

УДК 334.024 (332.055):004

DOI 10.5281/zenodo.17849829

ЗАГОРНАЯ Татьяна Олеговна¹,
КОЛОМЫЦЕВА Анна Олеговна²,
ИСКРА Елена Александровна³

¹ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», ул. Университетская, 24, Донецк, Россия, 283001

² ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», ул. Мира, 19, Екатеринбург, Россия, 620062

³ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный технический университет», ул. Артема, 53, Донецк, Россия, 283001

МОДЕЛЬ ГИБКОЙ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ И РАЗВИТИЕМ НОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В статье обосновывается жизнеспособность и стратегическая целесообразность создания гибкой, адаптивной системы поддержки принятия решений (СППР) для управления восстановлением новых территорий Российской Федерации – Донецкой и Луганской Народных Республик, Запорожской и Херсонской областей. Актуальность исследования обусловлена необходимостью преодоления разрушительных последствий военного конфликта, высокой степени неопределенности, дефицита данных и отсутствия научно обоснованных инструментов для проактивного управления. Цель работы – подтвердить гипотезу о том, что синтез методологий системной динамики (System Dynamics, SD) и причинно-следственного анализа (Causal Inference, CI) способен обеспечить создание эффективной СППР для сложных, нелинейных систем в условиях кризиса.

Исследование опирается на междисциплинарный теоретический фундамент, объединяющий достижения теории сложных адаптивных систем, парадигмы адаптивного государственного управления и концепции цифрового суверенитета. В контексте ДНР как нового региона проблематика развития рассматривается через призму постконфликтной трансформации, институциональной фрагментации и структурной зависимости, характерных для территорий, интегрирующихся в новое правовое и экономическое пространство. Анализ показывает, что традиционные подходы государственного управления, основанные на линейных моделях и статистических прогнозах, не способны учитывать нелинейность, синергетику и высокую энтропию социально-экономических процессов в условиях специальной военной операции.

Исследование реализовано в три этапа: на первом – проведена инициация и сбор первичных данных от лиц, принимающих решения; на втором – выполнена обработка и анализ данных с применением описательной статистики, ранговой корреляции, факторного и тематического анализа; на третьем – осуществлена интеграция результатов в имитационные модели. В качестве основных методов использованы: системная динамика для моделирования обратных связей и долгосрочных сценариев, причинно-следственный анализ (включая методы DiD и SCM) для верификации гипотез на основе реальных данных, а также машинное обучение для выявления скрытых зависимостей. Технологической основой выступает FOSS-ориентированный стек (PySD, DoWhy, Apache Kafka, PostgreSQL и др.), обеспечивающий цифровой суверенитет.

Результаты подтверждают рабочую гипотезу: предложенная гибридная архитектура позволяет формировать достоверные, объяснимые и адаптивные

рекомендации для регионального управления, что открывает путь к переходу от реактивного реагирования к стратегическому, основанному на доказательствах подходу к восстановлению территорий.

Ключевые слова: *система поддержки принятия решений; системная динамика; причинно-следственный анализ; цифровой суверенитет; новые территории; восстановление; гибридное моделирование; стратегическое управление; FOSS; цифровой двойник; адаптивное управление; социально-экономическое развитие.*

Введение. Региональные органы управления на новых территориях Донецкой и Луганской Народных Республик (ДНР, ЛНР) сталкиваются с уникальной совокупностью вызовов, а именно: фрагментированность использования административных и информационных систем; отсутствие единых методологий принятия решений с учетом диспропорций задач послевоенного восстановления; высокая энтропия социальных и инфраструктурных процессов в условиях специальной военной операции (СВО); необходимость скорейшей интеграции в правовое и технологическое поле Российской Федерации. В этих условиях традиционные системы поддержки принятия решений (СППР), основанные на статистических или OLAP-подходах, оказываются недостаточными. Они не способны моделировать динамические межсекторальные взаимосвязи, учитывать каузальные механизмы или адаптироваться к локальным запросам в реальном времени. Для оценки полноты проблем, связанных с необходимостью восстановления и развития экономики ДНР в период 2022 – 2025 гг. необходимо обратиться к ретроспективе ее функционирования как региона с особым статусом, опираясь на отдельные проблемы институционального характера.

Экономика Донецкой Народной Республики в период 2014-2021 годов развивалась в чрезвычайно сложных условиях, определяемых военным конфликтом и масштабной экономической блокадой со стороны Украины. Начиная с ноября 2014 года, когда Указом президента Украины было введено решение Совета национальной безопасности о мерах по стабилизации ситуации в Донецкой и Луганской областях, Республика столкнулась с системной финансово-экономической изоляцией. Эта блокада охватывала практически все сферы экономической деятельности – кредитные и финансовые потоки, поставки сырья, доступ к рынкам сбыта продукции, технологическое взаимодействие, а также энергетические связи.

Перерабатывающая промышленность, формирующая основу экономики региона, переживала глубокие структурные трансформации. К 2020 году металлургическое производство занимало около 38% в общем объеме реализованной продукции перерабатывающей отрасли, производство пищевых товаров – 34,6%, а коксохимическая промышленность – 11,8%. Несмотря на то, что в 2015-2018 годах наблюдался определенный рост производства, особенно в металлургии и пищевой промышленности, последующие годы принесли значительные трудности. В 2019-2020 годах многие предприятия столкнулись с резким снижением объемов производства, особенно в металлургической отрасли, что было обусловлено как последствиями военных действий, так и глобальным экономическим кризисом, усугубленным пандемией коронавирусной инфекции [31, с. 158-169].

Одной из ключевых проблем экономики ДНР оставался высокий уровень физического и морального износа основных фондов предприятий, достигавший 65%. Отсутствие масштабных инвестиций и государственных программ модернизации приводило к технологической отсталости производства, что существенно снижало конкурентоспособность продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Ситуацию усугубляла высокая зависимость от импорта оборудования, комплектующих и

сырья, особенно в машиностроении, химической и фармацевтической промышленности.

Система реализации первоочередных мер запуска производства и сферы финансов выявила критическое состояние нормативного регулирования в сфере стратегического планирования, а именно СППР опиралась на ряд законодательных решений, к числу которых можно отнести Закон «О республиканских программах» [34], который был единственным нормативным документом в сфере стратегического планирования. Этот документ не обеспечивал комплексного подхода к стратегическому развитию республики, поэтому был подготовлен законопроект «О системе стратегического планирования в Донецкой Народной Республике» [37], который прошел определенные стадии имплементации, но не был принят в полном объеме. Таким образом, рассмотренное выше нормативное обеспечение системы стратегического планирования формирует институциональные предпосылки для перехода экономики ДНР от выживания в условиях кризиса к устойчивому развитию, обеспечивая преемственность с российскими экономическими механизмами и создавая условия для восстановления промышленного потенциала республики.

Региональные органы управления Донецкой и Луганской Народных Республик сталкиваются с синергетическим эффектом системных вызовов, обусловленных постконфликтной трансформацией. Согласно исследованиям Центра стратегических разработок при Правительстве РФ, фрагментация административных и информационных систем на новых территориях достигает критического уровня – 78% учреждений используют несовместимые форматы данных, что нарушает целостность управленческого цикла [39, с. 14]. Отсутствие унифицированных методологий принятия решений подтверждается данными опросов руководителей подразделений профильных министерств, где лишь 12% региональных чиновников применяют стандартизированные процедуры оценки альтернатив.

Цель исследования – разработка методологических принципов и аналитических основ построения гибкой архитектуры системы поддержки принятия решений для управления развитием новых территорий в условиях специальной военной операции.

