

УДК 332.142

DOI: 10.34670/AR.2025.59.38.032

Комплексная оценка влияния цифровой трансформации и киберфизических систем на траектории устойчивого пространственного развития регионов Российской Федерации в парадигме индустрии 5.0

Синица Максим Павлович

Магистрант,
Исполнительный директор,
ООО «ФосАгро-Регион»,
119333, Российская Федерация, Москва, Ленинский просп., 55/1;
e-mail: macasin@yandex.ru

Аннотация

Работа оценивает совокупное влияние цифровой трансформации и киберфизических систем на траектории устойчивого пространственного развития регионов России в логике Индустрии 5.0, выявляя условия, при которых технологические инвестиции конвертируются в экономический рост при одновременном социальном и экологическом эффекте. Эмпирическая база охватывает субъекты РФ за 2018–2023 гг.; использованы интегральные индикаторы цифровизации и прокси внедрения киберфизических систем, а также целевые показатели устойчивости. Методически применены кластеризация регионов, корреляционный анализ по федеральным округам и многофакторные регрессии с контролем структуры экономики, плотности населения и урбанизации. Установлено, что наибольшую экономическую «отдачу» дает именно капитал в передовые цифровые активы: корреляция инвестиций в цифровые активы с ВРП на душу населения достигает 0,904 в промышленно развитых округах. Практически обоснованы дифференцированные стратегии для различных типов регионов с учетом их экономической специализации.

Для цитирования в научных исследованиях

Синица М.П. Комплексная оценка влияния цифровой трансформации и киберфизических систем на траектории устойчивого пространственного развития регионов Российской Федерации в парадигме индустрии 5.0 // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 8А. С. 308-317. DOI: 10.34670/AR.2025.59.38.032

Ключевые слова

Цифровая трансформация, киберфизические системы, устойчивое развитие регионов, Индустрия 5.0, пространственная политика, региональная экономика, технологическое развитие, умное производство.

Введение

Современный этап глобального экономического развития характеризуется переходом к новой парадигме, известной как Индустрия 5.0, которая акцентирует внимание на человеко-ориентированности, устойчивости и жизнестойкости промышленных и социальных систем. В этом контексте цифровая трансформация и повсеместное внедрение киберфизических систем (КФС) выступают не просто как технологические тренды, а как фундаментальные драйверы, способные кардинально изменить траектории пространственного развития. Для Российской Федерации, с ее огромной территорией и выраженной региональной асимметрией, исследование этих процессов приобретает особую актуальность. Анализ данных за последние пять лет показывает, что вклад цифровой экономики в ВВП страны вырос с 3,9% до оценочных 5,6% к началу 2024 года, однако этот рост крайне неоднороден. На долю десяти регионов-лидеров приходится свыше 65% всех инвестиций в информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), что создает цифровой разрыв, усугубляющий социально-экономическое неравенство.

Проблема заключается в том, что простое наращивание цифровой инфраструктуры и имплементация КФС не гарантируют автоматического перехода к устойчивому развитию. Нередко форсированная цифровизация без учета региональной специфики приводит к обострению существующих проблем: поляризации рынка труда, вытеснению традиционных секторов экономики и росту технологической зависимости [Каплунов, Тропинова, 2022]. Согласно статистическим отчетам, в регионах с высоким уровнем автоматизации производства наблюдается краткосрочный рост структурной безработицы на 1,2-1,8%, что требует разработки превентивных мер по переобучению и социальной адаптации населения [Меметов, 2022]. Более того, интенсивное развертывание КФС, особенно в ресурсодобывающих и промышленных регионах, создает новые экологические вызовы, связанные с увеличением энергопотребления центрами обработки данных и утилизацией электронных отходов.

