

# ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ INVESTMENT AND INNOVATIONS

УДК 332.72; 004.041

DOI 10.52575/2687-0932-2023-50-4-781-791

## Цифровой реинжиниринг моделей бизнес-процессов на основе их метрик качества

Казakov О.Д., Азаренко Н.Ю., Лысенко А.Н.

Брянский государственный инженерно-технологический университет,  
Россия, 241037, Брянская область, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, д. 3  
E-mail: it.kazakov@yandex.ru, salovanat@mail.ru, sasha14-09@mail.ru

**Аннотация.** Цифровой реинжиниринг моделей бизнес-процессов является инновационным инструментом повышения эффективности работы компаний в современных условиях цифровой трансформации. Несмотря на имеющиеся публикации по этой проблематике, недооценённой является проблема автоматической разработки цифровых моделей бизнес-процессов. В имеющихся работах недостаточно полно рассмотрен вопрос технологии автоматической оценки состояния бизнес-процессов, на основе которой можно было бы судить о необходимости проведения их реинжиниринга и устранения недостатков. Целью данного исследования является разработка метода цифрового реинжиниринга бизнес-процесса на основе его метрик качества. Авторами исследованы технологии создания виртуальной карты бизнес-процессов, расчета значений метрик качества бизнес-процесса, прогноза аномалий исполнения бизнес-процесса и реконструкции бизнес-процесса в автоматическом режиме. По результатам исследования предложен метод цифрового реинжиниринга бизнес-процесса с использованием соответствующих моделей машинного обучения. Полученные результаты вносят вклад в развитие технологии реинжиниринга бизнес-процессов на основе реализации обратной связи от их цифровых двойников.

**Ключевые слова:** метрики качества бизнес-процессов, прогноз аномалий исполнения бизнес-процесса, цифровой реинжиниринг, виртуальная карта бизнес-процессов

**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00180, <https://rscf.ru/project/23-28-00180/>

**Для цитирования:** Казakov О.Д., Азаренко Н.Ю., Лысенко А.Н. 2023. Цифровой реинжиниринг моделей бизнес-процессов на основе их метрик качества. Экономика. Информатика, 50(4): 781–791. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-4-781-791

## Digital Reengineering of Business Process Models Based on their Quality Metrics

Oleg D. Kazakov, Natalia Yu. Azarenko, Alexandra N. Lysenko

Bryansk State University of Engineering and Technology  
3 Stanke Dimitrova Pr-t, Bryansk, 241050, Russian Federation  
E-mail: it.kazakov@yandex.ru, salovanat@mail.ru, sasha14-09@mail.ru

**Abstract.** Digital reengineering of business process models is an innovative tool for improving the efficiency of companies in modern conditions of digital transformation. Despite the available publications on this issue, the problem of automatic development of digital models of business processes is underestimated. The existing works do not fully consider the issue of technology for automatic

assessment of the state of business processes, on the basis of which it would be possible to judge the need for their reengineering and elimination of deficiencies. The purpose of this study is to develop a method of digital reengineering of a business process based on their quality metrics. The authors investigated technologies for creating a virtual map of business processes, calculating the values of business process quality metrics, predicting anomalies in the execution of a business process and reconstructing a business process in automatic mode. Based on the results of the study, a method of digital reengineering of a business process using appropriate machine learning models is proposed. The obtained results contribute to the development of business process reengineering technology based on the implementation of feedback from their digital counterparts.

**Keywords:** business process quality metrics, forecast of anomalies in business process execution, digital reengineering, virtual map of business processes

**Acknowledgements:** The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-28-00180, <https://rscf.ru/project/23-28-00180/>.

**For citation:** Kazakov O.D., Azarenko N.Yu., Lysenko A.N. 2023. Digital Reengineering of Business Process Models Based on their Quality Metrics. Economics. Information technologies, 50(4): 781–791 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-4-781-791

---

## Введение

В настоящее время общемировой тенденцией стали процессы цифровизации. Несмотря на большое количество противоречий относительно процессов цифровой трансформации, ее грамотное проведение является залогом успешного функционирования предприятия и поддержания его конкурентоспособности. Данная статья посвящена теме диагностики и цифрового реинжиниринга бизнес-процессов. Актуальность таких исследований подтверждается возможностью выполнения компьютерных экспериментов, позволяющих оценить ситуацию и проанализировать варианты ее решения на виртуальной модели с минимальными финансовыми и трудовыми издержками.