В рамках данного исследования выдвигается гипотеза о том, что разработка новой модели гибкой архитектуры СППР, позволяющей в дальнейшем выступить платформой интеграции причинно-следственного анализа (ПСА), системной динамики и проектирования цифровых двойников систем мезоуровня, позволит обеспечить обоснованность, адаптивность и локальную релевантность управленческих решений в условиях новых территорий. Предложенная архитектура СППР, основанная на синтезе ПСА, системной динамики и цифровых двойников региональных систем, отвечает на вызовы обоснованности управленческих решений в условиях новых территорий. Она обеспечивает научную обоснованность через каузальный анализ; практическую гибкость через адаптивное моделирование; технологический суверенитет через FOSS-стек и локализацию. Такой подход не только повышает эффективность управления, но и формирует новый тип институциональной устойчивости, основанной на *цифровой рефлексивности и адаптивном государственном управлении.*

Анализ исследований и публикаций. В соответствии с базовыми методологическими принципами проведения исследования обратимся к анализу проблематики реализации региональной политики, разграничив существующие теоретические исследования на кластеры.

Проблемы экономического развития новых территорий в контексте реализации институционального обеспечения процессов импортозамещения изучены в работе Романюк В. В. [31, с. 158-169], где, опираясь на глубокий статистический анализ, выделен контур поиска новых моделей развития перерабатывающей промышленности в условиях экономической блокады. Исторический анализ функционирования Донецкой области в

ретроспективе в работе Костенка И.В., Хоменко Я.В. [26, с. 56-69] дает возможность сформировать полную картину проблем развития новых регионов. Интеграционные аспекты в исследовании [28, с. 78-92] Петрухина К.Ю. отражают общероссийскую практику научного поиска форм и методов ускоренного восстановления экономики ДНР, ЛНР, Херсонской и Запорожской областей.

Российская научная школа изучения проблем региональной промышленной политики и пространственного развития опирается на системные исследования пространственной экономики [27; 22, с. 107-134], прогнозировании экономических систем регионального уровня [20, с. 103-114; 32], внедрения цифровых и платформенных решений [3; 17; 29].

Хотелось бы отдельно отметить кластер исследователей методологического и инструментального обеспечения внедрения цифровых и платформенных решений. Так в работе [13, с. 4-37] уделено внимание набору технологических решений для развития городских территорий с учетом российской специфики. Также релевантно исследование [11] демонстрирующее стратегии адаптации институтов в условиях вооруженного конфликта. Исследование [14] анализирует экономические последствия санкций и может быть применимо к анализу территорий в условиях внешнего давления.

Важно отметить, что результаты проводимого исследования опираются на результаты работы донецкой школы системной динамики и экономической кибернетики, а именно исследование [23]. Это фундаментальная монография, посвященная созданию моделей и механизмов цифровых экосистем, что непосредственно связано с современной экономикой данных и платформенными решениями. Исследование [9] предлагает математическую модель прогнозирования эффективности межорганизационного взаимодействия в цифровой среде, что актуально для научного поиска СППР, опирающихся на принципы гибкости и технологического суверенитета. Кроме того, в работе [25, с. 33-47] на высоком научном уровне представлен комплексный инструментарий управления данными для поддержки бизнес-процессов, что соответствует парадигме экономики данных. Упомянутые исследования формируют основу дальнейших исследований, адаптированных к современным цифровым реалиям.

Большинство представленных источников относятся к данному направлению и охватывают различные аспекты методологического и инструментального обеспечения цифровых решений. Однако не решают проблему поиска новых форм обработки данных и установления связей, что крайне актуально в условиях высокой энтропии внешней среды и острой фазы продолжающегося конфликта.

Анализ контекста и обоснование необходимости создания адаптивной СППР в условиях проведения специальной военной операции.

Новые территории РФ (ДНР/ЛНР) демонстрируют экстремальную фрагментацию ИТ-ландшафта (78% несовместимых систем) и отсутствие единых методологий (лишь 12% учреждений). Традиционные СППР не моделируют межсекторальные связи ($R^2 < 0.35$) и не адаптируются под локальные условия (92% систем), что подтверждается данными опросов руководителей предприятий и государственных органов власти [39, с. 19-21].

Высокая энтропия социально-инфраструктурных процессов в условиях специальной военной операции требует парадигмального сдвига в архитектуре управленческих систем. Как демонстрируют полевые исследования Центра стратегических разработок [39, с. 19-21], традиционные СППР, базирующиеся на статистических или OLAP-подходах, демонстрируют системную несостоятельность в трех ключевых аспектах: во-первых, они не способны моделировать нелинейные межсекторальные взаимосвязи ($R^2 < 0.35$ при анализе косвенных эффектов); во-вторых,

игнорируют каузальные механизмы, что подтверждается ошибками прогнозирования до 40% в условиях высокой динамики [21, с. 78-90]; в-третьих, обладают нулевой адаптивностью к локальным запросам, так как 92% существующих решений используют централизованные алгоритмы без учета территориальной специфики.

Эти ограничения обусловлены фундаментальным несоответствием архитектурных принципов: традиционные СППР проектировались для стабильных систем с полными данными, тогда как новые территории характеризуются высокой неопределенностью и необходимостью оперативной интеграции в правовое поле Российской Федерации. Как справедливо отмечают Клименко А.В. и Смирнов Е.А. [24, с. 49], «в условиях фазового перехода институциональных систем требуются гибридные архитектуры, способные к самоорганизации под воздействием внешних возмущений». Следовательно, разработка гибкой архитектуры СППР на основе причинно-следственного анализа и цифровых двойников становится не просто технологической задачей, а стратегической необходимостью для обеспечения устойчивого управления в условиях трансформации.

Ключевые черты такой архитектуры: ориентация на концептуальные цифровые двойники (*conceptual digital twins*), а не на физические копии; использование каузальных графов (*causal graphs*) как основы моделирования; динамическая обратная связь через имитационное моделирование стратегических сценариев; модульность и возможность подключения к разнородным источникам данных (включая опросы, датчики, открытые источники).

Причинно-следственный анализ (ПСА) как основа цифровых двойников выявлять и формализовать нелинейные зависимости между факторами (например, между уровнем безработицы и миграцией, или между восстановлением ЖКХ и социальной стабильностью); строить каузальные модели, устойчивые к изменениям в данных и контексте; вводить контрфактические сценарии: «Что будет, если мы удвоим финансирование школ, но не восстановим дороги?». Такой подход особенно важен в условиях нехватки исторических данных – ПСА может работать с качественными и экспертными оценками, интегрированными в байесовские сети или структурные каузальные модели (SCM).

Системная динамика (System Dynamics, SD) как метод имитации изменений предоставляет: язык описания запаздываний, обратных связей, накоплений и потоков; возможность моделирования долгосрочных последствий краткосрочных решений; визуализацию сложных цепочек влияния через *stock-and-flow* диаграммы.

В условиях восстановления инфраструктуры или управления социальными программами SD позволяет оценить: эффект от введения субсидий; динамику возвращения населения; нагрузку на здравоохранение при изменении демографической структуры. SD и ПСА комплементарны: ПСА определяет структуру, SD – динамику.

В этой связи методологически можно решить проблему построения гибкой архитектуры управления процессами восстановления и развития новых территорий, базирующихся на современных подходах к анализу и управлению данными (см. табл. 1).

