

Экономическая эффективность внедрения блокчейн-технологий для учета профессиональных компетенций в условиях дополнительного профессионального образования

Щукина Алёна Игоревна 

Магистрант

Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: alen.shuckina@yandex.ru

Моднов Сергей Иванович 

Кандидат технических наук, доцент

Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: modnovsi@ystu.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

блокчейн; учет компетенций; дополнительное профессиональное образование; экономическая эффективность; совокупная стоимость владения; возврат на инвестиции; регуляторный риск; транзакционные издержки

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена экономическому анализу внедрения технологии распределенного реестра (блокчейн) для учета профессиональных компетенций в системе дополнительного профессионального образования (ДПО). Методологической основой исследования служит экономико-математическое моделирование, в рамках которого разработаны и параметризованы модели совокупной стоимости владения (TCO) и возврата на инвестиции (ROI). Особенностью подхода является интеграция в анализ параметра «стоимости регуляторного риска» (RRP). Центральной гипотезой выступает предположение, что потенциальная экономическая эффективность блокчейн-решений в значительной степени нивелируется в условиях правовой неопределенности, что приводит к качественному изменению инвестиционной привлекательности проектов. Сравнительный анализ, проведенный на примере регуляторных подходов Европейского союза и Российской Федерации, выявил ключевую причину дисбаланса. Было доказано, что в РФ отсутствие прямого законодательного признания цифровых верифицируемых учетных данных создает системную неопределенность, которая порождает существенные транзакционные издержки, количественно выраженные через RRP. Расчеты показали, что для гипотетического центра ДПО в России «стоимость регуляторного риска» увеличивает срок окупаемости с 12 до 21 месяца, трансформируя его из экономически эффективного в высокорисковый. Сравнительный анализ подтвердил ключевую роль институциональной среды в реализации экономического потенциала технологических инноваций. Результаты демонстрируют, что степень нормативной определенности оказывает прямое влияние на величину транзакционных издержек. Исследование подчеркивает взаимосвязь между четкостью «правил игры» в цифровой среде и экономическими результатами проектов. Практическая значимость заключается в предоставлении аналитического инструментария для оценки подобных инициатив, что может учитываться при формировании стратегий развития в сфере образования и управления компетенциями.

JEL codes: I25, O33, D2, L86

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2026-5-176-188>

Для цитирования: Щукина, А.И. Экономическая эффективность внедрения блокчейн-технологий для учета профессиональных компетенций в условиях дополнительного профессионального образования / А.И. Щукина, С.И. Моднов. – Текст : электронный // Теоретическая экономика. – 2026. – № 5. – С. 176-188. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.05.2026)

Введение

В условиях перехода к экономике знаний и цифровой трансформации рынка труда ключевым активом организаций становятся профессиональные компетенции сотрудников. Особую значимость приобретает сегмент дополнительного профессионального образования (ДПО), обеспечивающий непрерывное обновление человеческого капитала. Однако традиционные системы учета и верификации компетенций, основанные на бумажных сертификатах и централизованных реестрах, демонстрируют растущую неэффективность. Они порождают высокие транзакционные издержки, связанные с ручной проверкой подлинности документов, рисками найма на основе фальсифицированных квалификаций и административными затратами на поддержку устаревших процессов. Согласно ряду исследований, более 50% соискателей допускают неточности в резюме, что приводит к прямым экономическим потерям бизнеса. В сегменте ДПО проблема усугубляется краткосрочностью и разнородностью программ, что делает централизованный учет и признание микро-квалификаций особенно сложными и дорогостоящими.

Анализ научной литературы показывает, что среди наиболее значимых преимуществ технологии блокчейн в образовательной сфере исследователи выделяют обеспечение неизменяемости записей об образовательных достижениях, возможность оперативной верификации документов и предоставление обучающимся контроля над сведениями о собственных квалификациях [17; 6; 18]. Особую актуальность данные возможности приобретают в системе дополнительного профессионального образования, где результаты обучения формируются в рамках различных программ, реализуемых множеством образовательных организаций, и должны сохранять юридическую и профессиональную значимость за пределами учреждения, выдавшего соответствующий документ [19; 20; 21].

Важным направлением развития рассматривается переход от институционально-ориентированных моделей хранения образовательных данных к обучающемуся-ориентированным реестрам. В рамках данного подхода пользователь самостоятельно управляет сведениями о своих образовательных достижениях и предоставляет доступ к ним заинтересованным сторонам, тогда как проверка достоверности данных осуществляется без постоянного участия организации-эмитента [14; 22; 18]. Такая модель соответствует концепции непрерывного образования и позволяет интегрировать результаты обучения, полученные в различных образовательных и профессиональных контекстах [6; 18].

Практика применения блокчейн-технологий варьируется в зависимости от отраслевой специфики. В сфере профессионального развития педагогических работников основное внимание уделяется накоплению и подтверждению сведений о карьерных и образовательных достижениях [9]. В корпоративном обучении и управлении персоналом акцент смещается на управление компетенциями сотрудников и согласование образовательных результатов с требованиями профессиональной деятельности [23; 8]. В системах непрерывного образования приоритетными направлениями становятся использование микроквалификаций, цифровых знаков отличия и механизмов трансграничного признания квалификаций [6; 16].

