

УДК 65.012.4:(004.9+528.9)
DOI: [10.26102/2310-6018/2025.51.4.055](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.51.4.055)

Управление организационными системами на основе пространственно-ориентированных систем поддержки принятия решений

С.А. Ямашкин[✉]

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация

Резюме. Актуальность исследования обусловлена ростом сложности организационных систем и необходимостью учитывать пространственные зависимости при планировании ресурсов, управлении рисками и координации процессов. В связи с этим данная статья направлена на выявление принципов и средств управления организационными системами на основе пространственно-ориентированных систем поддержки принятия решений, способных объединять разнородные данные, моделировать сценарии и обеспечивать прозрачность управлеченческих действий. Ведущим подходом к исследованию является интеграция методов пространственного анализа, имитационного моделирования и многокритериальной оценки, что позволяет комплексно рассмотреть взаимосвязь территориальных факторов с показателями эффективности, устойчивости и затрат. Эмпирическая часть включает разработку архитектуры решения, формирование банка пространственных слоев, построение индикаторов результативности, а также сравнительное тестирование вариантов управлеченческих решений на наборе реальных кейсов. В статье представлены алгоритмы выбора приоритетов, раскрыты правила построения карт решений, выявлены эффекты от учета пространственных ограничений, обосновано снижение неопределенности и повышение согласованности действий подразделений. Полученные результаты демонстрируют улучшение точности прогнозов, сокращение времени согласования и рост экономической эффективности при распределении ресурсов. Материалы статьи представляют практическую ценность для руководителей и аналитиков, занимающихся стратегическим и операционным управлением, а также для разработчиков прикладных решений в сфере пространственного анализа данных.

Ключевые слова: управление организационными системами, геоинформационные системы, пространственные данные, показатели эффективности управления, анализ рисков.

Для цитирования: Ямашкин С.А. Управление организационными системами на основе пространственно-ориентированных систем поддержки принятия решений. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(4). URL: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=2100> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.055

Management of organizational systems based on spatially-oriented decision support systems

S.A. Yamashkin[✉]

National Research Mordovia State University, Saransk, Republic of Mordovia,
the Russian Federation

Abstract. The relevance of this research is determined by the growing complexity of organizational systems and the need to consider spatial dependencies in resource planning, risk management, and process coordination. Therefore, this article aims to identify the principles and tools for managing organizational systems based on spatially oriented decision support systems capable of integrating heterogeneous data, modeling scenarios, and ensuring the transparency of management actions. The

leading approach to the study is the integration of spatial analysis methods, simulation modeling, and multi-criteria assessment, which allows for a comprehensive consideration of the relationship between territorial factors and indicators of efficiency, sustainability, and costs. The empirical part includes the development of a solution architecture, the formation of a bank of spatial layers, the construction of performance indicators, and comparative testing of management decision options on a set of real-world cases. The article presents algorithms for selecting priorities, discloses the rules for constructing decision maps, identifies the effects of taking spatial constraints into account, substantiates a reduction in uncertainty and an increase in the coordination of departmental actions. The results obtained demonstrate improved forecast accuracy, a reduction in coordination time, and increased economic efficiency in resource allocation. The article's materials are of practical value to executives and analysts involved in strategic and operational management, as well as to developers of applied solutions in the field of spatial data analysis.

Keywords: organizational systems management, geographic information systems, spatial data, management performance indicators, risk analysis.

For citation: Yamashkin S.A. Management of organizational systems based on spatially-oriented decision support systems. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(4). (In Russ.). URL: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=2100> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.055

Введение

Среда регионального управления характеризуется высокой плотностью рисков, пространственной фрагментацией последствий и необходимостью принятия решений в условиях неполной, противоречивой или запаздывающей информации. В таких условиях ключевым становится не просто сбор данных, а построение управленческих контуров, замыкающих интерпретацию текущей ситуации на выбор воздействия и оценку его результата [1]. Проблема усугубляется отсутствием сцепления между данными, прогнозными моделями, сценариями воздействия и метриками достижения целей.

В практике цифрового управления сохраняется разрыв между модулями пространственного анализа (включая нейросетевые модели и геоинформационные платформы) и механизмами выработки решений. Такие модули выполняют задачу технического анализа, но слабо участвуют в управленческом цикле. Их выходы не всегда связаны с моделями альтернатив, регламентами, прогнозом эффекта и системой оценки достигнутого результата. Это затрудняет построение системы поддержки принятия решений (СППР), способной функционировать в составе региональной организационной системы и обеспечивать связность между интерпретацией ситуации, выбором альтернатив и оценкой результата.

Решение данной проблемы требует включения пространственно-ориентированных интеллектуальных модулей в состав информационно-аналитической подсистемы системы поддержки принятия решений, с ориентацией на управленческие цели, устойчивость сценариев и воспроизводимость процедур выбора. Методологическую основу составляет теория активных систем, заложенная В.Н. Бурковым и развиваемая Д.А. Новиковым в контексте организационного управления, а также концепция человеко-машинных СППР, сформулированная в работах Э.А. Трахтенгерца. Принципиальным сдвигом является переход от оценки точности распознавания к метрикам управления – включая достижение целевых показателей, пространственную сбалансированность эффекта и устойчивость решений при изменении условий.

Актуальность исследованию придает закрепленный в Постановлении Правительства РФ от 1 декабря 2021 г. № 2148 приоритет повышения технологической независимости в области геоинформационных систем и обработки пространственных данных на основе искусственного интеллекта (ИИ). Работа направлена на реализацию

этой задачи путем интеграции формализованной риск-модели с геопространственной репрезентацией рисков, целей и управляющих воздействий. Кроме того, исследование соответствует приоритетам, определенным Указом Президента РФ от 18 июня 2024 г. № 529: адаптация к изменениям климата, рациональное использование природных ресурсов, мониторинг среды и снижение рисков чрезвычайных ситуаций.

Гипотеза исследования – устойчивость управления территориально распределенной организационной системой обеспечивается при условии включения модулей интерпретации пространственной обстановки и прогнозного анализа в контур принятия решений. Такое включение требует не только интеграции на уровне данных, но и сопряжения с управленческими метриками, характеризующими достижение целей, допустимость сценариев и согласованность эффектов по структуре системы.

Цель – формирование подхода к интеграции пространственно-ориентированных интеллектуальных модулей в систему поддержки принятия решений, функционирующую в составе территориально распределенной организационной системы и ориентированную на достижение управленческих целей в условиях рисков, пространственной неоднородности и информационной неопределенности.

Достижение поставленной цели требует решения реестра задач.

1. Определить требования к информационно-аналитической подсистеме СППР, обеспечивающей сопряжение пространственной интерпретации состояния среды с выбором и оценкой управляющих воздействий в контуре региональной организационной системы (методологическая задача).

2. Сформировать архитектурную схему включения интеллектуальных модулей (нейросетевых моделей, ансамблей классификаторов, репозитория) в функциональные подсистемы СППР, с указанием их роли в управленческом цикле (архитектурная задача).

3. Разработать систему управленческих метрик, обеспечивающих сопряжение результатов ИИ-интерпретации с оценкой достижения целей, устойчивости сценариев и пространственной согласованности эффектов (аналитическая задача).

4. Предложить реализацию фрагмента СППР для задач управления территориально распределенными системами с верификацией функциональной связности между интерпретацией данных, выбором управляющего воздействия и оценкой результата (прикладная задача).

Решение указанных задач обеспечивает формирование согласованного подхода к включению интеллектуальных модулей в контур управления территориально распределенной организационной системой. Предлагаемое решение учитывает специфику пространственно выраженных рисков и неопределенностей, объединяет интерпретацию ситуации, выбор управленческих альтернатив и оценку их последствий, а также опирается на управленческие метрики, отражающие достижение целей, допустимость сценариев и пространственную сбалансированность эффекта.

Материалы и методы

Методологическую базу настоящего исследования составляют концепции управления в организационных системах, теория активных систем, принципы построения систем поддержки принятия решений (СППР), а также положения интеллектуального и геосистемного анализа, примененные к задачам пространственно-распределенного управления.

Ключевой теоретической основой выступает теория активных систем, заложенная В.Н. Бурковым [2], согласно которой организационная система представляет собой совокупность взаимодействующих субъектов, обладающих собственными целями и механизмами принятия решений. Управление в таких системах требует построения

механизмов координации и согласования, обеспечивающих достижение управленческих целей при наличии конфликтующих интересов. Эти положения обеспечивают формализацию субъектной структуры регионального управления, в том числе в условиях пространственной фрагментации и асимметрии информации.

Методологическое развитие этих идей реализовано в концепции управления организационными системами, сформулированной и обобщенной Д.А. Новиковым [3]. В рамках этой теории формализуются условия управляемости, понятие допустимого и достижимого множества состояний, а также вводятся модели взаимодействия активных элементов и управляющей системы в ситуациях неопределенности. Применение этой методологии позволяет интерпретировать территориальную систему как организационную, где элементы (органы власти, субъекты, структуры) обладают собственной стратегией поведения.

Системы поддержки принятия решений рассматриваются в рамках подхода, предложенного Э.А. Трахтенгерцем [4], как человеко-машические комплексы, обеспечивающие диалог между лицом, принимающим решение (ЛПР) и информационно-аналитической системой. Согласно структурной модели СППР, выделяются функциональные подсистемы: ПСА (анализ и прогноз ситуации), ПСГ (генерация альтернатив), ПСВ (подсистема оценки вариантов), ПСУ (управляющая подсистема). Центральную роль играет информационно-аналитическая подсистема, в которую интегрируются все источники данных, модели, механизмы интерпретации и средства визуализации. Это формирует методологическую основу для проектирования модулей пространственной интерпретации и прогнозирования в рамках СППР. Ограничения текущих реализаций СППР для задач регионального управления зафиксированы в работе [5], где подчеркивается отсутствие сценарной обратной связи, слабая интерпретационная связь между оценкой состояния и формированием альтернатив, а также неприспособленность многих информационных систем к распределенной пространственной структуре среды. Это требует пересмотра роли СППР как источника не только информации, но и управляющих ориентиров. Применение когнитивных моделей сценарного прогнозирования и управления устойчивым развитием территории обосновано в [6], где зафиксирована необходимость соединения интерпретации, выбора и оценки в единый сценарный цикл. Это подтверждает необходимость включения ИИ-интерпретаторов не в качестве внешних сервисов, а как компонентов функциональной оценки сценариев управленческого воздействия.