Вопросы реинжиниринга бизнес-процессов в условиях цифровой трансформации освещены в трудах многих ученых со всего мира. Часть исследователей предлагают механизмы реинжиниринга бизнес-процессов предприятия на основе применения конкретных цифровых технологий, в частности в работе [Budiono & Loice, 2012] технологии реинжиниринга позволили повысить эффективность продаж в компании запчастей; [Goel, & Chen, 2008] в своей работе реинжинировали бизнес-процессы на основе ИКТ и компьютерных сетей. Другие же акцентируют внимание на получившей с 2000-х годов распространение технологии цифрового двойника предприятия, изучая его отдельные стороны, требования, положительные моменты, перспективы и т.д. К исследователям данной группы относятся [Borgianni, et al., 2015], которые разработали и представили в научной работе алгоритмическую модель для поддержки принятия решений, которая количественно соотносит этапы бизнес-процесса с его выходными данными со ссылкой на вклад в создание потребительской ценности, [Pattanayak, & Roy, 2015] рассматривали внедрение кросс-функциональных концепций, основанных на информационно-коммуникационных технологиях (ИКТ) таких, как планирование ресурсов предприятия (ERP), что органично интегрировало все функциональные области и привело к значительному улучшению бизнес-процессов, а также производительности компаний.

Подходы к пониманию реинжиниринга бизнес-процессов русскими учеными чаще сводятся к социально-экономическим преобразованиям на предприятии. До 2011 года инструменты реинжиниринга рассматривались как крайние меры по спасению предприятий от банкротства. При этом зарубежные ученые склонны рассматривать реинжиниринг в контексте цифрового развития с применением прорывных и инновационных технологий в

реалиях цифровой экономики, а именно: [Lee, et al., 2023] вводят понятие системы цифрового инклюзивного финансирования (DIF). Так, [Peng, Jiang, & Li, 2023] разработали математическую модель для измерения масштабов развития цифровой экономики и эффективности инноваций на предприятиях. Следует отметить, что [Tao, et al., 2023] разработали эталонную архитектуру программной платформы цифровых двойников на основе пятимерной модели цифровых двойников, моделирования цифровых двойников и теории данных цифровых двойников, стандартов цифровых двойников и т.д.). Авторами предлагается эталонная архитектура программной платформы цифровых близнецов – makeTwin, а также они определили десять основных функций цифрового двойника.

В частности, [Sunil Kumar, Harshitha, 2019] рассматривают понятие цифрового реинжиниринга, которое представляет собой актуализацию бизнес-модели предприятия с учетом достижений Индустрии 4.0 в части организации бизнеса. В статье [Perez, et al., 2022] разработана интегрированная платформа digital twin для бизнес-процессов цепочки поставок.

Таким образом, бизнес-процессы на предприятии постоянно совершенствуются в соответствии с появлениями новых достижений и разработок.

К таким достижениям можно отнести понятие цифровой реформации, под которой понимается совокупность преобразований и значимых изменений бизнес-процессов предприятия с учетом наиболее важных вызовов и угроз внешней среды [Riyanto A., 2019]. Это необходимо для поддержания конкурентоспособности бизнеса и его привлекательности.

Тем не менее, в последнее время механизмы цифрового разрешения сложных задач и проблем реинжиниринга все чаще начинают встречаться в трудах российских исследователей. В частности, Сергеевым Р.А. разработана методика цифровой трансформации бизнес-процессов в виде блок-схемы с описанием алгоритма, целью которой является рост уровня эффективности цифровых изменений на предприятии. Автором выделены элементы, служащие основой цифровой трансформации бизнес-процессов: для выбора вариантов цифровой трансформации применение системы рассуждений на основе прецедентов и экспертной системы; применение набора отображений при разработке вариантов реализации бизнес-процессов; выбор реализации проектов на основе многокритериальности; выполнение проектов путем использования Agile подхода [Сергеев, 2022].

