

УДК 61:004.9:65.011.8:519.86

UDC 61:004.9:65.011.8:519.86

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

## **ОБРАТНО-СТЕПЕННАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СФЕРЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

Масюк Наталья Николаевна  
д.э.н., профессор

Мазелис Лев Соломонович  
д.э.н., профессор

Куликова Оксана Михайловна  
к.т.н., доцент  
*Владивостокский государственный университет,  
Владивосток, Россия*

Цифровизация здравоохранения представляет собой ключевой фактор повышения эффективности медицинской помощи, однако её влияние характеризуется нелинейным характером и подчинением закону убывающей отдачи. В статье разработана обратно-степенная математическая модель, позволяющая количественно оценить прирост операционной эффективности подсистемы здравоохранения в зависимости от объема инвестиций в цифровизацию. Модель параметризована тремя ключевыми параметрами: максимально достижимым приростом эффективности, объемом инвестиций для достижения половины максимального эффекта и показателем нелинейности, определяющим динамику достижения эффекта насыщения. Теоретической основой модели послужили принципы экономики производства и диффузии инноваций, адаптированные к институциональным особенностям сферы здравоохранения. Модель демонстрирует корректное асимптотическое поведение и монотонный рост, обеспечивая ее теоретическую обоснованность и практическую применимость. В работе представлена апробация модели на примере внедрения электронных медицинских карт в многопрофильном стационаре, которая выявила системные расхождения между плановыми и прогнозными показателями эффективности. Расчеты показали, что для преодоления разрыва и достижения целевого уровня эффективности деятельности медицинской организации требуются существенно более значительные объемы инвестиций на этапах реализации проекта, что подтверждает нелинейный характер зависимости и действие эффекта насыщения

Ключевые слова: ОБРАТНО-СТЕПЕННАЯ

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in economics

## **INVERSE-POWER MODEL OF THE IMPACT OF DIGITALIZATION ON HEALTHCARE EFFICIENCY**

Masyuk Natalya Nikolaevna  
Doctor of Economics Sciences, professor

Mazelis Lev Solomonovich  
Doctor of Economics Sciences, professor

Kulikova Oksana Mikhailovna  
Cand.Tech.Sci., Associate Professor  
*Vladivostok State University, Vladivostok, Russia*

The digitalization of healthcare is a key factor in improving the efficiency of medical care; however, its impact is characterized by a non-linear nature and adheres to the law of diminishing returns. The article develops an inverse-power mathematical model that allows for a quantitative assessment of the increase in the operational efficiency of a healthcare subsystem depending on the volume of investments in digitalization. The model is parameterized by three key parameters: the maximum achievable efficiency gain, the volume of investment required to achieve half of the maximum effect, and a non-linearity indicator that determines the dynamics of reaching the saturation effect. The theoretical foundation of the model is based on the principles of production economics and the diffusion of innovations, adapted to the institutional specifics of the healthcare sector. The model demonstrates correct asymptotic behavior and monotonic growth, ensuring its theoretical validity and practical applicability. The paper presents a testing of the model using the example of electronic medical record implementation in a multidisciplinary hospital, which revealed systematic discrepancies between planned and forecasted efficiency indicators. The calculations showed that significantly larger volumes of investment are required at the project implementation stages to bridge the gap and achieve the target level of efficiency for the medical organization, confirming the non-linear nature of the relationship and the presence of the saturation effect

Keywords: INVERSE POWER MODEL,

МОДЕЛЬ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ  
МОДЕЛИ, КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА,  
НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ,  
УБЫВАЮЩАЯ ОТДАЧА, ТЕЛЕМЕДИЦИНА,  
ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ КАРТЫ,  
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ

HEALTHCARE DIGITALIZATION,  
HEALTHCARE EFFICIENCY, MODEL  
PARAMETERIZATION, QUANTITATIVE  
ASSESSMENT, NONLINEAR DEPENDENCY,  
DIMINISHING RETURNS, TELEMEDICINE,  
ELECTRONIC MEDICAL RECORDS,  
RESOURCE OPTIMIZATION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-214-010>

## **Введение.**

Цифровизация в современных системах здравоохранения приобретает всё большее значение как ключевой фактор повышения качества медицинской помощи, оптимизации управленческих процессов, сокращения операционных издержек и расширения доступа к медицинским услугам [1, 2, 3]. Благодаря внедрению электронных медицинских карт (ЭМК), телемедицинских платформ, систем поддержки клинических решений, искусственного интеллекта и больших данных, здравоохранение трансформируется из традиционной, ориентированной на реактивные действия системы в проактивную, персонифицированную и эффективную сферу [4, 5].

Библиографический поиск показал, что цифровизация сферы здравоохранения способна повысить ключевые показатели эффективности медицинских организаций на 15-45 %, при этом возврат инвестиций (ROI) в исследуемую сферу составит от 120 до 180 %, а сроки окупаемости – от 2 до 7 лет в зависимости от сложности внедрения инновационных технологий [6].