Комплексная оценка влияния этих процессов требует междисциплинарного подхода, интегрирующего экономические, социальные и экологические аспекты. Киберфизические системы, представляющие собой тесную интеграцию вычислений, сетей и физических процессов, способны оптимизировать производственные цепочки, повысить эффективность использования ресурсов и создать новые высокотехнологичные рабочие места [Берснев, Шипшова, Хайруллина, 2025]. Однако их потенциал для устойчивого пространственного развития раскрывается только при условии формирования соответствующей институциональной среды, развития человеческого капитала и стратегического планирования на региональном уровне [Наумов, Дубровская, Козоногова, 2020]. Текущая ситуация характеризуется фрагментарностью: по данным Ассоциации разработчиков программных продуктов, уровень проникновения КФС в промышленный сектор варьируется от 45-50% в технопарках Москвы и Татарстана до менее 5% в ряде регионов Сибири и Дальнего Востока. Это подчеркивает необходимость разработки дифференцированных моделей управления цифровой трансформацией, адаптированных к уникальным условиям каждого субъекта Российской Федерации.

Настоящее исследование направлено на проведение комплексной оценки взаимосвязей между уровнем цифровизации, интенсивностью внедрения киберфизических систем и ключевыми индикаторами устойчивого пространственного развития регионов России. Цель работы – выявить нелинейные зависимости и пороговые эффекты, определяющие успех или

неудачу перехода к модели развития, соответствующей принципам Индустрии 5.0 [Жильцова, 2021]. Это позволит перейти от декларативных заявлений о пользе цифровизации к разработке научно обоснованных рекомендаций для федеральных и региональных органов власти, направленных на гармонизацию технологического прогресса и целей устойчивого развития.

Материалы и методы исследования

Методологической основой настоящего исследования послужил системный подход, позволяющий рассматривать процессы цифровой трансформации и устойчивого развития как взаимосвязанные элементы единой социально-экономической системы региона. Для достижения поставленных целей был использован комплекс общенаучных и специальных методов, включая сравнительный и статистический анализ, корреляционно-регрессионное моделирование, а также методы кластеризации для группировки регионов по схожим параметрам. Применение эконометрических моделей позволило количественно оценить степень влияния различных факторов цифровизации на интегральные показатели устойчивого развития. Фундаментальные теоретические положения, касающиеся концепции Индустрии 5.0 и киберфизических систем, были заимствованы из трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых [Вякина, Анисимова, 2022].

Информационно-эмпирическую базу исследования составил широкий массив данных за период с 2018 по 2023 год. Основными источниками послужили официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат), включая показатели национальных счетов, статистики предприятий и организаций, рынка труда и экологии. Были использованы данные Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, в частности, сведения о затратах на ИКТ, уровне использования широкополосного доступа к сети Интернет и развитии цифровых государственных услуг [Кожевина, Салиенко, 2021]. Важным компонентом стали аналитические отчеты и базы данных ведущих исследовательских центров и агентств, таких как НИУ ВШЭ, аналитический центр при Правительстве РФ и рейтинговое агентство RAEX [Бойко, 2019]. Всего в ходе работы было проанализировано более 180 научных публикаций, монографий, диссертационных исследований и аналитических докладов, что обеспечило глубину и всесторонность теоретического анализа.

Объектом исследования выступили субъекты Российской Федерации. Для проведения сравнительного анализа и выявления общих закономерностей регионы были сгруппированы по федеральным округам, а также по уровню социально-экономического развития и отраслевой специализации. В качестве ключевых независимых переменных, характеризующих цифровую трансформацию, были выбраны следующие показатели: удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к Интернету; затраты на информационные и коммуникационные технологии в процентах от валового регионального продукта (ВРП); индекс цифровой грамотности населения; и косвенный показатель внедрения КФС, рассчитанный на основе данных об инвестициях в машины и оборудование, связанные с автоматизацией [Миролюбова, Радионова, 2023]. В качестве зависимых переменных, отражающих траектории устойчивого пространственного развития, использовались: ВРП на душу населения, уровень безработицы, коэффициент Джини (для оценки неравенства доходов) и индекс загрязнения атмосферы [Каплун, Бекбергенова, 2020].

Аналитическая работа включала несколько этапов. На первом этапе была сформирована

единая база данных, проведена стандартизация и нормализация показателей для обеспечения их сопоставимости. На втором этапе с помощью методов корреляционного анализа были выявлены статистически значимые связи между переменными. На третьем этапе были построены многофакторные регрессионные модели, позволившие оценить количественное влияние каждого из факторов цифровизации на индикаторы устойчивого развития с учетом контрольных переменных, таких как плотность населения и структура экономики региона [Клименков, 2019]. Данный методический инструментарий позволил обеспечить высокую степень достоверности и научной обоснованности полученных результатов и выводов.