Г.Ф. Габитова, Т.Ю. Хватова отмечают, что лидерами развития будут только те предприятия, которые акцентируют внимание в сферу цифрового проектирования и моделирования методами многокритериальной оптимизации, роботизации и т.д. При этом цифровые двойники в качестве технологии совершенствования ключевых бизнес-процессов помогают экономить ресурсы при проектировании и производстве продукции, выявить слабые места и избежать ошибок. Все это позволяет выйти предприятию на новый уровень конкурентоспособности [Габитова, Хватова, 2020].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что роль цифровых технологий при оптимизации бизнес-процессов на предприятии является неоспоримой, это подтверждается большим количеством публикаций. Однако в работах недостаточно полно рассмотрен вопрос технологии автоматической оценки состояния бизнес-процессов, на основе которой можно было бы судить о необходимости проведения их реинжиниринга и устранения недостатков.

Одним из важных подходов использования инструментов цифровизации на предприятиях является применение Process Mining [Dakic, et al., 2016, Rojas, et al., 2016, Jans, et al., 2011]. Метод мониторинга и улучшения бизнес-процессов работает путем определения отклонений и выявления неэффективности процесса, а также может сравнить результаты работы процесса с тем, как это должно быть в лучшем случае. Положительным моментом использования Process Mining является и то, что метод позволяет рассмотреть процесс в динамике, следовательно, увидеть изменения его совершенствования и их эф-

фективность. К числу преимуществ ориентации анализа на процесс можно отнести: рост производительности, увеличение скорости взаимодействия и сотрудничества, снижение временного ресурса, уменьшение затрат, прозрачность и т.д. Важным показателем является определение мест уязвимости и оценка их влияния на интегральный показатель. Тем не менее, ценным является поиск причин отклонений и проблем, при этом важное значение будет иметь применение методов машинного обучения.

Цель данного исследования заключается в разработке метода цифрового реинжиниринга бизнес-процесса, включающего создание виртуальной карты бизнес-процессов, расчет значений метрик качества бизнес-процесса, прогноз аномалий исполнения бизнес-процесса и реконструкцию бизнес-процесса в автоматическом режиме с использованием соответствующих моделей машинного обучения.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- обзор существующих в научной литературе подходов оптимизации бизнес-процессов в условиях цифровой экономики;
- разработка метода оценки состояния бизнес-процессов, на основе которой можно судить о необходимости проведения их реинжиниринга и устранения недостатков;
- представление схемы цифрового реинжиниринга моделей бизнес-процессов на основе их метрик качества.

### **Объекты и методы исследования**

Цифровой реинжиниринг включает в себя ряд этапов и процессов, которые помогают организации пересмотреть и оптимизировать свои бизнес-процессы с использованием современных цифровых технологий. В самом общем виде основные этапы схемы цифрового реинжиниринга могут быть представлены следующим образом:

1. Определение целей и стратегии:
  - определение основных целей и задач, которые организация стремится достичь через цифровой реинжиниринг;
  - разработка стратегии, ориентированной на достижение этих целей.
2. Анализ текущих процессов:
  - исследование существующих бизнес-процессов и операций организации;
  - выявление аномалий, неэффективных шагов и потенциальных областей для улучшения.
3. Внедрение цифровых технологических решений:
  - определение технологий и инструментов, которые будут использоваться для поддержки бизнес-процессов: системы управления данными, роботизированные процессы, аналитические инструменты и другие цифровые решения;
  - разработка и внедрение выбранных технологических решений в бизнес-процессы;
  - обучение сотрудников работе с новыми инструментами и системами.
4. Реконструкция / разработка бизнес-процессов:
  - создание более эффективных и оптимизированных бизнес-процессов с учетом цифровых возможностей;
  - упрощение и автоматизация задач и этапов процессов.
5. Мониторинг и оценка:
  - установление метрик и KPI (ключевых показателей эффективности), которые позволяют измерять результаты цифрового реинжиниринга;
  - регулярное отслеживание и анализ данных для оценки эффективности новых процессов и технологий.
6. Непрерывный процесс улучшения бизнес-процессов на основе данных и обратной связи:

– внесение корректировок и оптимизация в реинжиниринге для достижения лучших результатов.

Схема цифрового реинжиниринга может быть сложной и многоэтапной, а успешная реализация требует планирования, ресурсов и активного участия всех заинтересованных сторон в организации.

