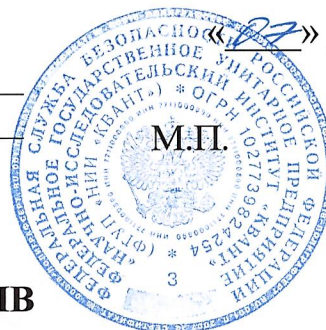


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ «КВАНТ»4-й Лихачевский пер., д.15, Москва, 125438
тел.: (499)154-80-21, факс: (499)154-14-18
www.rdi-kvant.ru, e-mail: info@rdi-kvant.ru
ОКПО 11496748, ОГРН 1027739824254
ИНН 7711000890, КПП 774301001

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ФГУП «НИИ «Квант»
Ю.В. Иванов07.07.26 № 341/26
На № _____ от _____«07» июля 2026г.**ОТЗЫВ**

**ведущей организации – Федерального государственного унитарного
предприятия «Научно-исследовательский институт «Квант» – на
диссертационную работу ПЕТРОВА Ярослава Андреевича на тему
«Методология адаптивно-интегрированного тактического
прогнозирования обстановки в задачах пространственно-временного
анализа», представляемую на соискание учёной степени доктора
технических наук по специальности 1.6.20 –
«Геоинформатика, картография»**

Диссертационная работа Петрова Я. А. посвящена развитию методологического и архитектурного аппарата геоинформатики в части пространственно-временного анализа, прогнозирования и поддержки принятия решений в распределённых геоинформационных системах ситуационных центров межведомственного назначения. Работа направлена на разрешение методологического разрыва между задачами оценки текущей обстановки, для которых геоинформатика располагает развитым аппаратом, и задачами адаптивного прогнозирования с прослеживаемой верификацией, для которых существующего аппарата недостаточно.

Объектом исследования являются распределённые геоинформационные системы ситуационных центров межведомственного назначения, решающие задачи пространственно-временного анализа динамической обстановки в условиях множественных источников геопространственных данных. Предмет исследования составляют методы, модели и архитектурные решения адаптивно-интегрированного формирования геоинформационной модели обстановки в распределённой среде с замкнутым контуром «наблюдение – интеграция – прогнозирование – верификация – адаптация».

В работе решены шесть взаимосвязанных научно-технических задач: проведён анализ существующих подходов к геоинформационному обеспечению пространственно-временного анализа и выявлены методологические разрывы; разработаны методологические основания геоинформационного метода адаптивно-интегрированного тактического прогнозирования обстановки (метод АИМТПО); предложены архитектурные решения распределённой геоинформационной системы, реализующей метод; разработана методика многофакторной оценки эффективности метода; проведена экспериментальная верификация архитектурных решений и работоспособности замкнутого контура на имитационной среде; результаты обобщены в методологию с формулированием её принципов и переориентаций геоинформатики.

1. Актуальность темы исследования

Распределённые геоинформационные системы и ситуационные центры обслуживают сегодня широкий круг задач – наблюдение за территорией, реагирование на чрезвычайные ситуации, контроль транспортных и хозяйственных процессов, поддержку принятия решений. Число источников геопространственных данных растёт, среди них – мобильные сенсорные платформы (беспилотные авиационные системы, наземные роботизированные носители, морские автономные аппараты) и ведомственные системы с несовпадающими форматами, точностными характеристиками, шкалами

времени и классификаторами объектов. Динамика наблюдаемых процессов сокращает интервал, в течение которого сформированная картина обстановки сохраняет актуальность для принятия решений.

Сокращение интервала актуальности смещает требования к геоинформационному обеспечению: от поддержания актуального снимка обстановки – к непрерывному её ведению с упреждающей оценкой развития. Действующий аппарат геоинформатики такому смещению отвечает лишь частично. Модели пространственно-временных данных строятся вокруг зафиксированных – прошлых и текущих – состояний, и прогнозируемому состоянию в их онтологии места не отведено, а характеристика неопределённости остаётся свойством набора, а не отдельного объекта. Прогнозирование выполняется обособленными, внешними по отношению к ядру ГИС средствами: их результаты пригодны для отображения, но в ядро для верификации и коррекции модели не возвращаются. Прослеживаемость же ограничена метаданными набора, из-за чего отклонение прогноза от факта не удаётся отнести к конкретному источнику или преобразованию.