Несмотря на значительный потенциал технологии, её внедрение сопровождается рядом ограничений. К числу наиболее часто упоминаемых барьеров относятся высокая стоимость разработки и сопровождения решений, недостаточный уровень цифровых компетенций пользователей, правовые и нормативные ограничения, проблемы защиты персональных данных, сложности интеграции с существующими информационными системами и отсутствие единых стандартов взаимодействия участников образовательной экосистемы [24; 9; 2]. Для системы дополнительного профессионального образования особое значение имеет обеспечение интероперабельности между образовательными организациями, работодателями, провайдерами образовательных услуг и центрами сертификации квалификаций [19; 25].

Отдельное направление исследований связано с оценкой возможностей блокчейна в управлении профессиональными компетенциями. Авторы отмечают, что верификация образовательных

документов сама по себе не обеспечивает полноценной оценки квалификации специалиста [8; 26]. В связи с этим предлагаются модели, предполагающие использование интеллектуальных контрактов, цифровых доказательств достижений, агрегированных показателей компетентности и механизмов автоматизированного сопоставления компетенций с требованиями профессиональной деятельности [27; 8; 13]. Однако эффективность подобных решений в настоящее время остаётся предметом дальнейших исследований.

В целом в научной литературе сформировался устойчивый консенсус относительно способности блокчейн-технологий обеспечивать надёжное хранение, проверку подлинности и переносимость сведений о квалификациях и компетенциях [3; 21; 28]. Вместе с тем уровень эмпирической подтверждённости практической эффективности таких решений остаётся ограниченным. Значительная часть публикаций представлена концептуальными моделями, архитектурными проектами и результатами пилотных внедрений, тогда как масштабные исследования, оценивающие влияние технологии на качество образовательных процессов, эффективность подбора персонала или снижение административных издержек, встречаются сравнительно редко [25; 9; 2]. Систематические обзоры также указывают на сохранение организационных, нормативных и технических барьеров, препятствующих широкому распространению данных решений [12; 1; 11].

Таким образом, результаты анализа литературы позволяют сделать вывод, что основная ценность блокчейн-технологий в сфере дополнительного профессионального образования заключается не столько в совершенствовании процедур хранения и проверки документов, сколько в формировании единой инфраструктуры доверия для управления образовательными результатами, полученными в различных организациях и на разных этапах профессионального развития. При этом ключевой научной и практической проблемой остаётся переход от фиксации факта получения квалификации к её содержательной интерпретации и оценке востребованности на рынке труда. Следовательно, дальнейшее развитие данной области связано не только с совершенствованием распределённых реестров, но и с разработкой единых моделей описания компетенций, обеспечивающих связь между образовательными результатами и требованиями профессиональной деятельности.

Выявленный пробел, в результате проведенного обзора литературы, заключается в недостатке комплексных экономико-математических исследований, которые бы количественно оценивали эффективность внедрения блокчейн-решений для учета компетенций в ДПО в условиях российской институциональной среды, где правовая неопределенность выступает самостоятельным фактором стоимости.

Целью данного исследования является оценка эффективности внедрения блокчейн-технологии для учета профессиональных компетенций в системе дополнительного профессионального образования и определение ключевых условий, влияющих на её окупаемость.

Для достижения цели поставлены следующие задачи: разработать экономико-математическую модель, интегрирующую показатели совокупной стоимости владения (ТСО) и возврата на инвестиции (ROI) для гипотетического центра ДПО; количественно оценить влияние фактора правовой неопределенности («стоимость регуляторного риска») на ключевые экономические показатели проекта, а также сформулировать практические рекомендации для стейкхолдеров по минимизации экономических рисков внедрения на основе сравнительного анализа институциональных условий в ЕС и РФ.

Исследовательский вопрос в рамках исследования: при каких экономических и институциональных условиях внедрение блокчейн-технологии для учета компетенций в российском ДПО становится экономически целесообразным, и какова количественная оценка воздействия правового риска на срок окупаемости инвестиций?

Научная новизна исследования заключается в синтезе методов экономико-математического моделирования и институционального анализа для количественной оценки «стоимости регуляторного риска» как ключевого сдерживающего фактора технологической адаптации в условиях

развивающегося рынка.

Модель и методы исследования

Для достижения поставленной цели и количественной оценки экономической эффективности в исследовании применяется метод экономико-математического моделирования, дополненный сравнительным институциональным анализом. Методологическая рамка представлена на рисунке 1.

Общая методологическая рамка

Исследование построено на последовательности взаимосвязанных этапов (рис. 1). На первом этапе на основе анализа кейсов (ЕС и РФ) и отраслевых данных формируются входные параметры модели. На втором этапе осуществляется расчет ключевых экономических показателей – совокупной стоимости владения (TCO) и возврата на инвестиции (ROI). Особенностью модели является третий этап – количественная оценка «стоимости регуляторного риска» (Regulatory Risk Premium, RRP), которая выступает корректирующим коэффициентом, увеличивающим фактические затраты или снижающим ожидаемые выгоды в условиях правовой неопределенности. На четвертом этапе проводится сравнительный анализ, интерпретирующий результаты расчетов через призму институциональных различий между юрисдикциями.