Вопросы геоинформационного анализа в контексте логико-пространственного моделирования рассматриваются в работах В.П. Кулагина [7]. В них обосновывается необходимость перехода от пассивного отображения геоданных к активным операциям с пространственными правилами, семантическими связями и топологическими ограничениями. Это позволяет строить не просто визуализацию, а управляемую логическую структуру решений на геобазе. Геосистемный подход к интерпретации пространственной структуры территории восходит к работам В.Б. Сочавы [8], где formalизовано понятие геосистемы как объекта с внутренней функциональной связью и пространственной целостностью. Это создает основания для моделирования распределенной среды как управляемого объекта, чувствительного к масштабам, плотности и локальным сценариям. Современные реализации информационно-аналитических систем в территориальном управлении, включая геоинформационные модули и интеллектуальные интерпретаторы, остаются фрагментарными и слабо встроенным в управленческий контур. В результате отсутствует функционально устойчивое сопряжение между интерпретацией пространственной обстановки, формированием управленческих альтернатив и оценкой их последствий. Это ограничивает возможность применения интеллектуальных компонентов в задачах

поддержки управленческих решений и указывает на необходимость пересмотра архитектуры СППР с учетом полного охвата фаз управленческого цикла: от интерпретации состояния среды до выбора воздействия и оценки достигнутого результата.

В рамках настоящей работы предложено включение в СППР интеллектуальных модулей интерпретации и прогнозирования, основанных на нейросетевых моделях. В работе [9] показана возможность повышения эффективности ИИ-анализа данных дистанционного зондирования в задачах территориального управления при условии учета геосистемной структуры и адаптивной архитектуры модели. Разработка специализированных архитектур репозитория моделей представлена в работе [10], где предложены решения по конфигурации и воспроизводимости нейросетевых компонентов для задач пространственного прогнозирования. Это позволяет формировать адаптивную информационно-аналитическую подсистему СППР с возможностью повторного использования, калибровки и верификации моделей. Ансамбли классификаторов позволяют повысить устойчивость и обоснованность интерпретации сложных динамических пространственных процессов при наличии шумов и неполноты данных. В обозначенных работах продемонстрирована возможность интеграции геосистемного подхода, ИИ-модулей и геоинформационных слоев в прикладные задачи пространственного управления. Формирование прикладной архитектуры СППР возможно с учетом как технических, так и управленческих требований, благодаря переходу от интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и пространственных индексов к формированию сценариев воздействия и управленческой оценке.

В соответствии с методологией Э.А. Трахтенгерца, СППР включает функциональные подсистемы, роль которых в условиях территориально распределенной организационной системы требует уточнения вследствие пространственной разобщенности данных, субъектов и эффектов воздействия.

– ПСА формирует представление о текущем состоянии управляемой среды на основе данных мониторинга, геоинформационных источников и моделей пространственного прогнозирования. В условиях регионального управления она служит связующим звеном между распределенными источниками информации и интерпретационной моделью.

– ПСГ формирует допустимые альтернативы воздействия, опираясь на заданные ограничения, нормативные сценарии и пространственные регламенты. В территориальной системе это включает локальные сценарии, специфичные для отдельных зон или объектов.

– ПСВ обеспечивает оценку сформированных альтернатив по множеству управленческих критериев – включая достижение целевых показателей, устойчивость сценариев и пространственную сбалансированность эффекта. Это позволяет учитывать различия в конфигурации подконтрольных территорий.

– ПСУ координирует работу подсистем и обеспечивает взаимодействие с ЛПР, включая визуализацию данных, сценариев и последствий выбора. В распределенной системе она выступает как интерфейсный и организационный канал, поддерживающий управленческое замыкание.

Таким образом, каждая подсистема СППР встраивается в структуру территориального управления как специализированный функциональный модуль, сопряженный с конкретными фазами цикла принятия решений – от интерпретации до выбора вариантов из перечня альтернатив. Это создает архитектурную основу для

включения ИИ-модулей как содержательно ориентированных, а не вспомогательных компонентов управлеченческой информационной инфраструктуры.

Каждая из обозначенных подсистем имеет модульную структуру, допускающую включение внешних вычислительных и экспертных модулей, однако в оригинальной архитектуре ИИ-компоненты (в частности, нейросетевые модели или ансамбли классификаторов) не рассматриваются как функциональные элементы, встроенные в цикл формирования и оценки решений. Они трактуются, в лучшем случае, как технологическое расширение ПСА.

Такое положение формирует разрыв между технической аналитикой и управлеченческой функцией. Как показывают исследования последних лет, ИИ-компоненты (глубокие модели и ансамбли нейронных сетей, консолидированные в репозитории моделей) могут быть использованы для пространственной интерпретации, оценки рисков и классификации зон по уровню допустимости воздействия. Однако, несмотря на техническую интеграцию, данные модули не участвуют в генерации управлеченческих альтернатив и формализованной оценке достижения целей, оставаясь функционально изолированными от основного цикла принятия решений. В условиях территориально распределенного управления такая фрагментарность снижает управляемость: интерпретация не переходит в действие, оценка сценариев не опирается на реальные прогнозные данные, а визуализация отрывается от системы принятия решений.

Результаты

В современных практиках, включая даже продвинутые реализации СППР, ИИ-модули по-прежнему функционируют как внешние к управлеченческому циклу. Это противоречит логике организационного управления в понимании Д.А. Новикова, где подчеркивается необходимость согласованности между интерпретацией состояния среды, выбором управлеченческих воздействий и оценкой достижения цели.

Архитектурная организация СППР в задаче управления территориально распределенными организационными системами. Методологические положения, сформулированные ранее, требуют конкретизации в виде архитектурной схемы. В данном разделе описана функциональная архитектура интеграции интеллектуальных модулей в управлеченческий цикл, включая распределение ролей информационно-аналитической подсистемы (ИАП), ПСГ и ПСВ с введением концепции «тонких клиентов». Дополнительно обоснована многоуровневая структура управления (стратегический, тактический, оперативный уровни) и их связь с элементами архитектуры.

В рамках исследования под архитектурой понимается способ функциональной организации взаимодействия интеллектуальных модулей с подсистемами СППР, обеспечивающий выполнение процессов управлеченческого цикла в территориально распределенной организационной системе. Такой подход принципиально отличает данный раздел от описаний низкоуровневых ИТ-архитектур, где внимание сосредоточено на серверных компонентах, базах данных или интерфейсах API, а также от чисто организационных архитектур, рассматривающих структуру ведомств и регламенты взаимодействия. Здесь фокус перенесен на распределение ролей и функций между ключевыми подсистемами СППР (ИАП, ПСГ, ПСВ и геопорталом) и на описание потоков данных и управляющих сигналов, связывающих эти элементы в единую управлеченческую логику.

Для реализации полноценной СППР в территориально распределенной организационной системе ИИ-компоненты должны быть встроены в ПСА как логически

целесообразные звенья, обеспечивающие не только интерпретацию, но и сопряжение с генерацией и выбором решений. Это требует пересмотра обозначенных структурных элементов СППР в сторону управляемческого, а не инструментального проектирования.

В настоящем исследовании обосновывается ИАП как функциональный компонент СППР, интегрирующий модули пространственной интерпретации, прогнозного анализа и вычисления управляемческих метрик. Сопоставимо классической архитектуре СППР по Э.А. Трахтенгерцу, его функции распределены между подсистемами ПСА и ПСВ, а также интерфейсных механизмах связи с ЛПР.

ИАП СППР – это функциональный блок, обеспечивающий сбор, интеграцию, интерпретацию и структурирование данных в форме, необходимой для генерации и оценки управляемческих альтернатив, с обеспечением обратной связи по результатам реализации решений. ИАП работает в условиях полной, неполной или запаздывающей информации и обеспечивает соответствие между полученными данными и управляемческими метриками.

Актуальность выделения ИАП определяется требованиями к управлению территориально распределенной организационной системой, в которой источники информации, объекты воздействия и цели управления пространственно разнесены. В таких условиях требуется подсистема, способная:

- агрегировать данные из разнородных источников (мониторинг, дистанционное зондирование, картографические базы);
- осуществлять интерпретацию состояния среды на основе пространственно-временных моделей;
- фильтровать и структурировать входные данные по сценарным критериям;
- обеспечивать сопряжение аналитики с процедурами оценки управляемческих альтернатив.

В работах по теории управления организационными системами подчеркивается, что эффективность управления определяется не столько наличием информации, сколько ее релевантностью управляемческим целям и способностью быть встроенной в цикл выбора воздействий. Следовательно, ИАП должна быть логически интегрирована в архитектуру СППР, а не выступать как внешняя аналитическая надстройка.

В классической архитектуре систем поддержки принятия решений, описанной Э.А. Трахтенгерцем, ПСА выполняет функции сбора, хранения, обработки и интерпретации данных, а также подготовки прогноза развития ситуации. Результаты работы ПСА передаются в другие функциональные блоки, обеспечивая информационную основу для генерации и выбора решений. При этом ПСА не выполняет синтез альтернатив и не осуществляет выбор управляемческих воздействий, что говорит о целесообразности выделения в современных модификациях архитектуры самостоятельной ИАП как блока, обеспечивающего полноту и структурированность исходных данных.