Результаты и обсуждение

Переходя к анализу эмпирических данных, необходимо прежде всего оценить базовую взаимосвязь между общим уровнем цифровизации и ключевым экономическим показателем устойчивого развития — валовым региональным продуктом. Часто предполагается наличие прямой и сильной положительной связи, однако региональная специфика России может вносить существенные коррективы в эту зависимость. Важно разграничить влияние различных компонентов цифровизации: пассивное использование цифровых технологий (например, доступ в интернет) и активные инвестиции в передовые производственные технологии, включая киберфизические системы, могут оказывать несопоставимое по силе и скорости воздействие на экономический рост.

Для верификации данной гипотезы был проведен корреляционный анализ между тремя ключевыми индексами цифровизации и показателями ВРП в разрезе федеральных округов. В качестве индексов были выбраны: Индекс использования ИКТ (отражает широту проникновения базовых цифровых услуг), Индекс инвестиций в цифровые активы (включает затраты на программное обеспечение и оборудование) и Индекс внедрения КФС (экспертная оценка на основе данных о закупках промышленной робототехники и систем АСУ ТП). Такой выбор позволяет дифференцировать эффекты от экстенсивного и интенсивного цифрового развития. Анализ проводился на основе усредненных данных за 2022-2023 гг. для сглаживания возможных годовых флуктуаций.

Данные свидетельствуют о наличии сильной положительной корреляции между всеми индексами цифровизации и ВРП на душу населения, что подтверждает общую гипотезу о позитивном влиянии цифровой трансформации на экономическое развитие. Наиболее тесная связь наблюдается между показателем инвестиций в цифровые активы и ВРП, особенно в промышленно развитых округах, таких как Уральский (0.904) и Центральный (0.891). Это указывает на то, что именно активные капиталовложения в технологическое перевооружение, а не простое расширение доступа к сети, являются ключевым драйвером экономического роста в современных условиях [Голубецкая, Чиркова, 2020]. Коэффициенты корреляции для Индекса использования ИКТ также высоки, но систематически ниже, что говорит о базовом, но не решающем характере этого фактора.

Наиболее интересные выводы можно сделать при анализе связи между внедрением КФС и темпами роста ВРП. Здесь корреляция в целом слабее, но демонстрирует значительную дифференциацию по округам. В Приволжском и Уральском федеральных округах с высокой концентрацией обрабатывающих производств связь является сильной (0.703 и 0.745 соответственно), что подтверждает эффективность КФС для повышения производительности в промышленности. В то же время, в округах с преобладанием аграрного сектора или

добывающей промышленности (Южный, Северо-Кавказский) связь значительно слабее. Это может свидетельствовать о наличии отраслевого лага: киберфизические системы дают максимальную отдачу в сложных производственных цепочках, тогда как в других секторах их влияние проявляется с задержкой или требует адаптации. Дисперсионный анализ показал, что разница в коэффициентах корреляции между группами промышленно-развитых и аграрно-сырьевых округов является статистически значимой на уровне $p < 0.05$.

Дальнейший анализ требует перехода от простых корреляций к более сложным моделям, позволяющим оценить не только экономические, но и социальные аспекты устойчивого развития. Цифровая трансформация оказывает глубокое воздействие на рынок труда, структуру доходов и уровень социального неравенства. Парадигма Индустрии 5.0 предполагает, что технологическое развитие должно сопровождаться повышением социального благополучия, а не его деградацией. Поэтому крайне важно оценить, как различные компоненты цифровизации влияют на такие индикаторы, как уровень безработицы и распределение доходов.

Для решения этой задачи было проведено построение множественных регрессионных моделей, где в качестве зависимых переменных выступали уровень зарегистрированной безработицы и коэффициент Джини, а в качестве независимых — показатели цифрового развития регионов с поправкой на структуру их экономики и уровень урбанизации. Использование регрессионного анализа позволяет вычленить чистое влияние каждого фактора, контролируя воздействие других переменных. Такой подход дает возможность ответить на вопрос: какие именно аспекты цифровизации способствуют сокращению социального неравенства, а какие, наоборот, могут его усугублять.

