы на первый план, особенно при выполнении реорганизации бизнес-процессов, таких как интеллектуальные рабочие процессы, информатизация и унифицированный клиентский опыт. За последние годы интерес к проблеме цифровой трансформации в России неуклонно растет, связано это с действием Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Актуальность же данного исследования подкрепляется необходимостью разработки качественной технологии цифровой трансформации с целью повышения эффективности, конкурентоспособности и востребованности образовательных программ, которые реализуют организации высшего образования для формирования высоко-

* Работа выполнена в рамках государственного задания № 071-03-2022-001.

квалифицированных будущих кадров. Высокое качество образовательных программ необходимо обеспечивать не только фундаментальными составляющими, но и современными технологиями и инструментами, которые необходимы для соответствия требованиям активно развивающихся направлений цифровой экономики. Подробно данные обстоятельства рассмотрены авторами в первой части исследования [1].

Прежде чем подойти к выбору программы и стратегии цифровой трансформации организации, необходимо определить уровень её цифровой зрелости (ЦЗ). Так, по мнению Дирка Ифентхалера (Dirk Ifenthaler), модель цифровой зрелости вуза помогает определить текущее состояние внедрения и интеграции цифровых технологий, понимание и управление непрерывными изменениями, а также помогает упростить организационную трансформацию университета [2]. Углубленный и всеобъемлющий анализ цифровой трансформации университетов может осуществляться только посредством теоретически обоснованных моделей (эффективности) [3]. В этой связи основная задача исследования на текущем этапе состоит в создании точной, объективной и простой методики оценки ЦЗ образовательной организации высшего образования (ООВО), не требующей больших ресурсозатрат при её применении.

Интерес к выработке и применению методики оценки цифровой зрелости образовательных организаций высшей школы в последнее время достаточно часто встречается в научной литературе. Проводились исследования по оценке цифровой зрелости девяти профессиональных образовательных организаций г. Санкт-Петербурга [4], в Северо-Восточном федеральном университете им. М. К. Аммосова г. Якутска [5], Самарском государственном экономическом университете [6], в Омском государственном аграрном университете [7]. Все причисленные образовательные организации для решения задачи оценивания ЦЗ обращались к одной из двух существующих методик: «Паспорту цифровой зрелости», разработанному в Институте цифрового развития науки и образования МФТИ [8] и/или к разработке Центра перспективных управленческих решений [9]. Однако технологических решений, позволяющих не только получить оценки ЦЗ, но и подтвердить их достоверность, систематизировать исследуемую деятельность организационного объекта, а также обеспечить наработку лучших практик для решения задачи и эффективную их воспроизводимость, на текущий момент никто не предложил. Для таких целей создаются новые технологии (Know Now), объединяющие определённым образом упорядоченную систему условий, критериев, форм, методов и средств решения поставленной задачи и достижения поставленной цели. Процесс создания новой технологии определённо является креативной деятельностью. Поэтому указанное здесь определение технологии задаёт не просто множество элементов технологии, а определённым образом упорядоченную их совокупность, то есть представляет технологию как систему [10].

В данном исследовании создаётся технология оценивания ЦЗ, новизна которой определяется следующими положениями:

- выполнена систематизация и усовершенствование набора показателей ЦЗ за счёт их дополнительного структурирования и введения двух новых блоков показателей;
- разработана новая математическая модель обработки результатов опроса на основе интеллектуального метода нечёткого логического вывода;
- получил развитие метод минимизации логических функций картами Карно, адаптированный к обработке небулевых переменных в четырёхзначной логике.

2. Постановка задачи

2.1. Исходные положения исследования

На предыдущем этапе исследования [1] авторами подробно рассмотрены такие компоненты технологии оценивания ЦЗ, как подходы к трактовке понятий «Цифровая трансформация» и «Цифровая зрелость» ООВО, условия и критерии конструктивизации цифровой

трансформации в образовании как её позитивного компонента, гармонизирующего отношения внутренних и внешних элементов образовательных систем за счёт применения современных информационно-коммуникационных средств и технологий. Также исследованы главенствующие модели и методики оценки уровня цифровой зрелости ООВО. Напомним, что под цифровой зрелостью мы предлагаем понимать состояние, характеризующее способность организации к реализации цифровой трансформации её деятельности. Очевидно, цифровая зрелость представляет собой комплексную многофакторную категорию, и измерение её уровня должно осуществляться через систему показателей, вместе в достаточной степени описывающих уровень цифрового развития организационного объекта.

2.2. Основные подходы к оценке уровня цифровой зрелости

Как уже представлено выше, на данном поле изысканий на настоящий момент обнаружено два концептуально разных подхода к идентификации и оценке показателей цифровой зрелости: разработки Института цифрового развития науки и образования МФТИ [8] и Центра перспективных управленческих решений [9].

Первый подход – нормативный (общесистемный), основан на определении значений различных показателей деятельности, которые согласно рекомендациям регулятора характеризуют уровень цифрового развития организации. Причём данные показатели проявляют, прежде всего, технико-технологическую составляющую категории цифровой зрелости организации, например, одним из показателей ЦЗ данной методики является следующий – «Доля сервисов для проведения исследований, действующих в ООВО, в общем количестве сервисов, действующих в ООВО» [8]. Это означает, что для применения данной методики организация должна обладать высокоразвитой, качественно поставленной системой сбора и верификации объективных данных для расчётов, что, в свою очередь, требует развитых интегрированных систем – информационной и методической – управления вузом. Однако концепция цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования пока имеет недлительную историю существования в РФ [11], соответственно, необходимы методически более простые и менее ресурсозатратные методики оценки ЦЗ, которые организация могла бы применять на самых ранних этапах реализации стратегии и программы ЦТ.

Второй подход к оценке уровня ЦЗ, напротив, имеет выраженную когнитивную направленность и основан на проведении опроса сотрудников организации по различным направлениям цифровой трансформации деятельности и, соответственно, выражает их восприятие, способность и готовность к её реализации (пример одного из вопросов данной методики: «Как Вы можете описать уровень систематизации данных в рамках Вашей основной деятельности в подразделении?») [9]. Однако некоторые аспекты данной методики, а именно варианты ответов на её вопросы, которые, по сути, являются индикаторами проявления определённого уровня ЦЗ организации, находятся в закрытом формате (по крайней мере, для авторов настоящего исследования).