Авторами в своих исследованиях сделан акцент на следующие этапы цифрового реинжиниринга, носящие итерационный характер (см. рис. 1):



Рис. 1. Основные итерации цифрового реинжиниринга бизнес-процессов  
 Fig. 1. The main iterations of digital reengineering of business processes

Первый этап – автоматическое обнаружение элементов бизнес-процесса и построение визуальной его карты. Наиболее предпочтительным инструментом в контексте цифровых решений среди открытых на текущий момент является мультифункциональная библиотека для интеллектуального анализа процессов SberPM или pm4py.

Для автоматического обнаружения элементов бизнес-процесса и построения визуальной его карты в библиотеке реализовано несколько основных алгоритмов – майнеров: SimpleMiner, CausalMiner, NeuMiner, AlphaMiner, AlphaPlusMiner.

Второй этап – расчет и анализ значений метрик качества бизнес-процесса. Авторский подход заключается в следующем: диагностика бизнес-процессов проводится с помощью экспертных и алгоритмических метрик качества (см. табл. 1).

Таблица 1  
 Table 1

Метрики качества бизнес-процессов  
 Business process quality metrics

Показатель	Обозначение	Нормативное значение	Метод расчета	Что показывает
Экспертные метрики качества				
Сложность иерархической структуры	$P_1$	$\leq 0,7$	Отношение количества уровней декомпозиции к сумме видов процессов	Показывает степень сложности иерархической структуры бизнес-процессов.
Уровень контроля	$P_2$	$> 0,9$	Отношение числа классов бизнес-процесса к числу управляющим ими	Показывает эффективность управления бизнес-процессами на предприятии

Окончание табл. 1  
 End table 1

Показатель	Обозначение	Нормативное значение	Метод расчета	Что показывает
Вероятность успешного завершения бизнес-процесса	$P_3$	$> 0,7$	Определяется на основе различных факторов, таких как опытность и квалификация участников процесса, наличие необходимых ресурсов, правильное планирование и управление рискам	Показывает вероятность того, что задача или проект, связанные с бизнес-процессом, будут выполнены успешно и в соответствии с заданными целями и критериями.
Затраты ресурсов	$P_4$	$< 1$	Отношение числа используемых ресурсов в процессе к сумме имеющихся результатов в классах процесса	Показывает эффективность применения ресурсов в бизнес-процессах предприятия
Регламентация процессов	$P_5$	$\geq 1$	Отношение числа регламентирующих процессы документов к числу классов бизнес-процессов	Отражает степень регламентации и регулирования бизнес-процессов соответствующими документами
Уровень финансового результата бизнес-процессов	$P_6$	$\geq 1$	Отношение суммы доходов по бизнес-процессам предприятия к сумме расходов	Отражает финансовую эффективность бизнес-процессов
Алгоритмические метрики качества				
Связанность процессов	$P_7$	$< 1$	Отношение числа разрывов к сумме классов бизнес-процессов	Определяет характер модели процессов (процессный или проблематичный). Если характер процессный, то элементы связаны между собой.
Средняя заикленность	$P_8$	$< 0,3$	Отношение общего времени к количеству завершённых циклов, выраженное в долях от единицы	Показывает количество времени, которое требуется для завершения одного цикла процесса.
Средняя длина пути	$P_9$	$< 7,7$	Отношение суммы количества шагов к количеству возможных путей	Показывает среднее количество шагов, которые необходимо выполнить для завершения процесса

Примечание. Составлено авторами

Интегральный показатель качества бизнес-процессов рассчитывается по формуле 1.

$$\mathcal{E} = -P_1 + P_2 + P_3 - P_4 + P_5 + P_6 - P_7 - P_8 - 0,1 * P_9, \quad (1),$$

где  $\mathcal{E}$  – интегральный показатель диагностики бизнес-процессов;  
 $P_i$  – значения метрик качества.

По значению интегрального показателя диагностики бизнес-процессов могут быть получены следующие результаты:

- при  $\Xi > 0,1$  – процесс эффективен.

Третий этап – выявление аномалий в процессах является важным аспектом анализа и оптимизации бизнес-процессов. Аномалии могут указывать на неэффективные операции, нарушения правил, проблемы в выполнении задач и другие потенциальные проблемы, которые могут замедлить работу организации. Цифровой реинжиниринг подразумевает автоматический поиск узких мест бизнес-процесса. Так, например, с помощью моделей машинного обучения, реализованных в библиотеке SberPM, можно выявить вероятность успешного завершения бизнес-процесса, среднюю его заикленность и элементы, негативно влияющие на значения метрик качества.

