Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

На правах рукописи

Колосов Антон Михайлович

ОЦЕНИВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКУПОЧНЫХ ПРОЦЕДУР

РЕЗЮМЕ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата наук по менеджменту

Научный руководитель:
Заслуженный деятель науки РФ,
д.т.н., профессор,
Соколов Борис Владимирович

Санкт-Петербург – 2022

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В современном мире деятельность большинства наиболее финансово успешных компаний, в том числе крупных российских компаний, связана с процессами глобализации и цифровизации. Например, объем денежных средств, получаемый от экспорта товаров и услуг в Российской Федерации, начиная с 2000-го года, показал четырехкратный рост (со 100 до 400 миллиардов долларов). При этом на каждом из этапов деятельности используется та или иная информационная система, которая необходима для автоматизации отдельных процессов и позволяет отслеживать их статус. Компании тратят миллиарды долларов и годы разработки на внедрение новых информационных систем, однако вопрос эффективности и целесообразности цифровизации бизнес-процессов, в том числе процесса снабжения товарами и услугами, в научно-исследовательских работах до сих пор недостаточно раскрыт.

Оценка эффективности использования современных информационных технологий необходима не только для задач управления глобальными цепями поставок, но и для процессов проведения закупочных процедур внутри компаний. Так, в настоящее время большинство компаний, в которых одним из главных направлений деятельности является проведение закупок (как для собственных нужд, так и для удовлетворения потребностей внешних клиентов компании), используют различные виды программного обеспечения, главной целью внедрения которого являлось повышение эффективности процесса проведения закупочных процедур, а именно снижение операционных издержек через сокращение времени на обработку заявок на закупку за счет перехода от бумажного документооборота к электронному, автоматизации операций, выполняемых сотрудниками, и других способов повышения операционной эффективности. Однако, информационные системы (в том числе их программные продукты) используемые в компаниях, как правило, были разработаны ещё в девяностых или начале двухтысячных годов и имеют ряд недостатков, среди которых можно выделить необходимость покупки и установки дорогостоящего оборудования, сложность интеграции с существующими системами, проблемы с доступом к данным, хранящимся на

серверах компании (в облачных или локальных базах данных), обеспечение безопасности данных, отсутствие полноценной автоматизации процессов и другие недостатки, не позволяющие дать однозначную оценку целесообразности их использования, и, как следствие, эффективности.

С развитием информационных технологий появляется все больше новых возможностей для усовершенствования процесса проведения закупок. Одной из наиболее перспективных технологий является технология распределенного реестра или технология блокчейн, в которой взаимодействие между контрагентами реализуется с помощью набора автоматизированных операций - смарт-контрактов[1]. Технология блокчейн основывается на распределенной базе данных, полностью защищена от возможных атак хакеров, поддерживает полноценный электронный документооборот и позволяет автоматизировать большинство процессов, связанных с проведением закупочных процедур. Основываясь на данных характеристиках, можно предположить, что технология блокчейн (включая смарт-контракты) имеет потенциал для использования в различных сферах бизнеса, однако вопрос перспективности данной технологии и необходимости её применения при проведении закупочных процедур остается мало исследованным, как следствие, имеет большой потенциал для изучения.

Степень разработанности проблемы. Вопрос оценки эффективности использования современных информационных технологий при управлении цепями поставок и проведении закупочных процедур рассматривается в работах таких авторов, как Akaba T.I., Alkebi A., Banerjee A., Barata J., Cerulo G., Gane E., Helo P., Hao Y., Jeppsson A., Kamali A., Kagerman H., Koteska B., Korpeta K., Maestrini V., Mearian L., Monk E.F., Notari R., Pang C., Parikh T., Parung J., Swan M., Song J., Tribis Y., Tonnissen S., Teuteberg F., Westerkamp M., Yli-Huumo J., Арефьева А.С., Бочкарев П.А., Бродецкий Г.Л., Древс Ю.Г., Дыбская В.В., Кинсбургская В.А.,

[1] Szabo, N. Smart Contract [Online] / N. Szabo. – 1994. – Available from: http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html [Accessed 15 September 2020].

Корепин В.Н., Лукинский В.С., Лукинский В.В., Косянг Н.Г., Милкина И.В., Плетнева Н.Г., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. и другие.

Проводя анализ данных работ, можно сделать вывод, что их список ограничен и работы, опубликованные в данном направлении, как правило не содержат информации о конкретных показателях и критериях эффективности использования современных информационных систем в бизнес-процессах компаний. Также в большинстве работ отсутствует какое-либо экономическое обоснование целесообразности применения инновационных технологий. При этом, если проанализировать работы, связанные с проведением закупочных процедур, то большинство российских авторов рассматривают использование инновационных технологий только применительно к работе в рамках ФЗ-44 (Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд») и не оценивают перспективы применения подобных технологий в закупочной деятельности российских частных и государственных компаний, которые проводят закупки по внутренним нормативным документам, а не на основании ФЗ-44.

Объект и предмет исследования. *Объектом исследования* в диссертации являются закупочные процедуры, в которых могут применяться современные информационные технологии.

Предметом исследования являются модели, методы, критерии и показатели эффективности проведения закупочных процедур, в том числе подразумевающие оценку эффективности таких технологий, как промышленный интернет вещей, большие данные, блокчейн, смарт-контракты и другие.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационного исследования состоит в разработке и обосновании моделей и алгоритмов принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности закупочных процедур с использованием технологии блокчейн.

В соответствии с сформулированной целью основными задачами диссертационного исследования являются:

- Проведение критического сравнительного анализа существующих подходов к оценке эффективности использования современных информационных технологий при проведении закупочных процедур;
- Формализация моделей, методов, критериев и показателей эффективности процессов проведения закупочных процедур;
- Формирование подходов для обоснования целесообразности использования современных информационных технологий при проведении закупочных процедур;
- Разработка алгоритма оценки эффективности использования информационных технологий, применяющихся для автоматизации процессов проведения закупочных процедур;
- Формирование практических рекомендаций по расчету, обоснованию и использованию моделей, алгоритмов и показателей эффективности применения информационных технологий при оценивании их влияния на процессы проведения закупочных процедур и принятия соответствующих управленческих решений.