Таким образом, существующие на данный момент методические подходы к определению уровня ЦЗ организации оценивают либо технико-технологические [8], либо когнитивные [9] аспекты цифрового развития. В то время как комплексная всесторонняя оценка уровня ЦЗ объекта как организационной системы, на наш взгляд, должна основываться на интеграции оценок трёх ключевых направлений ЦТ организации: технико-технологического, когнитивного и личностного. Более подробно аргументация по данному поводу представлена в [1].

Также ключевым с точки зрения достоверности получаемых результатов методическим обстоятельством при оценке уровня ЦЗ является способ свёртки частных показателей ЦЗ в интегральный. Вычисление интегрального уровня ЦЗ организации во всех описываемых моделях в той или иной степени основывается, по сути, на вычислении средневзвешенного значения показателей, характеризующих ЦЗ. Например, в модели МФТИ «итоговый рейтинг цифровой зрелости ООВО рассчитывается путем сложения итоговых рейтингов по каждому критерию достижения цифровой зрелости, указанных в паспорте цифровой зрелости» [8].

Модель, разработанная Центром перспективных управленческих решений, в свою очередь, предполагает вычисление «итогового уровня цифровой зрелости» как среднего значения оценок уровня ЦЗ по различным «блокам направлений оценки». Также предлагается визуальное представление полученных оценок с помощью лепестковой диаграммы [9].

Кроме того, в Стратегии цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования заявляется, что ООВО может самостоятельно выбирать методику оценки уровня ЦЗ [11].

2.3. Формализация задачи исследования

Ставится задача разработать методику вычисления уровня ЦЗ ООВО как ядро технологии оценивания цифровой зрелости:

- не предъявляющую высокие требования к развитости ИТ-инфраструктуры для реализации процедур оценивания и, соответственно, обеспечивающую возможность её применения на самых ранних этапах становления системы ЦТ организации;
- реализующую полноту проявления технико-технологического, когнитивного и личностного потенциалов цифрового развития организации высшего образования;
- основанную на индикаторах проявления уровней ЦЗ, отражающих особенности процессов именно образовательной организации высшего образования;
- поддерживающую возможность совместной обработки и объективных данных, и субъективных экспертных оценок, характеризующих различные аспекты цифрового развития организации.

Объектом исследования является цифровая трансформация образовательной деятельности ООВО посредством гибридного математического моделирования.

Предмет исследования – математические модели и методы оценки уровня цифровой зрелости ООВО.

3. Разработка методики оценки уровня цифровой зрелости ООВО

В наибольшей степени представленным выше требованиям к методике оценки уровня ЦЗ ООВО в качестве базовой соответствует методика Центра перспективных управленческих решений [9], главным образом потому что она не требует развитой информационной системы сбора и обработки оценочных данных, так как представляет собой опрос сотрудников организации, и, соответственно, может также рассматриваться и как экспресс-самодиагностика организации на начальном этапе становления системы оценки ЦЗ для выявления цифровых слабостей организации как потенциала роста и приоритетных направлений развития и цифровых сил как ключевых конкурентных преимуществ.

При этом авторами исследования в методику оценки уровня ЦЗ ООВО Центра перспективных управленческих решений [9] внесены следующие модификации:

- методика оценки цифровой зрелости дополнена двумя оригинальными блоками показателей: «Личностный фактор» и «Глобальная цифровая среда», тем самым представлен весь спектр направлений цифровизации: технико-технический, когнитивный, личностный;
- выработаны индикаторы проявления уровней цифровой зрелости, отражающие особенности образовательных, административных и научно-исследовательских процессов именно образовательной организации высшего образования, так как данный аспект исходного опросного материала, как уже отмечалось, закрыт.

Заметим, что разработанная модель оценки уровня цифровой зрелости в полной конфигурации дана в работе [12], здесь же она представлена в укрупнённом формате.

Предлагается следующая модель структуры категории «Цифровая зрелость образовательной организации»:

- факторы ЦЗ: технико-технологический (ТТФ); когнитивный (КФ); личностный (ЛФ);

– блоки показателей ЦЗ: 1 Личностный фактор; 2 Компетенции; 3 Организационная культура; 4 Процессы; 5 Продукты; 6 Модели; 7 Данные; 8 Инфраструктура и инструменты; 9 Глобальная цифровая среда;

– частные показатели ЦЗ: 1.1 Степень адекватности понимания нравственного и социального аспектов цифровизации, 1.2 Степень демократичности цифровизации процессов, 1.3 Степень воздействия цифровизации на личностный рост; 2.1 Уровень развития цифровых компетенций сотрудников, 2.2 Уровень владения цифровыми и аналитическими инструментами, 2.3 Зрелость подхода к развитию цифровых компетенций; 3.1 Развитость цифровых инструментов управления задачами, 3.2 Инициативность исполнителей при управлении задачами, 3.3 Осуществление промежуточного контроля и оценки результатов; 4.1 Зрелость управления процессами, 4.2 Возможности оптимизации процессов, 4.3 Степень автоматизации процессов; 5.1 Участие в создании цифровых продуктов, 5.2 Применение цифровых технологий в создании продуктов, 5.3 Управление требованиями к цифровым продуктам; 6.1 Уровень владения аналитическими методами, 6.2 Уровень цифровизации траекторий развития обучающихся; 7.1 Степень систематизации данных, 7.2 Уровень обработки данных, 7.3 Качество данных; 8.1 Организация рабочих мест (техническое обеспечение учебных аудиторий), 8.2 Развитость цифровых сервисов для сотрудников, 8.3 Обеспечение информационной безопасности; 9.1 Степень цифрового единства, 9.2 Степень ясности понимания принадлежности к глобальной цифровой среде.

Структура описанной модели оценки уровня ЦЗ показана на рис. 1.