Таким образом, в предлагаемой архитектуре ИАП наследует ключевые функции ПСА, описанной Э.А. Трахтенгерцем, но расширяет их за счет интеграции пространственного анализа, нейросетевых и прогнозных алгоритмов, а также модулей сопоставления с управляемческими метриками. В отличие от ПСА, ИАП обеспечивает и подготовку данных в унифицированном формате ПСГ и оценки ПСВ решений. Важным в данном контексте отличием ИАП от классической ПСА является интеграция методов многомерной аналитической обработки данных (OLAP-технологий), что позволяет формировать агрегированные и детализированные срезы информации в зависимости от задач ПСГ и ПСВ, обеспечивая гибкую фильтрацию, свертку и детализацию пространственных, временных и тематических показателей. Таким образом, ИАП становится не только источником предварительно рассчитанных аналитических

показателей, но и платформой для интерактивного формирования запросов ЛПР, что сокращает время на подготовку информации и повышает точность выбора альтернатив. При этом ИАП не формирует альтернатив и не принимает решений; ее назначение – замкнуть цепочку «данные-интерпретация-прогноз» и передать результат в управляемые блоки, исключая функциональное пересечение.

В предлагаемой архитектуре системы поддержки принятия решений принципы SOLID реализуются через строгую функциональную изоляцию подсистем и формализацию интерфейсов взаимодействия. Принцип единственной ответственности (SRP) соблюдается благодаря тому, что ИАП отвечает исключительно за сбор, обработку, интерпретацию и прогнозирование данных. ПСГ по Э.А. Трахтенгерцу формирует множество альтернативных управляемых воздействий, исходя из целей, ограничений, ресурсов и данных, поступающих из ИАП. В ее функции входит построение и модификация сценариев, адаптация вариантов при изменении условий, разработка «деревьев решений» и формирование матриц стратегий. ПСВ реализует сравнительный анализ альтернатив по совокупности критериев (эффективность, допустимость, согласованность, устойчивость) и обеспечивает выбор оптимального варианта с точки зрения поставленных целей.

Принцип открытости/закрытости (OCP) обеспечивается модульной структурой ИАП, позволяющей подключать новые источники данных и алгоритмы анализа без изменения базовой логики ее работы. Подмена и усовершенствование компонентов (LSP) реализуются за счет того, что отдельные модули интерпретации или прогнозирования могут быть заменены их улучшенными версиями без нарушения передачи данных в ПСГ и ПСВ. Принцип разделения интерфейсов (ISP) достигается тем, что каждая подсистема получает только необходимый для своей работы набор данных: ПСГ – результаты интерпретации, ПСВ – набор альтернатив с их параметрами, что исключает избыточную связанность. Наконец, инверсия зависимостей (DIP) реализуется через взаимодействие подсистем по абстрактным контрактам данных, а не через конкретные реализации алгоритмов, что позволяет менять внутреннюю механику аналитических модулей без перестройки всей архитектуры.

Полноценная ИАП в составе системы поддержки принятия решений должна включать набор функций, без которых невозможно обеспечить ее полноту и управляемую состоятельность.

1) *Каналы ввода данных и наблюдаемость.* ИАП обязана иметь разветвленную систему каналов ввода данных, обеспечивающую интеграцию информации из всех релевантных источников: многоспектральных и радарных данных ДЗЗ, результатов наземного и аэромониторинга, ведомственных баз данных и нормативно-справочных ресурсов. У Трахтенгерца в перечне требований к СППР указано, что система должна работать с пространственными данными, интегрируя их с другими источниками информации. У Новикова свойство наблюдаемости определяется как наличие достаточного объема информации для формирования управляемых воздействий. В ИАП это реализуется через подключение ДЗЗ, мониторинга и нормативных баз. А.М. Бершадский и А.С. Бождай [11] подчеркивают, что интеграция разнородных пространственных и статистических данных в единую систему мониторинга должна обеспечивать возможность межотраслевой агрегации и формирования управляемой картины состояния территории. Это расширяет требование к ИАП – она должна агрегировать не только тематические слои геоинформационных систем (ГИС), но и данные инфраструктурных систем. А.Г. Кравец [12] показывают, что геоинформационный подход к управлению развитием территории показывает необходимость включения в ИАП инструментов интеграции данных из новых высокодинамичных источников, дополняющих традиционные каналы мониторинга. Такой подход демонстрирует, что

ИАП должна агрегировать не только картографические и статистические слои, но и актуальные данные поведенческого характера, повышая скорость реакции и полноту наблюдаемости.

2) *Модули интерпретации.* ИАП должна содержать модули интерпретации, включающие алгоритмы распознавания, тематической классификации и прогнозирования состояния управляемой среды. Эти модули должны не только извлекать признаки (например, уязвимость территории, рисковую экспозицию, перегрузку инфраструктуры), но и приводить их к управляемым категориям, необходимым для выбора альтернатив. В архитектуре ПСА по Трахтенгерцу подчеркивается необходимость эффективного анализа ситуации и прогнозирования ее развития. Новиков указывает, что информация в системе управления должна приводиться к форме, пригодной для принятия решений. Для ИАП это означает наличие моделей распознавания, классификации и прогнозирования. В.П. Кулагин дополняет, что пространственная интерпретация должна включать качественные рассуждения на геоданных – выявление закономерностей и ограничений, которые невозможно получить простыми количественными методами. Это требует, чтобы модули интерпретации в ИАП оперировали не только числовыми, но и логико-пространственными моделями.

3) *Сопоставление с метриками управления.* В ИАП должен быть реализован механизм сопоставления выходов аналитики с управляемыми метриками. Это включает проверку соответствия сценариев воздействия целевым показателям (KPI), оценку устойчивости сценариев к изменениям среды и анализ пространственной допустимости воздействия. Такой модуль замыкает результаты ИИ-анализов на управляемые критерии и исключает разрыв между техническими показателями качества (точность, чувствительность) и целевыми результатами управления. В ПСВ, по Трахтенгерцу, требуется оценка альтернатив по множеству критерии. Новиков определяет управляемость как способность выбирать варианты, обеспечивающие достижение целей. Следовательно, в ИАП необходим модуль сопоставления выходов аналитики с KPI, устойчивостью сценариев и пространственными ограничениями. В.Н. Бурков в рамках теории активных систем подчеркивает, что критерии оценки должны отражать согласованность действий субъектов и устойчивость системы к дестабилизирующему факторам, что усиливает требование к ИАП по включению пространственно-согласованных метрик.

4) *Обратная связь.* Обязательным элементом является подсистема обратной связи. После реализации управляющего воздействия ИАП должна повторно обрабатывать обновленные данные, анализировать отклонения от ожидаемого эффекта и формировать рекомендации по корректировке стратегии. Трахтенгерц включает в требования поддержку согласования управляемых решений, что предполагает анализ результатов их выполнения. Новиков рассматривает адаптацию стратегии как способ поддержания устойчивости системы. Это требует включения обратной связи в ИАП. О.И. Дранко и соавт. показывают, что в региональном управлении обратная связь должна учитывать сценарный характер развития и обеспечивать адаптацию решений не только к фактическому состоянию, но и к изменению стратегических приоритетов, что требует в ИАП механизмов сценарной корректировки. В исследованиях, проводимых под руководством А.Г. Кравец [13] демонстрируется, что использование автоматизированного мониторинга, встроенных алгоритмов распознавания состояния пространственно-распределенных объектов и аналитических модулей СППР позволяет формировать корректирующие воздействия на основе оперативных данных о состоянии управляемых объектов. В их модели обратная связь реализуется через обновление базы знаний и последовательностей технологических операций, что обеспечивает адаптацию системы к изменяющимся условиям и повышает устойчивость управления. О. И. Дранко и соавт.

[5] показывают, что в региональном управлении обратная связь должна учитывать сценарный характер развития и обеспечивать адаптацию решений не только к фактическому состоянию, но и к изменению стратегических приоритетов, что требует в ИАП механизмов сценарной корректировки.

5) *Работа в условиях неполной информации.* ИАП должна быть устойчива к работе в условиях неполной, фрагментарной или запаздывающей информации. Это предполагает использование методов повышения устойчивости выводов, в частности, ансамблей моделей, которые позволяют сглаживать ошибки отдельных алгоритмов и сохранять качество решений при деградации или задержке данных. В требованиях к СППР присутствует указание на многоцелевое использование и интеграцию моделей, что косвенно предполагает работу в условиях различных сценариев и неполных данных. Новиков описывает, что неопределенность информации не должна снижать работоспособность системы. Для ИАП это означает использование методов устойчивой обработки данных, например, ансамблей моделей. В.Н. Бурков подчеркивает, что в условиях неполной информации управляемость обеспечивается за счет использования адаптивных стратегий и распределения функций между субъектами, что должно учитываться при проектировании ИАП.

Реализация всех этих функций в комплексе обеспечивает ИАП полноту, воспроизводимость и управляемость в составе СППР, что согласуется с принципами теории активных и организационных систем и функциональной архитектуры СППР (Трахтенгерц). В этой логике ИАП является надстройкой над ПСА в архитектуре Трахтенгерца [14], сохраняя ее ключевые функции, но расширяя их за счет:

- интеграции ИИ-модулей (нейросетевых моделей, ансамблей), способных обрабатывать разнородные, неполные и запаздывающие данные, обеспечивая устойчивость интерпретации;
- включения геопортальных компонентов, которые не только выполняют визуализацию пространственных данных, но и предоставляют ЛПР инструменты интерактивного управления, в том числе запуск сценариев воздействия и анализ последствий в территориальном контексте;
- применения OLAP-технологий для многомерного представления и анализа данных, позволяющих выполнять агрегацию, свертку и детализацию показателей в зависимости от задач ПСГ и ПСВ, обеспечивая динамическую настройку аналитических срезов и сценариев;
- механизма сопоставления аналитических результатов с управленческими метриками, обеспечивающего прямую связь между выводами анализа и достижением целевых показателей, устойчивостью сценариев и пространственной допустимостью воздействия – функционала, который в классических формулировках Трахтенгерца явно не фиксировался.

Таким образом, ИАП сохраняет место ПСА в таксономии Трахтенгерца как поставщика информации для ПСГ и ПСВ, но повышает уровень ее готовности к использованию в управленческом цикле за счет современных технологий анализа пространственных данных о территориально распределенных организационных системах.