С точки зрения задач, решаемых институтом, наиболее значим архитектурный аспект актуальности. Технологические компоненты для построения замкнутого пространственно-временного контура – бортовые вычислители, периферийные узлы, облачные сервисы, стандартизованные интерфейсы консорциума OGC – уже существуют, однако концептуальной и архитектурной основы, объединяющей их в систему с обеспеченной обратной связью, сквозной прослеживаемостью и адаптивным распределением функций, в действующей методологии нет. Потребность в такой основе – одновременно концептуальной и архитектурной – и определяет актуальность представленной работы. Сомнений она не вызывает.

2. Структура диссертации и её соответствие установленным требованиям

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Работа изложена на 359 страницах, включает 27 рисунков и 53 таблицы; список источников содержит 214 наименований. Структура работы логична и подчинена цели: в Главе 1 проведён анализ и выявлены ограничения существующих подходов; в Главе 2 сформировано методологическое ядро метода АИМТПО; в Главе 3 разработана распределённая геоинформационная архитектура ситуационного центра; в Главе 4 предложена методика многофакторной оценки эффективности и выполнена экспериментальная верификация; обобщение в методологию вынесено в Заключение.

Структура и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Содержание работы соответствует профилю специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография» по семи пунктам паспорта – 1, 2, 6, 7, 11, 16, 19.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, отражает основные результаты, выводы и положения, выносимые на защиту, достаточно иллюстрирован формульным и табличным материалом и даёт полное представление о проведённом исследовании.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в полном объёме. По теме работы опубликовано 105 научных работ, в том числе 17 статей в изданиях перечня ВАК и 42 публикации в изданиях, индексируемых международными базами Scopus и Web of Science; получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных, изданы две монографии. Количество и уровень публикаций отвечают требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

Диссертационная работа характеризует её автора как сложившегося специалиста, владеющего методологией научного исследования, способного

самостоятельно ставить и решать крупные научные задачи и доводить теоретические результаты до архитектурных и экспериментально проверяемых решений.

3. Положения, выносимые на защиту

На защиту вынесены пять положений.

Положение 1. Геоинформационный метод адаптивно-интегрированного тактического прогнозирования обстановки (метод АИМТПО), реализующий замкнутый пространственно-временной контур «наблюдение – интеграция – прогнозирование – верификация – адаптация».

Положение 2. Геоинформационная модель обстановки, включающая прогнозные состояния как равноправный элемент онтологии и эпистемологическую маркировку знания на основе шестикатегорийной таксономии достоверности и темпоральной модели актуальности.

Положение 3. Архитектура распределённой геоинформационной системы ситуационного центра межведомственного назначения, реализующая метод АИМТПО на архитектурном уровне.

Положение 4. Методика многофакторной оценки эффективности метода АИМТПО в задачах пространственно-временного анализа.

Положение 5 (обобщающее). Методология адаптивно-интегрированного тактического прогнозирования обстановки в задачах пространственно-временного анализа, объединяющая метод АИМТПО, геоинформационную модель обстановки, распределённую геоинформационную архитектуру и методику многофакторной оценки эффективности в замкнутый пространственно-временной контур «наблюдение – интеграция – прогнозирование – верификация – адаптация».

4. Новизна полученных научных результатов

Научная новизна полученных результатов подтверждается содержанием работы и состоит в следующем.

Впервые предложен геоинформационный метод АИМТПО, дающий замкнутому пространственно-временному контуру эксплицитную формальную развёртку всех преобразований. От известных геоинформационных методов он отличается целостностью контура, тем, что прогнозные состояния входят в модель на правах полноправных элементов с эпистемологической маркировкой, и тем, что адаптация остаётся прослеживаемой в пределах единого операционального контура.