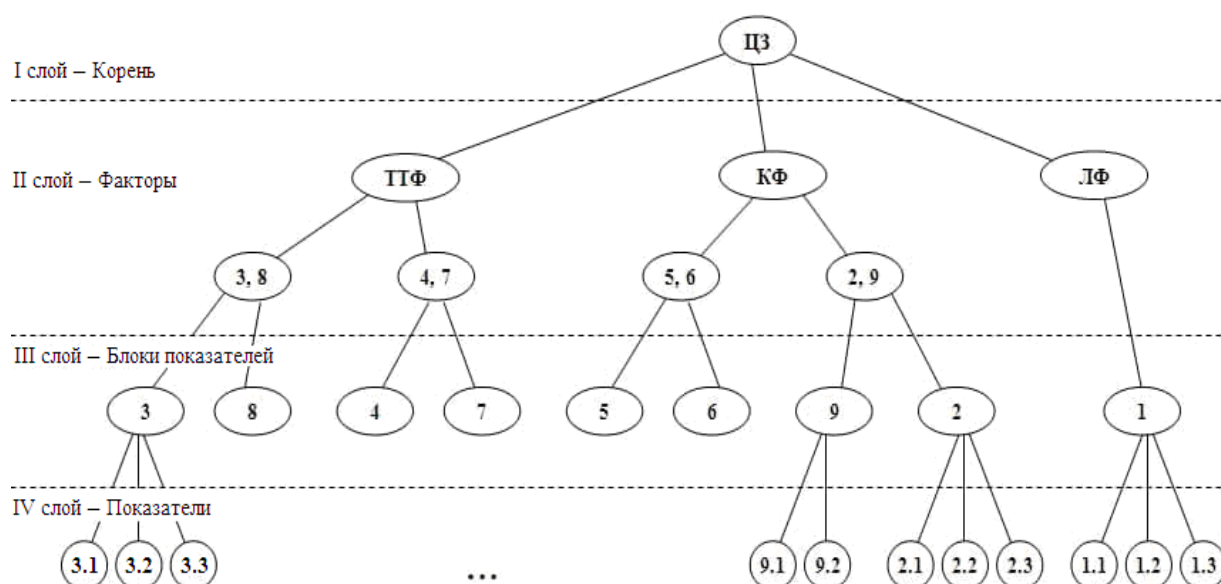


Рис. 1. Древовидная структура системы показателей уровня цифровой зрелости организации в контексте свёртки в системе правил нечёткого логического вывода (узлы нижнего уровня II-го слоя выполняют исключительно техническую функцию и не несут смысловой нагрузки)

Полученный набор показателей должен быть систематизирован путём применения адекватного формального математического аппарата и организован в форме системы компьютерного мониторинга ЦЗ ООВО. В условиях неопределенности исходных данных в качестве такого систематизирующего базиса целесообразно принять аппарат нечёткого логического вывода. Этот формализм достаточно хорошо зарекомендовал себя в решении задачи нечёткого оценивания сформированности компетенций [13], а его адекватность и достоверность обсуждались 2 года назад на страницах этого журнала [14]. Особо отметим, что аппарат нечёткого логического анализа обеспечивает совместную обработку различных по природе происхождения исходных данных: и объективных данных, характеризующих состояние системы, и данных, основанных на субъективных оценках экспертов об этом. Таким образом может вы-

полняться ранее установленное требование к методике оценки ЦЗ об интеграции разнородных данных.

Зададим представленные выше частные показатели цифровой зрелости организации и их свёртки: блоки показателей ЦЗ, факторы ЦЗ и её интегральную оценку – лингвистическими переменными:

$$\begin{aligned}
 &<\text{"Цифровая зрелость"}, D = [0, 100], T = \{\text{"Уровень 0"}, \dots, \text{"Уровень 3"}\} >, \\
 &<\text{"Уровень 0"}(ЦЗ), D = [0, 100], \{(d, \mu_{\text{Уровень 0}}(ЦЗ)(d)) | d \in D\} >, \\
 &\mu_{\text{Уровень 0}}(ЦЗ) = \text{trap}(0; 0; 20; 40), \mu_{\text{Уровень 1}}(ЦЗ) = \text{trap}(0; 20; 40; 70), \\
 &\mu_{\text{Уровень 2}}(ЦЗ) = \text{trap}(20; 40; 70; 100), \mu_{\text{Уровень 3}}(ЦЗ) = \text{trap}(40; 70; 100; 100); \\
 &<\text{"7.3. Качество данных"}, U = [0, 3], T = \{\text{"Уровень 0"}, \dots, \text{"Уровень 3"}\} >, \\
 &<\text{"Уровень 0"}(x_{7.3}), U = [0, 3], \{(u, \mu_{\text{Уровень 0}}(x_{7.3})(u)) | u \in U\} >, \\
 &\mu_{\text{Уровень 0}}(x_{7.3}) = \text{tri}(0; 0; 1), \mu_{\text{Уровень 1}}(x_{7.3}) = \text{tri}(0; 1; 2), \mu_{\text{Уровень 2}}(x_{7.3}) = \text{tri}(1; 2; 3), \\
 &\mu_{\text{Уровень 3}}(x_{7.3}) = \text{tri}(2; 3; 3).
 \end{aligned}$$

Установление формы и параметров функции принадлежности нечётких множеств ($\mu_{\text{"(d)"}}$, $\mu_{\text{"(u)"}}$), а также границ универсального множества каждой переменной (D, U) основано на их содержательной сущности. Множество термов каждой переменной модели (T) включает четыре её возможные состояния, соответствующие четырём уровням ЦЗ организации. Методическими рекомендациями [8] предписывается выделять четыре уровня ЦЗ организации, характеристика которых и диапазоны оценок по 3-балльной и 100-балльной шкалам действительных чисел показана в табл. 1.

Таблица 1. Уровни оценки цифровой зрелости организации

Уровень ЦЗ	Диапазоны оценок		Наименование и краткая характеристика уровня цифровой зрелости
	$U \in [0, 3]$	$D \in [0, 100]$	
Уровень 0	$u = 0$	$d \in [0, 20]$	<u>Нулевой уровень ЦЗ</u> : незрелость систем, персонала и связывающих их процессов и, как следствие, невозможность реализовать проекты цифровой трансформации
Уровень 1	$u = 1$	$d \in [20, 40]$	<u>Начальный уровень ЦЗ</u> : фрагментарная информатизация деятельности, значимых эффектов от цифровизации не достигнуто
Уровень 2	$u = 2$	$d \in [40, 70]$	<u>Базовый уровень ЦЗ</u> : системная цифровизация деятельности, за счет чего процессы оптимизируются, принятие решений осуществляется на основе интеллектуального анализа данных
Уровень 3	$u = 3$	$d \in [70, 100]$	<u>Продвинутый уровень ЦЗ</u> : состояние цифровой трансформации, в деятельности организации появляются новые процессы, продукты и модели с принципиально новыми свойствами

Крайняя оценка $u = 3$ обозначает идеальный уровень ЦЗ по показателю. Крайняя оценка $d = 100$ обозначает идеальный уровень ЦЗ организации в целом и отражает состояние тотальной цифровой трансформации её деятельности.

Свёртку частных показателей цифровой зрелости в укрупнённые и далее в интегральный показатель уровня ЦЗ предлагается осуществлять с помощью правил нечёткого логического вывода типа Мамдани. Выработка базы правил осуществлялась на основании экспертных суждений авторов методики, так как моделируемая предметная область находится в методически некомфортных условиях высокой информационной неопределенности: ограниченности исходных данных и отсутствия значений выходной моделируемой переменной – непосредственно значения уровня ЦЗ.