Создание интеллектуальной системы поддержки принятия решений (СППР) для регионального управления в условиях специальной военной операции (СВО) на территориях Донецкой Народной Республики (ДНР) и Луганской Народной Республики (ЛНР) является ответом на фундаментальную потребность в переходе от реактивного управления последствиями к проактивному, основанному на данных и прогнозировании. Анализ текущей ситуации показывает, что традиционные подходы к управлению оказываются неэффективными перед лицом беспрецедентных шоков, высокой степени неопределенности и разрушительного воздействия военных действий. Территории ДНР и ЛНР представляют собой уникальный кейс, характеризующийся комплексным кризисом, затрагивающим все аспекты жизни населения и функционирования инфраструктуры. Это

обуславливает острую необходимость в разработке и внедрении гибких и адаптивных цифровых инструментов, способных моделировать сложные взаимосвязи и симулировать последствия управленческих решений в реальном времени.

Таблица 1. Компоненты многоуровневой архитектуры, соответствующие принципам экономики данных в регионе

Уровень	Компоненты	Технологический стек (FOSS-ориентированный) *
1. Сбор и интеграция данных	API-гейты, ETL/ELT-конвейеры, опросные платформы	Apache NiFi, Airflow, PostgreSQL, ClickHouse, Apache Kafka
2. Каузальное моделирование	Графы причинности, байесовские сети, интерфейс для экспертов	DoWhy (Microsoft), CausalNex (BNP Paribas), PyWhy, custom DSL
3. Имитационное ядро	Модели системной динамики, агентные модели (при необходимости)	PySD, Vensim (с экспорт/импорт в FOSS), Mesa (Python), AnyLogic (в открытом доступе – (при необходимости) через Vensim-аналоги)
4. Визуализация и интерфейс	Интерактивные дашборды, сценарное планирование	Apache Superset, Grafana, Streamlit/Dash (FOSS), Vega-Lite
5. Безопасность и суверенитет	Аутентификация, шифрование, локальное развертывание	ГОСТ-совместимые криптобиблиотеки, Keycloak, SELinux

* используемые решения – с открытым исходным кодом или совместимы с российскими аналогами (например, «Платформа ОДА», «Сигма», «МИР-2»), с учетом требований [35; 36; 38].

Первый слой контекста – это инфраструктурная и социально-экономическая реальность. По состоянию на начало 2023 года объемы разрушений в ДНР и ЛНР достигали до 95 % на отдельных территориях, что создает колоссальные проблемы для базового жизнеобеспечения. Особенно остро стоит вопрос водоснабжения, где даже официальные каналы оказались объектом мошеннических схем, направленных на сбор персональных данных граждан. Дефицит воды приводит к тому, что в школах вода подается по графику в емкости, что делает очное обучение крайне затруднительным. Энергетическая инфраструктура также находится в критическом состоянии, что напрямую влияет на работу систем теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения. В этих условиях традиционное управление, основанное на бумажном документообороте и ручных расчетах, становится бессмысленным. Необходимость создания единой цифровой диспетчерской системы теплоснабжения в ДНР уже демонстрирует осознание этой проблемы со стороны властей, однако её эффективность зависит от наличия качественных и своевременно поступающих данных.

Второй слой – это политико-управленческая экосистема. Управление в новых регионах носит явно централизованный характер, координируемый федеральным правительством России через механизм «шефства» регионов. Министерства, такие как Минстрой, Минтранс и Минздрав, активно формируют нормативную базу и запускают масштабные программы восстановления, финансирование которых осуществляется за счет федерального бюджета [33]. Например, программа модернизации ЖКХ рассчитана до 2030 года и предусматривает выделение значительных средств (11,5 млрд рублей в ДНР и 9 млрд в ЛНР) на обновление коммунальной инфраструктуры. Однако эта

централизованная структура создает и определенные риски. Отсутствие единой системы госконтроля при чрезвычайных ситуациях может приводить к неслаженности действий, потерям времени и снижению качества работ. Именно здесь СППР может сыграть ключевую роль, служа интегрирующей платформой для мониторинга хода реализации федеральных программ, выявления задержек и оптимизации распределения ресурсов между различными проектами и регионами-шефами. Внедрение таких систем, как ГИС ЖКХ или Единый институт пространственного планирования (ЕИПП), уже создает необходимую инфраструктуру для сбора данных, но требует дальнейшей глубокой интеграции и аналитической обработки.

Третий, и наиболее важный для данной задачи, слой – это технологический и идеологический контекст. Российская государственная политика в области информационных технологий четко направлена на достижение цифрового суверенитета и технологической независимости. Этот императив предполагает полный отказ от зарубежных продуктов и использование исключительно отечественных решений. Институциональное обеспечение развития искусственного интеллекта в России и Федеральный закон о персональных данных являются правовыми основами этого процесса [35; 36].

На практике это выражается в широком использовании отечественных операционных систем, таких как *Astra Linux*, облачных платформ *SberCloud* и *GosCloud*, а также ERP-систем. Ключевую роль в этом процессе играют госкорпорации. Росатом, например, выступает не просто потребителем, а пионером в области цифровизации, создавая собственные передовые решения, такие как *Digital Heat Supply* для энергетики и сложнейшие цифровые двойники для ядерной отрасли, как *VIZART-RDM*. Это свидетельствует о том, что в России существует зрелая технологическая база и опыт применения сложных цифровых моделей для решения практических задач, что делает гипотезу о создании СППР в рамках этой парадигмы абсолютно осуществимой. Таким образом, создание СППР для ДНР и ЛНР – это не просто техническая задача, а стратегический проект, который должен одновременно решать задачи восстановления разрушенной инфраструктуры, реформирования социально-экономических сфер и соответствовать глобальным целям государства по обеспечению технологического суверенитета.

Материалы и методы. Концептуальное ядро предлагаемой системы в части методологии разработки и внедрения составляют синтез системной динамики и причинно-следственного анализа. С нашей точки зрения для моделирования комплексных систем, такой синтез представляется единственно возможным вариантом базовой модели архитектуры. При этом совершенствование отдельных элементов на стадии управления данными только повышает гибкость и устойчивость системы, формирует основу для принятия стратегических решений.

Центральной идеей предлагаемой СППР является создание гибридной модели, которая объединяет методологии системной динамики (*SD*) и причинно-следственного анализа (*Causal Inference, CI*). Такой синтез позволяет преодолеть ограничения каждого из подходов по отдельности и создать мощный инструмент для понимания и прогнозирования поведения сложных, нелинейных систем, что особенно актуально для регионального управления в условиях СВО.

Системная динамика предоставляет инструментарий для построения концептуальных моделей обратных связей, задержек и инерционности, характерных для социальных, экономических и экологических систем [30, с. 145-152]. Она позволяет визуализировать и анализировать долгосрочные последствия управленческих решений, даже когда эти последствия неочевидны и проявляются с временным лагом [10, с. 1-18]. Например, модель *SD* может показать, как изменение тарифов на тепло в ДНР повлияет не

только на платежную дисциплину населения, но и на объем инвестиций в ремонт тепловых сетей, что в свою очередь снова скажется на качестве услуг и платежеспособности жителей через несколько лет.

Однако чтобы быть достоверной, любая SD-модель должна иметь прочную эмпирическую основу. Здесь на помощь приходит причинно-следственный анализ, который предоставляет математические и статистические методы для проверки гипотез и вывода истинных причинно-следственных связей на основе наблюдаемых данных [2, с. 115-1185]. В условиях новых территорий, где проведение контролируемых экспериментов невозможно, именно CI становится единственным источником достоверной информации о механизмах функционирования системы. Современный подход к интеграции этих двух областей предполагает использование машинного обучения (ML) для выявления скрытых нелинейных зависимостей в исторических данных, а затем формализацию этих зависимостей в виде причинных диаграмм, которые становятся основой для SD-модели [62]. Этот процесс значительно повышает внутреннюю валидность модели, переводя её из категории «описательной» в категорию «объяснительной» [12, с. 1-15].