Методологическая база исследования включает в себя научные основы системного анализа, менеджмента, теории многокритериального выбора, а также модели, методы и алгоритмы исследования операций и бизнес-процессов.

В качестве инструментария для проверки гипотез в диссертации используются методы экспертной оценки и имитационного моделирования в программной среде информационного продукта AnyLogic. Основой для проведения экспертной оценки является метод многокритериального анализа, предложенный в работе Павлова А. Н.[2] и предусматривающий построение обобщенного показателя эффективности сложного процесса с использованием нечетко-возможностной свертки, которая основана на нечетких измерениях и нечетких интегралах. Данный метод позволяет гибко учитывать нелинейный

[2] Pavlov, A. N. The Technique of Multicriteria Decision-Making in the Study of Semi-structured Problems / A. N. Pavlov, D. A. Pavlov, A. A. Pavlov, A. A. Slin’ko // Cybernetics and Mathematics Application in Intelligent Systems: Proceedings of the 6th Computer Science On-line Conference (CSOC2017), Vol.2. Series “Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer International Publishing AG, 2017. – P. 131-140.

характер влияния частных показателей эффективности (индикаторов) на значения обобщенного показателя эффективности.

Научная новизна данного исследования заключается в развитии методологических и методических основ проведения оценки и многокритериального анализа эффективности использования современных информационных систем при проведении закупочных процедур, а именно:

1. Проведен анализ научных работ, опубликованных в области оценки эффективности использования информационных систем, на основании которого определен список малоисследованных проблем и областей развития.

2. Систематизирована информация о существующих способах оценивания эффективности использования информационных технологий и систем при проведении закупочных процедур и на этой основе обоснован предлагаемый в диссертации подход к решению исследуемых в ней задач.

3. Проведен критический сравнительный анализ различных информационных систем, использующихся при проведении закупочных процедур, в том числе инновационных программных продуктов, включающих использование технологии блокчейн и смарт-контрактов, описаны достоинства и возможные ограничения данных технологий, а также определены их области применения.

4. Формализован и обоснован набор критериев и показателей эффективности, которые могут быть использованы для выбора наиболее предпочтительного программного обеспечения, автоматизирующего процесс проведения закупочных процедур.

5. Предложен алгоритм принятия управленческих решений в процессе проведения закупочных процедур, который применен для оценки эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов в закупках.

6. Разработана агентно-ориентированная имитационная модель процесса проведения закупочных процедур, включающая бизнес-процессы с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов и позволяющая моделировать различные варианты процесса осуществления закупочной деятельности, а также оценивать ее эффективность.

7. Проведено экономическое обоснование целесообразности применения технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур для различных сценариев реализации возмущающих воздействий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Систематизированы существующие подходы к оцениванию эффективности процессов проведения закупочных процедур;
2. Разработан алгоритм принятия решений об использовании новых информационных технологий при проведении закупочных процедур;
3. Разработана и программно реализована агентно-ориентированная имитационная модель для оценивания и анализа эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур;
4. Сформирован и обоснован состав показателей и критериев оценивания эффективности бизнес-процесса проведения закупочных процедур при внедрении и использовании технологии блокчейн и смарт-контрактов
5. Проведено экономическое обоснование целесообразности применения технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведения закупочных процедур для различных сценариев реализации возмущающих воздействий.

Теоретическая значимость исследования заключается в систематизации информации о моделях и методах оценки эффективности использования современных информационных технологий при проведении закупочных процедур; формировании алгоритма принятия управленческих решений в компаниях на примере принятия решений о применении технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур; формализации критериев и показателей эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур. Представленные в работе модели, методы, критерии и показатели эффективности будут способствовать принятию экономически обоснованных управленческих решений.

Эмпирические результаты подтверждают обоснованность применения метода экспертной оценки для ранжирования критериев и показателей эффективности применения современных информационных технологий при

проведении закупочных процедур и свидетельствуют о том, что не все потенциальные преимущества, заявляемые разработчиками информационных систем (ИС), оцениваются бизнесом, как качества ИС, имеющие реальную ценность применительно к задаче повышения эффективности проведения закупочных процедур.

Практическая значимость исследования состоит в том, что результаты диссертационного исследования могут быть использованы при обосновании необходимости применения современных информационных технологий (в том числе технологии блокчейн и смарт-контрактов) при проведении закупочных процедур подразделениями закупок отечественных и зарубежных компаний, в том числе:

- при моделировании информационных и финансовых потоков в процессе проведения закупок товаров и услуг;
- при расчете показателей трудозатрат в зависимости от используемого при проведении закупочных процедур программного обеспечения;
- при формировании и ранжировании критериев и показателей, с помощью которых осуществляется оценивание эффективности использования информационных систем применительно к задачам снабжения.

Результаты диссертационного исследования демонстрируют, что существует ряд ситуаций, для которых применение современных информационных технологий при проведении закупочных процедур (в частности применение технологии блокчейн и смарт-контрактов) может быть необоснованным и приведет к дополнительным издержкам, которые нивелируют весь положительный эффект от автоматизации бизнес-процессов в данной области.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования были представлены на следующих российских и международных научных конференциях:

1. XIX Международная научно-практическая конференция «Логистика: современные тенденции развития». Доклад: «Analysis of efficiency procurement

procedures based on blockchain technology» (2-3 апреля 2020, Санкт-Петербург, ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова).

2. Conference – The 2nd Computational Methods in Systems and Software 2018. Доклад: «Comparison of ERP Systems with Blockchain Platform» (12-13 сентября 2018).

3. XVII Международная научно-практическая конференция «Логистика: современные тенденции развития». Доклад: «Применение технологии Blockchain при проведении закупочных процедур» (12-13 апреля 2018, Санкт-Петербург, ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова).

Отдельные результаты диссертационного исследования в части разработки процессной модели проведения закупочных процедур были использованы в компании ПАО «Газпром-нефть» для разработки нормативной документации.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, разделенных на параграфы, заключения, списка литературы из 209 наименований, а также четырех приложений. В работе представлено 22 таблицы и 29 рисунков. Общий объем диссертации составляет 178 страниц.

