

УДК 519.8

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-893-902>

Прогнозирование бизнес-процессов как инструмент принятия решений в рамках проактивного подхода к управлению

Владимир Владимирович Гордеев¹, Виктор Иванович Абрамов²✉

^{1, 2} Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

¹ mr.alexst@gmail.com

² VIAbramov@mephi.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-9471-9408>

Аннотация

Цель. Обоснование и разработка комплексного подхода к использованию прогнозирования бизнес-процессов как ключевого инструмента для принятия решений в логике «из будущего», с особым акцентом на интеграции технологии цифровых двойников и применении методов нелинейного анализа чувствительности.

Задачи. Выявить синергетический эффект от интеграции прогнозирования и технологии цифровых двойников на основе представленного механизма улучшения ими качества и глубины прогнозов; обосновать применение нелинейного анализа чувствительности для оценки устойчивости прогнозных моделей и надежности управленческих решений; предложить методологические рекомендации по интеграции прогнозирования, цифровых двойников и нелинейного анализа чувствительности в единый процесс принятия управленческих решений; оценить потенциальные выгоды, а также определить ключевые вызовы и риски, связанные с внедрением такого комплексного подхода в практику управления.

Методология. Для решения поставленной задачи в рамках исследования применены методы теоретического анализа, системного анализа и анализа данных.

Результаты. Сформулированы и раскрыты концепции проактивного управления и прогнозирования бизнес-процессов, аргументирован комплексный подход к их применению, основанный прежде всего на использовании цифровых двойников. Раскрыта концепция принятия решений из будущего как стратегическая парадигма, при которой организации не просто прогнозируют наиболее вероятное будущее, но активно формируют желаемый сценарий развития и выстраивают стратегию для его достижения. Обоснована необходимость и показана значимость нелинейного анализа чувствительности в рамках изложенного подхода.

Выводы. Проведенное исследование позволило обосновать и детализировать комплексный подход к прогнозированию бизнес-процессов как центральному инструменту принятия решений в логике «из будущего». Показано, что в условиях возрастающей динамичности и неопределенности внешней среды традиционные реактивные методы управления становятся недостаточными, уступая место проактивной парадигме, нацеленной на формирование желаемого будущего. Ключевым элементом такого перехода является синергетическое объединение передовых аналитических методов.

Ключевые слова: прогнозирование бизнес-процессов, предиктивная аналитика, цифровые двойники, нелинейный анализ чувствительности, инновации, цифровая трансформация

Для цитирования: Гордеев В. В., Абрамов В. И. Прогнозирование бизнес-процессов как инструмент принятия решений в рамках проактивного подхода к управлению // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 7. С. 893–902. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-893-902>

Forecasting of business processes as a decision-making tool within the proactive approach to management

Vladimir V. Gordeev¹, Victor I. Abramov²✉

^{1, 2} National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia

¹ mr.alexst@gmail.com

² VIAbramov@mephi.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-9471-9408>

Abstract

Aim. The work aimed to justify and develop an integrated approach to the use of business process forecasting as a key tool for decision-making in the "from future" logic, with a special emphasis on the integration of digital twin technology and the use of nonlinear sensitivity analysis methods.

Objectives. The work seeks to identify the synergistic effect of the integration of forecasting and digital twin technology based on the presented mechanism for improving the quality and depth of forecasts; to justify the use of nonlinear sensitivity analysis to assess the sustainability of forecast models and the reliability of management decisions; to propose methodological recommendations for integrating forecasting, digital twins and nonlinear sensitivity analysis into a single management decision-making process; to assess the potential benefits, and to identify the key challenges and risks associated with the implementation of such an integrated approach into management practice.

Methods. The study employed methods of theoretical analysis, system analysis and data analysis to solve the problem set.

Results. The work formulates and discloses the concepts of proactive management and forecasting of business processes, and it substantiates an integrated approach to their application based primarily on the use of digital twins. The concept of decision-making from the future is disclosed as a strategic paradigm, while organizations do not simply predict the most probable future with it, but form actively the desired development scenario and create a strategy to achieve it. The necessity and importance of nonlinear sensitivity analysis within the approach described is substantiated.

Conclusions. The study enabled to substantiate and detail an integrated approach to forecasting business processes as a central tool for decision-making in the "from future" logic. It reveals that in the context of increasing dynamism and uncertainty of the external environment, traditional reactive management methods are becoming insufficient, giving way to a proactive paradigm aimed at shaping the desired future. The key element of such a transition is the synergistic combination of advanced analytical methods.