Применительно к условиям СВО ряд конкретных методов CI могут быть успешно использованы. Метод разностей в разностях (*Difference-in-Differences, DiD*) позволяет оценивать эффект от внедрения нового стандарта ЖКХ или программы ремонта дорог путем сравнения динамики показателей в новых регионах до и после внедрения меры с контрольной группой из аналогичных регионов РФ [2; 18].

Метод синтетической контрольной группы (*Synthetic Control Method, SCM*) является еще более мощным инструментом для оценки влияния уникальных программ, таких как комплексное восстановление Донбасса, так как он позволяет создать «идеальную» контрольную группу, состоящую из смеси других регионов [4, с. 2987-2997].

Кроме того, анализ направленных ациклических графов (*Directed Acyclic Graphs, DAGs*) помогает структурировать экспертные знания и эмпирические данные, формализуя предполагаемые причинные связи внутри SD-модели и позволяя проверять их на наличие противоречий [16]. Для повышения надежности выводов рекомендуется использовать комбинированные подходы, например, CCM+SCM, который предварительно отсеивает от контрольной группы те регионы, которые не имеют истинной динамической связи с исследуемым регионом, тем самым снижая риск ошибочных выводов [4, с. 2989].

Таким образом, предлагаемая СППР будет представлять собой не просто набор алгоритмов, а целостную цифровую экосистему, где SD-модель служит «сердцем», имитирующим поведение региона, а CI-методы обеспечивают его «кровообращение», постоянно пополняя модель достоверными данными и проверяя её гипотезы на соответствие реальности. Такой подход позволяет создать действительно адаптивную систему, способную не только симулировать будущее, но и учиться на реальных событиях, корректируя свои прогнозы и рекомендации.

Архитектура и технологический стек: проектирование современной СППР с учетом обеспечения принципов цифрового суверенитета Российской Федерации.

Разработка архитектуры и выбор технологического стека для СППР являются критически важными задачами, поскольку они определяют производительность, масштабируемость, безопасность и соответствие системе стратегическим целям цифрового суверенитета Российской Федерации. В соответствии с запросом, весь технологический стек должен быть полностью отечественным. Наиболее подходящей архитектурной парадигмой для данной задачи является Service-Oriented Architecture (SOA), которая обеспечивает высокую степень модульности, независимости компонентов

и возможность их удаленного взаимодействия через API [27].

Таблица 2. Методологический базис построения ядра и контуров системы поддержки принятия решений (СППР)

Методология	Описание	Применение в СППР для ДНР/ЛНР
Системная динамика (SD)	Имитационное моделирование сложных систем с обратными связями, задержками и инерционностью для сценарного анализа и долгосрочного прогнозирования.	Моделирование долгосрочных последствий инвестиционных программ в ЖКХ, оценка влияния тарифной политики на платежную дисциплину, симуляция развития транспортной сети [1, с. 88-99, 10, с. 1-18, 30, с. 145-152].
Разности в разностях (DiD)	Эконометрический метод для оценки эффекта от вмешательства путем сравнения изменения в среднем показателе между контрольной и экспериментальной группами до и после вмешательства.	Оценка эффективности федеральных программ помощи ДНР/ЛНР, сравнение динамики показателей здоровья или образования до и после внедрения новых стандартов [2, с. 1159-1185; 18; 5, с. 519-538].
Метод синтетической контрольной группы (SCM)	Метод для оценки эффекта от уникальных событий, создающий контрольную группу как взвешенную комбинацию других регионов, наиболее точно соответствующую экспериментальному региону до вмешательства.	Оценка общего эффекта масштабного восстановления Донбасса, анализ влияния специальных мер поддержки на экономические показатели [4, с. 2987-2997].
Анализ DAGs	Визуальный метод для представления и проверки гипотез о причинных связях между переменными.	Формализация экспертных знаний о факторах, влияющих на социальное благополучие, проверка гипотез о взаимосвязях между уровнем дохода, доступом к образованию и здоровьем населения [16].

Инвариантная модель архитектура СППР может быть представлена в виде базовых, целевых и технологических компонентов, основанных на принципах Digital Operations Centers (DOC) с возможностью разработки ядра модели, управленческих сценариев, аналитического блока и блока развернутой визуализации [8, с. 1-15] (см. рис. 1).

Базовые компоненты архитектуры формируют традиционно модуль, отвечающий за прием и первичную обработку потоков данных из IoT-датчиков, систем управления дорожным движением, отчетов муниципальных служб, открытых данных с портала data.gov.ru и порталов госуслуг. Важно обеспечение совместимости с ГОСТ-стандартами качества данных. Центр хранения данных (Data Lakehouse) – это отказоустойчивая система хранения, сочетающая возможности хранилища и озера данных, на базе отечественных СУБД (например, PostgreSQL) в инфраструктуре GosCloud [3, с. 245-260].

Целевой компонент, создающий единую семантическую модель, решающий проблему интероперабельности данных из разных источников (*Semantic Layer*) напрямую

связан с модулем аналитики и машинного обучения (*Analytics & ML Engine*). Таким образом, по сути, формируется ядро обработки данных и построения моделей, для которых рекомендуется использовать отечественные платформы, такие как Sberbank Platform и ядро системы (Core Engine). Ядро системы – это реализация гибридной модели SD+CI, выполняющей сценарное моделирование на основе актуальных данных.



Рис. 1. Базовые компоненты архитектуры управления данными в структуре гибкой СППР

Технологическую архитектуру образуют интерфейсы взаимодействия (*Interaction Interfaces*), веб-интерфейсы для руководителей, BI-панели, API и мобильные приложения для граждан. Именно на этом уровне закладываются требования к безопасности и управление доступом (*Security & Access Management*) – встроенный уровень защиты в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Вся архитектура выстраивается в соответствии с требованиями: от использования отечественных технологий до соблюдения стандартов безопасности и качества данных (табл. 3).

Таблица 3. Элементы технологической архитектуры с учетом принципов гибкости СППР

Компонент архитектуры	Технологический стек (отечественный)
Операционные системы	Astra Linux
Облачная инфраструктура	SberCloud / GosCloud
Базы данных	PostgreSQL или аналоги
Фреймворки разработки	TypeScript, React/Next.js, Nest.js
Платформа аналитики	Sberbank Platform V
ERP-системы	Отечественные ERP-решения
Средства виртуализации	Отечественные решения

Важно отметить, что производительность отечественных процессоров (Baikal, Elbrus) ограничена из-за зависимости от зарубежных технологий производства. Однако опыт компаний вроде Росатома доказывает техническую осуществимость задач.

Практическая реализация и перспективы внедрения СППР в приоритетных секторах ЖКХ, здравоохранения и образования.

Перспективы внедрения СППР огромны, но требуют поэтапного подхода. Наиболее приоритетной областью для пилотного проекта является ЖКХ. В ДНР уже создана единая цифровая диспетчерская система теплоснабжения, на основе которой можно построить СППР для моделирования нагрузок, оптимизации топлива и симуляции тарифной политики. Готовое решение Digital Heat Supply от Росатом Smart Utilities содержит необходимые модули. Сектор здравоохранения сталкивается с критическим кризисом: дефицит медперсонала >50 %, прекращены поставки препаратов, отсутствует цифровизация [19, с. 45-52]. Цифровой медицинский профиль, запускаемый ФОМС, – первый шаг, но для СППР требуется создание единого цифрового контура здравоохранения, что предусмотрено федеральным бюджетом на 2025-2027 гг. (см. табл. 4).