Впервые разработана геоинформационная модель динамической обстановки с шестикатегорийной таксономией достоверности (достоверные, вероятные, сомнительные, противоречивые, маловероятные, ложные сведения), экспоненциальной моделью темпоральной актуальности с класс-зависимым коэффициентом затухания и операторской шкалой полноты данных; неопределённость в ней отнесена к каждому элементу модели по отдельности, а не к набору данных как целому.

Существенную новизну архитектурного уровня составляет распределённая четырёхуровневая архитектура геоинформационной системы ситуационного центра с двойным количественным обоснованием иерархии — по вычислительной нагрузке и пропускной способности канала связи; с адаптерным принципом нормализации источников; с двухэкземплярным развёртыванием эталонной геоинформационной базы и автономным функционированием бортового контура при потере связи; с посреднической схемой межведомственного обмена через интегрированную сетевую систему геопространственных ресурсов (ИССГР) по стандартам OGC и формату GeoJSON, снижающей число поддерживаемых интерфейсов с $N \times M$ до $N + M$; со сквозной прослеживаемостью операций согласования через распределённую обработку.

Впервые разработана методика многофакторной оценки эффективности метода АИМТПО с трёхуровневой иерархией метрик «компонентный — системный — интегральный», в которой весовые коэффициенты обоснованы сочетанием трёх независимых методов — анализа иерархий (АИР), swing

weighting и анализа чувствительности по индексам Соболя – с комбинированной свёрткой, которая удерживает одновременно средний уровень компонентов и уровень наиболее слабого из них. Эффект метода в ней устанавливается в сопоставлении с базовыми подходами при последовательном исключении его компонентов.

Новым является и сквозной формальный аппарат метода, объединяющий его компоненты в единой операциональной логике: критерий устойчивости адаптивного процесса через рекуррентное накопление достоверности, аппарат байесовской интеграции с информационным фильтром и ковариационным пересечением при неизвестной корреляции, динамическую калибровку надёжности источников и формальные критерии конфликтов между наблюдениями. Согласованность этих компонентов в замкнутом контуре – критерии конфликтов используют те же ковариационные структуры, что и процедуры слияния, – отличает аппарат от известных формальных подходов к геоинформационной интеграции.

5. Значимость полученных результатов для науки и практики

Теоретическая значимость. Работа продвигает геоинформатику в сторону формализации замкнутого пространственно-временного контура с прослеживаемой адаптацией. Прогнозное состояние получает в модели обстановки статус полноправного онтологического элемента, а знание – эпистемологическую разметку по шестикатегорийной таксономии достоверности, что раздвигает рамки сложившихся пространственно-временных моделей. Разработанный аппарат интеграции и адаптации не замыкается на одной задаче: он переносится на анализ изменений, движения, событий и процессов, выявление пространственно-временных аномалий, прогноз закономерностей, сценарный разбор и верификацию модели. Введённая трёхуровневая иерархия метрик с интегральным показателем E закрывает пробел в количественном сопоставлении геоинформационных решений распределённой среды. Наконец, прослеживаемость получает

двойное прочтение – как методологическое условие адаптации и как архитектурное условие отнесения расхождений в распределённой обработке.

Практическая значимость. Полученные решения ориентированы на распределённые геоинформационные системы межведомственного назначения, где источниками служат мобильные сенсорные платформы, – на контуры мониторинга, реагирования, контроля территории и поддержки принятия решений. Опора на стандарты консорциума OGC и формат GeoJSON Feature Collection делает архитектуру встраиваемой в действующие инфраструктуры пространственных данных без их перестройки. Посредническая схема обмена сокращает поддерживаемые интерфейсы с $N \times M$ до $N + M$ и востребована там, где ведомственных потребителей много и они разнородны. Двухэкземплярная эталонная база с автономным бортовым контуром рассчитана на каналы с неустойчивой связностью. Адаптерная нормализация источников позволяет подключать действующие платформы, не вмешиваясь в их форматы и протоколы.