В главе 1 проводится анализ литературных источников, посвященных вопросам оценки эффективности и целесообразности использования информационных систем, а также цифровизации и автоматизации в области проведения закупочных процедур; формализуются и систематизируются проблемы, не нашедшие отражения в исследуемых работах; анализируются современные информационные и управленческие решения, применяющиеся для автоматизации бизнес-процессов компаний; описываются их достоинства и недостатки. Исследуются работы, посвященные перспективам развития технологии блокчейн и смарт-контрактов, для оценки потенциала использования данной технологии при проведении закупочных процедур.

Глава 2 посвящена формированию алгоритма принятия управленческих решений (оценивания эффективности) на основании многокритериального анализа при проведении закупочных процедур. В разделах данной главы рассматриваются модели и методы анализа данных в логистике снабжения; приводится обоснование

применения методов многокритериального анализа и имитационного моделирования для оценивания эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур; предлагается алгоритм проведения оценки эффективности, основанный на функциональном цикле логистики снабжения, а также моделях и методах, использующихся для проведения оценки эффективности логистических процессов.

В главе 3 проводится оценка эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур. Для этого проводится дальнейшая детализация и конкретизация при описании алгоритма проведения закупки в рамках открытого конкурентного отбора; анализируются несколько возможных вариантов его реализации, в том числе с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов; приводятся результаты имитационного моделирования процессов реализации данного алгоритма в рамках трех сценариев (стандартного, рискового и оптимистического); предлагаются показатели и критерии эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур; приводится пример расчета показателей, основанный на данных подразделения закупок одной из крупных российских компаний.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Анализ литературных источников, посвященных использованию современных информационных технологий при проведении закупочных процедур

Обобщая анализ научных работ, посвященных оценке и повышению эффективности бизнес-процессов закупочных процедур за счет использования современных информационных технологий (технологии индустрии 4.0 - большие данные, машинное обучение, интернет вещей, блокчейн, смарт-контракты и другие), можно выделить ряд проблем, на которые необходимо акцентировать наибольшее внимание. К таким проблемам можно отнести:

во-первых, недостаточное внимание авторов к современным тенденциям цифровизации (к ним относятся технология блокчейн и смарт-контракты, большие данные, промышленный интернет вещей, цифровые двойники и другие современные и перспективные информационные технологии и системы);

во-вторых, отсутствие доступной для бизнес-аналитиков и менеджеров полноценной и достоверной информации о возможностях применения «цифровых» технологий при проведении закупочных процедур;

в-третьих, не уделяется достаточного внимания вопросам экономического обоснования эффективности использования подобных технологий в процессах, связанных с проведением закупочных процедур;

в-четвертых, отсутствие методов оценки влияния внешних факторов, таких как несовершенство технологий, наличие всеобъемлющей законодательной базы, налоговое регулирование и другие.

Также стоит обратить внимание на то, что для оценки эффективности использования информационных технологий применяется ограниченный набор методов и информационных систем анализа данных; данные формируются на основании результатов экспертных опросов, в которых число респондентов не превышает ста человек; результаты расчетов, как правило, представлены в виде корреляции и не позволяют оценить фактический вклад информационных технологий в развитие бизнеса, выраженный в финансовых показателях.

Таким образом, из обобщенного анализа литературы можно сделать вывод о том, что наиболее актуальными проблемами исследований в области использования информационных технологий в закупках являются: отсутствие экономического обоснования эффективности использования подобных технологий; несовершенство технологий и влияние внешних факторов; высокая скорость изменения технологий; ограниченность применяемых моделей и методов оценки, которым и будет уделено основное внимание.

2. Формирование алгоритма принятия управленческих решений в закупках

Для оценки эффективности использования современных информационных технологий и обеспечения принятия эффективных управленческих решений при проведении закупочных процедур применяются различные модели и методы. Выбор конкретных моделей и методов зависит от процесса, в рамках которого принимается то или иное управленческое решение. Процесс принятия подобных управленческих решений в логистике снабжения можно представить следующим образом:

1. Определение этапа проведения закупки, требующего принятия организационно-управленческого решения;
2. Определение моделей и методов, которые могут быть применимы для анализа указанного этапа;
3. Проведение анализа возможных вариантов принятия решений;
4. Подготовка обоснования принятия организационно-управленческого решения на базе результатов проведенного анализа;
5. Принятие и реализация утвержденного решения.

Совокупность функциональных циклов и моделей и методов, декомпозированных до конкретных этапов проведения закупочных процедур, можно представить в виде следующего алгоритма принятия управленческих решений (рисунок 1).

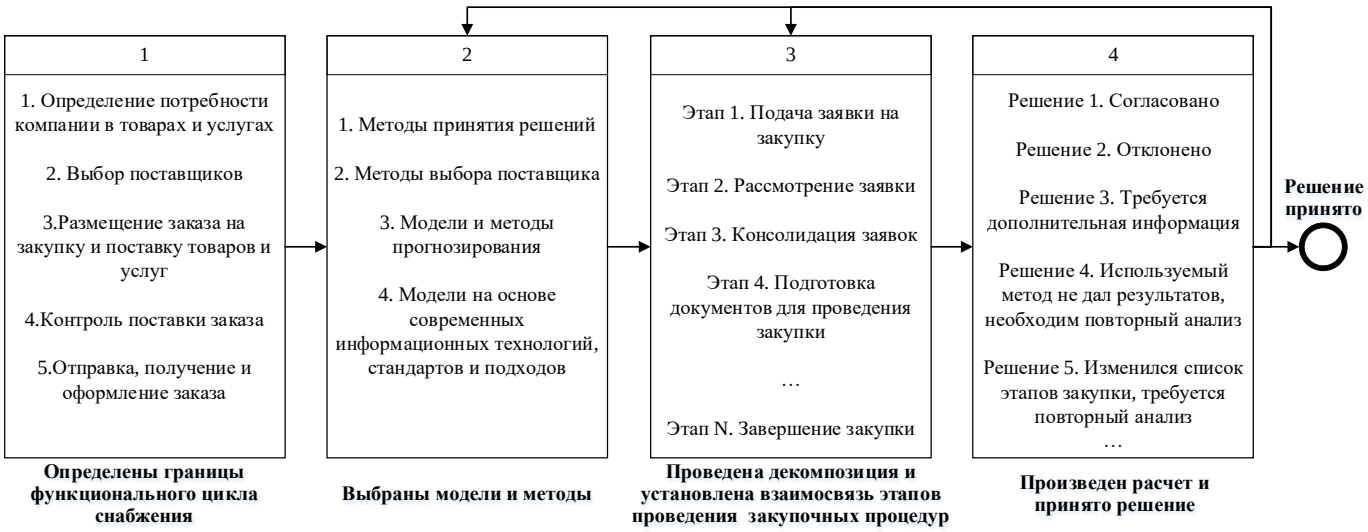

Рисунок 1 – Основные этапы реализации алгоритма принятия управленческих решений в процессе проведения закупочных процедур