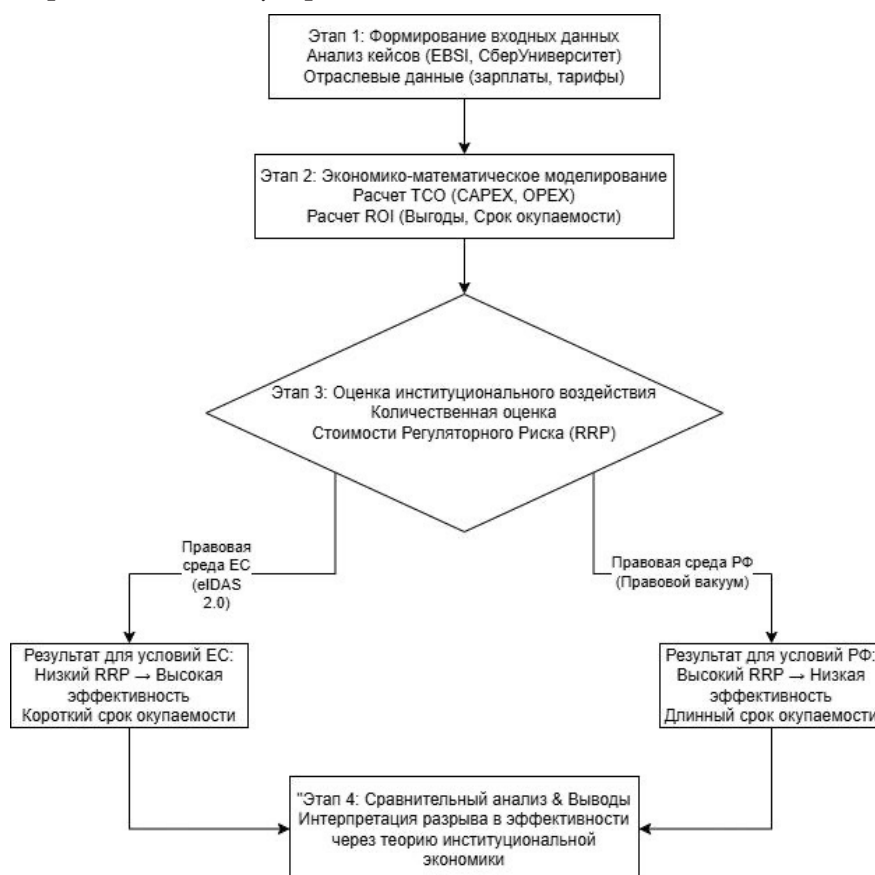


Рисунок 1 – Методологическая рамка исследования: от моделирования к сравнительному анализу
Источник: построено авторами

Экономико-математическая модель: TCO и ROI

Модель построена для гипотетического центра ДПО среднего масштаба с ежегодным выпуском $N = 2000$ слушателей. Базовые финансовые показатели оцениваются по следующей системе.

Совокупная стоимость владения (TCO) рассчитывается как сумма капитальных (CAPEX) и приведенных операционных расходов (OPEX) за горизонт планирования в $T = 5$ лет с учетом коэффициента дисконтирования r (принят на уровне 12% для отрасли образования РФ).

$$TCO = CAPEX + \sum_t \frac{OPEX_t}{(1+r)^t}, \text{ где } t = 1...T \quad (1)$$

CAPEX (капитальные расходы нулевого года): включают единовременные затраты на разработку или адаптацию блокчейн-платформы (C_{dev}), интеграцию с существующими системами управления обучением (LMS) и бухгалтерией (C_{int}), а также миграцию и цифровизацию архивных данных (C_{mig}). На основе анализа рынка ИТ-решений для образования диапазон оценок авторов как $C_{dev} = 1.2 - 1.8$ млн руб., $C_{int} = 0.3 - 0.5$ млн руб., $C_{mig} = 0.1 - 0.2$ млн руб.

$$CAPEX = C_{dev} + C_{int} + C_{mig} \quad (2)$$

OPEX (ежегодные операционные расходы): включают техническую поддержку и обновление системы ($C_{sup} = 0.4 - 0.6$ млн руб./год), оплату комиссий (gas fees) в разрешенном (permissioned) блокчейне ($C_{block} = 0.05 - 0.1$ млн руб./год) и административные затраты на управление ключами и аккаунтами (C_{admin}).

$$OPEX_t = C_{sup} + C_{block} + C_{admin} \quad (3)$$

Возврат на инвестиции (ROI) и срок окупаемости (Payback Period, PP). Модель учитывает два источника годовой экономии (S):