Для описания процессов цифровой трансформации здравоохранения в настоящее время главным образом используются теоретические модели, объясняющие процессы внедрения и адаптации информационных технологий в процессы оказания медицинской помощи. Среди которых наиболее часто применяются модель принятия технологий (ТАМ) [7] и унифицированная теория принятия и использования технологий (UTAUT)

<http://ej.kubagro.ru/2025/10/pdf/10.pdf>

[8], которые фокусируются на воспринимаемой полезности создаваемых инноваций, простоте их использования, а также влиянии организационных и социальных факторах в исследуемой сфере. Однако сложность функционирования систем здравоохранения требует расширения данных моделей и подходов за счет учета конфиденциальности данных, субъективных норм и условий внедрения.

Наряду с данными моделями применяются и другие, такие как HIMSS EMRAM (Electronic Medical Record Adoption Model) и DHCMM (Digital Health Capability Maturity Model), позволяющие оценить готовность организаций к цифровизации по таким критериям, как интеграция электронных медкарт, персонализация медицинской помощи и вовлеченность пользователей [9].

Важное значение для описания процессов цифровизации в сфере здравоохранений имеют комплексные модели внедрения, среди которых выделяется фреймворк NASSS (NASSS Framework) – комплексная аналитическая методология, предназначенная для изучения и оценки внедрения, масштабирования и устойчивости цифровых технологий в сферу здравоохранения [10].

Вышеуказанные экономические модели оценивают стоимостную эффективность цифровых решений в сфере здравоохранения, учитывая не только прямые медицинские результаты, но и процессуальные улучшения, устойчивость и эквивалентность.

Одновременно с экономическими моделями развиваются системные и социотехнические подходы, такие как концепция «One Digital Health», акцентирующие единство цифровых и экологических аспектов, вовлечение граждан и трансформацию ценности в экосистеме здравоохранения [11].

Особого внимания заслуживают региональные и контекстуальные модели, учитывающие специфику стран с низким и средним уровнем дохода, где ключевыми становятся телемедицина и мобильное

здравоохранение, а также динамические модели, описывающие нелинейные взаимодействия между цифровизацией и общественным здоровьем [12, 13].

Следовательно, успешная цифровая трансформация сферы здравоохранения требует интеграции перечисленных подходов, учёта многоуровневой вовлечённости стейкхолдеров, адаптации к локальным условиям и ориентации на долгосрочную устойчивость, выходящую за рамки технологического внедрения.

Как показывает практика, на начальной стадии цифровой трансформации в сфере здравоохранения наблюдается существенное повышение операционной эффективности. Так, миграция с бумажного документооборота на электронные системы ведения записей детерминирует значительное сокращение временных затрат на поиск информации, минимизацию количества ошибок и повышение уровня прозрачности процессов оказания медицинской помощи. Однако при достижении определенной степени насыщения медицинской инфраструктуры цифровыми инструментами предельная полезность каждой последующей единицы инвестиционных или технологических вложений снижается [14]. Указанный феномен, соответствующий закону убывающей предельной отдачи, в большинстве случаев не учитывается при решении задачи моделирования влияния цифровизации на процессы оказания медицинской помощи в современных условиях.

В большинстве случаев в существующих моделях и подходах цифровая трансформация сферы здравоохранения рассматривается как либо постепенно развивающийся процесс, либо процесс экспоненциального неограниченного роста [15], что не соответствует современным условиям. Следовательно, актуальной исследовательской задачей является разработка математической модели, с достаточной точностью описывающей нелинейность динамики отдачи в процессах

цифровой трансформации сферы здравоохранения, включая вариабельность темпов прироста эффективности в зависимости от достигнутого уровня цифровой зрелости медицинских организаций.

На решение поставленной задачи направлено данное исследование.

### **Теоретическое обоснование построения модели влияния цифровизации на эффективность сферы здравоохранения.**

Концептуальный фундамент предложенной модели основывается на синтезе положений экономической теории производства и концепции технологической диффузии, адаптированных к институциональным особенностям сферы здравоохранения [16]. Методологический аппарат модели базируется на предположении о нелинейном характере зависимости между уровнем цифровизации и результирующими показателями эффективности, соответствующем принципу убывающей предельной производительности факторов производства [17].

Важнейшим теоретическим основанием выбора спецификации модели выступает учет ресурсных ограничений, имманентно присущих сфере здравоохранения как сложному социальнно-экономическому институту. Внедрение цифровых технологий сопряжено со значительными издержками различных типов – финансовыми, временными, кадровыми и организационными [18]. Первоначальные инвестиции, направляемые на устранение наиболее очевидных операционных неэффективностей, демонстрируют высокую предельную отдачу. Однако по мере исчерпания потенциала простых оптимизационных решений каждая последующая единица вложений требует преодоления всё более сложных системных ограничений, что закономерно приводит к снижению дополнительного эффекта. Данный аспект цифровизации здравоохранения включен в математическую спецификацию разрабатываемой модели.

В спецификацию модели также включены закономерности реализации процессов диффузии инноваций в институциональной среде, описываемые

с помощью логистических кривых с настраиваемыми параметрами нелинейности преобразования. Данная особенность позволяет моделировать различные сценарии технологической трансформации – от моделей с быстро наступающим насыщением, характерных для систем с низким адаптивным потенциалом, до сценариев с пролонгированным периодом высокой отдачи.