Каждым экспертом даны оценки значений выходной лингвистической переменной по полному набору конститuent значений входных переменных нечёткой модели по принятой шкале $U = \{0, 1, 2, 3\}$, например, (If «7.1 Степень систематизации данных» = 0 and «7.2 Уровень обработки данных» = 0 and «7.3 Качество данных» = 0, then «7. Данные» = u). Степень согласованности экспертных оценок оценивалась с помощью показателя среднего абсолютного отклонения: $\overline{MAD} = 14.01\%$; $\max MAD = 24.80\%$. Таким образом, полученный экспертный материал следует считать в достаточной степени согласованным и пригодным для дальнейшего использования.

Далее для получения обобщённых формулировок правил нечёткого логического вывода оценки, полученные от всех экспертов, усреднялись. Таким образом было сгенерировано 688 правил ($8 \times 4^3 + 1 \times 4^2 + 4 \times 4^2 + 2 \times 4^2 + 4^3$ согласно структуре модели оценки, см. рис. 1). С целью минимизации полученной базы правил применялся модифицированный способ минимизации логических функций картами Карно для переменных, не являющихся булевыми. Детали данной минимизации раскрыты в статье [12]. В результате система правил нечёткого логического вывода была редуцирована до 255 правил, фрагмент которой в графической форме представлен на рис. 2. На этом можно заключить, что нечёткая модель оценки уровня ЦЗ ООВО построена.

При оценке качества работы построенной модели важно иметь в виду, что моделируемая категория – цифровая зрелость – является синтетической величиной, которая измеряется не непосредственно, а через систему показателей, вместе ассоциирующихся с уровнем цифрового развития организационного объекта. Соответственно, не имеется истинного значения выходной моделируемой переменной. Поэтому не представляется возможным провести тестирование модели в классическом смысле через количественную оценку ошибки результатов её работы. В таком случае оценка качества работы модели может осуществляться только экспертно, на рациональном уровне специалистами по цифровой трансформации организаций.

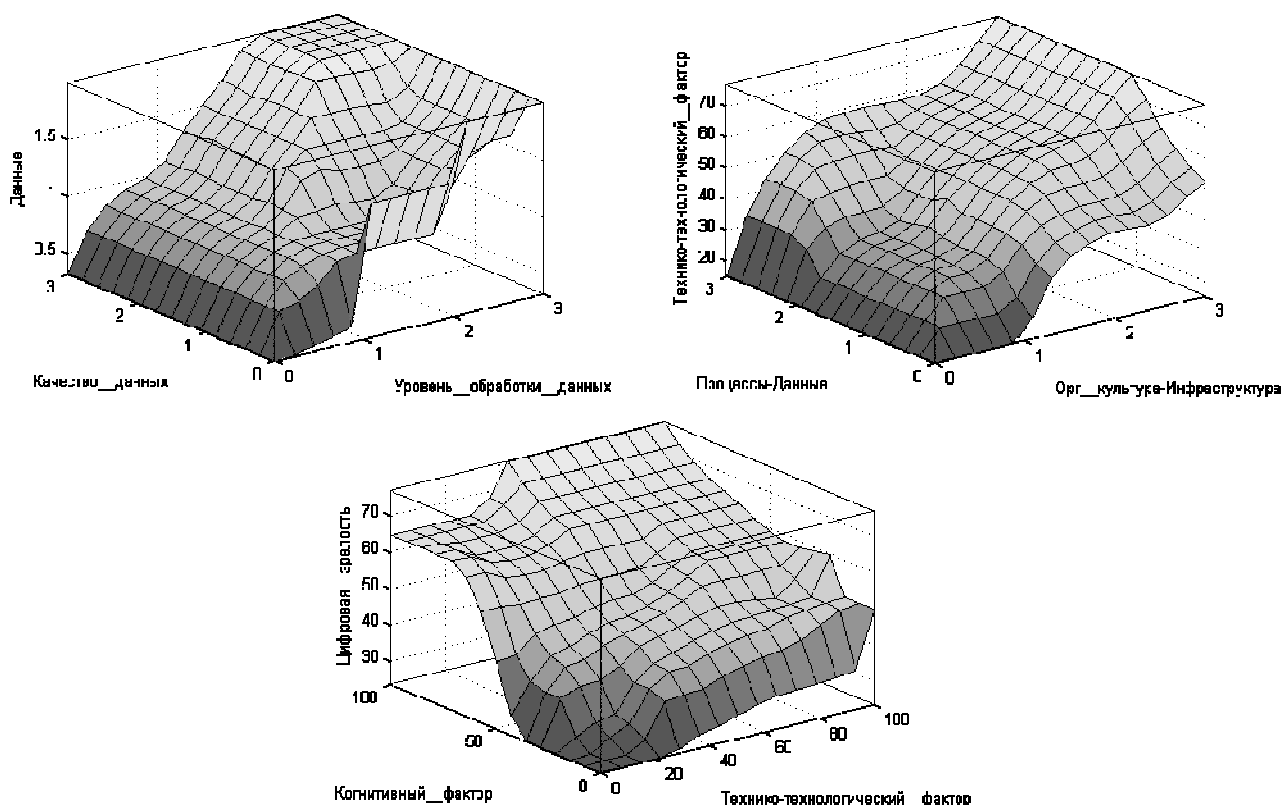


Рис. 2. Поверхности зависимости переменных нечёткой модели оценки уровня ЦЗ организации

Определим оценки чувствительности разработанной нечёткой модели на граничных значениях её некоторых входов (табл. 2). Основные выводы из этого анализа:

- ЦЗ организации не достигает 100-балльного уровня даже при 100-балльном значении всех модельных влияющих факторов. Это обстоятельство может быть объяснено, например, тем, что моделируемая предметная область относится к классу слабо структурированных задач в условиях неопределённости, когда на моделируемую переменную, очевидно, оказывают влияние не только идентифицированные в модели факторы;
- при прочих равных условиях наибольшее индивидуальное влияние на уровень ЦЗ организации оказывает когнитивный фактор, а именно готовность и способность сотрудников организации к цифровой трансформации;
- при прочих равных условиях наибольшее совместное влияние на уровень ЦЗ организации оказывает связка когнитивного и технико-технологического факторов.