Четвертый этап – автоматическая реконструкция бизнес-процесса с целью повышения его качества и эффективности. Реконструкция бизнес-процесса позволяет выявить и устранить недостатки, оптимизировать процессы и повысить их качество, что в свою очередь может привести к улучшению результатов работы компании и увеличению ее конкурентоспособности. Наиболее эффективным методом автоматического реконструирования на текущий момент является машинное обучение с подкреплением. В этом случае важным вопросом является определение наград и штрафов в процессе обучения. Они могут быть следующими.

Награды:

- базовая награда за переход;
- увеличенная награда за нахождение в выделенных этапах награда за окончание цепочки;
- награда за быстрое выполнение перехода.

Штрафы:

- штраф за цикл;
- штраф за циклы по окончанию цепочки;
- награда за наличие цепочки в наборе данных.

### Результаты и их обсуждение

Рассмотрим процесс согласования коммерческого предложения, представленного в рамках управленческого регламента в ООО «ИТ Софт» в соответствии с рисунком 2.

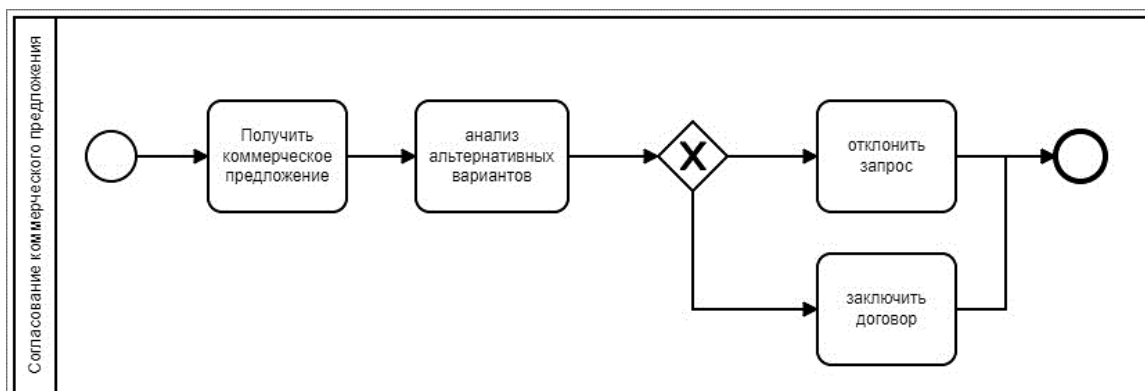


Рис. 2. Модель регламентного процесса «Согласование коммерческого предложения»

Fig.2. Regulatory process model «Approval of a commercial offer»

В рамках первого этапа цифрового реинжиниринга моделей бизнес-процессов на основе их метрик качества, реализовано обнаружение элементов бизнес-процесса и построение визуальной карты данного процесса в соответствии с зафиксированными фактами хозяйственной деятельности за отчетный период (см. рис. 3).

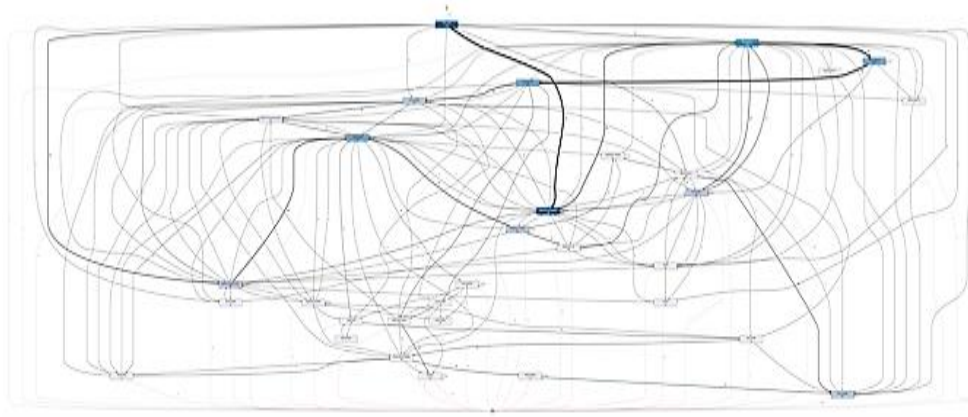


Рис. 3. Фактическое исполнение процесса «Согласование коммерческого предложения»  
 Fig. 3. Actual execution of the «Approval of the commercial offer» process

В целях повышения интерпретируемости модели применен фильтр по частоте выполнения операций (см. рис. 4).