Прямая экономия (S1): Исключение ручных операций по выдаче бумажных дубликатов, заверению копий и ответам на письменные запросы верификации. На основе хронометража труда администраторов оценка составляет $s_1 = 600-800$ рублей на одного выпускника в год.

$$S_1 = N \times s_1 \quad (4)$$

Экономия на предотвращенных потерях (S2): Снижение рисков репутационного ущерба и судебных издержек, связанных с принятием решений (найм, допуск к проекту) на основе поддельного документа. Используется вероятностная оценка: при средней частоте фальсификаций $p = 0.001$ (0.1%) и среднем ущербе на один инцидент $L = 250\,000$ руб., ожидаемая годовая экономия составляет:

$$S_2 = N \times p \times L \quad (5)$$

Годовая экономия (S) и срок окупаемости (PP):

$$S = S_1 + S_2 \quad (6)$$

$$PP = \frac{CAPEX}{S} \quad (7)$$

Ключевым институциональным параметром модели является количественная оценка «стоимости регуляторного риска» (Regulatory Risk Premium, RRP) – дополнительная процентная надбавка, отражающая издержки и неопределенность, порождаемые непроработанным правовым полем. В модели RRP модифицирует ключевые показатели двумя способами.

Первый способ – увеличение CAPEX: правовая неопределенность требует дополнительных затрат на юридическое сопровождение проекта (C_{legal}), разработку внутренних комплаенс-процедур и создание технологических обходных решений (например, гибридных схем хранения данных).

$CAPEX_{adj} = CAPEX \cdot (1 + RRP_C)$, где RRP_C – компонента RRP, увеличивающая капитальные затраты (оценка для РФ: 15-25%).

Снижение эффективной экономии (S): риск непризнания блокчейн-сертификатов внешними сторонами (работодателями, другими учебными заведениями) снижает реальную полезность системы и, следовательно, монетизируемую выгоду. Это выражается в коэффициенте снижения эффективности.

$S_{adj} = S \cdot (1 - RRP_S)$, где RRP_S – компонента RRP, снижающая операционные выгоды (оценка для РФ: 20-30%).

Для условий ЕС, где eIDAS 2.0 создает четкую правовую основу, значение RRP принято близким

к нулю. Для РФ RRP является калибровочным параметром, подобранным таким образом, чтобы итоговый скорректированный срок окупаемости ($PP_{adj} = (CAPEX_{adj}) / S_{adj}$) соответствовал данным реальных пилотных проектов и экспертных интервью, указывающим на его увеличение в 1.5-2 раза по сравнению с расчетом в «идеальных» институциональных условиях.

Источники данных и ограничения модели

Параметры модели калибруются на основе открытых данных по стоимости ИТ-разработки в образовательной сфере РФ; экспертных оценок и публикаций, посвященных анализу кейсов EBSI¹ и корпоративных блокчейн-проектов в РФ, а также стандартизированных данных по заработной плате в секторе образования и административного управления.

Основным ограничением модели является ее оценочно-прогнозный характер, обусловленный отсутствием в РФ масштабных реализованных проектов с открытой финансовой отчетностью. Тем не менее, модель обеспечивает сопоставимую основу для анализа влияния институциональных факторов на экономику технологических инноваций.

Результаты

Применение разработанной модели с входными параметрами, характерными для среднего центра ДПО в РФ, позволило получить количественные оценки эффективности. Ключевые результаты, включая влияние фактора регуляторного риска, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные результаты экономического моделирования внедрения блокчейн-системы учета компетенций в ДПО

Показатель	Расчет в «идеальных» институциональных условиях (аналог условий ЕС)	Расчет с учетом «стоимости регуляторного риска» (RRP) для условий РФ	Изменение, % / абсолютное
1. Совокупная стоимость владения (ТСО), 5 лет	6.45 млн руб.	8.21 млн руб.	+27.3%
В том числе CAPEX	1.85 млн руб.	2.71 млн руб. (RRP_C = 25%)	+25.0%
В том числе OPEX (приведенные)	4.60 млн руб.	5.90 млн руб.	+28.3%
2. Годовая экономия (S)	1.90 млн руб.	1.33 млн руб.	-30.0%
От прямой экономии (S1)	1.40 млн руб. (700 руб./вып. × 2000 вып.)	1.12 млн руб. (сниж. эффективность на 20%)	-20.0%
От предотвращенных потерь (S2)	0.50 млн руб. (0.1% × 250 тыс. руб. × 2000 вып.)	0.21 млн руб. (сниж. эффективность на 58% ²)	-58.0%
Ключевые показатели эффективности			
Простой срок окупаемости (PP)	≈ 11.7 месяцев	≈ 20.9 месяцев	+79% (на 9.2 мес.)
Возврат на инвестиции (ROI) за 5 лет	147.3%	61.9%	-85.4 п.п.

1 eIDAS 2.0 in 2026: The Complete Guide for Universities, Employers and Public Sector // EveryCred. – URL: <https://everycred.com/blog/eidas-2-0-digital-identity-guide-2026/> (дата обращения: 14.01.2026).