Таблица 2. Анализ чувствительности разработанной нечёткой системы оценки уровня ЦЗ ООВО

Вектор входных переменных, балл	Выходная переменная, балл
$(z_1, z_2, z_3) = (0; 0; 0)$	$DM = 15.3$
$(z_1, z_2, z_3) = (100; 100; 100)$	$DM = 76.9$
$(z_1, z_2, z_3) = (100; 0; 0)$	$DM = 50$
$(z_1, z_2, z_3) = (0; 100; 0)$	$DM = 76.9$
$(z_1, z_2, z_3) = (0; 0; 100)$	$DM = 27.9$
$(z_1, z_2, z_3) = (100; 100; 0)$	$DM = 76.9$
$(z_1, z_2, z_3) = (0; 100; 100)$	$DM = 55.1$
$(z_1, z_2, z_3) = (100; 0; 100)$	$DM = 50$

4. Апробация методики оценивания цифровой зрелости ООВО

4.1. Проведение эксперимента

Апробация разработанной методики оценивания ЦЗ проводилась в СибГУТИ в течение июня 2022 г. В исследовании приняли участие 80 сотрудников из 23 подразделений университета, среди обследованных в основном были доценты и старшие преподаватели, женщины в возрасте от 31 до 40 лет со стажем работы в университете от 11 до 20 лет. Большинство респондентов (22 чел.) работают на кафедре математического моделирования и цифрового развития бизнес-систем (ММиЦРБС), что обусловлено, на наш взгляд, прежде всего, тем, что пилотная апробация разработанной методики проводилась именно на кафедре ММиЦРБС [15]. В качестве метода исследования использовался опрос, в качестве разработанного социологического инструментария – электронная анкета на платформе Google Forms (URL: <https://forms.gle/5Srd3ChdXqpuMDoQA>).

Цифровой профиль СибГУТИ по частным показателям ЦЗ, блокам показателей ЦЗ и уровень ЦЗ университета в целом представлены на рис. 3. Прежде всего, обращает на себя внимание явно выраженная недостаточность автоматизации, что, очевидно, затрудняет процесс цифровой трансформации исследуемого объекта. Характерно, что в образовательной деятельности университета практически не используются прогрессивные интеллектуальные технологии и системы, необходимые для эффективной цифровой трансформации. Вместе с тем следует отметить наличие необходимого для цифрового развития организации кадрового

потенциала. Это выражается средними оценками блоков 1 и 2 и некоторых когнитивных компонентов блоков 3–5. Работники университета в отношении цифровой трансформации занимают ответственную и осознанную позицию, готовы к использованию цифровых продуктов и к участию в их разработке на базе организации. Для этого им необходимы цифровые инструменты, функционирующие на основе развитой ИТ-инфраструктуры вуза.

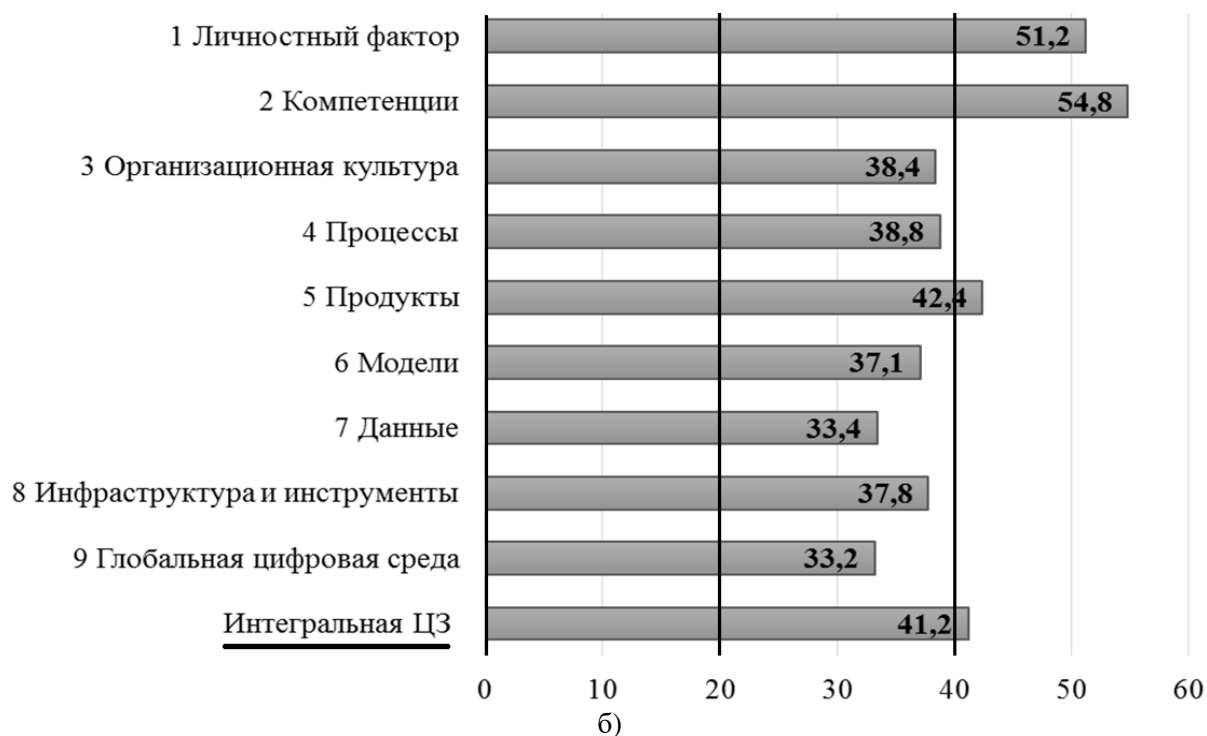


Рис. 3. Профиль цифровой зрелости СибГУТИ по частным показателям (а) и укрупнённым блокам показателей (б)

Полученные в результате опроса данные были подвержены корреляционному анализу Пирсона для оценки взаимосвязей показателей «Стаж работы» и «Возраст» с показателями анкеты. Так, для показателя «Возраст» выявлена положительная умеренная достоверная ($p < 0.05$) связь с показателем «С помощью каких инструментов в основном осуществляется постановка задач руководителем в рамках Вашей основной деятельности в подразделении?» ($r = 0.31$) и положительная слабая достоверная ($p < 0.05$) связь с показателем «Как чаще всего контролируется руководителем качество Вашей работы по реализации поставленных задач /выполненной работы?» ($r = 0.25$). Для показателя «Стаж работы» выявлена отрицательная слабая достоверная ($p < 0.05$) связь с показателем «В Вашей образовательной организации развернута и поддерживается дискуссия о целесообразности цифровой трансформации образования и науки, и в этой дискуссии открыто могут принять участие любые сотрудники и студенты, тем самым делая свой вклад в это общее дело?» ($r = -0.23$).