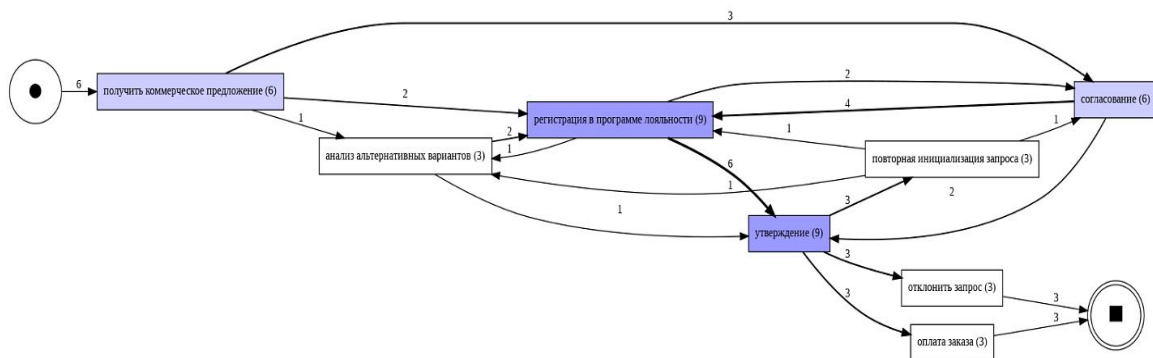


Рис. 4. Фактическая модель процесса «Согласование коммерческого предложения»  
 Fig. 4. Actual process model «Approval of the commercial offer» process

Таким образом, было выявлено явное несоответствие фактической модели и модели, утвержденной в управленческом регламенте.

В табл. 2 представлены значения метрик качества исследуемого процесса.

Таблица 2  
 Table 2

Значения метрик качества «Согласование коммерческого предложения»  
 Values of quality metrics «Approval of a commercial offer»

Показатель	Обозначение	Фактическое значение
Экспертные метрики качества		
Сложность иерархической структуры	$P_1$	0,2
Уровень контроля	$P_2$	0,6
Вероятность успешного завершения бизнес-процесса	$P_3$	0,9
Затраты ресурсов	$P_4$	0,9
Регламентация процессов	$P_5$	1,1
Уровень финансового результата бизнес-процессов	$P_6$	0,2



Показатель	Обозначение	Фактическое значение
Алгоритмические метрики качества		
Связанность процессов	$P_7$	1,1
Средняя зацикленность	$P_8$	0,7
Средняя длина пути	$P_9$	9

Примечание. Составлено авторами

Большинство значений экспертных метрик качества находятся в нормативном значении. Однако алгоритмические метрики негативно влияют на интегральный показатель качества бизнес-процесса, который составил по произведенным расчетам – 0,2, что не соответствует рекомендуемому диапазону.

С целью улучшения значений алгоритмических метрик качества на следующем этапе цифрового реинжиниринга модели исследуемого процесса реализовано обнаружение аномалий (см. рис.5).