В модифицированной архитектуре системы поддержки принятия решений ИАП становится центральным вычислительным узлом, на котором сосредоточена основная нагрузка по сбору, обработке, интерпретации и прогнозированию данных, а также сопоставлению аналитических результатов с управленческими метриками. ПСГ и ПСВ при этом могут функционировать в режиме «тонких клиентов» с минимизацией собственной вычислительной логики.

– ПСГ получает от ИАП структурированные входы – прогнозы, пространственные ограничения, значения целевых показателей (КПИ) и иные параметры, рассчитанные в едином аналитическом контуре. На этой основе ПСГ формирует набор допустимых альтернатив, выполняя лишь синтетические операции без глубоких перерасчетов исходных данных.

– ПСВ получает из ИАП для каждой альтернативы уже рассчитанные показатели эффективности, устойчивости и пространственной допустимости, что позволяет ограничиться сравнением, ранжированием и выбором оптимального варианта. Таким образом, ПСВ не выполняет повторного моделирования или пересчета прогнозов, а опирается на унифицированный набор аналитических результатов, подготовленный в ИАП.

Такое перераспределение ролей приводит к ряду принципиальных эффектов.

1. *Централизация вычислительных ресурсов и алгоритмов в ИАП* обеспечивает не только оптимизацию аппаратной нагрузки, но и формирует единый «источник истины» для всех аналитических и прогностических операций. В условиях территориально распределенных систем, где расчеты включают обработку многоканальных пространственных данных и прогнозирование по сложным нелинейным моделям, это исключает необходимость дублирования вычислительных модулей в каждой функциональной подсистеме, снижает вероятность расхождений в результатах и повышает управляемость архитектуры.

2. *Унификация моделей и метрик* в рамках ИАП означает, что на стадии генерации альтернатив (ПСГ) и их оценки (ПСВ) используются идентичные наборы алгоритмов и критериев, включая показатели целевого достижения (КПИ), пространственные ограничения и параметры устойчивости сценариев. Это устраняет системные противоречия, возникающие при параллельной разработке альтернатив и их независимой оценке, и обеспечивает формальную согласованность решений с нормативами и регламентами.

3. *Согласованность данных на всех этапах управленческого цикла* достигается за счет того, что ИАП является не только агрегатором входной информации, но и единственным центром формирования производных аналитических слоев. В результате все стадии – от интерпретации обстановки до выбора воздействия – опираются на согласованный информационный массив, что критично при высокой пространственной неоднородности и динамике изменений среды.

Ограничением данной архитектурной схемы является рост зависимости ПСГ и ПСВ от ИАП по критериям производительности, доступности и отказоустойчивости. В случае снижения скорости обработки или временной недоступности ИАП весь управленческий цикл может быть затруднен. Тем не менее, как показано в работах [9, 10], интеграция репозитория нейросетевых моделей, оптимизированных модулей пространственного анализа и геопортальных интерфейсов позволяет обеспечить баланс между вычислительной централизацией и высокой отказоустойчивостью. В ряде пилотных внедрений это решение продемонстрировало, что концентрация интеллектуальной обработки в ИАП не снижает, а напротив – повышает устойчивость системы за счет стандартизации процедур и сокращения числа точек потенциальных отказов.

Функциональная архитектура СППР требует логически связного размещения ИИ-компонентов в составе ИАП, при этом ключевым структурным элементом выступает репозиторий моделей, в который интегрированы как специализированные архитектуры, так и ансамблевые схемы классификации. Репозиторий нейросетевых моделей выполняет функцию инфраструктурного модуля ИАП, обеспечивающего хранение, выбор и адаптацию аналитических алгоритмов под конкретные управленческие задачи.

В его составе реализованы специализированные архитектуры (например, GeoSystemNet) для интерпретации состояния среды и ансамблевые конфигурации неглубоких сетей для устойчивой классификации.

Таким образом, модели не действуют автономно, а представляются репозиторием в ответ на условия среды, структуру данных и тип задачи. Интеллектуальная аналитика реализуется через этот единый механизм, что обеспечивает воспроизводимость, конфигурируемость и устойчивость решений. Результаты анализа передаются в геопортал, где они визуализируются и используются ЛПР для выбора воздействия. Такое построение обеспечивает логически завершенный управляемый цикл: от данных, через интерпретацию и оценку – к выбору воздействия и обратной связи, в котором ИИ-компоненты работают как встроенные функции, а не внешние надстройки.

В Таблице 1 приведено размещение этих компонентов в архитектуре СППР, с привязкой к выполняемым функциям и управляемым метрикам и отражает перераспределение ролей между функциональными подсистемами СППР в соответствии с концепцией «тонких клиентов» для ПСГ и ПСВ. В данной архитектуре ИАП выступает центральным вычислительным и аналитическим ядром, где сосредоточены все ресурсоёмкие операции – от интерпретации пространственных данных с использованием нейросетевых моделей до формирования агрегированных показателей и сопоставления их с управляемыми метриками. ПСГ и ПСВ при этом получают уже структурированные результаты анализа, что позволяет им минимизировать собственную вычислительную нагрузку и сосредоточиться на прикладных функциях генерации и оценки альтернатив. Геопортал интегрирован с ИАП и выполняет роль интерфейса взаимодействия ЛПР с системой, обеспечивая доступ к аналитическим результатам, запуск сценариев и получение обратной связи.

Таблица 1 – Функциональная архитектура ИИ-компонентов в СППР (концепция «тонких клиентов»)

Table 1 – Functional architecture of AI components in DSS (the concept of "thin clients")

Подсистема СППР	Функция	Размещение ИИ-компонента	Метрика управления
ИАП (информационно-аналитическая подсистема)	Интерпретация состояния среды на основе ДЗЗ, мониторинга и картографических источников	GeoSystemNet (в составе репозитория моделей)	Полнота признаков (уязвимость, перегрузка, доступность), достоверность карты рисков, пространственный охват
	Выбор и конфигурация модели анализа под структуру данных и условия задачи	Репозиторий моделей (хранилище, подбор, адаптация)	Воспроизводимость анализа, адаптивность к условиям среды, скорость конфигурирования
	Формирование агрегированных показателей для оценки альтернатив	OLAP-модуль в составе ИАП	Согласованность показателей с KPI, готовность к многомерному анализу, скорость формирования срезов

Таблица 1 (продолжение)
Table 1 (continued)

ПСГ (тонкий клиент)	Формирование допустимых альтернатив на основе готовых прогнозов и ограничений	Доступ к данным ИАП (без собственной тяжелой аналитики)	Полнота учета пространственных и нормативных ограничений; управляемая применимость
ПСВ (тонкий клиент)	Фильтрация и классификация альтернатив по допустимости воздействия	Ансамбли классификаторов (в составе репозитория моделей)	Устойчивость выбора, допустимость сценариев, надежность при неполных данных
	Ранжирование альтернатив и обоснование выбора	Метаклассификатор (агрегатор ансамбля, предоставляется ИАП)	Сценарная устойчивость, достижимость целей, пространственная сбалансированность эффекта
Геопортал (интерфейс ЛПР)	Визуализация результатов анализа в виде многослойного представления пространственных цифровых слоев, запуск сценариев, фиксация решений, обратная связь	Геопортал (интегрирован с ИАП)	Полнота управляемого цикла, прозрачность фиксации, доступность в распределенной среде

Такая архитектурная организация обеспечивает согласованность данных и единообразие используемых моделей на всех этапах управляемого цикла, исключает дублирование функций и повышает устойчивость системы к изменениям входной информации. Централизация интеллектуальной обработки в ИАП позволяет стандартизировать процедуру анализа, ускорить настройку под новые задачи и интегрировать современные методы обработки пространственных данных, включая OLAP-аналитику и геопортальные интерфейсы. Несмотря на возрастание зависимости ПСГ и ПСВ от производительности и отказоустойчивости ИАП, опыт экспериментальных внедрений подтверждает, что концентрация вычислительных и аналитических ресурсов в одном ядре повышает управляемость, прозрачность и адаптивность СППР в условиях территориально распределенных организационных систем.

Многоуровневая организация управления в территориально распределенных организационных системах опирается на положения теории активных систем и иерархического управления, зафиксированные в ряде фундаментальных работ. В теории активных систем В.Н. Буркова и трудах по управлению организационными системами Д.А. Новикова описаны двухуровневые веерные структуры, включающие управляющий центр и подчиненные активные элементы, а также указывается возможность расширения этой схемы для сложных объектов управления, что предполагает появление промежуточных звеньев, выполняющих функции координации и планирования.

В работах Э.А. Трахтенгерца многоуровневая организация рассматривается применительно к СППР. Высшие уровни формируют цели, критерии и допустимые границы решений, тогда как нижние уровни выполняют оперативные воздействия и обеспечивают обратную связь о достигнутых результатах. При этом подчеркивается

необходимость параллельного анализа данных для всех уровней и их информационной взаимосвязанности.

В концепции иерархических организационных структур, представленной Д.А. Новиковым, распределение функций между уровнями связано с горизонтом планирования и глубиной детализации информации: стратегический уровень отвечает за постановку целей и выбор приоритетов, тактический – за формирование и согласование сценариев их достижения, оперативный – за выполнение конкретных действий и адаптацию решений по результатам обратной связи.

Таким образом, выделение в архитектурной схеме СППР стратегического, тактического и оперативного уровней не является произвольным, а вытекает из теоретических принципов иерархии управления и распределения функций. Это позволяет четко разграничить задачи и инструменты на каждом уровне и определить, какие компоненты информационно-аналитической подсистемы, а также ПСГ и ПСВ обслуживают соответствующие управлочные процессы.

В архитектуре разрабатываемой СППР уровни управления трактуются следующим образом.

– *Стратегический уровень* отвечает за постановку целей, определение ключевых показателей эффективности (КПИ) и формирование долгосрочных приоритетов развития управляемой системы. В функциональной схеме СППР он не автоматизируется в полном объеме, но задает исходные управляющие воздействия для ИАП, определяя рамки допустимых сценариев и приоритеты обработки данных.