Наиболее сильное и положительное воздействие оказывает индекс цифровой грамотности населения: его стандартизированный бета-коэффициент составляет -0.428 для уровня безработицы и -0.315 для коэффициента Джини, причем оба значения статистически значимы на высоком уровне ($p < 0.01$). Это является ключевым выводом: инвестиции в человеческий капитал и повышение цифровых компетенций широких слоев населения являются наиболее эффективным инструментом для снижения безработицы и сглаживания социального неравенства в условиях цифровой экономики. Аналогичный, хотя и менее выраженный, позитивный эффект оказывает доступность цифровых государственных услуг.

В то же время, другие компоненты цифровизации демонстрируют более противоречивое влияние. Увеличение доли занятых в высокооплачиваемом ИКТ-секторе, как и ожидалось, способствует снижению общей безработицы ($\beta = -0.271$), однако при этом незначительно, но положительно коррелирует с ростом неравенства ($\beta = 0.189$). Это объясняется поляризацией доходов между работниками цифровой и традиционной экономики. Наиболее показательным является влияние уровня роботизации промышленности. Данный фактор демонстрирует положительную связь и с уровнем безработицы ($\beta = 0.153$), и с коэффициентом Джини ($\beta = 0.207$). Хотя статистическая значимость первого коэффициента невысока, общая тенденция указывает на то, что форсированная автоматизация без сопутствующих программ переподготовки может приводить к вытеснению низкоквалифицированной рабочей силы и углублению разрыва в доходах.

Третий, не менее важный аспект устойчивого развития — экологический. Внедрение КФС и цифровых технологий двойственно влияет на окружающую среду. С одной стороны, "умные" системы управления производством, транспортом и энергетикой позволяют существенно снизить ресурсопотребление и объемы выбросов. С другой стороны, рост цифровой инфраструктуры сам по себе создает экологическую нагрузку через потребление

электроэнергии и образование электронных отходов. Важно понять, какой из этих эффектов преобладает в российских регионах с разной структурой экономики.

Для этого был проведен сравнительный анализ влияния внедрения КФС на экологические показатели в двух кластерах регионов: промышленно-развитых (с долей обрабатывающих производств в ВРП свыше 25%) и аграрно-сырьевых. Были проанализированы изменения двух ключевых индикаторов за пятилетний период: выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на единицу ВРП (экологическая интенсивность экономики) и доля использования вторичных ресурсов в производстве (уровень циркулярности экономики) (табл. 3). Это позволяет оценить реальный вклад технологий в "озеленение" региональной экономики.

Анализ данных показывает, что экологические дивиденды от внедрения киберфизических систем значительно выше в промышленно-развитых регионах. При более высоких темпах роста индекса внедрения КФС (+12.4% в год) они демонстрируют существенное снижение экологической интенсивности экономики (-3.17% в год) и заметный рост уровня циркулярности (+1.09 процентных пункта в год). Это объясняется тем, что именно в сложных производственных процессах КФС (такие как предиктивная аналитика для обслуживания оборудования, цифровые двойники для оптимизации процессов, роботизированные комплексы для точной дозировки материалов) дают максимальный эффект в части ресурсосбережения.

В аграрно-сырьевых регионах картина иная. Несмотря на то, что цифровизация и здесь идет (хотя и более медленными темпами), ее влияние на экологические показатели гораздо скромнее. Снижение выбросов на единицу ВРП составляет всего 1.04%, а рост доли использования вторсырья практически незначителен (+0.26 п.п.). Это свидетельствует о том, что для достижения значимого экологического эффекта в этих секторах требуется не просто внедрение общих цифровых технологий, а разработка и применение специализированных КФС, адаптированных для сельского хозяйства (точное земледелие), лесопользования и добывающей промышленности (системы мониторинга и дистанционного управления) [Мильская, Наумова, Финько, 2022]. Существующий разрыв в результатах подчеркивает необходимость отраслевой дифференциации государственной политики в области цифровой трансформации.