Таким образом, выявлено, что чем выше возраст обследованного, тем выше уровень ЦЗ при постановке задач и контроле выполнения задач в подразделении. Чем больше стаж работы обследованного, тем ниже его уверенность в наличии и поддержании дискуссии о целесообразности цифровой трансформации образования и науки, в которой открыто могут принять участие любые сотрудники и студенты.

Особо отметим, что при заполнении анкеты респондентам была дана возможность оставить свои дополнения и замечания к опросному материалу и проблематике цифровизации образования в целом, при этом получено несколько (3.75 %) негативных впечатлений, например: «Многие вопросы не понятны. Отвечал наобум», «Анкета непонятно о чём» и др. Ответы данных респондентов были исключены из анализа. Наличие подобных реакций интерпретируется, прежде всего, как то обстоятельство, что проведение подобных новационных исследований требует предварительной подготовки респондентской базы путем обучения, инструктажа, консультирования и т.п.

4.2. Исследование структурных свойств цифровой зрелости организации

При проведении анализа структуры полученных результатов обращает на себя внимание превалирование когнитивной составляющей ЦЗ (блоки 2, 5, 6, 9, см. рис. 1) над технико-технологической (блоки 3, 4, 7, 8) на 13 %. Личностный же фактор (блок 1) превышает оценку ТТФ на 38 %. Выражена явная диспропорция за счет недоразвитости технико-технологической составляющей организации, все блоки показателей которой находятся в области начального уровня ЦЗ. Это проблема непрерывного улучшения процессов организации за счет конструктивной цифровой трансформации, основные положения которой в отношении образовательной организации изложены в статье [1].

Для повышения ЦЗ необходимы квалифицированные организационные решения реинжиниринга бизнес-процессов по управлению: а) персоналом, б) процессами, в) продуктами, г) данными, д) качеством. С учетом выявленных проблем с ИТ-инфраструктурой и автоматизацией необходимы также адекватные решения по достаточному финансированию мероприятий а–д. Лишь такое комплексное решение позволит успешно выполнить утвержденную в 2021 году Стратегию цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования [11]. Для эффективной реализации такого решения в числе прочего необходимо обеспечить компьютерный мониторинг ЦЗ ООВО в режиме реального времени с оперативным отражением реального профиля ЦЗ в паспорте цифровой зрелости организации. А при отсутствии такой возможности в силу недостаточной развитости ИТ-инфраструктуры и технологий управления данными следует осуществлять оценивание ЦЗ посредством предложенной технологии оценивания по крайней мере ежегодно и с максимально полной вовлечённостью работников организации в качестве респондентов в рамках принятия соответствующих организационных решений.

Полученный в результате процедуры оценивания профиль, пример которого представлен на рис. 3, позволит идентифицировать блоки показателей ЦЗ, требующие первоочередного

внимания со стороны руководства организации и приоритетного их развития. В приведенном примере таковыми являются блоки 7 и 9. Воздействия на «недоразвитые» блоки ожидаемо повысят цифровую зрелость и других блоков показателей ЦЗ в силу их опосредованного взаимодействия. Например, при приоритетном решении задачи управления данными ООВО (для развития блока 7) неизбежно потребуются разработка моделей анализа данных, включая их программную реализацию и внедрение в производственный процесс в качестве цифрового продукта с вовлечённостью в его жизненный цикл работников ООВО. Это, в свою очередь, повлечёт приращение цифрового развития организации по всем остальным блокам, предположительно, и по блоку 9, так как результаты анализа данных и повышение их качества, скорее всего, положительно отразятся на понимании работниками принадлежности организации к глобальной цифровой среде. Позитивные тенденции цифрового развития ООВО, находящие отражение в публичной части паспорта ЦЗ, способствуют более глубокой интеграции вуза в глобальную цифровую среду, обеспечивая тем самым реализацию Стратегии [11].

5. Заключение

В результате исследования создана новая технология как система условий, критериев, форм, методов и средств для оценивания ЦЗ организационного объекта на примере ООВО. Для этого осуществлена формализация древовидной структуры системы показателей уровней цифровой зрелости организации, предложены новые методики построения системы правил нечёткого вывода с применением карт Карно и обработки результатов опроса работников организации с использованием аппарата нечёткой логики. Представлены результаты апробации созданной технологии на базе СибГУТИ, которые сопоставлены с результатами более ранней апробации в рамках структурного подразделения СибГУТИ – на кафедре ММиЦРБС. Также выявлены корреляционные зависимости показателей ЦЗ на основе ответов респондентов. Приведена оценка цифровой зрелости организации в целом и дифференциально по каждому из блоков показателей, которая дополнена интерпретацией полученных результатов. С учетом включения в состав технологии методов и подходов искусственного интеллекта, таких как нечёткая логика и групповая экспертиза, созданную технологию можно считать интеллектуальной.

Заметим, что разработанный вариант реализации технологии оценки ЦЗ организации, основанный на нечёткой обработке данных опроса работников, следует рассматривать лишь как начальный этап формирования системы оценки ЦЗ. Развитие данной интеллектуальной технологии до уровня сквозной требует включения в неё методов и средств поддержки принятия управленческих решений по цифровому развитию организации на всех этапах жизненного цикла её деятельности. Для этого в том числе необходимы методы и модели класса Data Mining, обеспечивающие сбор, предобработку и предварительный анализ объективных данных о деятельности организации в режиме реального времени (ещё раз подчеркнём, что предлагаемая технология нечёткого логического анализа обеспечивает совместную обработку как субъективных, так и объективных данных). Однако осуществление такого интеллектуального мониторинга требует наличия развитой ИТ-инфраструктуры организации, что само по себе является признаком высокого уровня цифрового развития объекта.

Таким образом, для эффективного цифрового развития организационного объекта в условиях применения созданной технологии необходима последовательная реализация следующих шагов:

- 1) приобретение, поставка и конфигурирование необходимой ИТ-инфраструктуры, достаточной для генерации и эффективной миграции данных о деятельности объекта;
- 2) разработка и внедрение автоматизированных средств реального времени для мониторинга и интеллектуального анализа показателей цифровой зрелости организации;
- 3) разработка на основе средств, указанных в пп. 1 и 2, и созданной технологии оценивания ЦЗ сквозной интеллектуальной технологии цифрового развития организации.

Дальнейшие исследования и будут направлены на создание такой сквозной интеллектуальной технологии, не противоречащей условиям и критериям конструктивности цифровой трансформации. Её создание и запуск в эксплуатацию будет означать достижение организацией в целом продвинутого уровня цифровой зрелости.

Выражение благодарности

Авторы выражают благодарность заместителю декана по научной работе факультета компьютерных технологий и прикладной математики, доценту кафедры информационных технологий Кубанского государственного университета Синице Сергею Геннадьевичу; заместителю директора по воспитательной работе института информатики и вычислительной техники, доценту кафедры социально-коммуникативных технологий СибГУТИ Логутовой Марине Алексеевне; профессору кафедры социально-коммуникативных технологий СибГУТИ Солодовой Галине Сергеевне; доценту кафедры математического моделирования и цифрового развития бизнес-систем СибГУТИ Черновой Наталье Исааковне за участие в тестировании методики оценивания ЦЗ ООВО; а также всем работникам СибГУТИ, которые приняли участие в опросе.

Также авторы выражают благодарность рецензентам за предложения по структуре и дополнения к тексту, которые учтены при доработке статьи.

Литература

1. Канев В. С., Полетайкин А. Н., Шевцова Ю. В. Технология оценивания цифровой зрелости образовательной организации. Часть I // Вестник СибГУТИ. 2021. № 3 (55). С. 63–76.
2. Ifenthaler D., Egloffstein M. Development and Implementation of a Maturity Model of Digital Transformation // TechTrends. 2020. № 64. P. 302–309. URL: <https://ifenthaler.info/website/?p=572> (дата обращения: 22.03.2022).
3. Begičević Ređep N., Klačter Čalopa M., Tomićić Pupek K. The Challenge of Digital Transformation in European Education Systems // In: Moos L., Alfrević N., Pavičić J., Koren A., Čačija L. (eds) Educational Leadership, Improvement and Change. Palgrave Studies on Leadership and Learning in Teacher Education. Palgrave Pivot, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-47020-3_8 (дата обращения: 22.03.2022).
4. Кашицин В. П. Методика аудита цифровой зрелости организаций среднего профессионального образования // Вестник науки и образования. 2021. № 10-1 (113). С. 55–64.
5. Саввинов В. М., Иванов П. П., Стрекаловский В. Н. Методы и принципы оценки цифровой зрелости образовательных организаций // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. Серия «Педагогика. Психология. Философия». 2021. № 2 (22). С. 28–40.
6. Фронтасов Д. Н., Балановская А. В. Цифровая зрелость как основа стратегического развития и цифровой трансформации образовательных организаций // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2022. № 2 (208). С. 57–64.
7. Шумакова О. В., Мозжерина Т. Г., Помогаев В. М., Крюкова О. Н. Стратегия цифровой трансформации университета: вызовы и задачи реализации // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции: Цифровизация аграрного образования: направления, методы, инструменты, Тюмень, 26 января 2022 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 112–122.
8. Паспорт цифровой зрелости / Институт цифрового развития науки и образования. URL: <https://scieddi.vsite.biz> (дата обращения: 30.09.2022).
9. Оценка цифровой зрелости / Центр перспективных управленческих решений. URL: https://cpur.ru/projects_inside-project_grading (дата обращения: 30.09.2022).

10. Новиков Д. А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. М.: ЛЕНАНД, 2016. 160 с.
11. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования / Официальный сайт Минобрнауки России. URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=36749 (дата обращения: 13.10.2022).
12. Шевцова Ю. В., Данилова Л. Ф., Полетайкин А. Н., Монастырская Т. И. Математическая модель нечёткого оценивания цифровой зрелости организационного объекта // Материалы XVIII международной азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем», 20–30 июля 2022 г., Алматы, 2022. С. 5–16.
13. Кунц Е. Ю., Полетайкин А. Н., Шевцова Ю. В. Реализация модели нечеткого оценивания сформированности компетенций с помощью пакета MATLAB // Новые информационные технологии в образовании и науке. Екатеринбург: РГППУ. 2020. № 3. С. 66–72.
14. Кунц Е. Ю., Полетайкин А. Н., Двуреченская Н. А. Исследование достоверности нечеткой модели оценивания результатов обучения // Вестник СибГУТИ. 2020. № 4 (52). С. 92–97.
15. Шевцова Ю. В., Полетайкин А. Н., Монастырская Т. И., Данилова Л. Ф. Экспериментальное оценивание цифровой зрелости подразделения СибГУТИ // Материалы LXIII межвузовской научно-методической конференции «Актуальные вопросы совершенствования среднего профессионального и высшего образования в современных условиях», Новосибирск, СибГУТИ, 2022. С. 176–182.

Шевцова Юлия Владимировна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математического моделирования и цифрового развития бизнес-систем СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. (383) 269-82-78, e-mail: [shevcova_yuliya@mail.ru](mailto:shevцова_yuliya@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-7464-068X.

Монастырская Татьяна Игоревна

кандидат социологических наук, доцент, доцент кафедры социально-коммуникативных технологий СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. (383) 269-82-78, e-mail: t.monastyrskaya@sibguti.ru, ORCID ID: 0000-0001-5458-0985.

Полетайкин Алексей Николаевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий Кубанского государственного университета (350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149), тел. (861) 219-95-77, e-mail: alex.poletaykin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5128-1952.

Данилова Любовь Филипповна

кандидат технических наук, доцент кафедры математического моделирования и цифрового развития бизнес-систем СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. (383) 269-82-78, e-mail: lubermolenko@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0907-0200.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад соавторов: Каждый автор внес равную долю участия как во все этапы проводимого теоретического исследования, так и при написании разделов данной статьи.

Technology of Digital Maturity Estimation for an Educational Organization. Part II

Yuliya V. Shevtsova¹, Tatiana I. Monastirskaya¹,
Aleksey N. Poletaikin^{1,2}, Lyubov Ph. Danilova¹

¹ Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS)

² Kuban State University (KubSU, Krasnodar, Russia).

Abstract: We present the developed system of estimating the digital maturity of an educational organization. The objective of estimating digital maturity has been formalized thanks to analyzing the existing approaches to validation of the digital maturity for an organizational object. The novelty of the given study is in introducing the fuzzy mechanism of integral estimation calculation of digital maturity into the digital maturity evaluation methodology. The methods of expert estimation, discrete mathematics and fuzzy logical inference were used to create the model. The utilization of the model developed is demonstrated on the example of higher education in the Russian Federation. The technique is adaptive and can be applied not only in educational organizations but also in organizations in other spheres of activity.

Keywords: organization, digital transformation, digital maturity, digital maturity indicators, employee survey, methods of expert assessment, fuzzy model, fuzzy logical inference, minimization of non-boolean functions.