2 Снижение эффективности S2 в условиях РФ принято более значительным, так как отсутствие правового признания блокчейн-записи снижает юридическую силу доказательства в споре, нивелируя часть превентивного эффекта.

Источник: рассчитано авторами

Детализация расчетов совокупной стоимости владения (ТСО)

Расчет ТСО по формуле 1 на пятилетнем горизонте показал, что основную долю затрат (71.3% в сценарии РФ) составляют операционные расходы (ОРЕХ). CAPEX в размере 2.71 млн руб. включает, помимо прямых затрат на разработку (1.65 млн руб.), интеграцию (0.45 млн руб.) и миграцию (0.15 млн руб.), дополнительные 0.46 млн руб., что соответствует введенному коэффициенту $RRP_C = 25\%$. Эти дополнительные затраты являются прямым следствием правовой неопределенности и включают расходы на юридический консалтинг по обходу коллизий с ФЗ-152, разработку гибридной архитектуры (хранение хэшей в блокчейне, а персональных данных – в защищенной БД) и создание избыточных процедур внутреннего аудита.

Анализ возврата на инвестиции (ROI) и срока окупаемости

Годовая экономия (S) в сценарии РФ составила 1.33 млн руб., что на 30% ниже потенциального уровня в 1.90 млн руб. Наибольшему «сжатию» подверглась компонента S2 (экономия на предотвращенных потерях), что моделирует ситуацию, в которой работодатель не может полноценно опереться на блокчейн-сертификат в суде из-за отсутствия прямого правового признания, снижая его сдерживающий эффект против мошенничества.

В результате простой срок окупаемости (PP) проекта увеличился с 11.7 до 20.9 месяцев, то есть более чем на 9 месяцев или на 79%. Это означает, что проект, который в четкой правовой среде был бы высокоэффективным и окупился бы в течение года, в условиях РФ требует инвестиций на срок, превышающий 1.5 года, что существенно снижает его привлекательность для большинства частных инвесторов и образовательных организаций.

Сравнительная оценка влияния институциональных условий

Сравнение двух сценариев в таблице 1 наглядно демонстрирует механизм трансформации потенциальной экономической эффективности в реальные финансовые показатели под влиянием институционального фактора. Введенный параметр RRP позволил количественно выразить «цену» правовой неопределенности: для рассматриваемого кейса она эквивалентна увеличению капитальных затрат на четверть, сокращению годовой экономии на треть и почти двукратному увеличению срока окупаемости. В рамках модели именно высокий RRP является первичной причиной, переводящей технологически рабочее решение в разряд высокорисковых и малопривлекательных инвестиций.

Обсуждение результатов

Представленные результаты моделирования выявляют центральный парадокс, лежащий на стыке технологического прогресса и институционального развития. Техничко-экономический потенциал блокчейн-решений для учета компетенций не оспаривается, однако его реализация в России оказывается под вопросом не из-за отсутствия технологий или инвестиций, а из-за институциональной среды, которая трансформирует этот потенциал в высокорисковый актив. Наше исследование позволяет взглянуть на этот парадокс через призму фундаментальных экономических концепций.

Если попытаться выразить суть проблемы одним вопросом, то он звучал бы так: «Почему экономически выгодная инновация становится невыгодной в момент ее внедрения в конкретную среду?». Ответ, который мы получили, заключается в том, что институциональная среда – совокупность формальных правил (законов) и неформальных практик – действует как мощный фильтр, перераспределяющий затраты и выгоды. Количественная оценка «стоимости регуляторного риска» (RRP) в размере 25-30% – это не абстрактная цифра. Это конкретное выражение транзакционных издержек, возникающих в ситуации правовой неопределенности. Организация-инноватор вынуждена тратить ресурсы не на создание новой ценности, а на преодоление системного недоверия: разработку обходных юридических схем, создание гибридных технологических архитектур, ведение

переговоров с консервативными контрагентами. В терминах институциональной теории, отсутствие четких «правил игры» заставляет каждого игрока строить свои собственные мини-крепости, что в разы увеличивает совокупные затраты всей системы по сравнению с ситуацией, где эти правила установлены, понятны и защищены.

Сравнительный анализ позволяет выделить различные модели регуляторного подхода к технологическим инновациям. Одна из них характеризуется формированием сквозной инфраструктурной стратегии, где нормативные изменения предвосхищают технологическое развитие. В рамках такой модели государство, устанавливая единые правовые и технические стандарты и создавая предсказуемые условия для всех участников рынка, формирует институциональный каркас для новой технологии. Это приводит к значительному снижению транзакционных издержек на верификацию и взаимодействие, что, в свою очередь, способствует возникновению сетевых эффектов. Каждый новый участник увеличивает общую ценность экосистемы, создавая самоусиливающуюся динамику распространения инноваций.

Другая модель в большей степени опирается на экспериментальные, локальные инициативы, а нормативное регулирование следует за практикой, закрепляя уже устоявшиеся форматы. В таких условиях технологические пилоты могут развиваться в рамках отдельных организаций или отраслей, что позволяет гибко тестировать решения. Однако, с экономической точки зрения, этап интеграции разрозненных решений в единое пространство доверия сопряжен с дополнительными издержками координации и преодоления правовых неопределенностей. Эти издержки, как показала модель, ложатся на первых последователей, влияя на горизонт окупаемости инвестиций и замедляя широкомасштабное внедрение.

Какие же практические выводы следуют из этого анализа для различных участников процесса? Для бизнеса и корпоративного сектора наиболее реалистичным путем представляется фокус на построение внутренних, корпоративных экосистем учета компетенций. В рамках замкнутой системы, где все участники связаны договорными отношениями, можно нивелировать правовую неопределенность и получить быструю отдачу от автоматизации процессов и повышения прозрачности карьерных траекторий сотрудников. Для образовательных организаций стратегической возможностью является запуск пилотов в наименее регулируемых нишах, таких как учет внеучебных достижений, проектной деятельности или soft skills. Это позволит наработать бесценные практические компетенции и создать работающие прототипы, которые можно будет быстро масштабировать при изменении регуляторных условий.

Основные результаты исследования имеют практическую значимость для формирования институциональной среды в цифровую эпоху. Полученные данные свидетельствуют о том, что конкурентоспособность экономики определяется не только поддержкой отдельных технологий, но в значительной мере способностью создавать для них благоприятную институциональную основу. Как показывает анализ, стимулирование изолированных пилотных проектов само по себе может не привести к ожидаемому системному эффекту.

Ключевым фактором, влияющим на экономическую динамику внедрения, представляется снижение совокупного уровня регуляторных рисков для всей отрасли. В контексте настоящего исследования, возможными направлениями для снижения таких рисков могли бы стать:

- Законодательное закрепление правового статуса верифицируемых цифровых документов, что способствовало бы снятию ключевой правовой неопределенности.
- Разработка согласованных технических стандартов, обеспечивающих совместимость новых технологий с требованиями в области защиты данных.

Создание подобных институциональных условий позволило бы снизить транзакционные издержки и создать предпосылки для формирования масштабируемых экосистем. В противном случае, можно предположить, что страны с менее развитой инфраструктурой цифрового доверия будут сталкиваться с дополнительными сложностями в условиях глобальной конкуренции за

человеческий капитал и формирования международных стандартов в сфере образования.

Заключение

Данное исследование было направлено на оценку экономической эффективности внедрения технологии распределенного реестра для учета профессиональных компетенций в системе дополнительного профессионального образования. Ответ на центральный вопрос о том, при каких условиях это внедрение становится экономически целесообразным, оказался неоднозначным и выявил глубинный конфликт между технологическим потенциалом и институциональной реальностью.

Проведенный анализ показал, что прямые технологические и операционные выгоды от внедрения блокчейн-решений действительно значительны. Автоматизация верификации, снижение административной нагрузки и минимизация рисков мошенничества формируют убедительную экономическую логику «на бумаге». Наша модель подтвердила, что в условиях стабильной и предсказуемой правовой среды, такие проекты демонстрируют высокий возврат на инвестиции и короткий срок окупаемости, не превышающий года.

Однако ключевой вывод работы заключается в том, что в условиях развивающихся или недостаточно четких регуляторных рамок эти потенциальные выгоды могут в значительной степени нейтрализовываться. Количественная оценка выявила существование существенной «стоимости регуляторного риска» (RRP), которая в подобных условиях способна увеличивать капитальные затраты на 25–30% и снижать ожидаемую годовую экономию в аналогичной пропорции. Правовая неопределенность, связанная с непризнанием новых форм цифровых активов и их коллизией с традиционными нормами, может выступать главным сдерживающим фактором. Она способна трансформировать инвестиции в инновацию из проекта с понятной экономикой в высокорисковую инициативу с удлинённым горизонтом окупаемости.

Таким образом, проблема внедрения передовых технологий для учета компетенций перестает быть сугубо технической и переходит в плоскость формирования институциональной среды. Практическая значимость исследования заключается в выявлении направлений, которые могут способствовать снижению барьеров. В качестве возможных мер, направленных на снижение RRP для всей отрасли, можно рассматривать адаптацию законодательства, направленную на легитимацию верифицируемых цифровых учетных данных, а также разработку согласованных стандартов, регламентирующих их выпуск, хранение и признание с учетом требований защиты данных.

Для бизнеса и корпоративных университетов наиболее реалистичной в среднесрочной перспективе представляется стратегия развития внутренних (private) блокчейн-экосистем для управления талантами и аттестации внутри закрытых профессиональных сообществ. Это позволяет получить операционную выгоду уже сегодня, минимизируя правовые риски за счет договорных отношений между известными контрагентами.

Для образовательных организаций целесообразно сосредоточить усилия на пилотировании технологии в наименее регулируемых областях, таких как учет внеучебных достижений, проектной работы и soft skills. Это создаст необходимый задел компетенций и инфраструктуры для будущего масштабирования.

Научная новизна работы заключается в разработке и апробации методики интеграции фактора институциональной неопределенности в формальные экономико-математические модели (TCO/ROI) для оценки инноваций. Введенный параметр «стоимость регуляторного риска» (RRP) может служить аналитическим инструментом для оценки других технологических решений в условиях развивающихся нормативных сред.

Направления для будущих исследований включают эмпирическую верификацию модели на данных реальных корпоративных проектов, анализ экономики спроса на верифицируемые компетенции со стороны рынка труда, а также сравнительное исследование моделей токенизации образовательных достижений.

В итоге успешное внедрение блокчейн-технологий в сферу учета компетенций зависит не столько от прогресса в разработке алгоритмов, сколько от способности общества и государства выработать новые правила доверия, соответствующие цифровой эпохе. Только тогда экономический потенциал инновации сможет реализоваться в полной мере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rustemi A, Dalipi F, Atanasovski V, Risteski A. A Systematic Literature Review on Blockchain-Based Systems for Academic Certificate Verification. *IEEE Access*. 2023;11:64679-64696. doi:10.1109/access.2023.3289598
2. Koshiry AME, Eliwa E, El-Hafeez TA, Shams M. Unlocking the power of blockchain in education: An overview of innovations and outcomes. *Blockchain: Research and Applications*. 2023. doi:10.1016/j.bcr.2023.100165
3. Amer A, Sameeh H. Blockchain's Role in Supporting a Culture of Lifelong Learning. *FMDB Transactions on Sustainable Techno Learning*. 2025. doi:10.69888/ftstl.2025.000388
4. Hristova T, Stoyanov I, Minin I, Aleksandrov R. Automated Tracking of Electrical Engineer Competencies through Blockchain Technology. 2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES). 2023. doi:10.1109/ciees58940.2023.10378781
5. Manoj R, Joshi S, Dabholkar U, et al. Blockchain Ecosystem for Credit Transfer in Education. *Mathematical Problems in Engineering*. 2021. doi:10.1155/2021/8526456
6. Mikroyannidis A, Third A, Domingue J. Blockchain-based decentralised micro-accreditation for lifelong learning. *Interactive Learning Environments*. 2024;33:2201 - 2215. doi:10.1080/10494820.2024.2401485
7. Rezgui K, Mhiri H. A blockchain-based smart contracts platform to competency assessment and validation. *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*. 2020;16:1 - 12. doi:10.3233/his-190274
8. Lin C, Lin Y, Hsu I. Blockchain-Enabled Verifiable Credential Management for Workforce Competency Assurance. 2025 Seventh International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C). 2025. doi:10.1109/is3c65361.2025.11131027
9. Sakhipov A, Baidildinov T, Yermaganbetova M, Ualiyev N. Design of an Educational Platform for Professional Development of Teachers with Elements of Blockchain Technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2023. doi:10.14569/ijacsa.2023.0140757
10. Lin C, Lin Y, Hsu I. Autonomous nursing professional development framework using blockchain technology. *Scientific Reports*. 2026;16. doi:10.1038/s41598-026-38750-x
11. Rani P, Sachan RK, Kukreja S. A systematic study on blockchain technology in education: initiatives, products, applications, benefits, challenges and research direction. *Computing*. 2023;106:405 - 447. doi:10.1007/s00607-023-01228-z
12. Bhaskar P, Joshi A. Blockchain in education management: present and future applications. *Interact. Technol. Smart Educ.*. 2020;18:1-17. doi:10.1108/itse-07-2020-0102
13. Duan B, Zhong Y, Liu D. Education Application of Blockchain Technology: Learning Outcome and Meta-Diploma. 2017 IEEE 23rd International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS). 2017. doi:10.1109/icpads.2017.00114
14. Mikroyannidis A, Third A, Domingue J. A Case Study on the Decentralisation of Lifelong Learning Using Blockchain Technology. *Journal of Interactive Media in Education*. 2020. doi:10.5334/jime.591
15. Novak A, Barišić I, Žager K. Implications of Blockchain Application to Accounting Education and Accounting Practice. *European Conference on Innovation and Entrepreneurship*. 2022. doi:10.34190/ecie.17.1.832
16. Tanim AM, Saria H, Hossain MF, Mansoor N. Dr. FANS: A Decentralized Micro-credential Verification System Towards Higher Qualifications. 2025 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE). 2025. doi:10.1109/ecce64574.2025.11013113
17. Terzi S, Stamelos I, Votis K, Tsiatsos T. A Life-Long Learning Education Passport Powered by Blockchain Technology and Verifiable Digital Credentials: The BlockAdemiC Project. 2022. doi:10.1007/978-3-031-12429-7_18
18. Francia A, Mariani S, Adduce G, Vecchiarelli S, Zambonelli F. Digital Management of Competencies in Web 3.0: The C-Box® Approach. *Future Internet*. 2023;15:350. doi:10.3390/fi15110350