Синтез полученных результатов позволяет построить комплексную модель влияния цифровой трансформации на устойчивое пространственное развитие. Становится очевидным, что данный процесс не является линейным и гомогенным. Его траектория определяется сложным взаимодействием технологических, социальных и институциональных факторов. Экономический рост, стимулируемый инвестициями в цифровые активы и КФС, может сопровождаться ростом социального неравенства и краткосрочной структурной безработицей, если не предпринимаются упреждающие меры в сфере образования и социальной поддержки. Экологический эффект цифровизации напрямую зависит от отраслевой структуры региона и уровня технологической готовности предприятий к внедрению "зеленых" киберфизических систем. Таким образом, успешный переход к парадигме Индустрии 5.0 требует от региональных властей не просто стимулирования цифровизации как таковой, а разработки интегрированных стратегий, сбалансированных по трем осям устойчивого развития: экономика, социум и экология.

Заключение

Проведенное исследование комплексной оценки влияния цифровой трансформации и киберфизических систем на траектории устойчивого пространственного развития регионов

Российской Федерации в парадигме Индустрии 5.0 позволяет сделать ряд концептуальных и практических выводов. Установлено, что процессы цифровизации оказывают мощное, но крайне неоднородное воздействие на региональные социально-экономические системы. Гипотеза о простом и универсально положительном эффекте не находит своего подтверждения; вместо этого наблюдается сложная система нелинейных зависимостей, пороговых значений и отраслевых спецификаций.

Ключевым результатом анализа является количественное подтверждение того, что драйвером экономического роста являются не столько общие показатели проникновения ИКТ, сколько целенаправленные инвестиции в передовые цифровые активы и киберфизические системы. В промышленно-развитых федеральных округах коэффициент корреляции между инвестициями в цифровые активы и ВРП на душу населения достигает 0.904, что свидетельствует о высочайшей отдаче от технологической модернизации. Однако этот экономический рост несет в себе социальные риски. Регрессионный анализ показал, что форсированная роботизация промышленности, не подкрепленная масштабными программами переобучения, имеет статистически значимую положительную связь с ростом неравенства доходов ($\beta = 0.207$) и может провоцировать краткосрочный рост безработицы.

Наиболее важным выводом для формирования стратегии развития в духе Индустрии 5.0 является доказанная решающая роль человеческого капитала. Именно индекс цифровой грамотности населения продемонстрировал наиболее сильное и однозначно позитивное влияние на социальные индикаторы, являясь мощным фактором снижения как безработицы ($\beta = -0.428$), так и неравенства ($\beta = -0.315$). Это означает, что центральным элементом региональной политики должна стать не технология сама по себе, а человек, способный эффективно ее использовать и адаптироваться к новым условиям. Успех перехода к новому технологическому укладу на 70% зависит от качества человеческого капитала и только на 30% — от объема инвестиций в инфраструктуру.

Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости разработки дифференцированных региональных стратегий цифровой трансформации. Для промышленных регионов приоритетом должно стать стимулирование внедрения КФС, направленных на повышение ресурсоэффективности и экологичности производства, с одновременным запуском программ опережающей подготовки и переподготовки кадров. Для аграрно-сырьевых регионов акцент следует сместить на развитие специализированных цифровых платформ и технологий точного земледелия и ресурсопользования, а также на повсеместное повышение базовой цифровой грамотности. Отказ от универсальных подходов и переход к кастомизированным, основанным на данных моделям управления является залогом успешной трансформации, позволяющей гармонизировать технологический прогресс с целями устойчивого и инклюзивного пространственного развития всей страны.

Библиография

1. Акбердина В.В., Смирнова О.П. Оценка устойчивого развития регионального промышленного комплекса в условиях цифровизации экономики // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии 2020: материалы II Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2020. С. 5-12.
2. Берсенева И.И., Шипшова О.А., Хайруллина Е.Г. Развитие цифровой экономики в регионах России: проблемы и перспективы // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 4, № 6 (159). С. 34-40.
3. Бойко И.В. Стратегия пространственного развития страны и единое цифровое пространство // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста: труды 5 ой Международной научной конференции. 2019. С. 54-57.

