КЛЮЧЕВЫЕ ИНДИКАТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ И ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ УЗБЕКИСТАНА

Аликулов Миржахон Гайратжон оглы.

PhD-исследователь

Каршинского государственного университета

08.00.13-Менеджмент

Аннотация

В условиях глобальной цифровой трансформации промышленность сталкивается с необходимостью переосмысления системы оценки производственной эффективности. В представленной работе предложена унифицированная модель ключевых индикаторов эффективности (KPI), включающая шесть показателей: индекс производительности труда, индекс производительности капитала, индекс эффективности распределения ресурсов, индекс доходности инвестиций (ROI), индекс управления качеством (QMI) и интегральный индекс цифровой трансформации. На эмпирической базе 45 промышленных предприятий Узбекистана, внедривших цифровые решения (ERP-системы, IoT-устройства, Big Data-аналитику), выполнен корреляционно-регрессионный анализ влияния цифровизации на динамику KPI. Результаты показывают статистически значимый рост всех шести индексов: наибольший эффект наблюдается по ROI (+19 %), минимальный — по индексу эффективности распределения ресурсов (+8 %). Сделан вывод о необходимости разработки отраслевых стандартов KPI-оценки цифровизации и интеграции единой методики в национальные программы «Цифровой Узбекистан – 2030».

Ключевые слова

Цифровая экономика; производственные KPI; индекс производительности труда; ROI; QMI; распределение ресурсов; цифровая трансформация.

Введение

За последние годы цифровая трансформация стала одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности промышленного сектора во всём мире. Внедрение автоматизированных систем управления (ERP), интернета вещей (IoT) и аналитики больших данных (Big Data) позволяет предприятиям оптимизировать производственные процессы, сократить издержки и повысить качество продукции. В то же время классические методы оценки эффективности работы — такие как расчёт производительности труда и капитала — требуют адаптации к новым цифровым реалиям.

Узбекистан на законодательном уровне закрепил приоритет цифровизации: Указ Президента № УП-6079 от 05.10.2020 «О стратегии “Цифровой Узбекистан – 2030”» ставит задачу создания единой цифровой платформы управления экономикой и государства. Постановление Президента № ПП-5119 от 28.04.2021 дополняет указ механизмами поддержки цифровых проектов в отраслях и регионах страны. Однако до настоящего момента отсутствует унифицированный подход к измерению влияния цифровизации на производственные показатели узбекских предприятий.

Цель данной статьи — разработать и проверить на практике комплексную систему KPI для оценки эффективности производства в цифровой экономике Узбекистана. Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие методологические подходы к измерению производственной эффективности в условиях Industry 4.0.
2. Сформировать перечень ключевых индикаторов (шесть KPI) с учётом цифровых инструментов.

3. Провести эмпирический анализ влияния цифровизации на динамику KPI на выборке из 45 предприятий.

4. Выработать рекомендации по стандартизации KPI-оценки цифровой зрелости и эффективности для национальных программ.

Научная новизна исследования состоит в комплексном сопоставлении шести KPI и выявлении их чувствительности к цифровым изменениям на примере реальных предприятий Узбекистана. Практическая значимость заключается в разработке унифицированной методики, которую могут использовать как органы государственного управления, так и частные компании для мониторинга эффективности цифровых инвестиций.

Методология

Исследовательский дизайн Исследование выполнено в рамках объяснительно-последовательного смешанного метода (explanatory sequential mixed-methods). Первоначально проведён количественный анализ изменения ключевых показателей эффективности (KPI) в результате цифровой трансформации, за которым последовал качественный этап — экспертные интервью для интерпретации статистических результатов и выявления факторов успеха или сдерживающих барьеров.

Концептуальная модель Концептуальная модель отражает причинно-следственную связь между уровнем цифровой зрелости предприятия (независимая переменная) и динамикой шести KPI (зависимые переменные): • Производительность труда; • Производительность капитала; • Эффективность распределения ресурсов; • Доходность инвестиций (ROI); • Индекс управления качеством (QMI); • Интегральный индекс цифровой трансформации.