Источник: составлено автором

В рамках предлагаемого алгоритма принятия управленческих решений возможен возврат к предыдущим этапам, так как при переходе на этап принятия решений может появиться новая информация, которая изначально не была учтена, либо поступившие исходные данные и информация не обладают требуемой степенью полноты, определенности и достоверности, что приводит к необходимости их уточнения и детализации. Также возможно изменение набора исследуемых этапов закупки, либо полученные результаты не дают однозначного ответа на исследуемый вопрос. В зависимости от ситуации возможен возврат как к выбору конкретного метода принятия управленческого решения, так и к анализу конкретных этапов, после чего будет повторное рассмотрение вопроса о принятии или не принятии конкретного управленческого решения.

Предложенный алгоритм принятия решений можно использовать как при проведении закупочных процедур, так и в других направлениях, например, для принятия оптимизационных решений в хозяйственной деятельности компании.

Необходимо учитывать, что для отдельных логистических процессов предложенные модели и методы могут быть не применимы, либо потребуют значительных трудозатрат, что может привести к увеличению сроков принятия

решений. К ним можно отнести процессы, предполагающие высокий уровень неопределенности и вариативности возможных решений. В таком случае более целесообразным представляется использование многокритериальных моделей и методов решения задач, а также инструментов имитационного моделирования.

3. Применение методов многокритериального анализа для оценки эффективности использования технологии блокчейн в закупках

Конкретизацию и верификацию разработанного алгоритма принятия управленческих решении в работе предлагается проводить с использованием комбинированного метода многокритериального оценивания и анализа сложных объектов и процессов (СОП), представленного в работе Павлова А.Н.[2] Теоретическая значимость и практическая ценность предложенного метода состоит в следующем:

во-первых, предлагаемое в рамках данного метода использование вместе с количественной также и качественной (нечеткой) информации об эффективности функционирования СОП существенно повышает обоснованность выводов и принимаемых управленческих решений;

во-вторых, разработанный подход позволяет осуществить формализацию явной и неявной экспертной информации, представленной на естественном для эксперта языке путем введения лингвистических переменных, которые предоставляют возможность более адекватно отобразить приблизительное словесное описание объективно существующей критериальной неопределенности, и обработать знания экспертов методами теории планирования эксперимента;

в-третьих, предложенный метод предоставляет возможность формализовать опыт эксперта (группы экспертов) в виде прогностических моделей в многомерном пространстве количественных и качественных показателей эффективности СОП.

В диссертации данный метод применяется для выбора наилучшего программного продукта, ориентированного на технологии блокчейн и смарт-контрактов с использованием соответствующих критериев и показателей, сформированных на основании рассмотренных литературных источников. В

указанный список вошли качественные и количественные показатели и критерии, позволяющие на конструктивном уровне оценить такие системные свойства процессов проведения закупочных процедур как надежность; проработанность бизнес-логики; целостность информации; прозрачность процессов; интегрируемость. Данные для анализа были получены с помощью проведения экспертного опроса, в котором приняло участие 12 специалистов, занимающихся внедрением современных информационных технологий в крупных российских компаниях (в том числе технологии блокчейн в закупках), с опытом работы не менее 5 лет. Результаты экспертного опроса на приведены в таблице 1. Расчет коэффициентов λ представлен в таблице 2. Результаты расчета результирующего показателя F_{res} отражены на рисунке 2.

Таблица 1 – Результаты экспертного опроса

№ п/п	**Блокчейн-система**	**СК 1**	**СК 2**	**СК 3**	**СК 4**	**СК 5**
1	Cuber Wallet	1	1	1	-1	-1
2	Public Notary.	1	1	1	1	1
3	Guardtime	1	1	-1	-1	1
4	Crypto Valley	1	-1	1	1	1
5	Land Cadastre of Georgia	1	1	1	1	1
6	GOV.UK	-1	1	-1	1	-1
7	Dubai Smart Government	1	1	1	1	1
8	Cool Simply VitalHealth	-1	-1	1	-1	-1
λ	-	0,51	-0,24	0,46	0,31	0,34

Источник: составлено автором

Таблица 2 – Расчет коэффициентов λ

№	λF_1F_2	λF_1F_3	λF_1F_4	λF_1F_5	λF_2F_3	λF_2F_4	λF_2F_5	λF_3F_4	λF_3F_5	λF_4F_5	$\lambda F_1F_2F_3F_4F_5$
1	-0,7	0,7	-0,7	-0,7	-0,7	0,7	0,7	-0,7	-0,7	0,7	-0,7
2	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
3	0,8	-0,8	-0,8	0,8	-0,8	-0,8	0,8	0,8	-0,8	-0,8	0,8
4	-0,9	0,9	0,9	0,9	-0,9	-0,9	-0,9	0,9	0,9	0,9	-0,9
5	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
6	0,7	0,7	-0,7	0,7	0,7	-0,7	0,7	-0,7	0,7	-0,7	0,7
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
λ	-0,21	0,49	0,29	0,66	-0,26	-0,41	-0,04	0,34	0,31	0,46	-0,21