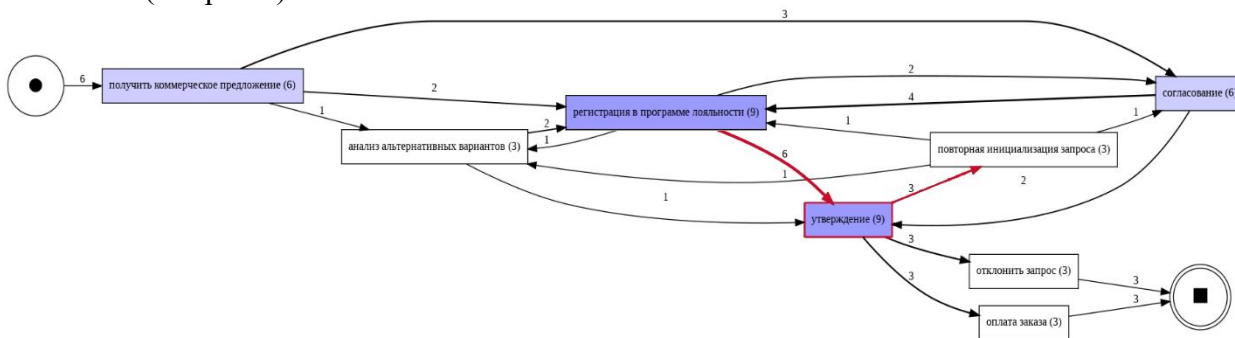


Рис. 5. Автоматический поиск узких мест бизнес-процесса  
 Fig. 5. Automatic search for business process bottlenecks

По результатам анализа выявлено, что в хозяйственной деятельности организации необходимо обратить внимание на задачу, связанную с утверждением коммерческого предложения в рамках программы лояльности.

### Заключение

В работе представлен метод цифрового реинжиниринга бизнес-процесса, включающего создание виртуальной карты бизнес-процессов, расчет значений метрик качества бизнес-процесса, прогноз аномалий исполнения бизнес-процесса и реконструкцию бизнес-процесса в автоматическом режиме с использованием соответствующих моделей машинного обучения. Данный подход отличается от имеющихся научных работ тем, что предлагается проводить диагностику бизнес-процессов с помощью экспертных и аналитических метрик качества.

Выявлены условия успешности применимости данного подхода и представлены основные этапы схемы цифрового реинжиниринга бизнес-процесса, носящие итерационный характер. К данным этапам, по мнению авторов, следует относить автоматическое обнаружение элементов бизнес-процесса и построение визуальной его карты; расчет и анализ значений метрик качества бизнес-процесса; выявление аномалий в процессах и, наконец, автоматическая реконструкция бизнес-процесса с целью повысить его качество и эффективность. В экспериментальной части исследования проведен цифровой реинжиниринг бизнес-процесса «Согласование коммерческого предложения».

Дальнейшие исследования авторов будут посвящены разработке методики предикативной аналитики аномалий исполнения бизнес-процессов.

### Список литературы

- Габитова Г.Ф., Хватова Т.Ю. 2020. Цифровой двойник как основа инновационного развития малых и средних предприятий автомобильной промышленности на примере Германии и России. *Бизнес. Образование. Право*, 3(52): 132-138. DOI 10.25683/VOLBI.2020.52.387
- Сергеев Р.А. 2022. Разработка методики цифровой трансформации бизнес-процессов предприятий. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 8: 81-85. DOI 10.17513/mjpf.13431.
- Borgianni Y., Cascini G., Rotini F. 2015. Business process reengineering driven by customer value: a support for undertaking decisions under uncertainty conditions. *Computers in Industry*, 68: 132-147.
- Budiono A., Loice R. 2012. Business process reengineering in motorcycle workshop X for business sustainability. *Procedia Economics and Finance*, 4: 33-43.
- Dakic D., Stefanovic D., Cosic I., Lolic T., Medojevic M. 2018. Business process mining application: a literature review. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 29.
- Goel S., Chen V. 2008. Can business process reengineering lead to security vulnerabilities: Analyzing the reengineered process. *International Journal of Production Economics*, 115(1): 104-112.
- Jans M., Van Der Werf J. M., Lybaert N., Vanhoof K. A. 2011. Business process mining application for internal transaction fraud mitigation. *Expert Systems with Applications*, 38(10): 13351-13359.
- Lee C. C., Tang M., Lee C. C. 2023. Reaping digital dividends: Digital inclusive finance and high-quality development of enterprises in China. *Telecommunications Policy*, 47(2): 102484.
- Pattanayak S., Roy S. 2015 Synergizing business process reengineering with enterprise resource planning system in capital goods industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 189: 471-487.
- Peng S., Jiang X., Li Y. 2023. The impact of the digital economy on Chinese enterprise innovation based on intermediation models with financing constraints. *Heliyon*, 9(3).
- Perez H.D., Wassick J.M., Grossmann I. E. 2022. A digital twin framework for online optimization of supply chain business processes. *Computers & Chemical Engineering*, 166: 107972.
- Riyanto A., Primiana I.N.A., Yunizar Y., Azis Y. 2019. Digital branch: A business process reengineering in Indonesian banking. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14: 82-91.
- Rojas E., Munoz-Gama J., Sepúlveda M., Capurro D. 2016. Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of biomedical informatics*, 61: 224-236.
- Sunil Kumar M., Harshitha D. 2019. Process innovation methods on business process reengineering. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 11: 2766-2768. DOI: 10.35940/ijitee.K2244.0981119
- Tao F., Sun X., Cheng J., Zhu Y., Liu W., Wang Y., Jin X. 2023. MakeTwin: A reference architecture for digital twin software platform. *Chinese Journal of Aeronautics*. DOI:10.1016/j.cja.2023.05.002