– *Тактический уровень* реализует выбор и планирование сценариев на среднесрочный горизонт. Его работа опирается на агрегированные прогнозы, сформированные ИАП (включая результаты моделей GeoSystemNet и ансамблей), OLAP-аналитику и нормативно-справочные базы. Основную роль на этом уровне играют связка «ИАП – ПСГ»: ИАП обеспечивает агрегирование и интерпретацию данных, ПСГ – генерацию набора допустимых сценариев, учитывающих стратегические ограничения.

– *Оперативный уровень* обеспечивает детализацию планов и реализацию конкретных действий в реальном времени или вблизи него. Входными данными служат детализированные пространственные слои, статусы объектов управления и сигналы обратной связи. На этом уровне связка «ИАП – ПСВ» обеспечивает мониторинг и анализ текущего состояния ИАП, а также оценку и выбор конкретных альтернатив (ПСВ) с привязкой к геообъектам и условиям на месте.

Такое разграничение уровней позволяет интегрировать интеллектуальные модули и геопортальные компоненты в управлочный цикл, распределяя вычислительные и аналитические функции в соответствии с горизонтом планирования и требованиями к детализации данных.

С учетом роли ИАП как центрального вычислительного и аналитического узла, обеспечивающего работу стратегического, тактического и оперативного уровней управления, к ее функционированию предъявляется комплекс жестких требований.

Во-первых, необходима повышенная отказоустойчивость: сбои ИАП автоматически нарушают работу ПСГ и ПСВ, разрывая управлочный цикл. Для минимизации рисков требуется резервирование критически важных модулей, дублирование каналов передачи данных и внедрение механизмов автоматического восстановления.

Во-вторых, должна поддерживаться согласованность данных между уровнями управления. Информация, сформированная на тактическом уровне, обязана быть совместимой по формату, шкалам измерений и актуальности с данными, применяемыми

на оперативном уровне, и наоборот. Любое рассогласование приводит к искажению сценариев, ошибкам в выборе альтернатив и снижению устойчивости решений.

В-третьих, предъявляются дифференцированные требования к быстродействию:

- для тактического уровня допустимы задержки в обработке, так как он оперирует агрегированными прогнозами и сценариями среднесрочного горизонта;
- для оперативного уровня критична реакция, близкая к реальному времени, с минимальными задержками при обработке сигналов обратной связи и формировании корректирующих воздействий;
- для стратегического уровня ключевым является обеспечение полноты и достоверности данных, согласованных с нормативными документами и долгосрочными прогнозами, при допустимых временных задержках, но с гарантией непротиворечивости моделей на протяжении всего горизонта планирования.

Таким образом, архитектура ИАП должна проектироваться с учетом разных временных характеристик, поддерживать единые модели данных для всех уровней и иметь встроенные механизмы обеспечения непрерывной работоспособности.

Усиление каналов связи между уровнями предполагает реализацию сквозных механизмов передачи данных и управлеченческих сигналов, обеспечивающих целостность управлеченческого цикла.

Во-первых, необходимо внедрить сквозные каналы обратной связи, при которых изменения, зафиксированные на оперативном уровне (детализированные показатели состояния объектов, статусы выполнения мероприятий, отклонения от плановых параметров), автоматически агрегируются в ИАП и передаются на тактический уровень. Это позволит в реальном времени или с минимальной задержкой корректировать сценарии и планы, исключая накопление ошибок и запаздывание реакции.

Во-вторых, в ИАП следует интегрировать OLAP-слой как универсальный инструмент свертки и детализации данных. Такая реализация обеспечит двусторонний переход между уровнями: от детализированных данных оперативного уровня к агрегированным показателям тактического, и обратно – от стратегических и тактических агрегатов к их детализации для оперативных действий.

Таким образом, информационная компонента СППР включена не как технологическая надстройка, а как функциональное ядро управлеченческого цикла, обеспечивая соответствие каждому этапу: интерпретации, выбору, оценке, фиксации. Это отвечает задачам управляемости, устойчивости решений и воспроизводимости процедур в территориально распределенной организационной системе.

Синтез метрик управления. Результаты работы интеллектуальных и информационных модулей – глубоких нейросетей, ансамблей классификаторов, систем прогнозирования – представляются в виде технических метрик качества: точности классификации (*accuracy*), полноты (*recall*), прецизионности (*precision*), различных интегральных показателей (*F1-score*) и т. д. Эти метрики позволяют оценить корректность функционирования алгоритмов в терминах машинного обучения, но не обеспечивают прямого ответа на вопрос, в какой степени предложенные системой варианты действий приближают объект управления к достижению целевых показателей и удовлетворению стратегических и тактических приоритетов.

В работах Э.А. Трахтенгерца при рассмотрении оценки и выбора альтернатив в СППР подчеркивается необходимость многофакторного анализа, охватывающего не только технические, но и содержательные управлеченческие критерии – экономические, социальные, экологические, ресурсные. Эти критерии должны быть интегрированы в алгоритмы сравнения альтернатив, чтобы выбор решений имел прямую привязку к целям управления. Д.А. Новиков, рассматривая управляемость организационных систем,

акцентирует внимание на том, что измеримость степени достижения цели является обязательным условием для функционирования замкнутого управлеченческого цикла. По сути, он указывает на необходимость синтеза метрик результата управления, которые отражают именно управлеченческую эффективность, а не только техническое качество анализа данных.

В современных реализациях сохраняется разрыв: между слоем аналитики (техническая верификация корректности моделей) и слоем принятия решения (оценка достижения цели, выбор сценария) отсутствует формализованная трансляция. Это означает, что технические метрики остаются в отрыве от системы управлеченческих показателей (KPI, пространственная согласованность, устойчивость сценариев), а значит, не могут быть напрямую использованы для обоснования выбора воздействия.

Отсутствие этого промежуточного слоя снижает воспроизведимость (невозможность гарантировать получение аналогичного эффекта при повторении сценария), устойчивость (чувствительность решений к изменению исходных условий) и согласованность (пространственную и временную) управлеченческих решений. В условиях территориально распределенных систем, где каждое воздействие имеет пространственную локализацию и отложенный эффект, этот разрыв особенно критичен.

В современных пространственно-ориентированных СППР ключевым условием управлеченческой применимости аналитических результатов является их трансляция в форму, непосредственно пригодную для выбора и обоснования альтернатив. Выходы ИИ-модулей, интегрированных в ИАП, представляют собой массивы прогнозных значений, классификационных меток и сопровождающих их технических метрик (точность, полнота, чувствительность). Эти показатели имеют высокую значимость для оценки корректности работы алгоритмов, но сами по себе не отражают управлеченческий эффект и не могут служить критерием достижения целей региональной организационной системы. В этой связи возникает необходимость в методологическом определении набора управлеченческих метрик, которые обеспечат сцепление аналитического слоя ПСГ и оценки и выбора (ПСВ) решений.

В условиях территориально распределенных организационных систем управлеченческие метрики, используемые для сопряжения аналитических выводов ИАП с выбором и оценкой решений в ПСВ, должны отвечать трем ключевым группам требований:

1) *Соответствие целевым KPI.* Метрика должна напрямую отражать степень достижения целевых показателей, заданных на стратегическом уровне (экономические, социальные, экологические, ресурсные). Это обеспечивает замыкание управлеченческого цикла на измеримую результативность, что соответствует положениям Д.А. Новикова о необходимости количественной фиксации достижения цели как условия управляемости системы;

2) *Устойчивость сценариев.* Метрика должна оценивать чувствительность сценария к изменению исходных условий, включая колебания исходных данных, неполноту информации и воздействие внешних факторов. В рамках теории активных систем устойчивость решений является критерием их жизнеспособности и способности поддерживать управляемость системы в условиях возмущений;

3) *Пространственная сбалансированность эффекта.* Метрика должна фиксировать, что воздействие не приводит к избыточной концентрации положительного эффекта в отдельных зонах и не создает зон деградации в других. Это согласуется с принципом комплексного учета пространственных связей и ограничений, заложенным в иерархических моделях управления и подтвержденным в работах по системному территориальному планированию.

Эти группы требований согласуются с положениями теории активных систем о необходимости соотнесения результатов воздействия с целями, поддержания управляемости в условиях неопределенности и учета пространственной структуры объекта управления. Таким образом, формирование управлеченческих метрик в указанной логике позволяет замкнуть аналитический слой ИАП на управлеченческую практику, обеспечивая переход от технических характеристик моделей к показателям, непосредственно влияющим на выбор и обоснование решений. Это не только устраняет разрыв «аналитика – решение», но и интегрирует интеллектуальные модули в управлеченческий цикл на правах полноценных компонентов принятия решений.

Система управлеченческих метрик рассматривается как ключевой элемент ИАП пространственно-ориентированной СППР, обеспечивающий замыкание аналитического блока на управлеченческий контур территориально распределенной организационной системы. В условиях, когда результаты работы интеллектуальных модулей (глубоких нейросетей, ансамблей классификаторов, геоаналитических моделей) представлены преимущественно в виде технических показателей качества возникает необходимость их трансформации в форму, непосредственно отражающую степень достижения целей управления.

Для решения этой задачи в составе ИАП реализуется модуль метрической трансляции, который выполняет роль посредника между техническим уровнем оценки работы моделей и управлеченческим уровнем формирования и выбора сценариев. Его назначение в том, чтобы перевести технические метрики в набор управлеченческих индикаторов, релевантных целевым KPI, требованиям устойчивости сценариев, пространственной сбалансированности эффекта и нормативным ограничениям.

Функциональная структура модуля включает четыре основные группы операций:

1. Прием данных – получение от ИИ-модулей полного набора технических метрик и прогнозных пространственных данных по объектам и зонам управления.

2. Агрегирование и сопоставление – интеграция данных из различных источников (прогнозы, нормативы, стратегические документы) и их привязка к целевым показателям.

3. Расчет интегральных показателей – вычисление индексов устойчивости, пространственной сбалансированности, а также интегральных KPI с учетом приоритетов уровня управления.