Keywords: business process forecasting, predictive analytics, digital twins, nonlinear sensitivity analysis, innovation, digital transformation

For citation: Gordeev V.V., Abramov V.I. Forecasting of business processes as a decision-making tool within the proactive approach to management. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(7): 893-902. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-893-902>

Введение

Современная бизнес-среда характеризуется беспрецедентной динамичностью, высокой степенью неопределенности и постоянно возрастающей конкуренцией. В условиях глобальной нестабильности и быстрых технологических изменений, таких как развитие искусственного интеллекта, интернета вещей и продвинутой аналитики, традиционные реактивные подходы к управлению становятся недостаточными для обеспечения устойчивого развития и конкурентоспособности организаций [1]. Компании,

которые полагаются исключительно на анализ прошлых данных для принятия решений, рискуют отстать от рынка, столкнуться с непредсказуемыми сбоями в операционной деятельности и упустить новые возможности [2]. Возникает острая необходимость в проактивных стратегиях, позволяющих не только адаптироваться к изменениям, но и предвидеть их, формируя желаемое будущее [3]. Это требует перехода от управления «по факту» к управлению «на опережение», при котором ключевую роль выполняет глубокое понимание потенциальных траекторий развития бизнес-процессов.

В ответ на вызовы динамичной среды формируется новая парадигма управления, в частности концепция принятия решений из будущего (foresight-driven decision-making). Данный подход предполагает не просто реагирование на произошедшие события или экстраполяцию прошлых тенденций, а активное формирование желаемого будущего состояния и целенаправленное движение к нему [4]. В отличие от традиционного линейного планирования, начинающегося от текущего состояния, логика «из будущего» фокусируется на определении стратегических целей и затем выстраивает путь их достижения, используя предвидение и моделирование для преодоления потенциальных препятствий и использования возможностей. В этой парадигме прогнозирование выступает в качестве ключевого элемента, соединяющего текущее состояние с видением будущего, позволяя организациям заблаговременно принимать обоснованные управленческие решения.

Одним из наиболее перспективных инструментов, способствующих реализации логики «из будущего», по нашему мнению, является технология цифровых двойников (далее — ЦД) [5]. Это виртуальная модель физического объекта, процесса или системы, который в реальном времени синхронизируется с ним посредством данных, поступающих от датчиков, систем управления и других источников [6]. ЦД позволяют не только осуществлять мониторинг текущего состояния, но и проводить детальный анализ, моделирование и симуляцию различных сценариев поведения реальной системы без риска для нее.

Как утверждается в работе [7], ЦД может стать приоритетной концепцией в развитии цифровой индустриализации, позволяя компаниям глубже понять сложные физические системы и производственные операции, оптимизировать планирование производства и моделировать сценарии «что будет, если». Таким образом, ЦД обеспечивают мощную платформу для предиктивной аналитики, позволяя «проиграть» будущее и оценить последствия принимаемых решений еще до их реализации. В контексте управления бизнес-процессами ЦД могут обеспечить беспрецедентный уровень детализации и понимания, необходимый для точного прогнозирования и проактивного принятия решений [8].

Теоретические аспекты прогнозирования бизнес-процессов, использования цифровых двойников и нелинейного анализа чувствительности

Бизнес-процесс — это совокупность взаимосвязанных действий или задач, направленных на создание продукта или услуги для внутреннего или внешнего клиента [9]. В условиях реализации модели управления, основанной на процессном подходе, понимание, моделирование и оптимизация бизнес-процессов становятся ключевыми факторами успеха организации. Эффективное управление бизнес-процессами позволяет повысить прозрачность деятельности, улучшить качество продуктов, снизить издержки, приводит к росту общей оперативной эффективности. Каждый бизнес-процесс, будь то производство, логистика, продажи или обслуживание клиентов, генерирует значительные объемы данных, которые служат основой для его анализа, контроля и, что особенно важно, прогнозирования.

Прогнозирование представляет собой процесс предсказания будущих состояний системы или величин на базе анализа прошлых данных и выявления закономерностей, тенденций и причинно-следственных связей [10]. Оно отличается от планирования, то есть процесса определения целей и путей их достижения, и от предсказания, которое часто носит интуитивный или несистематизированный характер. Цель прогнозирования в управлении бизнес-процессами заключается в снижении неопределенности и предоставлении лицам, принимающим решения, обоснованной информации для проактивных действий.