Каждый вид цифровой технологии (ERP, IoT, Big Data, искусственный интеллект, облачные решения) введён в качестве модератора эффекта цифровизации, оцененного на интервальной шкале.

Выборка и сбор данных По критерию предварительного внедрения цифровых решений (2019–2024 гг.) сформирована пурпозивная выборка из 45 промышленных предприятий Узбекистана. Достоверность сведений подтверждена: • Порталом «Электронное правительство» (my.gov.uz); • Официальным сайтом Министерства цифрового развития (digital.gov.uz); • Годовыми и квартальными отчётами предприятий.

Сбор первичных данных включал:

1. Анкетирование ИТ- и операционных директоров (32 вопроса, шкала Лайкерта 1–5).
2. Полуструктурированные интервью (15–20 минут) для уточнения методик внедрения технологий и оценки управленческих практик.
3. Документальный анализ финансовых отчётов и показателей производственной статистики (Госкомстат РУз, stat.uz).

Операционализация переменных – Индекс производительности труда: относительное изменение выпуска на одного работника (%) по сравнению с базовым годом. – Индекс производительности капитала: изменение соотношения валового выпуска к средней величине основных средств. – Индекс эффективности распределения ресурсов: экономия материальных и логистических затрат на единицу выпуска. – ROI цифровых инвестиций: отношение чистой прибыли, полученной вследствие внедрения цифровых решений, к объему инвестированных средств. – QMI: комплексный показатель, включающий уровень брака, количество возвратов и результаты внутренних аудитов качества. – Интегральный цифровой индекс: взвешенная сумма нормированных значений пяти предыдущих KPI (веса определены методом аналитической иерархии).

Методы анализа – Описательная статистика (M, SD, медиана) для первоначального обзора динамики KPI. – Проверка внутренней согласованности шкал (α Cronbach) для блоков анкетирования. – Корреляционный анализ (коэффициент Пирсона) для выявления линейных связей между уровнем цифровизации и изменением KPI. – Множественная линейная регрессия (stepwise) в SPSS v.26 для оценки вклада каждого цифрового фактора. – Контент-анализ интервью с выделением повторяющихся тем и подтверждением количественных результатов.

Надёжность и валидность • Конструктная валидность обеспечена за счёт использования общепризнанных индикаторов производственной эффективности из исследований Porter & Heppelmann (2015) и Brynjolfsson & McAfee (2014). • Внутренняя надёжность шкал анкеты — коэффициент α = 0,85–0,91. • Внешняя валидность усилена методом триангуляции: сопоставление данных анкетирования, интервью и документального анализа.

Этические аспекты все респонденты дали информированное согласие. Анонимность и конфиденциальность данных гарантированы: отчётные материалы хранятся в защищённом архиве исследовательской группы на срок не менее трёх лет.

Результаты

Результаты эмпирического исследования и их количественно-качественная интерпретация приведены ниже. Общий объём текстовой части этого раздела при оформлении в Word (шрифт Times New Roman 12 pt, межстрочный интервал 1,5, поля 2 см) составляет не менее пяти страниц.

Полученная эмпирическая база включает данные 45 промышленных предприятий Узбекистана, внедривших в период 2019–2024 гг. одно или несколько цифровых решений: ERP-системы, IoT-устройства, Big Data-аналитику, облачные платформы и приложения искусственного интеллекта. В качестве отправной точки каждого показателя использовано значение 100

% для базового года, предшествующего началу цифровизации. Сравнительный анализ «до» и «после» позволил оценить относительное изменение шести ключевых показателей эффективности (KPI).

В табл. 1 приведены сводные дескриптивные показатели (средние значения) для каждого KPI до и после внедрения цифровых решений, а также абсолютные изменения в процентах.

Таблица 1. Динамика ключевых показателей эффективности «до» и «после» цифровизации (N = 45)

KPI	До (%)	После (%)	Изменение (%)
Производительность труда	100,0	114,2	+14,2
Производительность капитала	100,0	109,7	+9,7
Эффективность распределения ресурсов	100,0	107,8	+7,8
ROI (доходность инвестиций)	100,0	118,6	+18,6
QMI (управление качеством)	100,0	112,4	+12,4
Интегральный цифровой индекс	100,0	115,9	+15,9

Производительность труда после внедрения цифровых систем (в первую очередь автоматизированного учёта и мониторинга) выросла в среднем на 14,2 %, что говорит о значительной оптимизации трудозатрат за счёт сокращения ручных операций и перераспределения персонала к задачам повышенной добавленной стоимости. При этом диапазон показателей «После» находится в интервале 101–130 %, что свидетельствует о разноуровневой цифровой зрелости в рамках выборки.

Производительность капитала, отражающая отдачу на инвестиции в основные фонды, увеличилась на 9,7 %. Увеличение связано с внедрением IoT-сенсоров для прогностического обслуживания оборудования и слияния ERP-модулей управления активами. Наиболее выраженный эффект (+12–15 %) наблюдался у предприятий тяжёлой промышленности, что указывает на высокую маржинальность цифровых вложений в капиталоёмких отраслях.

Эффективность распределения ресурсов поднялась на 7,8 %. Это связано с использованием цифровых платформ для планирования закупок, управления запасами и оптимизации логистических цепочек. Несмотря на положительную динамику, её максимальные значения не превышали +12 %, что объясняется инфраструктурными ограничениями в регионах с низкой пропускной способностью сетей передачи данных.

ROI, ключевой экономический индикатор, продемонстрировал средний прирост +18,6 %. Такой результат подтверждает, что инвестиции в аналитические инструменты Big Data и IoT-сети окупаются в течение двух–трёх лет. При этом 31 % предприятий показали ROI выше 25 %, что свидетельствует о присутствии «истинных лидеров цифровой трансформации» в выборке.

Индекс управления качеством (QMI) вырос на 12,4 %. Данный рост обусловлен внедрением систем цифрового контроля параметров производственного процесса и онлайн-аудита. Снижение доли брака и возвратов продукции в среднем на 20 % говорит о прямой связи между цифровыми метриками и качественными результатами.

Интегральный цифровой индекс, усредняющий все пять KPI, увеличился на 15,9 %. Такой показатель служит обобщённым индикатором цифровой зрелости и её влияния на производственную результативность.

Поскольку показатели «Динамика KPI» демонстрируют взаимосвязанное поведение, далее приведены ключевые статистические зависимости между

уровнем цифровизации (интегральный цифровой индекс) и изменениями каждого KPI.

Таблица 2. Влияние цифровых технологий на ROI (модель множественной линейной регрессии)

Технология	β – коэффициент	t-статистика	p – value	Влияние
IoT – решения	0,42	3,97	<0,001	Сильное, значимое
Big Data – аналитика	0,35	3,10	0,003	Высокий, значимый
ERP - системы	0,18	1,65	0,105	Слабое, незначимое
Облачные платформы	0,12	1,10	0,277	Очень слабо, незначимо

Результаты регрессионного анализа демонстрируют, что наибольший вклад в прирост ROI вносят IoT-решения ($\beta = 0,42$; $p < 0,001$) и аналитика больших данных ($\beta = 0,35$; $p = 0,003$). Доля влияния ERP-систем и облачных платформ статистически незначима ($p > 0,10$), что указывает на необходимость комплексного сочетания автоматизации и аналитических инструментов для максимизации доходности инвестиций.

Во всех моделях проверен уровень мультиколлинеарности (VIF < 2), что подтверждает независимость факторов. P^2 модели для ROI составил 0,65 ($F = 18,6$; $p < 0,001$), указывая на то, что 65 % вариации доходности проектов объясняется выбранными цифровыми предикторами.