Работоспособность решений подтверждена экспериментальной проверкой на имитационной среде по компонентным показателям: слияние наблюдений двух источников вдвое снизило среднеквадратическую ошибку локализации; распределённая обработка уменьшила нагрузку на канал связи на порядок (с 28,5 до 2,1 Мбит/с от одной платформы) при сопоставимой точности распознавания; сквозная задержка замкнутого контура на сценарии межагентной кросс-верификации составила около 265 мс; цепочка происхождения данных восстанавливалась за 0,4 с. Наблюдаемые эффекты согласуются с формальными предсказаниями метода.

Практическая значимость подтверждена внедрением результатов: в ООО «НеоБИТ» и ЗАО «Институт телекоммуникаций» (распределённые геоинформационные решения и методическое обеспечение испытательной лаборатории), в Санкт-Петербургском филиале АО «Конструкторское бюро навигационных систем» (научно-исследовательская работа по развитию

системы ГЛОНАСС) и в ФГБОУ ВО «РГГМУ» (две научно-исследовательские работы и учебный процесс).

6. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Теоретические результаты опираются на проверенный аппарат – геоинформатику, теорию фильтрации, теорию информации, теорию адаптивного управления – и согласуются с установленными результатами в области пространственного оценивания и интеграции наблюдений. Дополнительную опору даёт формальная сторона: доказаны монотонная сходимостъ рекуррентного накопления достоверности при согласованных наблюдениях, его ограниченность сверху и оптимальность интеграции независимых источников при информационном взвешивании.

Экспериментальная часть – выполнена в повторяемых условиях средствами стандартного инструментария моделирования, и наблюдаемые эффекты сходятся с теоретическими предсказаниями метода. Границы обобщения автор оговаривает прямо: компонентная проверка проведена на среде с тремя платформами, тогда как полная верификация интегрального показателя на целевом сценарии вынесена в дальнейшую работу. Такая прямота с границами доверия к результатам только укрепляет.

На методологическом уровне достоверность поддержана привязкой решений к действующим стандартам – консорциума OGC, формату GeoJSON, системе координат WGS-84 и шкале времени UTC.

7. Личный вклад автора

Научные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. Автору принадлежат постановка проблемы геоинформационного обеспечения пространственно-временного анализа в распределённой среде, формулирование цели и задач, разработка методологии и реализующего её метода АИМТПО, построение геоинформационной модели обстановки с эпистемологической маркировкой знания, разработка распределённой

архитектуры ситуационного центра, создание методики многофакторной оценки эффективности и проведение экспериментальной верификации. Сквозной формальный аппарат метода разработан автором. В совместных публикациях автору принадлежит ведущая роль в получении основных результатов; результаты соавторов относятся к смежным прикладным задачам и на защиту не выносятся.

8. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные результаты целесообразно использовать:

- при проектировании, разработке и модернизации распределённых геоинформационных систем и ситуационных центров межведомственного назначения, в том числе в организациях, специализирующихся на системах и средствах обработки пространственно-временных данных и на геоинформационном обеспечении распределённых систем;
- при построении контуров обработки данных от мобильных сенсорных платформ – методология формирования модели обстановки с прогнозными состояниями и эпистемологической маркировкой знания применима как основа бортового и наземного контуров;
- при сравнении и приоритизации архитектурных решений распределённых геоинформационных систем – методика многофакторной оценки эффективности применима в качестве инструмента обоснования проектных решений;
- в средах с разнородным составом ведомственных потребителей и неустойчивой связностью каналов – посредническая схема обмена (N + M), двухэкземплярная эталонная база и адаптерная нормализация источников пригодны к прямому применению.

Научным коллективам, ведущим работы по распределённым системам обработки геопро пространственных данных и геоинформационному обеспечению ситуационных центров, целесообразно продолжить

исследования в направлении полевой верификации интегрального показателя эффективности E на целевых сценариях распределённого мониторинга.

9. Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы и автореферата

При общей положительной оценке работы следует указать на отдельные замечания.