Цифровой двойник (Digital Twin) — это виртуальный аналог физического объекта, процесса или системы, которая создается и постоянно обновляется в реальном времени посредством данных, собираемых с датчиков, систем управления и иных источников, связанных с реальным аналогом [11]. Основные компоненты ЦД включают в себя:

- физический объект/процесс, то есть реальную сущность, которую моделирует ЦД;
- виртуальную модель, то есть программное представление физической сущности, включающее в себя ее геометрию, физические свойства, поведение, правила и логику работы;
- связь данных, то есть непрерывный двусторонний поток данных между физическим

и виртуальным миром, обеспечивающий актуальность ЦД;

– аналитику и моделирование, в частности инструменты для обработки данных, проведения прогнозной аналитики, моделирования «что будет, если» сценариев и оптимизации.

Функциональные возможности ЦД предусматривают широкий спектр применений: от мониторинга в реальном времени и диагностики состояния до предиктивного обслуживания, оптимизации операционных процессов и моделирования будущих состояний [12]. ЦД активно внедряют в различных отраслях, включая производство [13], сельское хозяйство [14], логистику [15] и управление регионами [16]. Например, ЦД отведена ключевая роль в управлении производством, что дает возможность понять сложные физические системы и производственные операции, а также оптимизировать планирование производства [13]. При этом они предоставляют производителям возможность моделировать различные сценарии, такие как влияние вывода новых продуктов на производство, тем самым повышая эффективность управления компанией [8]. ЦД способствуют повышению качества управленческих решений за счет учета многих критериев и многих факторов [17].

Нелинейный анализ чувствительности — критически значимый инструмент для понимания того, как изменчивость входных параметров сложной математической или имитационной модели влияет на ее выходные результаты [18]. В отличие от линейного анализа, он позволяет оценить влияние входных данных на выходы модели в условиях, если взаимосвязи между ними сложны, нелинейны и могут включать в себя пороговые эффекты или взаимодействия между переменными. Это видится особенно актуальным для моделей бизнес-процессов и ЦД, которые по своей природе часто обладают высокой степенью нелинейности и взаимозависимости элементов.

Применение нелинейного анализа чувствительности позволяет выявлять наиболее критичные параметры, на которых следует сосредоточить внимание при сборе данных и управлении; оценивать устойчивость прогнозных моделей к неопределенности во входных данных; повышать достоверность и надежность принимаемых управленческих решений, понимая границы их применимости и возможные отклонения;

оптимизировать модели, сокращая количество незначимых параметров и увеличивая их вычислительную эффективность.

Качество и доступность данных служит фундаментом для эффективного прогнозирования бизнес-процессов и построения ЦД. Интеграция и гармонизация разнообразных источников данных, зачастую в неструктурированных форматах, представляется главным условием при создании информативной базы для прогнозных моделей и функциональных ЦД.

Переход от реактивного к проактивному управлению

Традиционные подходы к управлению часто строятся на реактивном реагировании на произошедшие события или линейной экстраполяции прошлых тенденций. Такой подход, хотя и может быть эффективным в стабильной и предсказуемой среде, демонстрирует несостоятельность в условиях высокой волатильности, неопределенности, сложности и неоднозначности [19]. Запоздавшая реакция на изменения рынка, технологические прорывы или сбои в операционной деятельности приводят к упущенным возможностям, значительным финансовым потерям и потере конкурентных преимуществ. В связи с этим современный менеджмент переориентируется на проактивный подход. Его цель — это не просто адаптация к изменениям, но и их предвидение, а также активное формирование желаемого будущего, что требует внедрения инструментов и методологий, помогающих заранее идентифицировать потенциальные вызовы и возможности.

Концепция принятия решений из будущего — это стратегическая парадигма, при которой организации не просто прогнозируют наиболее вероятное будущее, но активно формируют желаемый сценарий развития и выстраивают стратегию для его достижения [4]. Данный подход отличается от традиционного планирования тем, что он начинается с определения идеального будущего состояния, а затем ретроспективно прорабатывает шаги и необходимые изменения в настоящем для его достижения. Ключевые преимущества реализации логики «из будущего» в бизнесе включают в себя:

– повышение стратегической гибкости и адаптивности, то есть организации становятся более устойчивыми к непредвиденным

изменениям, так как они уже продумали различные сценарии и пути их преодоления;

- оптимизацию ресурсов, то есть проактивное выявление потребностей и возможностей позволяет эффективнее распределять ресурсы, избегая излишков или дефицита;

- снижение рисков и неопределенности, то есть сценарное планирование и анализ потенциальных угроз позволяют разработать превентивные меры, минимизируя негативные последствия;

- стимулирование инноваций, то есть фокусировка на желаемом будущем стимулирует поиск новых решений, технологий и бизнес-моделей;

- создание конкурентных преимуществ, то есть компании, способные предвидеть и формировать будущее, получают значительное преимущество перед конкурентами, реагирующими на произошедшие изменения.