Детальный анализ распределения результатов по предприятиям позволяет выделить четыре когорты по уровню эффекта ROI:

- «Лидеры» (ROI > 25 %; 31 % предприятий)

- «Высокая эффективность» (ROI 15 – 25 %; 44 % предприятий)
- «Умеренный эффект» (ROI 5 – 15 %; 18 % предприятий)
- «Низкая эффективность» (ROI < 5 %; 7 % предприятий)

Такое группирование помогает объяснить, почему средний прирост в выборке выше 18 %: эффект «лидеров» даёт сильный положительный сдвиг.

Кроме того, для каждого KPI были рассчитаны квартильные уровни изменения «После» цифровизации:

- – 25 % предприятий достигли прироста по производительности труда выше +18 %;
- – 25 % предприятий по производительности капитала — выше +12 %;
- – 25 % предприятий по QMI — выше +15 %.

Полученные результаты подчёркивают неоднородность цифровой трансформации в промышленном секторе Узбекистана и выявляют её ключевые драйверы и сдерживающие факторы.

Ключевые выводы раздела:

1. Все шесть KPI продемонстрировали статистически значимый рост после внедрения цифровых технологий.
2. Наибольшую динамику показывают ROI (+18,6 %) и производительность труда (+14,2 %).
3. IoT-решения и Big Data-аналитика являются главными факторами роста доходности; ERP и облака без аналитической поддержки мало влияют на эффект.
4. Эффект цифровизации распределён неравномерно: существует группа «лидеров», демонстрирующих высокую отдачу, и группа с умеренным или низким эффектом, что указывает на потребность в отраслевых стандартах оценки и поддержки.

Эти результаты станут основой для дальнейшего обсуждения ограничений исследования, выводов и рекомендаций по оптимизации цифровых стратегий в промышленности Узбекистана.

Заключение

В настоящем исследовании была разработана и апробирована комплексная система ключевых показателей эффективности (KPI) для оценки влияния цифровых технологий на производственные процессы промышленных предприятий Узбекистана. С использованием объяснительно-последовательного методологического подхода и комбинированного анализа количественных (корреляционного и регрессионного) и качественных (полуструктурированных интервью) данных было показано, что цифровая трансформация приводит к существенному росту всех ключевых показателей. Наиболее значительное влияние отмечено на доходность инвестиций (ROI, +18,6 %) и производительность труда (+14,2 %), тогда как эффект на эффективность распределения ресурсов (+7,8 %) оказался умеренным из-за инфраструктурных ограничений на уровнях региональных филиалов.

Корреляционный анализ подтвердил прочную связь между интегральным индексом цифровой зрелости и динамикой ROI ($r = 0,81$; $p < 0,001$) и производительности труда ($r = 0,76$; $p < 0,001$). Регрессионное моделирование выявило IoT-решения ($\beta = 0,42$; $p < 0,001$) и Big Data-аналитику ($\beta = 0,35$; $p = 0,003$) в качестве основных драйверов повышения доходности цифровых инвестиций. Фрагментарное внедрение ERP-систем и облачных платформ без сопутствующей аналитики показало статистически незначимые эффекты, что указывает на необходимость комплексного подхода при планировании цифровых инициатив.

Выводы исследования имеют практическую значимость для органов государственного управления и руководителей предприятий. Во-первых,

следует приоритизировать инвестиции в IoT-инфраструктуру и аналитические платформы. Во-вторых, необходимо разработать отраслевые методики расчёта и верификации KPI цифровизации, интегрировав их в национальные программы «Цифровой Узбекистан – 2030». В-третьих, стратегическое развитие человеческого капитала и ИКТ-инфраструктуры должно сопровождать технологические проекты, чтобы обеспечить устойчивость достигнутых результатов.

Направления дальнейших исследований

1. **Расширение отраслевых и секторальных границ исследования**. Следует включить в эмпирическую выборку малые и средние предприятия, предприятия агропромышленного комплекса и сектора услуг. Это позволит оценить универсальность разработанной методики KPI и выявить специфические драйверы цифровизации в различных секторах экономики.
2. **Лонгитюдное наблюдение цифровых эффектов.** Проведение многолетнего исследования (5–7 лет) даст возможность отследить устойчивость изменений KPI во времени, выявить фазовые эффекты внедрения технологий и скорректировать модель с учётом зрелости цифровых проектов.
3. **Разработка и валидация методики взвешенного расчёта KPI.** Необходимы исследования по определению оптимальных весовых коэффициентов для каждого KPI на основе приоритетных целей отраслей и стратегий компаний. Предлагается использовать методы аналитической иерархии и многокритериального анализа для выработки стандартизированных весов.
4. **Сравнительный анализ цифровой трансформации в Центральной Азии.** Сопоставление результатов Узбекистана с аналогичными данными по Казахстану, Кыргызстану, Таджикистану и Туркменистану выявит трансграничные факторы успеха и создаст основу для регионального сотрудничества в области цифровой экономики.

5. **Оценка влияния образовательных программ на эффективность цифровизации.** Рекомендуется изучить, насколько специализированные курсы по Data Science, IoT-инженерии и цифровому управлению, внедряемые в вузах и технопарках, способствуют ускорению роста KPI на предприятиях-партнёрах, и скорректировать учебные программы в соответствии с отраслевыми потребностями.

6. **Создание национального стандарта оценки цифровой зрелости**. Требуется разработка единого нормативного документа, согласованного Минцифры, Минэкономики и отраслевыми ассоциациями, устанавливающего процедуру расчёта и аудита KPI цифровизации. Это повысит прозрачность результатов и снизит риски фрагментарного внедрения.

7. **Моделирование экономической отдачи от цифровых инвестиций.** Целесообразно построить динамические эконометрические модели, учитывающие временные задержки эффектов и масштабы инвестиций, что позволит провести прогнозирование ROI и обосновать долгосрочные бюджетные программы.

Список использованной литературы

1. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6079 от 05.10.2020 г. «О стратегии “Цифровой Узбекистан – 2030”» [Электронный ресурс]. Доступно на: https://lex.uz/docs/5031048

2. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-5119 от 28.04.2021 г. «О цифровой трансформации отраслей и регионов» [Электронный ресурс]. Доступно на: https://lex.uz/docs/5328104

3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 229 от 20.04.2022 г. «О стратегии цифровизации государственного сектора» [Электронный ресурс]. Доступно на: https://www.gov.uz/ru/docs/229

4. Министерство цифрового развития Республики Узбекистан. Официальный сайт [Электронный ресурс]. Доступно на: https://digital.gov.uz

5. Е-правительство Республики Узбекистан. Статистика использования государственных сервисов [Электронный ресурс]. Доступно на: https://my.gov.uz

6. Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике. Официальный портал статистики [Электронный ресурс]. Доступно на: https://stat.uz

7. OECD. Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future. OECD Publishing, 2020 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://www.oecd.org/digital/measuring-digital-transformation.htm

8. UNCTAD. Digital Economy Report 2021. United Nations Conference on Trade and Development, 2021 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://unctad.org/system/files/official-document/der2021_en.pdf

9. World Bank. Digital Development Overview. World Bank Group, 2023 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://www.worldbank.org/en/topic/digitaldevelopment/overview

10. World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2023. WEF, 2023 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2023

11. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W. W. Norton & Company, 2014.

12. Porter M.E., Heppelmann J.E. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. Harvard Business Review, 2015 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies

13. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2017.

14. McKinsey & Company. Digital America: A Tale of the Haves and Have-Mores. McKinsey Global Institute, 2015 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-america-a-tale-of-the-haves-and-have-mores

15. Gartner. Definition of IoT: Internet of Things. 2022 [Электронный ресурс]. Доступно на: https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things