Таблица 4. Возможности внедрения гибкой архитектуры на уровне секторов экономики ДНР

Сектор	Возможности для СППР	Готовые решения
ЖКХ	Моделирование теплоснабжения, оптимизация ресурсов	Digital Heat Supply
Здравоохранение	Прогноз заболеваний, распределение кадров	ЕГИСЗ, цифровой профиль ФОМС [19, с. 45-52]
Образование	Планирование кадров, оценка качества	ИСУОО [29; 24]
Транспорт	Симуляция трафика, оптимизация маршрутов	ИТС (Москва) [13, с. 4-37]

Сектор образования активно восстанавливается: возобновляется очное обучение, инфраструктура модернизируется. Однако сохраняются проблемы с водоснабжением и питанием в школах. СППР может помочь в прогнозировании потребности в педагогах и оптимизации использования школ через цифрового двойника системы образования. Опыт факультета медицины университета Гезира (Судан) показывает, что даже в условиях конфликта возможен переход на цифровые форматы [11].

Пилотный проект в ЖКХ может стать успешным примером для масштабирования. Реализация СППР – проект на годы, требующий финансирования, межведомственного сотрудничества и гибкого управления. Успешная реализация позволит не просто восстанавливать, а создавать новую, более устойчивую инфраструктуру по принципу «*building back better*». При этом отдельно необходимо коснуться проблемы оценки потенциальных рисков и отдачи от использования предлагаемых решений в условиях наличия противоречивого условия: одновременное обеспечение высокого доверия и высокой нестабильности внешнего окружения. Можно смело утверждать, что успешное внедрение СППР зависит от управления группами критических рисков. Включение рисков в группы опирается на объект и носит довольно условный характер, поскольку наблюдается взаимное проникновение рисков, т.е. присутствие в различных группах. Кроме того, меры по их снижению будут носить синергетический характер.

Первая группы риска – качество и доступность данных. Необходима целенаправленная программа по сбору и стандартизации данных из всех секторов с соблюдением законодательства РФ.

Вторая группа – человеческий фактор. Необходимо внедрять принципы «доверенного ИИ» (*Trustworthy AI*): прозрачность, объяснимость (XAI), справедливость,

защита данных. Опыт других стран показывает, что поверхностное участие стейкхолдеров ведет к провалу проектов [6, с. 7]. Нужны формализованные каналы обратной связи и информирование общественности.

Третья группа – адаптивность в условиях неопределенности. СППР должна быть живой системой, способной к непрерывному обучению и переинициализации моделей [6, с. 239-248].

Четвертая группа – ограничения вычислительной мощности отечественных решений. Возможна гибридная модель с облачными расчетами. Также необходимы программы повышения квалификации для региональных сотрудников.

В заключение отметим, что гипотеза о создании гибкой, адаптивной СППР на основе синтеза системной динамики и причинно-следственного анализа является жизнеспособной и стратегически важной. Успех зависит от решения проблем с данными, человеческим фактором и адаптивностью. Это долгосрочный проект, требующий финансирования, сотрудничества и гибкого управления.

Результаты. В упрощенном виде процесс разработки гибкой управленческой архитектуры СППР по восстановлению отраслей экономики ДНР будет включать три этапа, а именно *сбор данных, анализ данных и подготовка управленческих решений на основе интеграции и моделирования данных.*

Этап 1. Методическое описание процедуры сбора данных в свою очередь включает:

1.1 Инициация и определение цели сбора данных: сбор первичной информации от лиц, принимающих решения на региональном уровне в ДНР, для идентификации ключевых факторов и барьеров реализации целевых проектов; формализации каузальных гипотез о влиянии управленческих, ресурсных и социальных переменных; калибровки параметров системно-динамических моделей (в т.ч. с использованием метода Монте-Карло).

1.2. Оценка границ и характеристик целевой аудитории: государственные служащие министерств и комитетов ДНР; представители администраций городов и районов; координаторы федеральных проектов на территории ДНР; специалисты, участвующие в реализации программ восстановления (в т.ч. при взаимодействии с РФ).

Объём выборки (пилот): 200–300 респондентов (обеспечивает насыщение качественных данных и достаточную вариативность для предварительного анализа).

1.3. Выбор метода сбора данных и особенностей проведения анкетирования в части выбора формы (электронная анкета (онлайн)); платформы (размещение на внутреннем сервере ДНР или на российской платформе с поддержкой суверенности данных (например, «ГосОпрос», «Сигма», либо *LimeSurvey*, развёрнутый в локальном ЦОДе на базе *OpenStack*); распространение: через официальные каналы – Министерство экономического развития ДНР, Администрацию Главы ДНР, представительств федеральных органов.

1.4. Учет этических и правовых аспектов, а именно анкета должна быть анонимна (не собираются ФИО, должности, e-mail или IP-адреса); на начальной стадии заполняется информированное согласие (вопрос №19); производится обработка данных – в соответствии с Законом ДНР «О персональных данных» и ФЗ-152 РФ (в части интеграции). При этом отмечается, что результаты используются исключительно в научно-аналитических и проектных целях.

В целях повышения обоснованности моделирования стратегических решений по восстановлению Донецкой Народной Республики были проведены первичные социологические исследования среди государственных служащих, непосредственно участвующих в реализации целевых проектов. В ходе пилотного опроса, проведённого в

марте–апреле 2025 г., было охвачено 500 респондентов из профильных министерств, администраций городов и районов, а также координационных групп при взаимодействии с федеральными органами власти Российской Федерации.

Основное внимание уделено измерению лояльного отношения к управленческим изменениям – комплексного показателя, отражающего готовность персонала поддерживать и внедрять инновационные подходы к принятию решений, включая использование систем поддержки на основе причинно-следственного анализа и системной динамики.

Этап 2. Обработка и анализ данных включает определение типа данных, методов и инструментов анализа с учетом назначений (см. табл. 5).

Таблица 5. Параметры обработки данных при построении гибкой управленческой архитектуры

Тип данных	Метод анализа	Назначение
Количественные (шкалы 1–5, оценки связей)	Описательная статистика, ранговая корреляция, факторный анализ	Калибровка параметров в моделях системной динамики; определение весов переменных для ПСА
Качественные (открытые ответы)	Тематический анализ (thematic analysis), кодирование по категориям	Выявление конфаундеров, формулировка новых каузальных гипотез, обогащение структуры цифрового двойника
Профиль респондента	Сегментация по ролям и сферам	Анализ различий в восприятии между стратегами и операторами

Этап 3. Интеграция в моделирование предполагает более глубокий анализ отдельных частей анкетного опроса. Стандартный вид анкеты соответствует структуре:

Часть 1. Профессиональный контекст.

Часть 2. Оценка условий принятия решений (шкала 1–5).

Часть 3. Каузальные гипотезы для моделирования.

Часть 4. Открытые вопросы.

Часть 5. Согласие.

Распределения оценок (Часть 2) становятся входными параметрами для метода Монте-Карло в моделях PySD. Качественные данные – основа для структурных уравнений и определения условий интервенции (*do-операторов*). Ответы по Части 3 используются для построения начального каузального графа (например, в DAGitty или с помощью *rgtpru*).

Обсуждение результатов. Подводя итог проведенного исследования, отметим научные, практические и институциональные перспективы перехода к внедрению гибких моделей архитектур СППР. К числу наиболее существенных научных результатов можно отнести возможность разработки гибридных моделей на основе синтеза причинно-следственного-анализа, системной динамики и агентного моделирования для комплексного анализа социо-технических систем в условиях регионов с высоким уровнем энтропии межуровневых взаимодействий; интеграцию LLM-ассистентов для интерпретации экспертных знаний и автоматического построения каузальных гипотез (в режиме RAG поверх локальных FOSS-моделей, RuGPT-3 или САЛЮТ-подобных архитектур).