ЦД — ключевая технологическая основа для перехода к логике «из будущего» [11]. Они предоставляют уникальную возможность моделировать и виртуально «проигрывать» различные сценарии развития бизнес-процессов, а также оценивать последствия управленческих решений без риска для реальной системы. Интегрируя данные из физического мира и позволяя проводить сложные симуляции, ЦД становятся мощным инструментом для:

- моделирования сценариев «что будет, если» — компании могут тестировать влияние изменения различных параметров бизнес-процессов (например, объема производства, маршрутов логистики, изменений в технологии) на будущие результаты, что позволяет принимать обоснованные решения на базе смоделированных результатов, а не с учетом интуиции;

- виртуального тестирования инноваций и изменений — прежде чем внедрять новые продукты, технологии или организационные изменения в реальные бизнес-процессы, их можно отработать на ЦД, что значительно сокращает время и затраты на разработку, минимизирует риски, связанные с крупномасштабными изменениями [8];

- идентификации потенциальных проблем и возможностей до их возникновения — благодаря постоянной синхронизации с реальной системой, ЦД может выявлять аномалии или предсказывать сбои в бизнес-процессах задолго до их появления, что позволяет оперативно реагировать и предотвращать негативные события;

- обоснования стратегических решений — симуляции на ЦД предоставляют глубокие аналитические данные, подкрепляющие стратегические решения (например, оценка влияния изменения спроса на производственные мощности или оптимизация планирования производства могут быть детально проработаны на виртуальной модели) [7];

- оптимизации распределения ресурсов — моделирование на ЦД позволяет найти оптимальные стратегии распределения ресурсов (человеческих, материальных, финансовых) для достижения желаемых будущих состояний.

Таким образом, ЦД выступают не просто как инструмент мониторинга, а как динамическая платформа для предиктивного моделирования и проактивного формирования будущего. Это и составляет сущность логики «из будущего». В контексте такой логики прогнозирование, ЦД и процесс принятия решений формируют взаимосвязанный и непрерывный цикл:

- 1) прогнозирование как входные данные для ЦД-моделей: сходные прогнозы (например, прогноз спроса, цен на сырье, рыночных тенденций) служат ключевыми входными параметрами для ЦД, помогая последним моделировать будущие состояния реальной системы с учетом внешних факторов;

- 2) ЦД как среда для проверки и уточнения прогнозов — ЦД позволяет не только принимать прогнозы, но и проверять их воздействие на систему, а также уточнять их на основе динамической симуляции и анализа взаимодействий внутри модели; при этом ЦД может выявить нелинейные эффекты, которые не учтены в исходных прогнозах;

- 3) анализ чувствительности для повышения надежности — проведенный на основе ЦД нелинейный анализ чувствительности дает возможность понять, насколько устойчивы прогнозы и решения к изменениям во входных данных или моделируемых условиях [20], что повышает уверенность в прогнозах и позволяет разработать более надежные стратегии;

- 4) решение и действие — на основе уточненных прогнозов, результатов симуляций ЦД и анализа чувствительности лица, принимающие решения, могут принимать обоснованные и проактивные управленческие решения, направленные на достижение желаемого будущего;

Преимущества применения прогнозирования с ЦД
Table 1. Advantages of using forecasting with digital twins