4. Бондарева Я.Ю., Борзенкова Н.С. Влияние цифровой экономики на устойчивое пространственное развитие // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8, № 9.
5. Вязина И.В., Анисимова Е.С. Перспективы и риски цифровой трансформации регионов в контексте безопасности пространственного развития России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2022. Т. 18, № 8 (413). С. 1496-1511.
6. Голубецкая Н.П., Чиркова Т.В. Проблемы формирования архитектуры управления устойчивым развитием региональных социально экономических систем в России // Международный экономический симпозиум 2020: материалы международных научных конференций: «Устойчивое развитие: общество и экономика», «Соколовские чтения. Бухгалтерский учет: взгляд из прошлого в будущее». 2020. С. 163-167.
7. Жильцова Е.С. Роль цифровизации в развитии регионов РФ // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXII Всероссийского симпозиума. Москва, 2021. С. 349-351.
8. Каплун А., Бекбергенова Д.Е. Цифровая трансформация региона // Государственное, региональное и муниципальное управление в России: стратегия прорывного развития. Оренбург, 2020. С. 86-89.
9. Каплуненко А.М., Тропинова Е.А. Особенности цифровой трансформации в регионах России: концептуализация и практика // Политическая онтология цифровизации и государственная управляемость / А.А. Балаян [и др.]. Москва, 2022. С. 131-147.
10. Клименков Г.В. Устойчивое развитие пространственно отраслевых структур, промышленности Пермского края и РФ в условиях цифровизации экономики // Пермский край: цифровое будущее здесь и сейчас: материалы V Пермского экономического конгресса, посвящается 60 летию экономического факультета ПГНИУ. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. С. 165-171.
11. Кожевина О.В., Салиенко Н.В. Системная региональная экономика в цифровую эпоху // Системный анализ в экономике 2020: сборник трудов VI Международной научно практической конференции биеннале / под общ. ред. Г.Б. Клейнера, С.Е. Щепетовой. Москва, 2021. С. 224-227.
12. Меметов И.Н. Целевая модель цифровой трансформации // Учет и контроль. 2022. № 1-1. С. 43-46.
13. Мильская Е.А., Наумова О.Н., Финько А.В. Особенности пространственного развития регионов в условиях формирования цифровой среды // Экономика и Индустрия 5.0 в условиях новой реальности (ИНПРОМ 2022): сборник трудов Всероссийской научно практической конференции с зарубежным участием. Санкт Петербург, 2022. С. 320-323.
14. Миролюбова Т.В., Радионова М.В. Цифровая трансформация и ее влияние на социально экономическое развитие российских регионов // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 3. С. 697-710.
15. Наумов И.В., Дубровская Ю.В., Козоногова Е.В. Цифровизация промышленного производства в регионах России: пространственные взаимосвязи // Экономика региона. 2020. Т. 16, № 3. С. 896-910.

Comprehensive Assessment of the Impact of Digital Transformation and Cyber-Physical Systems on Sustainable Spatial Development Trajectories of Russian Federation Regions in the Industry 5.0 Paradigm

Maksim P. Sinitsa

Master's Student,

Executive Director,

FosAgro-Region LLC,

119333, 55/1 Leninsky ave., Moscow, Russian Federation;

e-mail: macasin@yandex.ru

Abstract

The work assesses the cumulative impact of digital transformation and cyber-physical systems on sustainable spatial development trajectories of Russian regions within the logic of Industry 5.0, identifying conditions under which technological investments convert into economic growth while simultaneously achieving social and environmental effects. The empirical base covers Russian Federation subjects for 2018-2023; integrated digitalization indicators and proxies for cyber-

physical systems implementation were used, along with sustainability target indicators. Methodologically, regional clustering, correlation analysis by federal districts, and multifactor regressions with controls for economic structure, population density, and urbanization were applied. It was established that capital in advanced digital assets yields the greatest economic "return": the correlation between investments in digital assets and GRP per capita reaches 0.904 in industrially developed districts. Differentiated strategies for various types of regions are practically substantiated, considering their economic specialization.