1. Замечания по содержанию научных результатов и рекомендаций.

1.1. Предложенная посредническая схема межведомственного обмена убедительно обосновывает снижение числа поддерживаемых интерфейсов с $N \times M$ до $N + M$ при числе ведомственных субъектов порядка десяти. Однако вопрос о сохранении этого выигрыша при существенном росте числа субъектов в работе развёрнуто не рассмотрен.

1.2. В работе предложено двухэкземплярное развёртывание эталонной геоинформационной базы с автономным функционированием бортового контура при потере связи, отвечающее условиям нестабильной связности каналов. При этом механизм согласования экземпляров базы после восстановления связи – реконсилиация накопленных в автономном режиме расхождений – раскрыт менее подробно, чем того требует значимость этого режима.

1.3. Использование ковариационного пересечения (Covariance Intersection) при неизвестной корреляции наблюдений обеспечивает гарантированно состоятельную оценку и методологически оправданно. Тем не менее такая оценка консервативна, и условия перехода между информационным фильтром и ковариационным пересечением, равно как и возможная потеря точности при частично известной корреляции, в работе явно не оговорены.

1.4. Восемь полученных научных результатов и пять положений, выносимых на защиту, по существу, согласованы между собой, но явного их

соотнесения в Заключение не приведено, что несколько затрудняет восприятие соответствия.

2. Замечания по оформлению диссертационной работы и автореферата.

2.1. Иллюстративный материал Главы 3 в целом оформлен аккуратно, однако в отдельных подписях и внутритекстовых ссылках на формулы и рисунки встречается несогласованность, которую целесообразно унифицировать.

Указанные замечания носят уточняющий характер, не затрагивают существа полученных результатов и не снижают общей положительной оценки работы.

10. Выводы

Диссертационная работа Петрова Я. А. – завершённое самостоятельное научное исследование, в котором поставленная цель достигнута, а все шесть задач решены. Высказанные в разделе 9 замечания относятся к детализации отдельных архитектурных решений и к изложению, не затрагивая существа, новизны и достоверности полученных результатов.

Совокупность разработанных автором теоретических положений квалифицируется как научное достижение в области геоинформатики. Впервые сформирован замкнутый пространственно-временной контур обработки с включением прогнозных состояний в модель обстановки, эпистемологической маркировкой знания и прослеживаемой адаптацией, доведённый до распределённой геоинформационной архитектуры ситуационного центра и методики многофакторной оценки эффективности. Актуальность темы, обоснованность и достоверность научных положений, их новизна и значимость для геоинформатики и для практики распределённых геоинформационных систем подтверждаются содержанием работы, формальными доказательствами свойств метода, экспериментальной верификацией на имитационной среде и внедрением результатов по шести актам.

Диссертация удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10, 11 и 13 «Положения о присуждении учёных степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор – Петров Ярослав Андреевич – заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография».

Диссертация рассмотрена и отзыв одобрен на заседании научно-исследовательского отделения ФГУП «НИИ «Квант», протокол от 01 июля 2026 г. № 6/697.

Присутствовало на заседании 12 чел.

Результаты голосования: «За» – 12,

«Против» – 0,

«Воздержались» – 0.

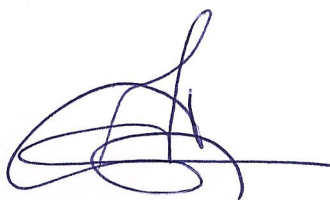
Отзыв подготовлен на основании заключения указанного структурного подразделения и утверждён руководителем ФГУП «НИИ «Квант».

Отзыв составил:

Начальник научно-исследовательского отделения № 6

доктор технических наук, доцент

01.07.2026



Н.Н. Самарин

Адрес организации:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт «Квант (ФГУП «НИИ «Квант»).

125438, г. Москва, 4-й Лихачёвский переулок, д. 15.

+7 (499) 745-73-02

info@rdi-kvant.ru

http://rdi-kvant.ru