Критически важным аспектом при моделировании цифровых трансформаций сложных социально-экономических систем, к которым относится сфере здравоохранения, является параметризация теоретического максимума повышения эффективности, отражающего системные ограничения, обусловленные фундаментальными барьерами – технологическими, регуляторными, кадровыми и физиологическими. То есть, цифровизация здравоохранения представляет собой инструмент оптимизации в рамках объективно существующих системных ограничений, а не универсальное средство бесконечного повышения производительности.

### **Обратно-степенная модель влияния цифровизации на эффективность сферы здравоохранения.**

Обратно-степенная модель влияния цифровизации на эффективность сферы здравоохранения задается уравнением:

$$\Delta Eff = \beta \left( 1 - \frac{1}{1 + (DI/\alpha)^\gamma} \right), \quad (1)$$

где  $\Delta Eff$  – прирост эффективности сферы здравоохранения (в процентах);

$DI$  – уровень интенсивности цифровизации, измеряемый объемом инвестиций (млн рублей);

$\beta$  – асимптотический максимум прироста эффективности, определяющий верхний предел, к которому стремится  $\Delta Eff$  при росте уровня  $DI$ ;

$\alpha$  – масштабный параметр интенсивности цифровизации, при котором достигается значение  $\Delta Eff = \frac{\beta}{2}$ ;

$\gamma$  – параметр степени нелинейности, определяющий форму кривой роста ( $\gamma > 1$ : эффект насыщения наступает быстрее;  $\gamma < 1$ : рост эффективности более плавный).

Модель, задаваемая функцией (1), демонстрирует ряд фундаментальных свойств, которые обеспечивают ее теоретическую корректность и практическую применимость.

Во-первых, модель обладает корректным асимптотическим поведением. При нулевом уровне цифровизации ( $DI = 0$ ) прирост эффективности ( $\Delta Eff$ ) равен нулю, что соответствует отсутствию положительного эффекта в условиях недостаточного технологического развития. При стремлении уровня цифровизации к бесконечности ( $DI \rightarrow \infty$ ) величина  $\Delta Eff$  асимптотически приближается к значению параметра  $\beta$ , который интерпретируется как максимально достижимый прирост эффективности в рамках рассматриваемой системы. Это отражает эффект насыщения, характерный для процессов с убывающей отдачей.

Во-вторых, функция является монотонно возрастающей по переменной  $DI$  что подтверждается анализом её производной:

$$\frac{d(\Delta Eff)}{d(DI)} = \beta \frac{\gamma \left( \frac{DI}{\alpha} \right)^{\gamma-1} \frac{1}{\alpha}}{\left( 1 + \left( \left( \frac{DI}{\alpha} \right) \right)^{\gamma} \right)^2} > 0, \quad (2)$$

Данное свойство согласуется с ожидаемым поведением системы: увеличение уровня цифровизации всегда приводит к росту эффективности, хотя и с постепенным замедлением.

В-третьих, модель ограничена сверху значением  $\beta$ , а снизу – нулем. Это обеспечивает ее реалистичность, поскольку эффективность сферы здравоохранения не может принимать бесконечные значения или ухудшаться под влиянием цифровизации.

Важную роль играет параметр нелинейности  $\gamma$  который определяет скорость достижения насыщения. При  $\gamma > 1$  модель описывает сценарий с интенсивным начальным ростом и быстрым выходом на плато, что характерно для систем, где первоначальные инвестиции приносят значительный эффект, а последующие требуют больших затрат для последовательных улучшений. При  $\gamma < 1$  рост эффективности происходит более плавно, что отражает постепенное накопление положительных эффектов.

Параметр  $\alpha$  в свою очередь, определяет масштаб цифровизации здравоохранения, необходимый для достижения половины максимального эффекта ( $\Delta Eff = \beta/2$ ). Это позволяет калибровать модель под конкретные условия, учитывая различную отзывчивость сферы здравоохранения к цифровым преобразованиям.

Как было показано выше, теоретической основой модели являются принципы экономики убывающей отдачи и аналогии с сигмоидными функциями, такими как логистическая кривая. Однако использование степенной зависимости  $(DI/\alpha)^\gamma$  придаёт модели большую гибкость, позволяя точнее настраивать её на реальные данные.

Таким образом, представленная модель, заданная уравнением (1), сочетает в себе математическую строгость, интерпретируемость параметров и способность адекватно отражать нелинейность процессов цифровой трансформации сферы здравоохранения. Это делает ее ценным

инструментом для анализа политики в области здравоохранения, планирования инвестиций и оценки эффективности цифровых инноваций.

### **Применение разработанной модели при анализе эффективности цифровизации сферы регионального здравоохранения РФ в современных условиях.**

В контексте реализации национального проекта «Здравоохранение» и формирования Единой цифровой среды здравоохранения (ЕЦСЗ) внедрение электронных медицинских карт (ЭМК) представляет собой ключевой элемент цифровой трансформации отрасли. Прогнозируемый рост объема рынка цифрового здравоохранения до 3,00 млрд долларов в 2025 году и увеличение государственных расходов на 6,20 % подчеркивают стратегическую значимость данного направления [20]. Однако практическая реализация подобных проектов в многопрофильных стационарах сопряжена с существенными вызовами, включая необходимость интеграции с существующими в сфере здравоохранения системами, федеральными платформами (Госуслуги, ЕГИСЗ), а также преодоление организационного сопротивления и региональной вариативности цифровой грамотности персонала.

С применением предложенной модели выполним анализ эффективности внедрения электронных медицинских карт (ЭМК) в рамках федеральной программы цифровизации здравоохранения на примере многопрофильного стационара на 500 коек в одном из российских городов. Реализация проекта направлена на сокращение времени на поиск медицинской информации на 42 %, снижение ошибок ручного ввода данных на 42 % и повышение удовлетворенности пациентов на 30 %.

Прирост эффективности через ключевые индикаторы проекта по цифровизации в исследуемой медицинской организации может быть рассчитан по следующей формуле [21]:

$$\Delta Eff = \omega_1 T + \omega_2 E + \omega_3 S, \quad (3)$$

где  $T$  – сокращение времени поиска информации (%);

$E$  – снижение ошибок ввода данных (%);

$S$  – повышение удовлетворенности пациентов (%);

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$  – весовые коэффициенты,  $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$ .

Весовые коэффициенты  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  определяют относительную важность каждого показателя для оценки общей эффективности процесса. Согласно результатам процедуры экспертной оценки, весовым коэффициентам, характеризующим относительную значимость факторов влияния, присвоены следующие нормализованные значения:  $\omega_1 = 0,35$ ;  $\omega_2 = 0,40$ ;  $\omega_3 = 0,25$ . Параметр качества данных ( $\omega_2$ ) идентифицирован как наиболее значимый, что соответствует принципам управления рисками в медицинской деятельности. Показатели времени выполнения процедур ( $\omega_1$ ) занимают промежуточное положение, отражая важность операционной эффективности. Параметр удовлетворенности пациентов ( $\omega_3$ ) завершает иерархию значимости, акцентируя вторичность субъективных оценок относительно объективных метрик качества и эффективности.

Следовательно, прирост эффективности при реализации проекта планируется на уровне 39,00 %.

Проект планируется реализовать в три этапа в течение 18 месяцев с обязательным подключением к ЕЦСЗ. Первый этап (6 месяцев, инвестиции – 10 млн рублей) фокусируется на выполнении подготовительных работ: проведении аудита инфраструктуры, приобретении программного обеспечения и обучении 30 % персонала, миграции 15-20,00 тысяч медицинских записей в базу данных (40 % вручную). Второй этап (7 месяцев, инвестиции – 12 млн рублей) обеспечит внедрение в деятельность медицинской организации клинических модулей с интеграцией диагностического оборудования по стандартам HL7 и телемедицину, обеспечивающую перевод в онлайн-режим до 25 % медицинских

консультаций, обучение персонала и обеспечение дополнительных бонусов к окладу. Третий этап проекта (5 месяцев, инвестиции – 8 млн руб.) направлен на оптимизацию работы ЭМК с модулями искусственного интеллекта для мониторинга хронических заболеваний аудитом ЕЦСЗ. Планируемый прирост операционной эффективности реализации проекта на первом этапе – 20 %, на втором – 8 %, на третьем – 11 %.

Параметризация разработанной обратно-степенной модели осуществлена на основе комплексного анализа репрезентативных данных, полученных из официальных источников. Процедура включала последовательную реализацию нескольких этапов. Первоначально был осуществлен сбор и верификация первичных данных из официальных отчетных материалов Минздрава РФ<sup>1</sup>, содержащих информацию о реализации пилотных проектов цифровизации в региональных системах здравоохранения. Особое внимание уделялось анализу показателей эффективности внедрения электронных медицинских карт и телемедицинских технологий в медицинских организациях различного уровня. На следующем этапе проводился детальный анализ отраслевых обзоров TAdviser<sup>2</sup>, содержащих сравнительные данные по эффективности внедрения цифровых решений, показателям возврата инвестиций и срокам окупаемости цифровых проектов в здравоохранении. Для обеспечения достоверности параметризации была сформирована экспертная группа из специалистов по цифровой трансформации здравоохранения, экономистов-аналитиков и представителей медицинского сообщества. Многоуровневая процедура экспертной оценки по модифицированному методу Дельфи позволила достичь консенсусных значений параметров модели при минимизации субъективного фактора. Статистическая обработка результатов включала расчет медианных значений и квартильных

<sup>1</sup> Министерство здравоохранения Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rosminzdrav.ru/>, свободный доступ. Дата обращения: 12 марта 2025 г.

<sup>2</sup> <https://www.tadviser.ru/>

размахов, что обеспечило устойчивость оценок. Верификация адекватности параметров модели подтверждена сопоставлением с эмпирическими данными о фактических результатах цифровизации медицинских организаций.

Асимптотический максимум прироста эффективности  $\beta$  определен на уровне ( $\beta$ ) 45,00 %, что детерминировано системными ограничениями цифровой трансформации. Данное значение отражает отраслевые лимиты, обусловленные комплексом факторов, включая региональную неоднородность внедрения цифровых решений и ограниченную совместимость с существующей информационно-технологической инфраструктурой. Установленный предел соответствует теоретическому максимуму повышения эффективности в условиях реальных организационных и технологических ограничений. Масштабный параметр ( $\alpha$ ), характеризующий объем инвестиций, необходимый для достижения половины максимального эффекта, определен на уровне 18 млн рублей. Данная величина скорректирована с учетом современных инфляционных процессов и дополнительных требований, связанных с интеграцией цифровых решений в единую государственную платформу «Госуслуги». Указанный порог инвестиций отражает возросшую сложность интеграционных процессов и соответствие актуальным экономическим условиям. Параметр нелинейности ( $\gamma$ ) с применением экспертных методов установлен на уровне 1,6, что отражает ускоренную отдачу от инвестиций на начальном этапе цифровизации за счет быстрого устранения ключевых операционных узких мест. Данное значение обеспечивает интенсивный рост эффективности при стартовых инвестициях с последующим переходом к фазе насыщения, когда дальнейшее повышение результативности требует преодоления системных организационных ограничений [21].

Все расчеты и визуализация данных выполнены в среде программирования Python 3.13 с использованием облачной платформы Google Colab, что обеспечило доступность вычислительных ресурсов и воспроизводимость результатов. Для реализации математической модели и статистического анализа применялись библиотеки NumPy и Matplotlib.

На рис. 1 приведены результаты расчетов, демонстрирующие комплексный анализ расхождений между плановыми и фактическими показателями эффективности цифровой трансформации подсистемы здравоохранения, выполненные на основе предложенной обратно-степенной модели с использованием экономико-математических методов.

### АНАЛИЗ ПРИРОСТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

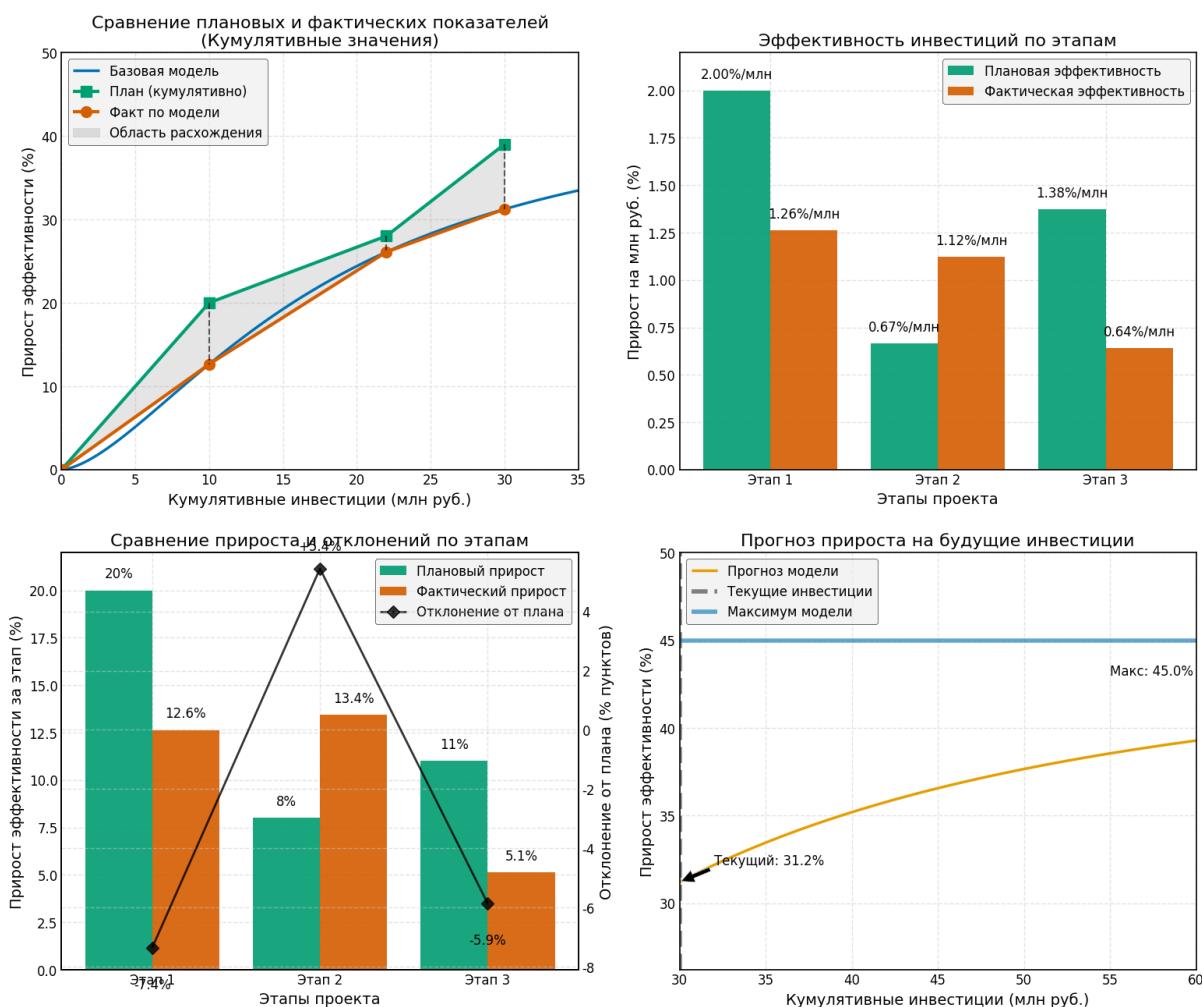


Рисунок 1 – Сравнение плановых и фактических показателей  
эффективности реализации проекта по цифровизации в стационаре по  
этапам

На основании выполненных расчетов могут быть сделаны следующие выводы (рис. 1). Плановые показатели прироста операционной эффективности проекта цифровой трансформации распределены по этапам реализации следующим образом: 20 % на первом этапе, 8 % на втором и 11 % на третьем этапе, формируя совокупный плановый показатель 39 %. Однако проведенная верификация с использованием разработанной обратно-степенной математической модели (1) выявила системные расхождения между плановыми и прогнозными значениями. Согласно результатам моделирования, совокупный прирост эффективности составит 31,2 %, что на 7,8 процентных пункта ниже планового значения, демонстрируя статистически значимое отклонение ( $p < 0,05$ ).

Качественный анализ распределения отклонений по этапам реализации выявил разнонаправленную динамику (рис. 1). На первом этапе зафиксировано отрицательное отклонение -7,4 процентных пункта (фактический прирост 12,6 % против плановых 20 %), что может быть объяснено эффектом начальных институциональных барьеров и более длительным периодом адаптации персонала к новым цифровым решениям. На втором этапе наблюдается положительное отклонение +5,40 процентных пункта (13,40 % против 8,00 %), обусловленное синергетическим эффектом от интеграции клинических модулей и телемедицинских решений. На третьем этапе зафиксировано отрицательное отклонение -5,90 процентных пункта (5,10 % против 11,00 %), объясняемое действием закона убывающей предельной отдачи и достижением эффекта технологического насыщения.

Проведенное исследование выявило необходимость корректировки объемов финансирования для достижения запланированного уровня

операционной эффективности в 39 %. Согласно результатам расчетов с использованием функции (1), для преодоления разрыва между прогнозируемым (31,2 %) и целевым показателем эффективности требуется дополнительное инвестирование в объеме 28 млн рублей к первоначально запланированным 30 млн рублей. Таким образом, совокупный объем финансовых ресурсов, необходимых для реализации проекта цифровизации, составляет 58 млн рублей. Полученные данные демонстрируют существенную нелинейность зависимости «инвестиции-эффективность», характеризующуюся прогрессирующим ростом предельных затрат на единицу прироста эффективности по мере приближения к целевому показателю. Данное явление объясняется действием эффекта технологического насыщения и возрастающими затратами на преодоление институциональных и организационных барьеров при достижении более высоких уровней цифровой зрелости медицинской организации.

Полученные результаты находят практическое подтверждение в деятельности многопрофильных стационаров, в том числе в г. Омске, г. Новосибирске, где реализация аналогичных проектов цифровизации демонстрирует сопоставимую динамику показателей эффективности [21].

### **Заключение.**

Проведенное исследование демонстрирует, что предложенная обратно-степенная модель является эффективным инструментом для количественной оценки нелинейного влияния цифровизации на эффективность сферы здравоохранения. Модель учитывает закон убывающей предельной отдачи и позволяет прогнозировать динамику роста эффективности в зависимости от уровня цифровой зрелости организации.

Теоретическая значимость работы заключается в адаптации принципов экономики производства и диффузии инноваций к сфере

здравоохранения, что вносит вклад в методологию анализа его цифровой трансформации. Апробация модели подтвердила ее прогнозную способность для оценки прироста эффективности на различных этапах соответствующих проектов.

Практическая ценность исследования состоит в создании методического инструмента для оптимизации инвестиционного планирования и управления внедрением цифровых решений. Модель позволяет обоснованно распределять ресурсы и оценивать эффективность с учетом системных ограничений, что особенно важно в условиях бюджетной децентрализации.

Перспективы исследований связаны с адаптацией модели для оценки различных цифровых технологий и разработкой на ее основе отраслевых стандартов, что заложит основу для комплексного управления цифровизацией с учетом региональной и технологической специфики.