Источник: составлено автором

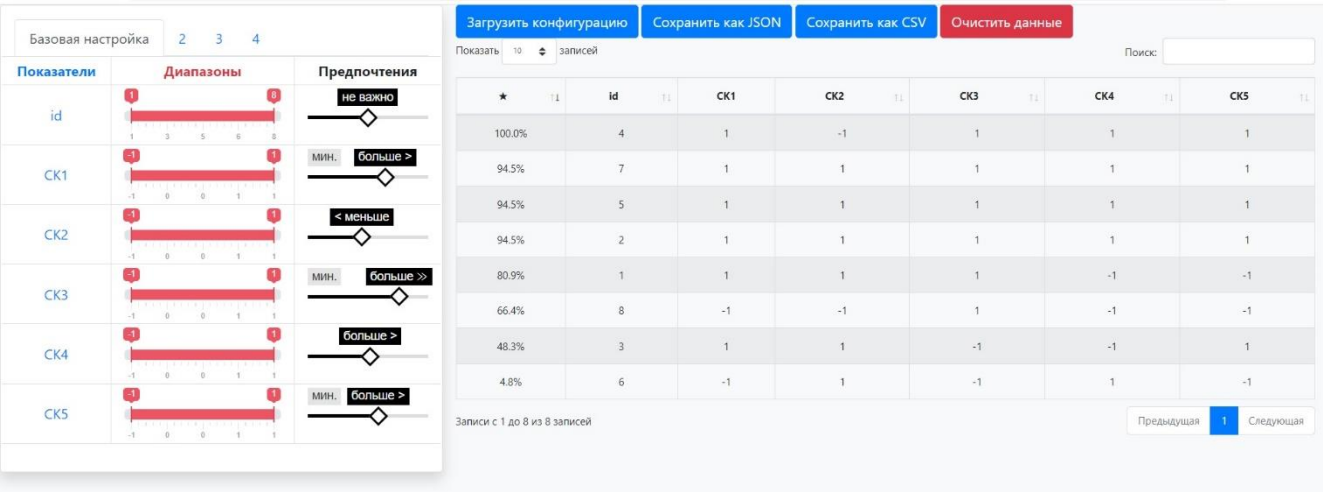

Рисунок 2 – Результаты многокритериального анализа блокчейн-систем

Источник: составлено автором

На основании анализа полученных результатов экспертного оценивания, представленных с помощью нечетко-продукционных высказываний и обработанных методами теории планирования экспериментов, были получены значения обобщенного показателя эффективности F_{res}, была выбрана наиболее предпочтительная блокчейн система Crypto Valley, а также определены три основных положительных эффекта для бизнеса от использования технологии блокчейн и смарт-контрактов:

1. Повышение надежности хранения информации, получаемой при проведении закупочных процедур, что минимизирует риск её утраты или попадания в руки третьих лиц, как следствие, возможной остановки бизнеса или финансовых, временных и репутационных потерь.

2. Повышение уровня целостности хранимой информации, которое, в свою очередь, приводит к повышению уровня её защищенности и уменьшению риска фальсификации. Целостность также подразумевает технологически гарантированную невозможность изменения сохраненной информации без ведома участников логистической цепи и однозначное определение попыток фальсификации.

3. Интегрируемость различных потоков информации в единую информационную систему на базе технологии блокчейн и смарт-контрактов, что

позволяет повысить скорость взаимодействия между участниками логистической цепочки и качество данных, используемых для дальнейшего анализа и прогнозирования событий в данной цепочке, в том числе при проведении закупочных процедур.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования предложенного метода многокритериального анализа в задачах принятия управленческих решений при проведении закупочных процедур, а также о наличии положительных эффектов от использования технологии блокчейн и смарт-контрактов. Однако для повышения уровня их обоснованности также требуется расчет количественных показателей эффективности.

4. Формализация алгоритма проведения закупочных процедур

Для оценки эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов в процессе проведения закупочных процедур, согласно предложенному ранее алгоритму, исследуемый процесс должен быть представлен в виде набора этапов. В работе выделены следующие этапы проведения закупочных процедур:

Этап 1. Формирование документации по закупке, в том числе, конкретных критериев и показателей эффективности закупки.

Этап 2. Согласование документов и критериев закупки.

Этап 3. Публикация закупки на официальном сайте (или электронной торговой площадке) компании и информирование контрагентов.

Этап 4. Регистрация контрагентов на официальном сайте (или электронной торговой площадке) компании для участия в процедуре закупки.

Этап 5. Формирование предложений контрагентов к опубликованной закупке.

Этап 6. Приём и вскрытие предложений контрагентов.

Этап 7. Оценка и сопоставление предложений контрагентов и выбор победителя закупочной процедуры.

Этап 8. Формирование итогового заключения о результатах закупки и подписание договора с компанией-победителем.

Этап 9. Подготовка аналитики по результатам проведенной закупки.

Данные этапы можно декомпозировать и разделить на три группы: общие этапы процесса; этапы процесса с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов; этапы процесса без использования технологии блокчейн и смарт-контрактов (таблица 3).

Таблица 3 – Перечень и содержание основных этапов процесса осуществления закупки товаров/услуг

№	**Общие этапы процесса закупок**	**Этапы процесса закупок с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов**	**Этапы процесса закупок без использования технологии блокчейн и смарт-контрактов**
1	Согласование документации	Внесение записи в распределенный реестр о закупках	Проверка подготовленной документации
2	Анализ целесообразности проведения закупки	Проверка записи узлом-аудитором	Корректировка документации
3	Анализ рынка	Формирование Смарт-контракта на осуществление закупки	Публикация информации о проведении закупки на сайте компании
4	Формирование технического задания и критериев отбора	Корректировка записи	Уведомление контрагентов о Проведении закупки по телефону
5	Формирование проекта отбора	Согласование записи	Рассылка уведомлений о проведении закупки Контрагентам, по электронной почте
6	Определение типа и вида закупки	Автоматическая рассылка о проведении закупки Контрагентам (КА), Зарегистрированным в блокчейн системе закупок	Регистрация поданных предложений контрагентов в системе компании, вручную.
7	Подписание документов на отбор у руководителя	Автоматическая регистрация предложений КА в блокчейн-сети	Проверка предложений на соответствие условиям документации, вручную
8	Инициализация закупочного процесса	Автоматическая проверка предложений на соответствие условиям смарт-контракта	Ранжирование поданных предложений, вручную
9	Формирование документации к закупке	Автоматическое ранжирование предложений	Выбор победителя, вручную
10	Вскрытие поданных предложений	Автоматический выбор победителя, на основании условий смарт-контракта (СК)	Составление договора, вручную