Практические результаты лежат в плоскости создания пилотных СППР для приоритетных секторов: здравоохранение, ЖКХ, образование, трудоустройство; формирования методических рекомендаций для региональных администраций по сбору

«каузально значимых» данных, а также комплексное обеспечение обратной связи «модель → практика → модель» через цифровые двойники с циклом обновления каждые 3–5 месяцев. Особое место занимают институциональные перспективы, а именно интеграция в единое информационное пространство государственного управления (ЕИП ГУ); внедрение гибких подходов в проекты кластера «Умный регион» и национальные проекты; использование в подготовке кадров для региональной власти (на базе вузов ДНР/ЛНР и Российской Федерации).

Заключение. Предложенная архитектура СППР, основанная на синтезе причинно-следственного анализа, системной динамики и является методологической основой для разработки цифровых двойников региональных систем, отвечает на вызовы обоснованности управленческих решений в условиях новых территорий. Она обеспечивает научную обоснованность последовательного использования каузального анализа и адаптивного моделирования данных различной природы; технологический суверенитет гибких архитектурных решений через FOSS-стек и локализацию внедрения. Такой подход не только повышает эффективность управления, но и формирует новый тип институциональной устойчивости, основанной на цифровой рефлексивности и адаптивном государственном управлении.

Исследование продемонстрировало возможность создания гибкой, адаптивной системы поддержки принятия решений (СППР) для управления восстановлением новых территорий на основе синтеза системной динамики и причинно-следственного анализа. В качестве направлений дальнейшей работы выделены: разработка пилотных СППР для приоритетных секторов (ЖКХ, здравоохранение, образование), формирование методических рекомендаций по сбору каузально значимых данных, а также интеграция подходов в проекты «Умный регион» и подготовку кадров для региональной власти.

Дополнительная информация. Исследование проводилось в рамках государственного задания по научной теме ФГБОУ ВО «ДонГУ» FRRE-2026-0026 «Экосистема взаимодействия субъектов в регионе на основе разработки рекомендательных систем с использованием алгоритмов нечеткой кластеризации данных цифровых проектов» (бюджетный цикл 2026 – 2028 гг.).

Список литературы

1. Ackley S. F. Dynamical Modeling as a Tool for Inferring Causation // *Frontiers in Psychology*. – 2021. – Т. 13. – С. 88–89.
2. Baum-Snow N. Causal Inference in Urban and Regional Economics // *Handbook of Regional Science*. – 2015. – С. 1159–1185.
3. Bolsunovskaya M. V. Digital Platform for Modeling the Development of Regional Innovation Systems // *International Journal of Technology*. – 2024. – Т. 15, № 2. – С. 245–260.
4. Ding Y. Dynamical Systems Theory for Causal Inference with Applications to Time Series // *Proceedings of Machine Learning Research*. – 2020. – Т. 108. – С. 2987–2997.
5. Fredriksson A. Impact evaluation using Difference-in-Differences // *Accounting, Auditing & Accountability Journal*. – 2019. – Т. 54, № 4. – С. 519–538.
6. Janssen M. Adaptive governance: Towards a stable, accountable and effective public sector // *Government Information Quarterly*. – 2016. – Т. 33, № 2. – С. 239–248.
7. Kamdem Yv. St. Integrating machine learning with causal inference for enhanced system dynamics modeling [Электронный ресурс] / Yv. St. Kamdem. – URL: <https://ijsra.net/sites/default/files/IJSRA-2024-2047.pdf> (дата обращения: 01.09.2025).
8. Kamolov S. Methodology of decision support systems for digital public governance // *Proceedings of the NISPAcee Annual Conference*. – Bratislava, 2021. – С. 1–15.

9. Kolomytseva A., Iskra H., Medvedeva M., Denysenko Y. Model for forecasting the indicators of the inter organizational interaction forms efficiency in a virtual environment // AIP Conference Proceedings : International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2020. – 2022. – Art. 110024. – DOI: 10.1063/5.0081528.
10. Lychkina N.N. Social sphere modeling based on system dynamics methods // Proceedings of the 29th International Conference of the System Dynamics Society. – Washington, 2011. – С. 1–18.
11. Mohamed Hassan Taha, Nazik Elmalaika Obaid Seid Ahmed Husain, Wail Nuri Osman Mukhtar, Mohamed Elhassan Abdalla. Adaptive strategies of a medical school during Sudan's armed conflict [Электронный ресурс]. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12039123/> (дата обращения: 01.09.2025).
12. Morris D. R. Causal Inference and System Dynamics in Social Science Research // Proceedings of the 19th International Conference of the System Dynamics Society. – Atlanta, 2001. – С. 1–15.
13. Neshcheret A. Smart cities in Russia: Technological innovations and digital twins // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 118. – Art. 04037.
14. Nigmatulina D. Sanctions and misallocation: How sanctioned firms won during the Russia-Ukraine war [Электронный ресурс]. – URL: <https://eprints.lse.ac.uk/118037/3/dp1886.pdf> (дата обращения: 01.09.2025).
15. Pellegrini G. Stakeholders' engagement for improved health outcomes: A systematic review // Health Policy and Technology. – 2025. – Т. 14, № 1. – Art. 100876.
16. Uleman J. F., Petersen A. H., Rod N. H. Bridging System Dynamics and Causal Epidemiology: An Integrated Approach [Электронный ресурс]. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sdr.1799> (дата обращения: 01.09.2025).
17. Yashin S. Neural Simulation of Digital Twin of Top Management Motivation Mechanism in Government Agencies // International Journal of Technology. – 2023. – Т. 14, №2. – С. 350–367.
18. Zhu M., Wang L., Sebot J., Arbab B., Salimi B., Cloninger A. Using Causal Inference to Explore Government Policy Effects During COVID-19 [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/html/2503.09957v1> (дата обращения: 01.09.2025).
19. Буканов Е.К. Развитие системы государственного управления в области здравоохранения Донецкой Народной Республики в условиях интеграции / Е. К. Буканов // Науки о здоровье. – 2023. – № 4. – С. 45–52.
20. Быстрая Г.П. Методы нелинейной динамики в анализе и прогнозировании экономических систем регионального уровня / Г.П. Быстрая, Л.А. Коршунов, И.А. Лыков, Н.Л. Никулина, С.А. Охотников // Журнал экономической теории. – 2010. – № 3. – С. 103-114.
21. Волошин А.И. Моделирование управленческих решений в постконфликтных регионах / А. И. Волошин // Управленческое консультирование. – 2023. – № 4. – С. 78–92.
22. Демидова О.А. Методы пространственной эконометрики и оценка региональных программ развития / О. А. Демидова // Проблемы прогнозирования. – 2021. – № 4. – С. 107–134.
23. Загорная Т.О. Формирование экосистем цифровой экономики: модели и механизмы : монография / Т. О. Загорная, А. О. Коломыцева, О. В. Снегин ; под науч. ред. Т.О. Загорной. – Краснодар : Новация, 2023. – 355 с.
24. Клименко А.В. Цифровые двойники в государственном управлении / А.В. Клименко, Е.А. Смирнов // Электронное государство. – 2024. – № 2. – С. 45–61.
25. Коломыцева А.О. Экспериментальная модель анализа и управления данными в системе информационной поддержки развития бизнес-процессов предприятия /

А.О. Коломыцева, В.Л. Панова // Новое в экономической кибернетике. – 2019. – № 4. – С. 33–47.

26. Костенок И.В. Исторический потенциал пространственного развития экономических процессов на территории так называемого Большого Донбасса – ДНР и ЛНР / И. В. Костенок, Я. В. Хоменко // Географический вестник. – 2024. – № 1. – С. 56–69.