Преимущества	Характеристики
Повышение стратегической гибкости и адаптивности	Возможность моделировать различные сценарии будущего на ЦД позволяет организациям быстро адаптироваться к изменениям внешней среды, разрабатывать превентивные стратегии и тестировать их без риска для реальных операций, что обеспечивает стратегическое преимущество в условиях быстрых изменений [19]
Оптимизация ресурсов и снижение издержек	Точное прогнозирование потребностей, моделирование оптимального использования ресурсов на ЦД и выявление узких мест позволяют значительно сократить операционные издержки, минимизировать потери и повысить эффективность использования активов [15]
Улучшение качества и обоснованности принимаемых решений	Использование данных в реальном времени, продвинутых прогнозных моделей, симуляций на ЦД и нелинейного анализа чувствительности обеспечивает более глубокое понимание динамики процессов. Это дает возможность лицам, принимающим решения, действовать не на основе интуиции, а на основе проверенных, верифицированных данных и прогнозов, тем самым снижая риск ошибок [7]
Стимулирование инноваций и создание новых возможностей	Логика «из будущего» поощряет организации к постоянному поиску и тестированию инновационных решений. При этом ЦД становятся безопасной «песочницей» для экспериментов с новыми бизнес-моделями, продуктами или процессами, ускоряя цикл инноваций и позволяя быстрее выводить на рынок конкурентоспособные предложения [5]
Глубокое понимание динамики бизнес-процессов	ЦД предоставляют беспрецедентный уровень детализации и понимания внутренних взаимосвязей в бизнес-процессах, что позволяет выявлять скрытые закономерности, оптимизировать потоки работ и повышать общую прозрачность операций [7]
Повышение конкурентоспособности	Компании, способные эффективно предвидеть будущее и проактивно формировать свои стратегии, получают значительное конкурентное преимущество, опережая менее гибких и реактивных игроков рынка [14]

Источник: составлено авторами на основе [5; 7; 14; 15; 19].

5) обратная связь и корректировка — после реализации решений данные из реальной системы поступают обратно в ЦД и прогнозные модели, что помогает оценить точность прогнозов, эффективность решений и скорректировать модели для будущих циклов, создавая непрерывный процесс обучения и совершенствования.

Этот итерационный цикл дает возможность организациям постоянно адаптироваться, учиться на основе данных и двигаться к стратегическим целям с большей уверенностью, воплощая в жизнь принципы управления «из будущего». Внедрение комплексного подхода, объединяющего прогнозирование бизнес-процессов, ЦД и нелинейный анализ чувствительности для принятия решений в логике «из будущего», обладает значительным потенциалом. Преимущества применения прогнозирования с ЦД приведены в таблице 1.

Несмотря на преимущества, внедрение методологии прогнозирования с ЦД сопряжено с рядом вызовов и ограничений, указанных в таблице 2.

Успешное внедрение авторского инструментария, раскрытого в статье, требует не только технологических решений, но и

комплексного подхода к управлению изменениями, инвестиций в развитие человеческого капитала и формирования культуры, ориентированной на данные и проактивное управление.

Выводы

Проведенное исследование позволило обосновать и детализировать комплексный подход к прогнозированию бизнес-процессов как центральному инструменту принятия решений в логике «из будущего». Показано, что в условиях возрастающей динамичности и неопределенности внешней среды традиционные реактивные методы управления становятся недостаточными, уступая место проактивной парадигме, нацеленной на формирование желаемого будущего. Ключевой элемент такого перехода — синергетическое объединение передовых аналитических методов.

В частности, выявлено, что ЦД служат не просто инструментом мониторинга, а мощной платформой для предиктивного моделирования и симуляции, позволяющей виртуально тестировать различные сценарии и оценивать последствия управленческих решений без риска для реальных операций [11].

Вызовы и ограничения

Table 2. Challenges and limitations

Вызовы и ограничения	Описание
Качество, объем и доступность данных	Эффективность ЦД и прогнозных моделей напрямую зависит от качества, полноты и актуальности данных. Сбор, интеграция и подготовка больших объемов разнородных данных из различных источников (IoT, ERP, CRM и т. д.) [21] являются сложной задачей, требующей значительных усилий и инвестиций. Недостаток или низкое качество данных могут привести к неточным прогнозам и неадекватным моделям ЦД
Сложность выбора и настройки моделей	Построение и калибровка точных прогнозных моделей, а также разработка и валидация ЦД — сложные задачи, требующие глубоких знаний в области математического моделирования, статистики, машинного обучения и доменной экспертизы. Выбор подходящих алгоритмов и их настройка для конкретных бизнес-процессов — это итеративный и ресурсоемкий процесс
Необходимость квалифицированного персонала	Внедрение и поддержание таких систем требуют наличия высококвалифицированных специалистов: дата-сайентистов, инженеров по ЦД, экспертов по анализу чувствительности, а также менеджеров, способных интерпретировать сложные аналитические выводы и принимать на их основе решения. Дефицит таких кадров видится существенным ограничением
Высокие начальные инвестиции	Развертывание инфраструктуры для ЦД (датчики, платформы, вычислительные мощности), разработка моделей и обучение персонала требуют значительных капитальных вложений на начальном этапе. При этом возврат инвестиций может быть не сразу очевиден
Обеспечение кибербезопасности	ЦД работают с критически важными данными, могут быть интегрированы с реальными производственными системами. Это делает их потенциальной целью кибератак, требуя внедрения строгих мер кибербезопасности для защиты данных и предотвращения несанкционированного доступа или манипуляций
Неопределенность и непредсказуемость «черных лебедей»	Несмотря на усилия по прогнозированию и моделированию, невозможно предсказать появление всех «черных лебедей», то есть редких, непредсказуемых событий, имеющих значительные последствия. При этом модели способны учитывать неопределенность в рамках известных распределений, но не могут в полной мере нивелировать риск новых и неожиданных явлений
Сопrotивление изменениям в организации	Внедрение таких инновационных подходов требует значительных изменений в корпоративной культуре, рабочих процессах и мышлении сотрудников. При этом сопротивление со стороны персонала, нежелание отказываться от привычных методов работы или страх перед новыми технологиями могут стать существенными препятствиями