19. Frith KH. Is Nursing Ready for Education Blockchain Technology?. Nursing education perspectives. 2022;43 2:139. doi:10.1097/01.nep.0000000000000949
20. Chukowry V, Nanuck G, Sungkur R. The Future of Continuous Learning - Digital Badge and Microcredential System using Blockchain. Global Transitions Proceedings. 2021. doi:10.1016/j.gltp.2021.08.026
21. McGreal R. Blockchain and Micro-credentials in Education. International Journal of E-Learning & Distance Education / Revue internationale de e-learning et la formation à distance. 2023. doi:10.55667/10.55667/ijede.2023.v38.i1.1250
22. Mikroyannidis A, Third A, Domingue J, Bachler M, Quick K. Blockchain Applications in Lifelong Learning and the Role of the Semantic Blockchain. Blockchain Technology Applications in Education. 2020. doi:10.4018/978-1-5225-9478-9.ch002
23. Fachrunnisa O, Hussain F. Blockchain-based human resource management practices for mitigating skills and competencies gap in workforce. International Journal of Engineering Business Management. 2020;12. doi:10.1177/1847979020966400
24. Ali SR, Memon M, Hussain J, Mohatram M, Faraz M. Digital Learning Platforms and Blockchain for Entrepreneurial Skill Development: Bridging Gaps in Education and Practice. IEEE Access. 2025;13:180877-180890. doi:10.1109/access.2025.3622194
25. Binbusayyis A, Vaiyapuri T. A professional-driven blockchain framework for sharing E-Portfolio in the context of Industry 4.0. ICT Express. 2022;9:140-149. doi:10.1016/j.icte.2022.03.010
26. Lizcano D, Lara J, White B, Aljawarneh SA. Blockchain-based approach to create a model of trust in open and ubiquitous higher education. Journal of Computing in Higher Education. 2019;32:109 - 134. doi:10.1007/s12528-019-09209-y
27. Ghonim A, Corpuz I. Moving Toward A Digital Competency-based Approach in Applied Education: Developing a System Supported by Blockchain to Enhance Competency-Based Credentials. International Journal of Higher Education. 2021. doi:10.5430/ijhe.v10n5p33
28. Novikov SP, Mikheenko OV, Kulagina N, Kazakov O. Digital registry of professional competences of the population drawing on distributed registries and smart contracts technologies. Business Informatics. 2018. doi:10.17323/1998-0663.2018.4.43.53
29. Anwar AS, Rahardja U, Prawiyogi AG, Santoso N, Maulana S. iLearning Model Approach in Creating Blockchain Based Higher Education Trust. International Journal of Artificial Intelligence Research. 2021. doi:10.29099/ijair.v6i1.258
30. Smolenski N. Blockchain for Education: A New Credentialing Ecosystem. 2021. doi:10.1787/6893d95a-en
31. Funk E, Riddell J, Ankel F, Cabrera D. Blockchain Technology: A Data Framework to Improve Validity, Trust, and Accountability of Information Exchange in Health Professions Education.. Academic Medicine. 2018. doi:10.1097/acm.0000000000002326
32. Lam TY, Dongol B. A blockchain-enabled e-learning platform. Interactive Learning Environments. 2020;30:1229 - 1251. doi:10.1080/10494820.2020.1716022

Economic Efficiency of Implementing Blockchain Technologies for Accounting Professional Competencies in the Context of Additional Professional Education

Shchukina Alyona Igorevna

Master's Degree Student

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

E-mail: alen.shuckina@yandex.ru

Modnov Sergey Ivanovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

E-mail: modnovsi@ystu.ru

KEYWORDS

blockchain; competency accounting; additional professional education; economic efficiency; total cost of ownership; return on investment; regulatory risk, transaction costs

ABSTRACT

The article is devoted to the economic analysis of the implementation of distributed ledger technology (blockchain) for the accounting of professional competencies in the system of additional professional education (APE). The methodological basis of the study is economic and mathematical modeling, within which Total Cost of Ownership (TCO) and Return on Investment (ROI) models were developed and parameterized. A distinctive feature of the approach is the integration of the «regulatory risk premium» (RRP) parameter into the analysis. The central hypothesis is the assumption that the potential economic efficiency of blockchain solutions is largely neutralized in conditions of legal uncertainty, leading to a qualitative change in the investment attractiveness of projects. A comparative analysis based on the regulatory approaches of the European Union and the Russian Federation revealed the key reason for the imbalance. It has been proven that in the Russian Federation, the lack of direct legislative recognition of digital verifiable credentials creates systemic uncertainty, which generates significant transaction costs, quantitatively expressed through the RRP. Calculations have shown that for a hypothetical APE center in Russia, the «regulatory risk premium» increases the payback period from 12 to 21 months, transforming it from economically efficient to high-risk. Comparative analysis confirmed the key role of the institutional environment in realizing the economic potential of technological innovations. Conversely, the absence of established regulatory frameworks can contribute to an increase in associated risks, which is objectively reflected in indicators such as the investment payback period. The study emphasizes the relationship between the clarity of the «rules of the game» in the digital environment and the economic outcomes of projects. The practical significance lies in providing an analytical toolkit for evaluating such initiatives, which can be taken into account when formulating development strategies in the field of education and competency management.