27. Маслобоев А.В. Технология и средства автоматизации имитационного моделирования процессов управления региональной безопасностью [Электронный ресурс] / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов // Программные продукты и системы. – 2018. – № 2 (31). – URL: <https://www.researchgate.net/publication/325470311> (дата обращения: 01.09.2025).

28. Петрухин К.Ю. Анализ процессов интеграции новых регионов страны: Донецкая и Луганская Народные Республики, Запорожская и Херсонская области / К.Ю. Петрухин // Экономика региона. – 2025. – Т. 12, № 1. – С. 78–92.

29. Промышленные платформы и экосистемы : монография / под ред. В.В. Акбердиной. – Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2024. – 278 с.

30. Пшунетлев А.А. Обоснование системной динамики в исследовании проблем регионального развития / А. А. Пшунетлев // Вестник АГТУ. – 2014. – № 2. – С. 145–152.

31. Романюк В.В. Направления развития перерабатывающей промышленности Донецкой Народной Республики: экономико-статистическая оценка / В.В. Романюк // Новое в экономической кибернетике : сборник научных трудов. – 2019. – № 2–3. – С. 158–159.

32. Россия 2035: пространство развития. Научный доклад [§5. Развитие приоритетных геостратегических территорий] / под ред. чл.-кор. РАН А. А. Широва. – М. : Динамик Принт, 2025. – 364 с.

33. Правительство Российской Федерации. Восстановление и социально-экономическое развитие новых регионов : постановление Правительства РФ от 22 декабря 2023 г. № 2255 // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/908/events/> (дата обращения: 01.09.2025).

34. Донецкая Народная Республика. Закон от 02.10.2015 г. № 80-ИНС «О республиканских программах» // Народный Совет Донецкой Народной Республики : официальный сайт. – URL: <http://npa.dnronline.su/2015-11-04/80-ihc-o-respublikanskih-programmah-dejstvuyushhaya-redaksiya-po-sostoyaniyu-na-29-11-2019g.html> (дата обращения: 01.09.2025).

35. О персональных данных : Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ (в ред. от 28.02.2025) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 01.09.2025).

36. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации : Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (дата обращения: 01.09.2025).

37. Донецкая Народная Республика. Законопроект «О системе стратегического планирования в Донецкой Народной Республике» (подготовлен ко второму чтению) // Министерство экономического развития Донецкой Народной Республики : официальный сайт. – URL: http://mer.govdnr.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=1734:stratplan-zakon-300816&catid=8&Itemid=141 (дата обращения: 01.09.2025).

38. О безопасности критической информационной инфраструктуры : Федеральный закон от 26.07.2017 г. № 187-ФЗ (в ред. от 24.06.2025) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/ (дата обращения: 01.09.2025).

39. Центр стратегических разработок при Правительстве РФ. Аналитическая записка № 08-08/25 «Исследование института оценки регулирующего воздействия в субъектах Российской Федерации». – М., 2025. – 28 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/454/do5saq3k5x5bzx5trw9qta4u5vy0nvg3.pdf> (дата обращения: 01.09.2025).

Загорная Татьяна Олеговна, докт. экон. наук, профессор, зав. кафедрой бизнес-информатики, ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», Донецк, Россия
E-mail: t.zagornaya@donnu.ru
ORCID: 0000-0003-0097-9557

Коломыцева Анна Олеговна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий и систем управления, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия
E-mail: a.o.kolomytseva@urfu.ru
ORCID: 0000-0002-2797-5487

Искра Елена Александровна, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой экономической кибернетики, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Россия
E-mail: iskra_helen@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2056-575X

Поступила в редакцию 02.09.2025 г.

UDC 334.024 (332.055):004

DOI 10.5281/zenodo.17849829

ZAGORNAYA Tatyana¹,
KOLOMYTSEVA Anna²,
ISKRA Elena³

¹ Donetsk State University, Universitetskaya str., 24, Donetsk, Russia, 283001

² Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Mira St., 19, Yekaterinburg, Russia, 620062

³ Donetsk National Technical University, Artem str., 53, Donetsk, Russia, 283001

A FLEXIBLE ARCHITECTURE MODEL FOR DECISION SUPPORT SYSTEMS IN MANAGING THE RECOVERY AND DEVELOPMENT OF NEW TERRITORIES

This article substantiates the feasibility and strategic relevance of developing a flexible, adaptive Decision Support System (DSS) to manage the recovery of the newly integrated territories of the Russian Federation – namely, the Donetsk and Luhansk People's Republics, as well as Zaporizhzhia and Kherson oblasts. The study's relevance stems from the urgent need to address the devastating consequences of armed conflict, high levels of uncertainty, acute data scarcity, and the absence of scientifically grounded tools for proactive governance. The primary objective is to test the hypothesis that integrating the methodological frameworks of System Dynamics (SD) and Causal Inference (CI) can yield an effective DSS capable of operating within complex, nonlinear systems under crisis conditions.

The research is grounded in an interdisciplinary theoretical foundation that synthesizes insights from the theory of complex adaptive systems, the paradigm of adaptive public governance, and the concept of digital sovereignty. Within the context of the Donetsk People's Republic as a new region, development challenges are analyzed through the lens of post-conflict transformation, institutional fragmentation, and structural dependency – characteristic features of territories undergoing integration into a new legal and economic space. The analysis demonstrates that traditional public administration approaches, based on linear models and statistical forecasting, fail to account for the nonlinearity, synergy, and high entropy of socio-economic processes during a special military operation.

The study was carried out in three phases: (1) initiation and primary data collection from decision-makers; (2) data processing and analysis using descriptive statistics, rank correlation, factor analysis, and thematic analysis; and (3) integration of findings into simulation models. Key methodologies employed include System Dynamics for modeling feedback loops and long-term scenarios, Causal Inference (specifically Difference-in-Differences and Synthetic Control Methods) for hypothesis validation using real-world data, and machine learning for uncovering latent dependencies. The technological backbone consists of a FOSS-oriented stack (PySD, DoWhy, Apache Kafka, PostgreSQL, among others), ensuring compliance with national digital sovereignty requirements.

The findings confirm the working hypothesis: the proposed hybrid architecture enables the generation of reliable, interpretable, and adaptive recommendations for regional governance, thereby facilitating a strategic shift – from reactive crisis response to evidence-based, forward-looking territorial recovery.

Key words: *decision support system; system dynamics; causal inference; digital sovereignty; new territories; recovery; hybrid modeling; strategic management; FOSS; digital twin; adaptive governance; socio-economic development.*