4. Формирование выходного пакета – выдача стандартизированного набора метрик в унифицированном формате, пригодном для непосредственного использования в ПСГ (генерация сценариев) и ПСВ (оценка и выбор альтернатив).

Ввод в архитектуру ИАП модуля метрической трансляции закрывает разрыв между наличием технических территориальных характеристик и целесообразностью синтеза управлеченческих. Он преобразует разнотипные выходы интеллектуальных алгоритмов в унифицированный набор управлеченческих метрик, который может быть непосредственно использован в ПСГ (генерация сценариев) и ПСВ (оценка и выбор), обеспечивая совместимость аналитики с многоуровневой структурой управления и замыкание цикла «данные – интерпретация – оценка – решение».

Таким образом, модуль метрической трансляции обеспечивает сквозную связность между аналитическим слоем ИАП и управлеченческими функциями СППР, что позволяет не только повысить обоснованность принимаемых решений, но и реализовать многоуровневую структуру управления с согласованной работой стратегического, тактического и оперативного уровней.

В структуре ИАП разработана система управлеченческих метрик, обеспечивающая прямое сопряжение выходов ИИ-модулей с задачами выбора и обоснования альтернатив в ПСГ и ПСВ.

Она включает четыре взаимодополняющие группы: KPI-метрики – фиксируют степень достижения конкретных стратегических показателей, закрепленных в целевых программах; метрики устойчивости – выявляют сценарии, сохраняющие работоспособность при изменении исходных условий или неполноте данных; метрики пространственной сбалансированности – оценивают равномерность распределения результатов управленческого воздействия по территории и определяют зоны с избыточным или недостаточным изменением; метрики нормативного соответствия – проверяют сценарии на соответствие установленным правовым, техническим и отраслевым требованиям. Дадим определения группам.

1) *KPI-метрики* – количественные показатели, характеризующие степень достижения стратегических целей управления в рамках заданных целевых значений. Формируются на основе агрегированных прогнозов и нормативных документов, позволяют оценить, насколько сценарий соответствует стратегическим приоритетам.

2) *Метрики устойчивости* отражают способность сценария сохранять эффективность при изменении исходных условий, неполноте или задержке данных. Оценивают чувствительность целевых показателей к вариациям входных параметров и позволяют отбраковывать управленчески нестабильные сценарии.

3) *Метрики пространственной сбалансированности* описывают равномерность распределения эффекта управленческого воздействия по территории и предотвращающие возникновение зон деградации или перенапряжения инфраструктуры. Ориентированы на сохранение территориальной согласованности и гармоничного развития.

4) *Метрики нормативного соответствия* определяют, насколько сценарий удовлетворяет законодательным, техническим и отраслевым регламентам. Исключают сценарии, нарушающие правовые или технологические ограничения, и обеспечивают правовую устойчивость решений.

Совместное применение этих групп позволяет замкнуть аналитический слой ИАП на управленческий контур, обеспечив выполнение требований управляемости, устойчивости и пространственной согласованности (Таблица 2).

Таблица 2 – Состав управленческих метрик и их характеристики

Table 2 – Composition of management metrics and their characteristics

Группа метрик	Назначение	Источник данных	Метод расчета	Формат выхода
KPI-метрики	Фиксация степени достижения стратегических показателей, закреплённых в целевых программах	Агрегированные прогнозы ИАП, нормативно-справочные базы, стратегические документы	Сравнение фактических/прогнозных значений с целевыми; расчет процента выполнения, отклонений и интегральных индексов; выделение приоритетных зон	Таблица и карта KPI, индекс достижения целей, цветовая шкала для геопортала
Метрики устойчивости	Оценка стабильности сценариев при изменении исходных условий или неполноте данных	Выходы ансамблей моделей, сценарные прогнозы, данные о вариативности параметров	Повторное моделирование с варьированием входных данных; расчет диапазона колебаний показателей; отбор сценариев с допустимыми колебаниями	Коэффициент устойчивости, карта зон стабильности/ нестабильности

Таблица 2 (продолжение)
Table 2 (continued)

Метрики пространственной сбалансированности	Оценка равномерности распределения результатов управленческого воздействия по территории и выявление зон с избыточным или недостаточным изменением	Пространственные прогнозы ИАП, ГИС-слои, карты рисков	Подсчет доли достигнутых результатов в каждой зоне, сравнение с нормативами и целями, при необходимости – расчет ландшафтных метрик (пятнистость, связанность)	Карта распределения результатов по зонам, коэффициент сбалансированности, отчет с выделением зон избыточного/ недостаточного воздействия
Метрики нормативного соответствия	Проверка сценариев на соответствие правовым, техническим и отраслевым требованиям	Ведомственные базы нормативов, регламенты, стандарты	Сверка параметров сценария с установленными ограничениями, ГИС-проверка наложения на запрещенные или ограниченные зоны	Бинарная оценка «допустимо/ недопустимо», перечень нарушений, карта ограничений

Представленная структура метрик позволяет замкнуть результаты интеллектуального анализа в ИАП на управленческий контур СППР, исключая разрыв между техническими показателями ИИ и целевыми управленческими критериями. Каждая группа выполняет уникальную функцию: КПИ-метрики связывают сценарии с целями стратегического уровня, метрики устойчивости обеспечивают отбор решений, сохраняющих работоспособность при изменении условий, метрики пространственной сбалансированности контролируют территориальное распределение результатов воздействия, а метрики нормативного соответствия исключают управленчески и юридически недопустимые варианты. Такое сочетание обеспечивает воспроизводимость, устойчивость и правовую корректность принимаемых решений, что критично для управления территориально распределенными организационными системами.

Модуль метрической трансляции, встроенный в ИАП, обеспечивает прямое сопряжение результатов интеллектуального анализа с процедурами формирования и обоснования управленческих решений на всех уровнях управления. На стратегическом уровне он формирует агрегированные КПИ и интегральные показатели для оценки достижения долгосрочных целей. На тактическом уровне передает в ПСГ структурированные параметры для генерации и планирования сценариев, включая прогнозы, пространственные ограничения и нормативы. На оперативном уровне обеспечивает ПСВ готовыми показателями для выбора и корректировки сценариев в режиме, близком к реальному времени. Интеграция системы управленческих метрик с модулем метрической трансляции устраняет разрыв «аналитика – решение», создавая единую методологическую и информационную основу для согласованной работы всех уровней управления. Это позволяет замкнуть управленческий контур от интеллектуальной интерпретации до достижения целевых показателей, обеспечивая устойчивость, воспроизводимость и нормативную корректность решений в условиях информационной неопределенности. Результаты расчета управленческих метрик передаются из модуля метрической трансляции в геопортал, который выполняет

функции визуализации, интерактивного анализа и фиксации решений. Для каждого уровня управления формируется свой набор представлений:

– *Стратегический уровень* – агрегированные КПИ и интегральные индексы отображаются в виде сводных дашбордов и карт-схем с выделением зон достижения/недостижения целей.

– *Тактический уровень* – тематические карты сценарной устойчивости, пространственной сбалансированности и нормативных ограничений, позволяющие планировать сценарии с учетом территориальной специфики.

– *Оперативный уровень* – карты и таблицы текущих показателей, триггеров обратной связи и допустимости конкретных действий.

Геопортал поддерживает двусторонний обмен данными: после реализации управляющего воздействия и поступления новых данных мониторинга метрики автоматически пересчитываются в ИАП, что обеспечивает замкнутый цикл обратной связи. Такой механизм позволяет не только фиксировать факт выполнения сценария, но и оценивать фактическое отклонение от ожидаемого эффекта, инициируя корректировку тактических и стратегических планов.

Рассмотрим сценарий в области агропромышленного комплекса для управления рисками деградации почв в территориально распределенной системе хозяйств.

1) *Сбор и агрегация данных*: ИАП получает данные дистанционного зондирования Земли (многоспектральные снимки, радарные изображения), результаты наземного мониторинга (влажность почвы, плотность посевов), ведомственные базы по допустимым нагрузкам и нормативам.

2) *Интеллектуальный анализ*: Встроенные в репозиторий модели и ансамбли классификаторов проводят тематическую классификацию территории, выделяя участки с признаками деградации почвы и прогнозируя динамику этих изменений на 6–12 месяцев вперед. Результаты анализа сопровождаются стандартными ИИ-показателями – *accuracy, precision, recall, F1-score*, а также оценками доверительных интервалов прогнозов.

3) *Метрическая трансляция*: Технические показатели преобразуются в управляемые метрики: КПИ – доля земель, сохраненных в допустимом состоянии, и прогноз выполнения целевых показателей по каждому району; устойчивость – коэффициент стабильности прогноза при варьировании погодных условий; пространственная сбалансированность – равномерность распределения восстановительных мероприятий; нормативное соответствие – проверка зон обработки на предмет пересечения с охранными территориями и санитарными зонами.

4) *Оценка и выбор сценариев*: ПСГ, как тонкий клиент, получает набор сценариев (например, перераспределение поливных мощностей, изменение структуры посевов), основанных на этих метриках, и формирует альтернативы; ПСВ сравнивает альтернативы по комплексным управляемым метрикам, ранжирует их и выбирает наиболее сбалансированный и устойчивый вариант.

5) *Реализация и обратная связь*: Выбранное решение визуализируется в геопортале, где ЛПР видит его пространственное представление и фиксирует выполнение. После проведения мероприятий обновленные данные мониторинга поступают в ИАП, метрики пересчитываются, а сценарий проходит повторную оценку.

Тестовый сценарий показывает, что система управляемых метрик и модуль метрической трансляции позволяют выстроить замкнутый и согласованный управляемый контур – от сбора пространственных данных и работы ИИ-моделей до выбора и оценки управляемых решений. Все этапы связаны через ИАП, а ПСГ и ПСВ, функционируя как тонкие клиенты, получают уже структурированные и проверенные

показатели. Такой подход обеспечивает достижение целевых КПИ, поддерживает устойчивость решений к изменению условий, контролирует пространственное распределение результатов воздействия и гарантирует нормативную корректность решений, что особенно важно для управления территориально распределенными системами в условиях неопределенности.