### **Список литературы**

1. Суслин С. А. Информационные технологии в совершенствовании организации оказания медицинской помощи населению / С. А. Суслин и [др.] // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2024. – №. 2. – С. 805-822.
2. Бокова Р. Д. Цифровая трансформация в сфере здравоохранения / Р. Д. Бокова // Менеджмент в здравоохранении: вызовы и риски XXI века. – 2021. – С. 3-5.
3. Ершова Е. С. Использование цифровых технологий в сфере здравоохранения / Е. С. Ершова, А. С. Обухова, Н. Ю. Ершов // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – №. 3 (53). – С. 153-158.
4. Нурматова Ф. Б. Цифровая трансформация в медицине: тенденции и перспективы / Ф. Б. Нурматова, Ш. Х. Абдуганиева // Universum: технические науки. – 2023. – №. 7-1 (112). – С. 26-29.
5. Пугачев П. С. и др. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения / П. С. Пугачев и [др.] // Национальное здравоохранение. – 2021. – Т. 2. – №. 2. – С. 5-12.
6. Orsini, F. F. The Impact of Automation and Digitalization in Hospital Medication Management: Economic Analysis in the European Countries. / F. F. Orsini, D. Bellavia, F. Schettini, E. Foglia // Healthcare. – 2025. – T. 13. – C. 1604. <https://doi.org/10.3390/healthcare13131604>
7. Алпысбекқызы А. Г. Методология поведенческих систем управления информацией: перспективы модели принятия технологий (ТАМ) и модели структурных уравнений (SEM) / А. Г. Алпысбекқызы // Endless light in science. – 2024. – №. 30 ноябрь 7. – С. 6-13.

8. Аскарова А. М. Роль развития и влияния новых медицинских технологий в принятии эффективных решений. Обзор литературы / А. М. Аскарова, Л. К. Кошербаева, А. Б. Табаров //Наука и здравоохранение. – 2021. – №. 5. – С. 174-184.
9. Kim G. J. Developing the Digital Health Communication Maturity Model: Systematic Review / G. J. Kim, K. Namkoong // Journal of Medical Internet Research. – 2025. – Т. 27. – С. e68344.
10. Greenhalgh T. NASSS framework—a synthesis of multiple theories of technology implementation / T. Greenhalgh, S. Abimbola //Applied interdisciplinary theory in health informatics. – 2019. – С. 193-204.
11. Михеев А. Е. Перспективы создания цифровых медицинских экосистем в России: цифровые двойники и другие технологии, проблемы и подходы / А. Е. Михеев // Менеджер здравоохранения. – 2024. – №. Спецвыпуск. – С. 4-32.
12. Заболотная Н. В. Цифровизация здравоохранения: достижения и перспективы развития / Н. В. Заболотная, И. Н. Гатилова, А. Т. Заболотный //Экономика. Информатика. – 2020. – Т. 47. – №. 2. – С. 380-389.
13. Доан Т. М. Цифровизация здравоохранения: перспективные инструменты / Т. М. Доан, О. Г. Крестьянинова, В. А. Плотников // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29. – №. 2. – С. 132-140.
14. Scafarto V. Digitalization and Firm Financial Performance in Healthcare: The Mediating Role of Intellectual Capital Efficiency / V. Scafarto, T. Dalwai, F. Ricci, G. della Corte // Sustainability. – 2023. – Т. 15. – С. 4031. <https://doi.org/10.3390/su15054031>
15. Морозова Ю. А. Цифровая трансформация российского здравоохранения как фактор развития отрасли / Ю. А. Морозова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – №. 2. – С. 36-47.
16. Минаев В. А. Принципы управления социальными и экономическими структурами в условиях пандемических рестрикций / В. А. Минаев, К. В. Канева // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2021. – №. 1. – С. 43-61.
17. Галицкая В. А. «Цифровые парадоксы» в системе здравоохранения / В. А. Галицкая, Н. Н. Мещерякова // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2022. – №. 4. – С. 176-196.
18. Есина Е. А. Цифровые технологии как драйвер трансформации экономического развития здравоохранения / Е. А. Есина и [др.] // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – №. 4 (54). – С. 122-125.
19. Организационно-экономический механизм адаптивного управления организациями сферы здравоохранения РФ в условиях цифровизации / Н. Н. Масюк и [др.] // Глобальный научный потенциал. – 2023. – № 12-2(153). – С. 224-227.
20. Пугачев П. С. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения / П. С. Пугачев, М. И. Алексеева, В. Г. Смирнов // Национальное здравоохранение. – 2021. – Т. 2. – № 2. – С. 5–12.
21. Куликова, О. М. Методология и инструментарий управления в сфере здравоохранения / О. М. Куликова. – Владивосток : Владивостокский государственный университет, 2025. – 184 с.

## References

1. Suslin S. A. Informacionnye tehnologii v sovershenstvovanii organizacii okazaniya medicinskoy pomoshchi naseleniyu / S. A. Suslin i dr. // Sovremennye problemy zdravooxraneniya i medicinskoj statistiki. – 2024. – №. 2. – S. 805-822.
2. Bokova R. D. Cifrovaya transformaciya v sfere zdravooxraneniya / R. D. Bokova // Menedzhment v zdravooxranenii: vyzovy i riski XXI veka. – 2021. – S. 3-5.