№	Общие этапы процесса закупок	Этапы процесса закупок с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов	Этапы процесса закупок без использования технологии блокчейн и смарт-контрактов
11	Корректировка предложений, вручную	Формирование договора, на основании шаблона из смарт-контракта	Отправка договора на подписание КА, по почте
12	Процесс завершен	Автоматическая отправка договора на подписание КА	Отправка договора на подписание КА, по электронной почте
13	Процесс завершен	Подписание договора контрагентом, с помощью электронной цифровой подписи	Подписание договора контрагентом, вручную
14	Процесс завершен	Автоматическое отслеживание отчетности по исполнению условий договора, с помощью СК	Отслеживание отчетности по исполнению условий договора, вручную
15	Процесс завершен	Автоматическое согласование акта приемки работ/услуг	Согласование акта приемки работ/услуг, вручную
16	Процесс завершен	Процесс завершен	Архивация документов по закупке

Источник: составлено автором

На основании данных в таблице 3 можно сделать вывод, что процесс осуществления закупки товаров и услуг с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов имеет высокую степень вариативности, при этом на каждом из этапов необходимо учитывать большое количество параметров, что приводит к необходимости определения конкретного метода анализа, позволяющего учитывать сразу несколько критериев и показателей эффективности. Исходя их этого, было принято решение использовать современные инструменты автоматизации компьютерного моделирования при построении и использовании агентно-ориентированной имитационной модели для исследования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур.

Для оценки эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур было выбрано программное обеспечение (программный продукт) имитационного моделирования AnyLogic. Разработанная с его помощью имитационная модель представлена на рисунке 3.

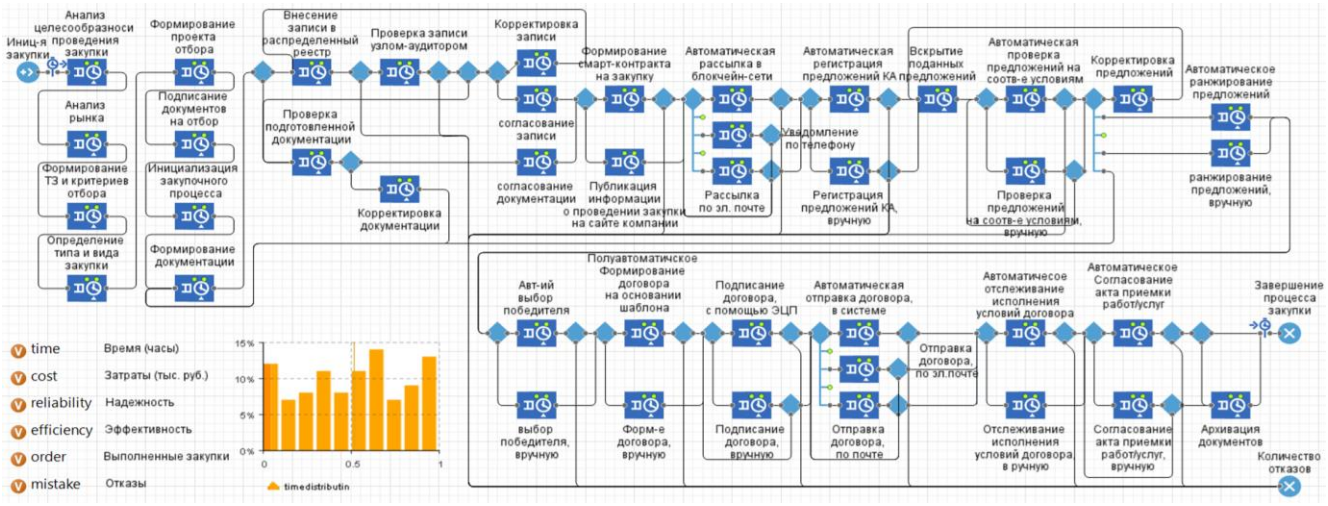

Рисунок 3 – Агентно-ориентированная имитационная модель процесса закупок с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов

Источник: составлено автором

С помощью данного программного продукта было проанализировано 8 различных сценариев: Стандартный с использованием технологии блокчейн (ССТБ); Стандартный без использования технологии блокчейн (СбезТБ); Стандартный с частичным использованием технологии блокчейн (ССТБ(ч)); Рисковый с использованием технологии блокчейн (РсТБ); Рисковый без использования технологии блокчейн (РбезТБ); Оптимистический с использованием технологии блокчейн (ОсТБ); Оптимистический без использования технологии блокчейн (ОбезТБ); Оптимистический с частичным использованием технологии блокчейн (ОсТБ(ч)).

Стандартный сценарий позволяет оценить эффективность в первый год после внедрения новой информационной системы, когда бизнес-процессы её сопровождения не до конца отлажены, а бизнес-пользователи ещё не адаптировались к изменениям и не могут самостоятельно (без привлечения системных и прикладных программистов) решать возникающие в процессе работы проблемы. В рамках рискового сценария моделируется трёхкратный рост вероятности возникновения возвратных потоков по отношению к стандартному сценарию проведения закупки. В оптимистическом сценарии оценивается эффективность бизнес-процессов в случае, когда все операции по сопровождению

информационной системы выполняются согласно принятому регламенту, а пользователи обучены и самостоятельно могут вносить изменения в закупочные процедуры.

При расчете показателей эффективности в сценариях использования технологии блокчейн и смарт-контрактов учитываются общие капитальные затраты на внедрение информационной системы и операционные затраты на её сопровождение, а в сценариях без использования данных технологий учитываются только затраты на фонд оплаты труда сотрудников подразделения закупок. Сводные результаты имитационного моделирования приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты имитационного моделирования процесса проведения закупочных процедур в стандартном, рисковом и оптимистическом сценариях

Сценарий	**Время, тыс. часов**	**Затраты, млн. руб.**	**Количество выполненных закупок, ед.**	**Отказов, ед.**	**Количество корректировок, ед.**	**Закупок выполнено в срок, %**
СсТБ	106,1	138,7	771	229	492	77,1%
СбезТБ	165,8	183,2	652	348	759	65,2%
СсТБ(ч)	141	167	593	407	687	59,3%
РсТБ	114,7	159,7	650	350	3298	65,0%
РбезТБ	**254**	**272,3**	**535**	**465**	**3737**	**53,5%**
ОсТБ	**106,9**	**144,2**	**782**	**218**	**238**	**78,2%**
ОбезТБ	164,1	181,1	667	333	664	66,7%
ОсТБ(ч)	142,6	168,7	681	319	342	68,1%

Источник: составлено автором

Совокупность результатов, полученных в условиях реализации рискового сценария, демонстрирует большую эффективность систем на базе технологии блокчейн и смарт-контрактов по сравнению с классическими информационными решениями, требующими непосредственного участия человека, что доказывает оправданность их внедрения в конкретном сценарии. Результаты оптимистического сценария также демонстрируют высокий потенциал технологии в ближайшем будущем, когда все первоначальные проблемы будут устранены и система будет работать полностью без участия человека внутри процесса. В данном случает экономия временных и финансовых затрат может составить от двадцати до пятидесяти процентов, а количество корректировок снизится более чем в 2 раза.