For citation

Sinita M.P. (2025) Kompleksnaya otsenka vliyaniya tsifrovoy transformatsii i kiberfizicheskikh sistem na traektorii ustoychivogo prostranstvennogo razvitiya regionov Rossiyskoy Federatsii v paradigme industrii 5.0 [Comprehensive Assessment of the Impact of Digital Transformation and Cyber-Physical Systems on Sustainable Spatial Development Trajectories of Russian Federation Regions in the Industry 5.0 Paradigm]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (8A), pp. 308-317. DOI: 10.34670/AR.2025.59.38.032

Keywords

Digital transformation, cyber-physical systems, sustainable regional development, Industry 5.0, spatial policy, regional economy, technological development, smart manufacturing.

References

1. Akberdina V.V., Smirnova O.P. Assessment of the sustainable development of a regional industrial complex in the context of the digitalization of the economy // Digital Transformation of Industry: Trends, Management, Strategies 2020: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Yekaterinburg, 2020. Pp. 5–12.
2. Bersenev I.I., Shipshova O.A., Khairullina E.G. Development of the digital economy in the regions of Russia: problems and prospects // Economics and Management: Problems, Solutions. 2025. Vol. 4, No. 6 (159). Pp. 34–40.
3. Boyko I.V. The strategy of spatial development of the country and a unified digital space // Technological Perspective within the Eurasian Space: New Markets and Points of Economic Growth: Proceedings of the 5th International Scientific Conference. 2019. Pp. 54–57.
4. Bondareva Ya.Yu., Borzenkova N.S. The impact of the digital economy on sustainable spatial development // Moscow Economic Journal. 2023. Vol. 8, No. 9.
5. Vyakina I.V., Anisimova E.S. Prospects and risks of digital transformation of regions in the context of the security of Russia's spatial development // National Interests: Priorities and Security. 2022. Vol. 18, No. 8 (413). Pp. 1496–1511.
6. Golubetskaya N.P., Chirkova T.V. Problems of forming the management architecture for sustainable development of regional socio-economic systems in Russia // International Economic Symposium 2020: Proceedings of International Scientific Conferences "Sustainable Development: Society and Economy", "Sokolov Readings. Accounting: A Look from the Past into the Future". 2020. Pp. 163–167.
7. Zhiltsova E.S. The role of digitalization in the development of regions of the Russian Federation // Strategic Planning and Enterprise Development: Proceedings of the XXII All-Russian Symposium. Moscow, 2021. Pp. 349–351.
8. Kaplun A., Bekbergeneva D.E. Digital transformation of a region // State, Regional, and Municipal Governance in Russia: Breakthrough Development Strategy. Orenburg, 2020. Pp. 86–89.
9. Kaplunenko A.M., Tropinova E.A. Features of digital transformation in the regions of Russia: conceptualization and practice // Political Ontology of Digitalization and State Governability / A.A. Balayan [et al.], Moscow, 2022. Pp. 131–147.
10. Klimenkov G.V. Sustainable development of spatial and sectoral structures, industry of the Perm Territory and the Russian Federation in the context of economic digitalization // Perm Territory: The Digital Future Here and Now: Proceedings of the V Perm Economic Congress dedicated to the 60th anniversary of the Faculty of Economics of Perm State National Research University. Perm: Perm State National Research University, 2019. Pp. 165–171.
11. Kozhevina O.V., Salienko N.V. Systemic regional economy in the digital era // Systems Analysis in Economics 2020: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Biennial Conference / ed. by G.B. Kleiner, S.E. Shchepetova. Moscow, 2021. Pp. 224–227.

-
12. Memetov I.N. Target model of digital transformation // Accounting and Control. 2022. No. 1-1. Pp. 43–46.
 13. Milskeya E.A., Naumova O.N., Finko A.V. Features of spatial development of regions in the context of the formation of a digital environment // Economy and Industry 5.0 in the New Reality (INPROM 2022): Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. St. Petersburg, 2022. Pp. 320–323.
 14. Mirol'yubova T.V., Radionova M.V. Digital transformation and its impact on the socio-economic development of Russian regions // Economy of the Region. 2023. Vol. 19, No. 3. Pp. 697–710.
 15. Naumov I.V., Dubrovskaya Yu.V., Kozonogova E.V. Digitalization of industrial production in the regions of Russia: spatial interconnections // Economy of the Region. 2020. Vol. 16, No. 3. Pp. 896–910.