3. Ershova E. S. Ispol`zovanie cifrovych texnologij v sfere zdravooxraneniya / E. S. Ershova, A. S. Obuxova, N. Yu. Ershov // Estestvenno-gumanitarny`e issledovaniya. – 2024. – №. 3 (53). – S. 153-158.
4. Nurmatova F. B. Cifrovaya transformaciya v medicine: tendencii i perspektivy` / F. B. Nurmatova, Sh. X. Abduganieva // Universum: texnicheskie nauki. – 2023. – №. 7-1 (112). – S. 26-29.
5. Pugachev P. S. i dr. Mirovy`e trendy` cifrovoj transformacii otrasi zdravooxraneniya / P. S. Pugachev i dr. // Nacional`noe zdravooxranenie. – 2021. – T. 2. – №. 2. – S. 5-12.
6. Orsini, F. F. The Impact of Automation and Digitalization in Hospital Medication Management: Economic Analysis in the European Countries. / F. F. Orsini, D. Bellavia, F. Schettini, E. Foglia // Healthcare. – 2025. – T. 13. – S. 1604. <https://doi.org/10.3390/healthcare13131604>
7. Alpy'sbekky'zy` A. G. Metodologiya povedencheskix sistem upravleniya informaciej: perspektivy` modeli prinyatiya texnologij (TAM) i modeli strukturny`x uravnenij (SEM) / A. G. Alpy'sbekky'zy` // Endless light in science. – 2024. – №. 30 noyabr` 7. – S. 6-13.
8. Askarova A. M. Rol` razvitiya i vliyaniya novy`x medicinskix texnologij v prinyatii e`ffektivny`x reshenij. Obzor literatury` / A. M. Askarova, L. K. Kosherbaeva, A. B. Tabarov // Nauka i zdravooxranenie. – 2021. – №. 5. – S. 174-184.
9. Kim G. J. Developing the Digital Health Communication Maturity Model: Systematic Review / G. J. Kim, K. Namkoong // Journal of Medical Internet Research. – 2025. – T. 27. – S. e68344.
10. Greenhalgh T. NASSS framework—a synthesis of multiple theories of technology implementation / T. Greenhalgh, S. Abimbola // Applied interdisciplinary theory in health informatics. – 2019. – S. 193-204.
11. Mixeev A. E. Perspektivy` sozdaniya cifrovych medicinskix e`kosistem v Rossii: cifrovye dvojniki i drugie texnologii, problemy` i podxody` / A. E. Mixeev // Menedzher zdravooxraneniya. – 2024. – №. Speczvy`pusk. – S. 4-32.
12. Zabolotnaya N. V. Cifrovizaciya zdravooxraneniya: dostizheniya i perspektivy` razvitiya / N. V. Zabolotnaya, I. N. Gatilova, A. T. Zabolotny`j // E`konomika. Informatika. – 2020. – T. 47. – №. 2. – S. 380-389.
13. Doan T. M. Cifrovizaciya zdravooxraneniya: perspektivny`e instrumenty` / T. M. Doan, O. G. Krest`yaninova, V. A. Plotnikov // E`konomika i upravlenie. – 2023. – T. 29. – №. 2. – S. 132-140.
14. Scafarto V. Digitalization and Firm Financial Performance in Healthcare: The Mediating Role of Intellectual Capital Efficiency / V. Scafarto, T. Dalwai, F. Ricci, G. della Corte // Sustainability. – 2023. – T. 15. – S. 4031. <https://doi.org/10.3390/su15054031>
15. Morozova Yu. A. Cifrovaya transformaciya rossijskogo zdravooxraneniya kak faktor razvitiya otrasi / Yu. A. Morozova // Intellekt. Innovacii. Investicii. – 2020. – №. 2. – S. 36-47.
16. Minaev V. A. Principy` upravleniya social`ny`mi i e`konomicheskimi strukturami v usloviyah pandemicheskix restrikcij / V. A. Minaev, K. V. Kaneva // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhny`e sistemy`: modeli, analiz i upravlenie. – 2021. – №. 1. – S. 43-61.
17. Galiczkaya V. A. «Cifrovye paradoksy» v sisteme zdravooxraneniya / V. A. Galiczkaya, N. N. Meshheryakova // Voprosy` gosudarstvennogo i municipal`nogo upravleniya. – 2022. – №. 4. – S. 176-196.
18. Esina E. A. Cifrovye texnologii kak drajver transformacii e`konomicheskogo razvitiya zdravooxraneniya / E. A. Esina i dr. // Estestvenno-gumanitarny`e issledovaniya. – 2024. – №. 4 (54). – S. 122-125.

19. Organizacionno-e`konomicheskij mexanizm adaptivnogo upravleniya organizaciyami sfery` zdravooxraneniya RF v usloviyakh cifrovizacii / N. N. Masyuk i dr. // Global`nyj nauchnyj potencial. – 2023. – № 12-2(153). – S. 224-227.
20. Pugachev P. S. Mirovy'e trendy` cifrovoj transformacii otrazili zdravooxraneniya / P. S. Pugachev, M. I. Alekseeva, V. G. Smirnov // Nacional`noe zdravooxranenie. – 2021. – T. 2. – № 2. – S. 5–12.
21. Kulikova, O. M. Metodologiya i instrumentarij upravleniya v sfere zdravooxraneniya / O. M. Kulikova. – Vladivostok : Vladivostokskij gosudarstvennyj universitet, 2025. – 184 s.