Обсуждение

Интеграция информационных и интеллектуальных компонентов в ИАП системы поддержки принятия решений обеспечивает сквозную обработку данных – от их получения и интерпретации до формирования показателей, пригодных для управленческого выбора. Ключевым принципом является размещение ИИ-модулей в функциональных подсистемах, которые непосредственно влияют на понимание и оценку ситуации, что позволяет связать результаты анализа с процедурами генерации и отбора управленческих альтернатив.

Связующим компонентом ИАП СППР выступает репозиторий нейросетевых моделей, спроектированный как система хранения, подбора и адаптации интеллектуальных алгоритмов под задачи анализа пространственных данных и поддержки управленческих решений.

В архитектуре, представленной в [10], репозиторий реализует следующие функциональные положения:

– *Онтологическая систематизация моделей*: каждая модель характеризуется архитектурой, топологией (связная, ветвящаяся, цепочечная), применимостью к классу задач (например, классификация рисков, пространственный прогноз), типами входных данных (растр, вектор, тензор), функцией потерь, стратегией обучения и набором метрик качества (точность, устойчивость, воспроизводимость).

– *Формализация в виде метаязыка*: модели хранятся в репозитории с использованием формализованной схемы, позволяющей их конвертацию в форматы популярных фреймворков машинного обучения (TensorFlow, PyTorch, MXNet) и облегченное внедрение в аналитические модули.

– *Интерфейс выбора и настройки*: для каждого управленческого сценария предусмотрен механизм поиска и адаптации моделей – как по критериям применимости, так и по характеристикам среды. Визуальные интерфейсы позволяют ЛПР или системному интегратору выбирать подходящие архитектуры, модифицировать параметры и просматривать структуру модели в виде графа.

– *Механизм повторного использования и адаптации*: репозиторий включает предварительно обученные модели (сверточные, рекуррентные и гибридные), которые могут использоваться напрямую или адаптироваться к текущим данным и задачам без полного переобучения. Это особенно важно для СППР, функционирующей в условиях быстро меняющейся среды и ограниченного времени на разработку.

– *Компонент ускорения принятия решений*: репозиторий реализует функцию «ускорителя принятия решений», позволяя автоматически подбирать модель под управленческий контекст, в зависимости от наблюдаемости, структуры данных и типа управленческого воздействия. Это снижает зависимость от разработчиков и повышает устойчивость СППР к появлению новых классов ситуаций.

Таким образом, репозиторий моделей анализа пространственных данных функционирует как инфраструктурный элемент ИАП, обеспечивающий воспроизводимость аналитических процедур, масштабируемость архитектуры и адаптивность к новым задачам. В отличие от статических библиотек, он реализован как динамическая экспертная система, формирующая базу интеллектуальных инструментов

под реальные условия регионального управления. Репозиторий моделей вводится как инфраструктурный элемент, обеспечивающий адаптацию СППР к изменяющимся условиям. Он напрямую связан с устойчивостью принимаемых решений, поскольку позволяет быстро подбирать или перенастраивать аналитические модули под новую ситуацию. Это соответствует ключевым требованиям к системам управления – управляемости, воспроизводимости и устойчивости.

Так, в репозиторий анализа пространственных данных включена модель GeoSystemNet, которая решает задачу интерпретации геосистем в ИАП и представляет собой глубокую сверточную нейросеть, обученную на многоканальных и разномасштабных данных ДЗЗ. Ее задачей является извлечение управленчески значимых признаков – признаков уязвимости, деградации ландшафтов, типов территорий и рисковой экспозиции. Эта информация используется для формирования пространственной структуры объектов управления и нормирования допустимых воздействий на каждом участке. Функционально модель размещается в ИАП и выполняет интерпретацию среды на основе внешних и внутренних наблюдений. Она формирует вход для последующих этапов генерации и оценки решений, обеспечивая непрерывность управленческого восприятия распределенной среды. Ансамбли неглубоких нейронных сетей применяются для повышения точности и устойчивости интерпретации в условиях неполных или слабо размеченных данных, каждая из которых обучена на разных аспектах территориальной информации. Ансамблевый механизм обеспечивает взвешенное голосование между моделями и снижает переобучение. Основная задача – классификация участков по признакам управляемости, допустимости воздействия и устойчивости к выбранным сценариям.

Таким образом, ИАП функционируют за счет нейросетевых компонентов, выполняющих не вспомогательные, а ключевые функции интерпретации, фильтрации и выбора. GeoSystemNet формирует управленчески значимую пространственную картину среды, ансамбли обеспечивают устойчивость классификации и допустимость сценариев, а репозиторий моделей поддерживает воспроизводимость, адаптацию и масштабируемость аналитических процедур. Совместно эти элементы формируют интеллектуальную основу ИАП, обеспечивая управленческую непрерывность в условиях динамично меняющейся и пространственно-неоднородной среды. Геопортальные технологии в рамках СППР трактуются не как инструмент визуализации, а как функциональный интерфейс управления в распределенной среде. Как показано в ряде работ, геопортальные решения могут выступать каналом сопряжения между пространственными данными, модулями ИИ-интерпретации, и сценариями воздействия. Геопортал встраивается в информационно-аналитическую подсистему СППР как интерфейсный и координирующий компонент, обеспечивающий сопряжение пространственных данных, результатов интеллектуального анализа и действий ЛПР. Согласно архитектурной схеме (Рисунок 1), геопортальная система включает в себя подсистемы визуализации цифровой карты, администрирования, управления внешними агентами интернета вещей, а также мультимодельное хранилище данных и программные интерфейсы API для внешнего взаимодействия.

Конкретные функции геопортала в составе ИАП включают:

– *Предоставление визуального интерфейса для ЛПР к пространственно-ассоциированным результатам анализа и прогноза. Цифровая карта, отображаемая через подсистему визуализации, служит основой для восприятия текущей обстановки, рисков и допустимых сценариев в территориально распределенной системе.*

– *Интерактивное управление объектами и действиями на основе автоматического и автоматизированного вызова управляющих команд к*

исполнительным модулям через графические интерфейсы, включая запуск сценариев воздействия, настройку зон наблюдения, активацию процедур реагирования и фиксацию принятых решений.

– *Отображение обратной связи* в виде пространственной визуализации результатов реализованных воздействий: измененных параметров среды, статусов исполнительных устройств и обновленных показателей. Эти данные обрабатываются в системе и вновь включаются в анализ, обеспечивая завершенность управляемого цикла – от интерпретации до оценки эффекта.

– *Интеграция с интеллектуальными компонентами*. Геопортал обеспечивает доступ ЛПР к результатам пространственной интерпретации и прогнозирования, взаимодействуя с репозиториями моделей и модулями интеллектуальной обработки данных. Он функционирует как интерфейсная прослойка между ИИ-компонентами и управляемыми задачами, позволяя использовать аналитические выводы непосредственно в процессе выбора альтернатив и оценки решений.

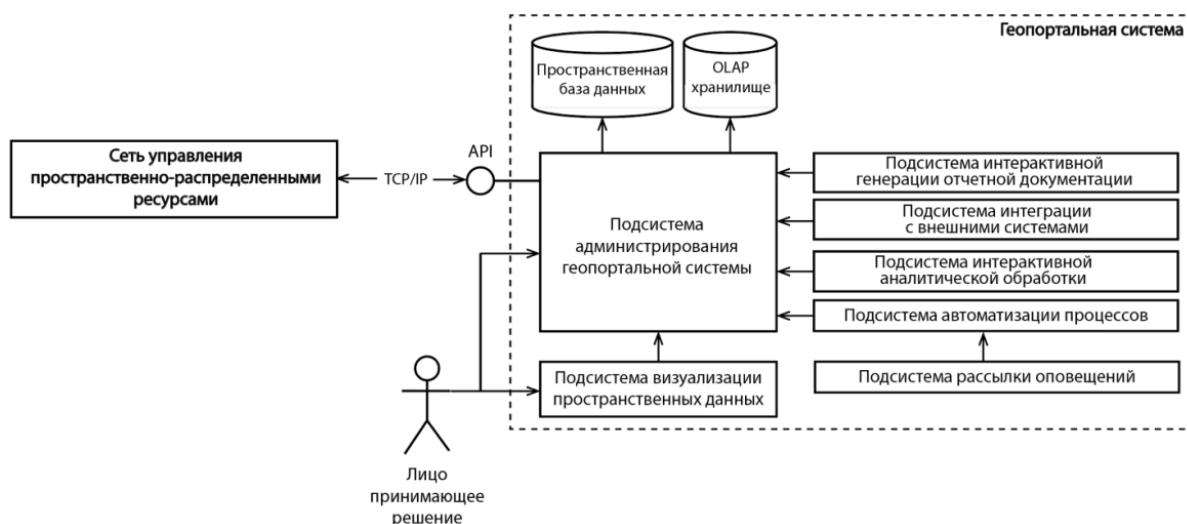


Рисунок 1 – Архитектурная организация геопортальной системы

Figure 1 – Architectural organization of the geoportal system

Таким образом, геопортал выступает не столько техническим средством визуализации пространственных данных, сколько функциональным звеном взаимодействия между ЛПР, интеллектуальными компонентами и управляемой системой. В условиях территориально распределенной организационной структуры он обеспечивает связанное прохождение всех фаз управления – от получения и интерпретации данных до выбора и оценки воздействия – в рамках единого управляемого процесса. Его включение в ИАП придает каждой фазе смысловую управляемую направленность и обеспечивает возможность обратной связи. Важнейшая функция геопортала как компонента ИАП заключается в обеспечении управляемого взаимодействия между ЛПР, моделями интерпретации и пространственными ограничениями среды. В трактовке Э.А. Трахтенберга, визуализация сценариев не сводится к картографическому отображению, а выступает механизмом представления управляемой ситуации в форме, позволяющей анализ и выбор действий. Это соответствует требованию представлять не только состояние, но и последствия возможных решений, включая их пространственные различия, допуски и допустимые конфигурации.