Источник: составлено авторами.

ЦД обеспечивают глубокое понимание внутренней динамики бизнес-процессов, что видится критически важным для точного прогнозирования и оптимизации, как показано в контексте управления производством. Обоснована необходимость и значимость нелинейного анализа чувствительности в контексте изложенного подхода. Этот подход позволяет не только выявлять наиболее влиятельные параметры в сложных, нелинейных моделях, но и оценивать устойчивость прогнозных результатов и принимаемых решений к неопределенности во входных данных, что особенно становится актуальным для комплексных систем, таких как ЦД «умных производств», где он способствует поиску Парето-оптимальных решений [20].

Таким образом, предложенная методика, интегрирующая прогнозирование, ЦД и нелинейный анализ чувствительности, создает надежный фундамент для принятия управленческих решений в логике «из будущего»,

значительно повышая их обоснованность, точность и адаптивность. Для успешного внедрения и извлечения максимальной выгоды из описываемого подхода предлагаем организациям следующее:

- начинать с пилотных проектов. Вместо немедленного полномасштабного внедрения целесообразно начинать с пилотных проектов в наиболее критичных и контролируемых бизнес-процессах, что позволит апробировать методологию, выявить специфические особенности и накопить опыт без значительных рисков;
- инвестировать в технологии и обучение персонала, то есть необходимы планомерные инвестиции в соответствующие технологические платформы (для ЦД, предиктивной аналитики, BI), а также в развитие человеческого капитала. При этом обучение сотрудников работе с новыми инструментами, интерпретации сложных данных и принятию решений на их основе служит ключевым фактором успеха;

ГОРДЕЕВ В. В., АБРАМОВ В. И. Прогнозирование бизнес-процессов как инструмент принятия решений в рамках проактивного подхода к управлению

— создавать культуру, ориентированную на данные и прогнозирование. Организациям следует развивать культуру, в которой решения основаны на данных и аналитике, что включает в себя поощрение экспериментов, открытость к новым технологиям и готовность к изменениям в устоявшихся процессах. При этом необходимо сформировать понимание относительно того, что прогнозирование и моделирование — это не предсказание

абсолютной истины, а инструмент для снижения неопределенности и проактивного формирования будущего;

— обеспечить качество данных. Необходимо признать данные стратегическим активом; внедрение строгой политики по их сбору, хранению, очистке и интеграции должно стать приоритетом, поскольку качество исходных данных напрямую влияет на точность любых прогнозных моделей и адекватность ЦД.