При соответствующих целях компаний (минимизация рисков, внедрение новых технологий, автоматизация процессов и повышение их эффективности) информация о представленных выше результатах может склонить руководителей к принятию решения о внедрении технологии блокчейн и смарт-контактов в процесс проведения закупочных процедур.

5. Формирование критериев и показателей эффективности использования технологии блокчейн при проведении закупочных процедур

Для подтверждения эффективности использовании технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур и повышения уровня достоверности результатов, полученных в рамках имитационного моделирования, было необходимо сформировать независимый набор критериев и показателей эффективности, которые могут быть использованы для принятия управленческих решений в области проведения закупок.

В исследовании министерства цифрового развития Российской Федерации указывается, что информационные системы, использующие технологию блокчейн и смарт-контрактов, должны соответствовать ожиданиям рынка в части таких показателей как уровень пропускной способности системы; безопасность хранения данных; наличие ресурсов и инструментов, необходимых для создания и аудита смарт-контрактов; время интеграции системы и других[3]. На основании данного исследования, а также экспертного опроса сотрудников подразделений информационных технологий, занимающихся вопросами внедрения технологии блокчейн и смарт-контрактов, был сформирован набор критериев эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур, а также предложены формулы расчета соответствующих показателей по данным критериям. Список критериев и расчетные зависимости для вычисления значений соответствующих показателей приведены в таблице 5.

---

[3] Минцифры. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: https://digital.gov.ru/ru/documents/6670/ [дата обращения 15.08.2020].

Таблица 5 – Расчетные зависимости проведения количественной оценки показателей эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов в закупках

Критерий эффективности	**Формула расчёта**
1. Сокращение сроков выполнения операций процесса проведения закупки, в %	$R = 1 - \frac{t_1 * Q_1}{t_2 * Q_2}$, где Q – общее количество операций; t – среднее сквозное время выполнения операций; *1* – показатель, получаемый при применении технологии блокчейн; *2* – текущий показатель.
2. Снижение трудоёмкости процесса проведения закупки, в %	$R = 1 - \frac{N_1}{N_2}$, где N – количество производственно-штатных единиц (ПШЕ) (может быть выражено так же в стоимостном эквиваленте при использовании информации по фонду оплаты труда (ФОТ) или через расчет эквивалента полной занятости сотрудников (FTE)).
3. Снижение уровня «дефектности» процесса проведения закупки, в %	$R = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$, где Q – среднее количество ошибок на 1 закупку в ходе реализации процесса.
4. Сокращение операционных затрат на проведение закупки, в %	$R = 1 - \frac{N}{N + \Delta ФОТ_{(З)} + \Delta ФОТ_{(ИТ)} + Q}$, где N – сумма затрат подразделения на содержание функции Закупок; $\Delta ФОТ_{(З)}$ – изменение ФОТ функции Закупок, связанное с сокращением трудозатрат на процесс вследствие внедрения технологий; $\Delta ФОТ_{(ИТ)}$– изменение ФОТ функции ИТ, связанное с необходимостью найма дополнительных ИТ-специалистов для обеспечения работоспособности технологии блокчейн; Q – сумма дополнительных издержек на использование технологии блокчейн.
5. Увеличение охвата аудитории потенциальных подрядчиков, привлекаемых в процессе закупки, в %	$R = 1 - \frac{N_2}{N_1}$, где N – общее количество участников закупок.
6. Сокращение стоимости закупаемых товаров и услуг, в %	$R = \frac{Q_2}{Q_1}$, где Q – общий объем расходов на закупки.
7. Повышение качества подрядчиков и приобретаемых услуг в рамках проведения закупки, в %	$R = 1 - \frac{N_2}{N_1}$, где N – среднее количество повторно проводимых закупок.

На основании предложенных в таблице 5 формул для вычисления вышеуказанных показателей был произведен их расчет, основанный на исходных данных, предоставленных одной из крупных российских компаний, работающей в

нефтегазовой отрасли, в которой были внедрены технологии блокчейн и смарт-контактов. Штат сотрудников подразделения закупок в вышеуказанной компании превышает 500 человек, а фонд оплаты труда составляет более миллиарда рублей. Около 30 процентов закупок в данной компании проводился повторно. Для подтверждения корректности оценки в рамках экспертного опроса также были получены целевые значения показателей по критериям эффективности. Результаты расчета и целевой диапазон по критериям представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчета показателей эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур

Критерий эффективности	**Результат**	**Целевой уровень (диапазон)**
Сокращение сроков выполнения операций процесса проведения закупки	Сократились на 28,6%	Сокращение на 25-80%
Снижение трудоёмкости процесса проведения закупки	Снизилась на 13,5%	Снижение на 10-65%
Снижение уровня «дефектности» процесса проведения закупки	Снизился на 6%	Снижение на 5-40%
Сокращение операционных затрат на проведение закупки	Сократились на 9,3%	Сокращение на 0,5-7%
Увеличение охвата аудитории потенциальных подрядчиков, привлекаемых в процессе закупки	Сократился на 4,3%	Увеличение на 0,5-3%
Сокращение общей стоимости закупаемых товаров и услуг	Сократилась на 1,3%	Сокращение на 1-3%
Повышение качества подрядчиков и приобретаемых услуг в рамках проведения закупки	Снизилось на 18,8%	Повышение на 1-10%

Источник: составлено автором

Как видно из полученных результатов, экспертные оценки по критериям сокращения сроков выполнения операций, снижения трудоемкости, снижения дефектности и сокращения общей стоимости закупаемых товаров и услуг оказались достоверны (попали в указанный диапазон). При этом по показателю сокращения операционных затрат полученный результат превзошел ожидания экспертов, что говорит о консервативности экспертной оценки в данном направлении. Однако по показателям увеличения охвата аудитории и повышения качества подрядчиков можно констатировать отрицательный результат, что, скорее

всего, связано с новизной данной технологии и нежеланием отдельных компаний платить за её использование ради одной или нескольких сделок.