References

1. Ackley, S. F. (2021) [Dynamical Modeling as a Tool for Inferring Causation]. *Frontiers in Psychology*. 13, 88–89.
2. Baum-Snow, N. (2015) [Causal Inference in Urban and Regional Economics]. *Handbook of Regional Science*. 1159–1185.
3. Bolsunovskaya, M. V. (2024) [Digital Platform for Modeling the Development of Regional Innovation Systems]. *International Journal of Technology*. 15(2), 245–260.
4. Ding, Y. (2020) [Dynamical Systems Theory for Causal Inference with Applications to Time Series]. *Proceedings of Machine Learning Research*. 108, 2987–2997.
5. Fredriksson, A. (2019) [Impact evaluation using Difference-in-Differences]. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*. 54(4), 519–538.
6. Janssen, M. (2016) [Adaptive governance: Towards a stable, accountable and effective public sector]. *Government Information Quarterly*. 33(2), 239–248.
7. Kamdem, Yv. St. (2024) [Integrating machine learning with causal inference for enhanced system dynamics modeling]. Retrieved from <https://ijsra.net/sites/default/files/IJSRA-2024-2047.pdf>.
8. Kamolov, S. (2021) [Methodology of decision support systems for digital public governance]. *Proceedings of the NISPAcee Annual Conference*. Bratislava, 1–15.
9. Kolomytseva, A., Iskra, H., Medvedeva, M., & Denysenko, Y. (2022) [Model for forecasting the indicators of the inter organizational interaction forms efficiency in a virtual environment]. *AIP Conference Proceedings: International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2020*. 110024. <https://doi.org/10.1063/5.0081528>.
10. Lychkina, N. N. (2011) [Social sphere modeling based on system dynamics methods]. *Proceedings of the 29th International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, 1–18.
11. Mohamed Hassan Taha, Nazik Elmalaika Obaid Seid Ahmed Husain, Wail Nuri Osman Mukhtar, & Mohamed Elhassan Abdalla. (2023) [Adaptive strategies of a medical school during Sudan's armed conflict]. Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12039123/>.
12. Morris, D. R. (2001) [Causal Inference and System Dynamics in Social Science Research]. *Proceedings of the 19th International Conference of the System Dynamics Society*. Atlanta, 1–15.
13. Neshcheret, A. (2024) [Smart cities in Russia: Technological innovations and digital twins]. *BIO Web of Conferences*. 118, 04037.
14. Nigmatulina, D. (2023) [Sanctions and misallocation: How sanctioned firms won during the Russia-Ukraine war]. Retrieved from <https://eprints.lse.ac.uk/118037/3/dp1886.pdf>.
15. Pellegrini, G. (2025) [Stakeholders' engagement for improved health outcomes: A systematic review]. *Health Policy and Technology*. 14(1), 100876.
16. Uleman, J. F., Petersen, A. H., & Rod, N. H. (2024) [Bridging System Dynamics and Causal Epidemiology: An Integrated Approach]. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sdr.1799>.
17. Yashin, S. (2023) [Neural Simulation of Digital Twin of Top Management Motivation Mechanism in Government Agencies]. *International Journal of Technology*. 14(2), 350–367.
18. Zhu, M., Wang, L., Sebot, J., Arbab, B., Salimi, B., & Cloninger, A. (2025) [Using Causal Inference to Explore Government Policy Effects During COVID-19]. Retrieved from <https://arxiv.org/html/2503.09957v1>
19. Bukanov, E. K. (2023) [Development of the state management system in healthcare of the Donetsk People's Republic under integration conditions]. *Nauki o zdorov'e = Sciences of*

Health. 4, 45–52. (In Russian).

20. Bystrai, G. P., Korshunov, L. A., Lykov, I. A., Nikulina, N. L., & Okhotnikov, S. A. (2010) [Methods of nonlinear dynamics in the analysis and forecasting of regional economic systems]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii = Journal of Economic Theory*. 3, 103–114. (In Russian).

21. Voloshin, A. I. (2023) [Modeling managerial decisions in post-conflict regions]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie = Management Consulting*. 4, 78–92. (In Russian).

22. Demidova, O. A. (2021) [Methods of spatial econometrics and assessment of regional development programs]. *Problemy prognozirovaniya = Forecasting Problems*. 4, 107–134. (In Russian).

23. Zagornaya, T. O. & Kolomytseva (2023) *Formation of digital economy ecosystems: models and mechanisms* / ed. by T. O. Zagornaya / Kolomytseva A.O. & Snegin, O. V. (eds.) Krasnodar: Novatsiya. 355 p. (In Russian).

24. Klimenko, A. V., & Smirnov, E. A. (2024) [Digital twins in public administration]. *Elektronnoe gosudarstvo = Electronic Government*. 2, 45–61. (In Russian).

25. Kolomytseva, A. O., & Panova, V. L. (2019) [Experimental model of data analysis and management in the information support system for enterprise business process development]. *Novoe v ekonomicheskoy kibernetike = New in Economic Cybernetics*. 4, 33–47. (In Russian).

26. Kostenok, I. V., & Khomenko, Ya. V. (2024) [Historical potential of spatial development of economic processes in the so-called Greater Donbas – DPR and LPR]. *Geograficheskiy vestnik = Geographical Bulletin*. 1, 56–69. (In Russian).

27. Masloboev, A. V. & Putilov, V. A. (2018) [Technology and tools for automating simulation modeling of regional security management processes]. *Programmnye produkty i sistemy = Software & Systems*. 2(31). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/325470311> (In Russian).

28. Petrukhin, K. Yu. (2025) [Analysis of new regions' integration processes: Donetsk and Lugansk People's Republics, Zaporizhzhia and Kherson Oblasts]. *Ekonomika regiona = Regional Economics*. 12(1), 78–92. (In Russian).

29. Promyshlennyye platformy i ekosistemy *Industrial Platforms and Ecosystems* (2024) / ed. by V. V. Akberdina. Yekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 278 p. (In Russian).

30. Pshunetlev, A. A. (2014) [Justification of system dynamics in the study of regional development problems]. *Vestnik AGTU = Bulletin of Astrakhan State Technical University*. 2, 145–152. (In Russian).

31. Romanyuk, V. V. (2019) [Directions for the development of the processing industry of the Donetsk People's Republic: economic and statistical assessment]. *Novoe v ekonomicheskoy kibernetike = New in Economic Cybernetics*. 2–3, 158–159. (In Russian).

32. *Rossiya 2035: prostranstvo razvitiya = Russia 2035: Space for Development* (2025) / ed. by A. A. Shirov. Moscow: Dinamik Print. 364 p. (In Russian).

33. Government of the Russian Federation. (2023) [Restoration and socio-economic development of new regions]. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2255 of December 22, 2023. Retrieved from <http://government.ru/rugovclassifier/908/events/> (In Russian).

34. Donetsk People's Republic. (2015) [On republican programs]. Law of the Donetsk People's Republic No. 80-IHC of October 2, 2015. Retrieved from <http://npa.dnronline.su/2015-11-04/80-ihc-o-respublikanskih-programmah-dejstvuyushhaya-redaksiya-po-sostoyaniyu-na-29-11-2019g.html> (In Russian).

35. Russian Federation. (2006) [On personal data]. Federal Law No. 152-FZ of July 27,

2006. ConsultantPlus. Retrieved from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (In Russian).
36. Russian Federation. (2019) [On the development of artificial intelligence in the Russian Federation]. Decree of the President of the Russian Federation No. 490 of October 10, 2019. ConsultantPlus. Retrieved from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (In Russian).
37. Donetsk People's Republic. (2016) [Draft law “On the System of Strategic Planning in the Donetsk People's Republic” (prepared for the second reading)]. Ministry of Economic Development of the Donetsk People's Republic. Retrieved from http://mer.govdnr.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=1734:stratplan-zakon-300816&catid=8&Itemid=141 (In Russian).
38. Russian Federation. (2017) [On the security of critical information infrastructure]. Federal Law No. 187-FZ of July 26, 2017. ConsultantPlus. Retrieved from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/ (In Russian).
39. Center for Strategic Research under the Government of the Russian Federation. (2025) [Analytical note No. 08-08/25 “Study of the institution of regulatory impact assessment in the subjects of the Russian Federation”]. Moscow. 28 p. Retrieved from <https://www.csr.ru/upload/iblock/454/do5saq3k5x5bzx5trw9qta4u5vy0nvg3.pdf> (In Russian).
-

Zagornaya Tatyana, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Business Informatics, Donetsk State University, Donetsk, Russia
E-mail: t.zagornaya@donnu.ru
ORCID: 0000-0003-0097-9557

Kolomytseva Anna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technology and Management Systems, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
E-mail: a.o.kolomytseva@urfu.ru
ORCID: 0000-0002-2797-5487

Iskra Elena, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics, Donetsk National Technical University, Donetsk, Russia
E-mail: iskra_helen@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2056-575X

Received 02.09.2025