Список источников

1. *Grieves M., Vickers J.* Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior // *Transdisciplinary perspectives on complex systems* / eds. F.-J. Kahlen et al. Cham: Springer, 2016. P. 85–113. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
2. *Абрамов В. И., Арефьев Д. В.* Экосистемное развитие предприятий: возможности, риски и особенности оценки их цифровой зрелости // *Новое в экономической кибернетике*. 2025. № 1. С. 70–84. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15165454>
3. *Абрамов А. В., Столяров А. Д., Абрамов В. И.* Инновационные подходы к взаимодействию с клиентами на базе генеративного искусственного интеллекта // *Beneficium: сетевое издание*. 2025. № 2. С. 77–85. [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2025.2\(55\).77-85](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2025.2(55).77-85)
4. *Сенге П. М.* Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации / пер. с англ. Б. Пинскера, И. Татариновой. М.: Олимп-Бизнес, 2009. 417 с.
5. *Абрамов В. И., Гордеев В. В., Столяров А. Д.* Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития // *Вопросы инновационной экономики*. 2024. Т. 14. № 3. С. 691–716. <https://doi.org/10.18334/vinec.14.3.121484>
6. *Tao F., Cheng J., Qi Q., Zhang M., Zhang H., Sui F.* Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018. Vol. 94. No. 4. P. 3563–3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
7. *Гордеев В. В., Столяров А. Д., Абрамов В. И.* Роль цифровых двойников в управлении производством и базовые принципы их создания // *Экономика и управление: теория и практика*. 2024. Т. 10. № 1. С. 29–39.
8. *Столяров А. Д., Гордеев В. В., Абрамов В. И.* Цифровые двойники как инструменты повышения эффективности управления компанией // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2024. № 4. С. 5–16. <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2024-4-1>
9. *Hammer M.* Reengineering work: Don't automate, obliterate // *Harvard Business Review*. 1990. Vol. 68. No. 4. P. 104–112. URL: <https://www.vincenzocalabro.it/pdf/reengineering-work-dont-automate-obliterate.pdf> (дата обращения: 09.03.2025).
10. *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners* / ed. by J. S. Armstrong. New York: Springer, 2001. 850 p.
11. *Fuller A., Fan Z., Day C., Barlow C.* Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 108952–108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
12. *Grieves M.* Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication // *Digital Twin White Paper*. 2014. P. 1–7. URL: https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication (дата обращения: 09.03.2025).
13. *Жарасов Б. С., Абрамов В. И.* Цифровые двойники в управлении производством: принципы создания, проблемы внедрения и перспективы развития // *Современная экономика: проблемы и решения*. 2024. № 6. С. 80–94. <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94>
14. *Абрамов В. И., Гордеев В. В., Столяров А. Д.* Цифровые двойники с использованием агродронов в управлении растениеводством: особенности создания и перспективы // *АПК: экономика, управление*. 2024. № 4. С. 37–49. <https://doi.org/10.33305/244-37>
15. *Столяров А. Д., Файзуллина А. М., Абрамов В. И.* Цифровая трансформация логистики предприятия с использованием цифровых двойников // *Beneficium: сетевое издание*. 2024. № 2. С. 23–31. [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2024.2\(51\).23-31](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2024.2(51).23-31)
16. *Абрамов В. И., Андреев В. Д.* Сравнительный анализ цифровых двойников регионов // *Информационное общество*. 2023. № 4. С. 106–117. https://doi.org/10.52605/16059921_2023_04_106

17. Столяров А. Д., Гордеев В. В., Абрамов В. И. Методика поиска многокритериальных решений на основе цифровых двойников // Экономика и управление. 2023. Т. 29. № 7. С. 851–858. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-7-851-858>
18. Saltelli A., Tarantola S., Campolongo F., Ratto M. Sensitivity analysis in practice: A guide to assessing scientific models. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2004. 232 p.
19. Bennett N., Lemoine G. J. What VUCA really means for you // Harvard Business Review. 2014. Vol. 92. No. 1/2. P. 16.
20. Абрамов В. И., Головин О. Л., Столяров А. Д. Методика поиска Парето-оптимальных решений по развитию умных городов на базе их цифровых двойников // Современная экономика: проблемы и решения. 2021. № 9. С. 8–15. <https://doi.org/10.17308/meps.2021.9/2666>
21. Marr B. Big Data in practice: How 45 successful companies used Big Data analytics to deliver extraordinary results. Chichester: John Wiley & Sons, 2016. 320 p.