В исследованиях С.А. Ямашкина [9, 10] геопортал представлен как точка связи цифровой картографической визуализации, моделей анализа пространственных данных и управляющего субъекта, где визуализация не является самоцелью, а реализует «представление итоговых сценариев, мониторинговых данных, границ участков и карт территориальных управлеченческих метрик. При этом особое внимание уделяется сценарным слоям и микросервисной визуализации, выступающим интерфейсом обратной связи и контроля исполнения. Это сближает геопортал с понятием системы диспетчеризации, где осуществляется фиксация, выбор, подтверждение и контроль управлеченческих воздействий.

Важно подчеркнуть, что ГИС в этом контексте не является просто средством визуализации. Как отмечает В.П. Кулагин [7], геоинформационные системы – это фреймворк пространственных ограничений и правил, где визуальный слой лишь отображает результаты пространственного вывода. При интеграции с СППР это дает возможность формулировать сценарии с привязкой к допустимым зонам воздействия, топологическим ограничениям и нормативам управления. Таким образом, геопортал выполняет двойную функцию: как интерфейс представления альтернатив и эффектов управления, и как инструмент сценарной диспетчеризации. Роль геопортала в составе ИАП состоит в том, чтобы обеспечивать представление результатов пространственного анализа в форме, доступной для сравнения альтернатив и выбора управлеченческого воздействия, с учетом территориальных ограничений и сценарных различий. Это позволяет ЛПР не только воспринимать состояние среды, но и сопоставлять последствия решений по заданным пространственным критериям. Такой подход соответствует принципу, зафиксированному у Э.А. Трахтенгерца, о необходимости включения пространственного компонента на каждом этапе СППР – от анализа до визуализации сценариев. Геопортал, в этом контексте, выступает интерфейсом, связывающим результат ИИ-интерпретации с процедурой выбора, фиксации и контроля реализации решения.

Заключение

Настоящее исследование было направлено на формирование подхода к включению пространственно-ориентированных интеллектуальных модулей в СППР, функционирующую в составе территориально распределенной организационной системы.

При решении методологической задачи исследования сформулирован и обоснован перечень обязательных функций ИАП СППР, обеспечивающей сопряжение пространственной интерпретации состояния среды с выбором и оценкой управляющих воздействий. Проведено сопоставление с архитектурой СППР по Э.А. Трахтенгерцу, показавшее, что данные функции в классической схеме распределены между ПСА, ПСГ и ПСВ и не объединены в централизованный модуль, что приводит к разрыву между интерпретацией, выбором и оценкой. Введение ИАП как надстройки над ПСА при сохранении функциональной таксономии СППР обеспечивает концентрацию интеллектуальной обработки и унификацию метрик, что согласуется с принципами управляемости и устойчивости и расширяет требования Трахтенгерца в части интеграции ГИС и аналитических модулей. Обоснована необходимость интеграции в ИАП современных ИИ-компонентов (репозиторий моделей, GeoSystemNet, ансамбли классификаторов) и геопортальных технологий как средств замыкания полного управлеченческого цикла в территориально распределенной организационной системе.

В рамках решения архитектурной задачи построена функциональная архитектура включения интеллектуальных модулей в СППР, в которой все ИИ-

компоненты (нейросетевые модели, ансамбли классификаторов, метаклассификатор) объединены в составе репозитория моделей, размещенного в ИАП. Реализована концепция «тонких клиентов» для ПСГ и ПСВ, в рамках которой тяжелая аналитика и вычислительные операции (интерпретация, прогнозирование, сопоставление с метриками) выполняются в ИАП, а ПСГ и ПСВ работают с уже подготовленными результатами – формируют допустимые альтернативы и выполняют ранжирование без повторного моделирования. В архитектуре зафиксированы каналы передачи данных между подсистемами, входные и выходные точки для ИАП, а также потоки обратной связи, замыкающие управляемый цикл. Показано, что централизация ИИ-модулей в ИАП обеспечивает согласованность данных и унификацию метрик на всех этапах цикла, устраниет дублирование функций и повышает адаптивность системы при изменении исходных условий. Отмечено, что при всей зависимости ПСГ и ПСВ от производительности ИАП, получаемые преимущества (стандартизация процедур, контроль качества аналитики и возможность интеграции современных технологий) существенно перевешивают потенциальные риски внедрения.

По аналитической задаче выполнен анализ требований к системе управляемых метрик, призванной замкнуть результаты ИИ-интерпретации на управляемую оценку, включающую достижение целевых показателей, устойчивость сценариев и пространственную согласованность эффекта. Определен перечень целевых параметров, которые должны измеряться в управляемом контуре: достижение установленных КПИ (количественных и качественных); устойчивость сценариев к изменению входных условий (вариационная устойчивость); пространственная сбалансированность воздействия (отсутствие концентрации эффекта только в отдельных зонах при игнорировании других); соответствие воздействия нормативным ограничениям и регламентам. Показано, что технические показатели качества ИИ-моделей (точность, полнота, чувствительность) не могут напрямую служить управляемыми метриками, и требуется слой преобразования, который транслирует аналитические выходы в параметры управляемости. Разработан концепт модуля «метрической трансляции» в составе ИАП, который сопоставляет выходы моделей (GeoSystemNet, ансамбли) с набором КПИ и пространственных критериев, формируя для ПСВ готовые оценки по каждой альтернативе. Проведена предварительная интеграция этих метрик в геопортальный интерфейс для визуальной проверки управляемой применимости сценариев.

Прикладная задача решена за счет разработки фрагмента ИАП СППР, ориентированного на задачи управления территориально распределенными организационными системами, в котором обеспечена функциональная связность между тремя ключевыми этапами управляемого цикла: интерпретацией данных, выбором управляющего воздействия и оценкой результата. В рамках ИАП СППР реализованы репозиторий нейросетевых моделей (GeoSystemNet, ансамбли классификаторов), OLAP-модуль и геопортальный интерфейс для ЛПР. Верификация связности реализована на тестовом сценарии, включающем последовательность операций: интерпретация состояния территории по данным ДЗЗ и мониторинга (GeoSystemNet); генерация альтернатив с учетом пространственных ограничений и КПИ (ПСГ как «тонкий клиент»); фильтрация и ранжирование альтернатив по управляемым метрикам (ПСВ как «тонкий клиент»); визуализация выбранного сценария и запуск воздействия через геопортальный интерфейс; повторный анализ состояния для обратной связи и корректировки стратегии. Подтверждено, что такая интеграция обеспечивает замкнутость цикла в одной системе, устраниет разрывы между аналитикой и управлением, а также позволяет оперативно адаптировать алгоритмы под изменение внешних условий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Научная книга; 2021. 191 с.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. Москва: Синтег; 1999. 128 с.
3. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами*. Москва: ЛЕНАНД; 2022. 500 с.
4. Трахтенгерц Э.А., Степин Ю.П., Андреев А.Ф. *Компьютерные методы поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности*. Москва: Синтег; 2005. 592 с.
5. Дранко О.И., Новиков Д.А., Райков А.Н., Чернов И.В. *Управление развитием региона: моделирование возможностей*. Москва: ЛЕНАНД; 2023. 432 с.
6. Sadovnikova N., Parygin D., Kravets A., Kizim A., Ukustov S., Gnedkova E. Scenario Forecasting of Sustainable Urban Development Based on Cognitive Model. In: *ICT, Society and Human Beings 2013: Proceedings of the IADIS International Conference, 24–26 July 2013, Prague, Czech Republic*. IADIS Press; 2013. P. 115–119.
7. Кулагин В.П. Качественные рассуждения на геоданных. *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*. 2018;(6):77–83. Kulagin V.P. Qualitative Reasoning on Geodata. *ITNOU: Informatsionnye tekhnologii v naуke, obrazovanii i upravlenii*. 2018;(6):77–83. (In Russ.).
8. Сочава В.Б. *Введение в учение о геосистемах*. Новосибирск: Наука; 1978. 320 с.
9. Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Zanozin V.V., Radovanovic M.M., Barmin A.N. Improving the Efficiency of Deep Learning Methods in Remote Sensing Data Analysis: Geosystem Approach. *IEEE Access*. 2020;8:179516–179529. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3028030>
10. Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Yamashkina E.O., Kamaeva A.A. Matters of Neural Network Repository Designing for Analyzing and Predicting of Spatial Processes. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2021;12(5):17–22. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120503>
11. Бершадский А.М., Бождай А.С. *Концепция мониторинга комплексной инфраструктуры территории*. Пенза: Издательство ПГУ; 2010. 241 с.
12. Кравец А.Г., Мильчук Я.Г., Мильчук А.С. Геоинформационный подход к управлению развитием территории на основе анализа данных социальных сетей. *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2017;(3):69–79. Kravets A.G., Milchuk Ya.G., Milchuk A.S. Geoinformation Approach to the Management of the Territory Development, Based on the Social Networks Data Analysis. *Prikaspiiskii zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii*. 2017;(3):69–79. (In Russ.).
13. Вакуленко Д.В., Кравец А.Г. Реинжиниринг бизнес-процессов агропромышленных предприятий в условиях сквозной цифровой трансформации. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика*. 2021;(3):115–125. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2021-3-115-125>
Vakulenko D.V., Kravets A.G. Reengineering of Business Processes of Agroindustrial Enterprises in Conditions of Through Digital Transformation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2021;(3):115–125. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2021-3-115-125>
14. Трахтенгерц Э.А. *Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений. Т. 2: Реализация решений*. Москва: Синтег; 2009. 217 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ямашкин Станислав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Республика Мордовия, Российской Федерации.

Stanislav A. Yamashkin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor, National Research Mordovia State University, Saransk Republic of Mordovia, the Russian Federation.

e-mail: yamashkinsa@mail.ru

ORCID: [0000-0002-7574-0981](https://orcid.org/0000-0002-7574-0981)

*Статья поступила в редакцию 15.10.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 09.12.2025.*

*The article was submitted 15.10.2025; approved after reviewing 02.12.2025;
accepted for publication 09.12.2025.*