На основе приведенных результатов также был рассчитан потенциальный экономический эффект, возникающий при использовании данной технологии в закупках. Прямой экономический эффект, получаемый за счет оптимизации операционных затрат (затрат на оплату труда), составил 39 миллионов рублей в год; косвенный экономический эффект, достигающийся через снижение уровня «дефектности» и сокращение трудоемкости и сроков проведения операций, был оценен в диапазоне от 78 до 112 миллионов рублей в год. Расчет инвестиционной привлекательности проводился на горизонте пяти лет и учитывал ставку дисконтирования в размере 9% годовых.

Кроме представленных выше критериев и показателей эффективности в работе также приводятся критерии и показателей эффективности целесообразности использования технологии блокчейн и смарт контрактов в закупках, основанные на показателях объема товарооборота и общих затратах (TCO - total cost of ownership), возникающих в процессе проведения закупочных процедур. Так целесообразность использования вышеуказанных технологий возникает только при взаимодействии нескольких крупных компаний (трех и более) с суммарным товарооборотом в несколько миллиардов рублей (не менее четырех-пяти) и TCO процесса проведения закупочных процедур более двухсот миллионов рублей. При этом минимальные затраты на внедрение информационной системы на базе технологии блокчейн и смарт-контрактов оцениваются экспертами в 50-70 миллионов рублей.

Таким образом, использование технологии блокчейн и смарт-контрактов в ряде случаев повышает эффективность проведения закупочных процедур, однако для принятия соответствующего управленческого решения необходимо провести расчет показателей эффективности, либо разработать имитационную модель, позволяющую оценить изменения количественных и качественных характеристик оптимизируемого бизнес-процесса. Исключив данные шаги компания может понести значительные финансовые и репутационные издержки, связанные с новизной и несовершенством данной технологии.

III. Основные выводы работы

1. Существующие подходы к оценке эффективности внедрения информационных технологий в закупках основаны на методах анализа данных, полученных в ходе проведения экспертного опроса. Использование других источников информации не представляется возможным из-за новизны и скорости появления современных информационных технологий.

2. Цифровизация закупочных процедур подразумевает не только переход на новые информационные технологии (в частности технологию блокчейн и смарт-контрактов), но и изменение самих бизнес-процессов, так как от них напрямую зависит качество работы внедряемых программных продуктов.

3. Высокая зависимость информационных технологий от качества бизнес-процессов не позволяет однозначно оценить их вклад в повышение эффективности производственных процессов компаний. Поэтому, для повышения достоверности оценки эффективности их внедрения, необходимо совместно использовать количественные и качественные показатели и соответствующие модели, а также субъективные оценки, полученные от экспертов.

4. Предложенный в работе алгоритм принятия решений при проведении закупочных процедур позволяет оценить эффективность этапов закупки товаров и услуг с использованием и без использования новых информационных технологий, а также способствует принятию экономически обоснованных управленческих решений в закупках.

5. Анализ результатов использования традиционных подходов, моделей и методов оценки эффективности бизнес-процессов при проведении закупок не обеспечивает необходимый уровень обоснованности и достоверности при оценивании эффективности использования технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур. Для проведения такой оценки требуется разработка многокритериальных агентных систем с применением инструментов имитационного моделирования.

6. Предложенный в работе Павлова А. Н.[1] метод многокритериального анализа может быть использован для принятия решений о выборе программных

продуктов на основе технологии блокчейн и смарт-контрактов при проведении закупочных процедур.

7. Основными преимуществами технологии блокчейн и смарт-контрактов при цифровизации закупок являются повышение надежности системы хранения данных; повышение качества и защищенности данных; минимизация риска их фальсификации.

8. Применение технологии блокчейн является целесообразным для компаний, в которых показатель товарооборота по закупаемым товарам и услугам превышает четыре-пять миллиардов рублей, а общие затраты на проведение закупочных процедур составляют не менее двухсот миллионов рублей.

9. Использование технологии блокчейн и смарт-контрактов в бизнес-процессах проведения закупочных процедур может быть целесообразно для решения задач сокращения сроков выполнения операций; снижения их трудоёмкости и уровня «дефектности»; сокращения операционных затрат и общей стоимости закупаемых товаров и услуг.

10. Результаты, полученные с применением разработанного алгоритма оценивания закупочных процедур с использованием технологии блокчейн и смарт-контрактов, созданной агентно-ориентированной имитационной модели процесса закупок, а также проведения расчетов на основе предложенных показателей и критериев эффективности, подтверждают новизну и практическую значимость представленного в диссертационной работе научно-методического аппарата принятия управленческих решений при осуществлении закупочной деятельности.

IV. Список публикаций по теме диссертации

А. Работы, опубликованные автором в изданиях, индексируемых в Scopus:

1. Kolosov, A. Blockchain technology as a platform for integrating corporate systems (Технология блокчейн, как платформа для интеграции корпоративных систем) / A. Kolosov, B. Sokolov // Automatic Control and Computer Sciences. – 2021. – Vol. 56. – No. 3. – P. 234-242 – 0,79 п.л. (личный вклад – 0.6 п.л.). (Q3, 2020, SJR[4]).

Б. Работы, опубликованные автором в изданиях, включенных в список журналов высокого уровня, подготовленный в НИУ ВШЭ:

1. Колосов А.М. Повышение эффективности логистики снабжения на основе технологий блокчейн // Логистика и управление цепями поставок. – 2020. – № 3(98). – С. 51-56. – 0,77 п.л.

2. Колосов А.М. Перспективы технологии blockchain применительно к автоматизации процессов закупочной деятельности // Логистика и управление цепями поставок. – 2018. – № 6(89). – С. 31-38. – 0,81 п.л.

В. Другие публикации по теме диссертации:

Kolosov, A. Comparison of ERP systems with blockchain platform (Сравнение ERP-систем с блокчейн-платформой) / B. Sokolov, A. Kolosov // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Vol. 860. – P. 240-247.

[4] URL: https:// www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=24906&tip=sid&clean=0 (Дата обращения: 20.05.2021).