References

1. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior. In: Kahlen F.-J., Flumerfelt S., Alves A., eds. Transdisciplinary perspectives on complex systems. Cham: Springer; 2016:85–113. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
2. Abramov V.I., Arefev D.V. Ecosystem development of enterprises: Opportunities, risks and features of assessing their digital maturity. *Novoe v ekonomicheskoi kibernetike = New in Economic Cybernetics*. 2025;(1):70–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15165454>
3. Abramov A.V., Stolyarov A.D., Abramov V.I. Innovative approaches to interaction with clients based on generative artificial intelligence. *Beneficium*. 2025;(2):77–85. (In Russ.). [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2025.2\(55\).77-85](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2025.2(55).77-85)
4. Senge P.M. The fifth discipline: The art & practice of the learning organization. New York, London: Doubleday Business; 1994. 448 p. (Russ. ed.: Senge P. Pyataya distsiplina. Iskuststvo i praktika obuchayushchiesya organizatsii. Moscow: Olymp-Business; 2003. 408 p.).
5. Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital twins: Characteristics, typology and development practices. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2024;14(3):691–716. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.14.3.121484>
6. Tao F., Cheng J., Qi Q., Zhang M., Zhang H., Sui F. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018;94(4):3563–3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
7. Gordeev V.V., Stolyarov A.D., Abramov V.I. The role of digital twins in production management and the basic principles of their creation. *Ekonomika i upravlenie: teoriya i praktika = Economy and Management: Theory and Practice*. 2024;10(1):29–39. (In Russ.).
8. Stolyarov A.D., Gordeev V.V., Abramov V.I. Digital twins as tools for increasing company management efficiency. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, Systems, Networks in Economics, Engineering, Nature and Society*. 2024;(4):5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2024-4-1>
9. Hammer M. Reengineering work: Don't automate, obliterate. *Harvard Business Review*. 1990;68(4):104–112. URL: <https://www.vincenzocalabro.it/pdf/reengineering-work-dont-automate-obliterate.pdf> (accessed on 09.03.2025).
10. Armstrong J.S., ed. Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners. New York, NY: Springer; 2001. 850 p.
11. Fuller A., Fan Z., Day C., Barlow C. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*. 2020;8:108952–108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
12. Grieves M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. Digital Twin White Paper. 2014. 7 p. URL https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication (accessed on 09.03.2025).
13. Zharasov B.S., Abramov V.I. Digital twins in production management: Creation principles, implementation problems and development prospects. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya = Modern Economics: Problems and Solutions*. 2024;(6):80–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94>
14. Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital twins using agrodrones in control crop production: Features of creation and prospects. *APK: ekonomika, upravlenie = Agro-Industrial Complex: Economics, Management*. 2024;(4):7–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/244-37>
15. Stolyarov A.D., Faizullina A.M., Abramov V.I. Digital transformation of enterprise logistics using digital twins. *Beneficium*. 2024;(2):23–31. (In Russ.). [https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2024.2\(51\).23-31](https://doi.org/10.34680/BENEFICIUM.2024.2(51).23-31)

16. Abramov V.I., Andreev V.D. Comparative analysis of digital twins of regions. *Informatsionnoe obshchestvo = Information Society*. 2023;(4):106-117. (In Russ.). https://doi.org/10.52605/16059921_2023_04_106

17. Stolyarov A.D., Gordeev V.V., Abramov V.I. Methodology for searching multi-criteria solutions based on digital twins. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(7):851-858. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-7-851-858>

18. Saltelli A., Tarantola S., Campolongo F., Ratto M. Sensitivity analysis in practice: A guide to assessing scientific models. Chichester: John Wiley & Sons Ltd; 2004. 232 p.

19. Bennett N., Lemoine G.J. What VUCA really means for you. *Harvard Business Review*. 2014;92(1/2):16.

20. Abramov V.I., Golovin O.L., Stolyarov A.D. Methodology of searching Pareto-optimal solutions for the development of smart cities on the basis of their digital twins. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya = Modern Economics: Problems and Solutions*. 2021;(9):8-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/meps.2021.9/2666>

21. Marr B. Big Data in practice: How 45 successful companies used Big Data analytics to deliver extraordinary results. Chichester: John Wiley & Sons Ltd; 2016. 320 p.

Информация об авторах

Владимир Владимирович Гордеев
аспирант
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31

Виктор Иванович Абрамов
доктор экономических наук,
кандидат физико-математических наук,
профессор кафедры управления
бизнес-проектами
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31
SPIN-код: 9180-0782

Поступила в редакцию 30.06.2025
Прошла рецензирование 14.07.2025
Подписана в печать 05.08.2025

Information about the authors

Vladimir V. Gordeev
postgraduate student
National Research Nuclear University “MEPhI”
31 Kashirskoe highway, Moscow 115409, Russia

Victor I. Abramov
D.Sc. in Economics, PhD in Physical
and Mathematical Sciences,
Professor at the Department of Business Project
Management
National Research Nuclear University “MEPhI”
31 Kashirskoe highway, Moscow 115409, Russia
SPIN: 9180-0782

Received 30.06.2025
Revised 14.07.2025
Accepted 05.08.2025

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.
Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest
related to the publication of this article.