For citation: Shevtsova Yu. V., Monastirskaya T. I., Poletaikin A. N., Danilova L. Ph. Technology of digital maturity estimation for an educational organization. Part II (in Russian). *Vestnik SibGUTI*, 2023. vol. 17, no. 4. pp. 34-48. <https://doi.org/10.55648/1998-6920-2023-17-4-34-48>.



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0
License

© Shevtsova Yu. V., Monastirskaya T. I.,
Poletaikin A. N., Danilova L. Ph., 2023

The article was submitted: 23.11.2022;
revised version: 29.03.2023;
accepted for publication 29.04.2023.

References

1. Kanev V. S., Poletaykin A. N., Shevtsova Yu. V. Tekhnologiya otsenivaniya tsifrovoy zrelosti obrazovatelnoy organizatsii. Chast I [Technology of digital maturity estimation for an educational organization. Part I]. *Vestnik SibGUTI*, 2021, no. №3 (55), pp. 63-76.
2. Ifenthaler D., Egloffstein M. Development and Implementation of a Maturity Model of Digital Transformation. *TechTrends*, 2020, no. 64, pp. 302-309, available at: <https://ifenthaler.info/website/?p=572> (accessed: 22.03.2022).
3. Begičević Ređep N., Klačmer Čalopa M., Tomićić Pupek K. The Challenge of Digital Transformation in European Education Systems. *Educational Leadership, Improvement and Change*, available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-47020-3_8 (accessed: 22.03.2022).
4. Kashitsin V. P. Metodika audita tsifrovoy zrelosti organizatsiy srednego professionalnogo obrazovaniya [Methodology of auditing the digital maturity for organizations of secondary vocational education]. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 2021, no. 10-1(113), pp. 55-64.
5. Savvinov V. M., Ivanov P. P., Strekalovskiy V. N. Metody i printsipy otsenki tsifrovoy zrelosti obrazovatelnykh organizatsiy [Methods and principles of digital maturity estimation for educational organizations]. *Vestnik SVFU im. M.K. Ammosova. Seriya «Pedagogika. Psikhologiya. Filosofiya»*, 2021, no. 2 (22), pp. 28-40.
6. Frantasov D. N., Balanovskaya A. V. Tsifrovaya zrelost kak osnova strategicheskogo razvitiya i tsifrovoy transformatsii obrazovatelnykh organizatsiy [Digital maturity as a basis for strategic development and digital transformation of educational organizations]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2022, no. 2(208), pp. 57-64.

7. Shumakova O. V., Mozzherina T. G., Pomogaev V. M., Kryukova O. N. Strategiya tsifrovoy transformatsii universiteta: vyzovy i zadachi realizatsii [University digital transformation strategy: challenges and objectives]. *Sbornik trudov vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tsifrovizatsiya agrarnogo obrazovaniya: napravleniya, metody, instrument*, 2022, pp. 112-122.
8. Pasport tsifrovoy zrelosti [Passport of digital maturity]. *Institut tsifrovogo razvitiya nauki i obrazovaniya*, available at: <https://scieddi.vsite.biz>, (accessed: 30.09.2022).
9. Otsenka tsifrovoy zrelosti [Digital maturity estimation]. *Tsentri perspektivnykh upravlencheskikh resheniy*, available at: https://cpur.ru/projects_inside-project_grading, (accessed: 30.09.2022).
10. Novikov D. A. *Kibernetika: Navigator. Istoriya kibernetiki, sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya* [Cybernetics: Navigator. History of cybernetics, current state, development prospects]. Moscow, LENAND, 2016. 160 p.
11. Strategiya tsifrovoy transformatsii otrasli nauki i vysshego obrazovaniya [Strategy of digital transformation for science and higher education]. *Ofitsialnyy sayt Minobrnauki Rossii*, available at: https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=36749, (accessed: 13.10.2022).
12. Shevtsova Yu. V., Danilova L. F., Poletaykin A. N., Monastyrskaya T. I. Matematicheskaya model nechetkogo otsenivaniya tsifrovoy zrelosti organizatsionnogo obekta [Mathematical model of fuzzy estimation of the digital maturity for an organizational object]. *Materialy XVIII mezhdunarodnoy aziatskoy shkoly-seminara «Problemy optimizatsii slozhnykh system»*, 2022, pp. 5-16.
13. Kunts E. Yu., Poletaykin A. N., Shevtsova Yu. V. Realizatsiya modeli nechetkogo otsenivaniya sformirovannosti kompetentsiy s pomoshchyu paketa MATLAB [Implementation of a fuzzy estimation model for the formation of competencies by MATLAB]. *Novye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke*, 2020, no. 3, pp. 66-72.
14. Kunts E. Yu., Poletaykin A. N., Dvurechenskaya N. A. Issledovanie dostovernosti nechetkoy modeli otsenivaniya rezultatov obucheniya [Study of the reliability of a fuzzy model for estimation learning results]. *Vestnik SibGUTI*, 2020, no. 4 (52), pp. 92-97.
15. Shevtsova Yu. V., Poletaykin A. N., Monastyrskaya T. I., Danilova L. F. Eksperimentalnoe otsenivanie tsifrovoy zrelosti podrazdeleniya SibGUTI [Experimental estimation of the digital maturity for the SibSUTIS's department]. *Materialy LXIII mezhvuzovskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Aktualnye voprosy sovershenstvovaniya srednego professionalnogo i vysshego obrazovaniya v sovremennykh usloviyakh»*, 2022, pp. 176-182.

Yuliya V. Shevtsova

Cand. of Sci. (Engineering), Assistant professor, Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Novosibirsk, Russia). e-mail: shevcova_yuliya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7464-068X, Scopus AuthorID: 56418422800, ResearcherID: ABG-4620-2020.

Tatiana I. Monastyrskaya

Cand. of Sci. (Sociology), Assistant professor, Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Novosibirsk, Russia). e-mail: t.monastyrskaya@sibguti.ru, ORCID ID: 0000-0001-5458-0985, Scopus AuthorID: 57217872787, ResearcherID: AAS-4398-2020.

Aleksey N. Poletaykin

Cand. of Sci. (Engineering), Assistant professor, Kuban State University (KubSU, Krasnodar, Russia), Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Novosibirsk, Russia). e-mail: alex.poletaykin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5128-1952, Scopus AuthorID: 57213829361, ResearcherID: ABF-6799-2020.

Lyubov Ph. Danilova

Cand. of Sci. (Engineering), Assistant professor, Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS, Novosibirsk, Russia). e-mail: lubermolenko@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0907-0200, Scopus AuthorID: 57215304358, ResearcherID: ABG-8246-2020.