### References

- Gabitova G.F. 2020 Cifrovoy dvojnik kak osnova innovacionnogo razvitiya malyx i srednixh predpriyatij avtomobil'noj promyshlennosti na primere Germanii i Rossii [Digital twin as a basis for innovative development of small and medium-sized enterprises of the automotive industry on the example of Germany and Russia]. *Biznes. Obrazovanie. Pravo*, 3(52): 132-138. DOI 10.25683/VOLBI.2020.52.387 (in Russian)
- Sergeev, R.A. 2022. Razrabotka metodiki cifrovoy transformacii biznes-proცessov predpriyatij [Development of a methodology for digital transformation of business processes of enterprises]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovanij*, 8: 81-85. DOI 10.17513/mjpf.13431. (in Russian)
- Borgianni Y., Cascini G., Rotini F. 2015. Business process reengineering driven by customer value: a support for undertaking decisions under uncertainty conditions. *Computers in Industry*, 68: 132-147.
- Budiono A., Loice R. 2012. Business process reengineering in motorcycle workshop X for business sustainability. *Procedia Economics and Finance*, 4: 33-43.
- Dakic D., Stefanovic D., Cosic I., Lolic T., Medojevic M. 2018. Business process mining application: a literature review. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 29.

- Goel S., Chen V. 2008. Can business process reengineering lead to security vulnerabilities: Analyzing the reengineered process. *International Journal of Production Economics*, 115(1): 104-112.
- Jans M., Van Der Werf J. M., Lybaert N., Vanhoof K. A. 2011. Business process mining application for internal transaction fraud mitigation. *Expert Systems with Applications*, 38(10): 13351-13359.
- Lee C. C., Tang M., Lee C. C. 2023. Reaping digital dividends: Digital inclusive finance and high-quality development of enterprises in China. *Telecommunications Policy*, 47(2): 102484.
- Pattanayak S., Roy S. 2015 Synergizing business process reengineering with enterprise resource planning system in capital goods industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 189: 471-487.
- Peng S., Jiang X., Li Y. 2023. The impact of the digital economy on Chinese enterprise innovation based on intermediation models with financing constraints. *Heliyon*, 9(3).
- Perez H.D., Wassick J. M., Grossmann I. E. 2022. A digital twin framework for online optimization of supply chain business processes. *Computers & Chemical Engineering*, 166: 107972.
- Riyanto A., Primiana I.N.A., Yunizar Y., Azis Y. 2019. Digital branch: A business process reengineering in Indonesian banking. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14: 82-91.
- Rojas E., Munoz-Gama J., Sepúlveda M., Capurro D. 2016. Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of biomedical informatics*, 61: 224-236.
- Sunil Kumar M., Harshitha D. 2019. Process innovation methods on business process reengineering. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 11: 2766-2768. DOI: 10.35940/ijitee.K2244.0981119
- Tao F., Sun X., Cheng J., Zhu Y., Liu W., Wang Y., Jin X. 2023. MakeTwin: A reference architecture for digital twin software platform. *Chinese Journal of Aeronautics*. DOI:10.1016/j.cja.2023.05.002

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 25.09.2023

Поступила после рецензирования 03.11.2023

Принята к публикации 14.11.2023

Received September 25, 2023

Revised November 03, 2023

Accepted November 14, 2023

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Казakov Олег Дмитриевич**, кандидат экономических наук, доцент, проректор по цифровизации, заведующий кафедрой информационных технологий, Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

**Азаренко Наталья Юрьевна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

**Лысенко Александра Николаевна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Oleg D. Kazakov**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Digitalization, Head of the Department of Information Technologies, Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

**Natalia Yu. Azarenko**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

**Alexandra N. Lysenko**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia