

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора

Моисеева Дмитрия Владимировича на диссертационную работу

Петрова Ярослава Андреевича

**«Методология адаптивно-интегрированного тактического
прогнозирования обстановки в задачах пространственно-временного
анализа», представленную на соискание учёной степени доктора
технических наук по специальности 1.6.20 — Геоинформатика,
картография**

Рецензируемая работа посвящена методологии, которая сводит наблюдение, интеграцию данных, прогнозирование и проверку прогноза в единый замкнутый контур геоинформационной системы распределённого ситуационного центра. Тема отвечает запросам практики: данные об обстановке поступают от множества мобильных источников, решения принимаются в реальном времени, и геоинформационный аппарат, рассчитанный на фиксацию состоявшихся состояний и на прогнозирование, внешнее по отношению к системе, в этих условиях оказывается недостаточным. Потребность в едином контуре, где прогноз проверяется по факту и возвращается в систему как материал адаптации, а информационный обмен между распределёнными узлами остаётся управляемым, на сегодня очевидна. Актуальность работы не вызывает сомнений.

Во введении корректно поставлена научная проблема, определены объект, предмет, цель и задачи исследования, сформулированы пять положений, выносимых на защиту. Логика работы выдержана: от анализа ограничений существующих подходов — к построению методологии, её архитектурной развёртке и экспериментальной проверке.

Первая глава содержит анализ существующих подходов к геоинформационному обеспечению пространственно-временного анализа.

Автор последовательно показывает три разрыва: пространственно-временные модели данных не отводят места прогнозируемому состоянию (§1.2.4); прогнозирование выполняется как внешняя по отношению к геоинформационной системе функция и не верифицируется ею (§1.4.2, §1.4.3); прослеживаемость происхождения данных при интеграции разнородных источников не обеспечивается (§1.3.4). Анализ доведён до требований к геоинформационному обеспечению ситуационных центров двойного назначения (§1.5) и обоснованно подводит к постановке задачи. Существенно, что выявленные ограничения сформулированы как конкретные противоречия существующего аппарата, а не как общие пожелания, — это придаёт постановке проблемы доказательный характер.

Вторая глава излагает методологическое ядро — метод АИМТПО с замкнутым контуром «наблюдение — интеграция — прогнозирование — верификация — адаптация». Здесь введены геоинформационная модель обстановки, в которой прогнозные состояния входят в онтологию наравне с фактическими, а достоверность и актуальность приписываются отдельным элементам; формальный аппарат пространственно-временной интеграции разнородных данных; классификация прогностических моделей и механизм адаптации с обоснованием устойчивости и сходимости рекуррентного процесса (§2.5.7). Построения главы доведены до формальных критериев и аналитически замкнуты, что выгодно отличает её от преимущественно концептуальных работ в этой области.

Третья глава разворачивает метод на архитектурном уровне — в виде распределённой геоинформационной системы ситуационного центра. Иерархия контуров обработки строится на двойном количественном основании (§3.1.2); бортовой контур выполняет семантическое сжатие данных на стороне источника (§3.2.1) и обменивается с наземным уровнем по экономной схеме (§3.2.3); межведомственное взаимодействие организовано через геоинформационную инфраструктуру общего доступа, что понижает размерность связей с $N \times M$ до $N + M$ (§3.4.3); эталонная геоинформационная

база развёрнута в двух экземплярах с автономной работой бортового контура при потере связи. С позиций информационно-технических систем убедительны решения по распределению функций обработки между уровнями и по снижению нагрузки на канал связи.

Четвёртая глава содержит методику многофакторной оценки эффективности метода АИМТПО и экспериментальную верификацию на имитационной среде. Методика сводит частные метрики качества данных, прогнозирования и сервисов поддержки решений в трёхуровневую систему с интегральным показателем эффективности E , веса которого получены согласованием нескольких независимых методов. Эксперимент подтвердил работоспособность решений: распределённая организация обработки на порядок уменьшила трафик в канале связи — с 28,5 до 2,1 Мбит/с в расчёте на одну платформу — при сохранении точности распознавания; объединение наблюдений двух источников уменьшило ошибку локализации в два раза; сквозная задержка замкнутого контура удержалась на уровне около 265 мс (§4.5). Постановка эксперимента корректна, условия воспроизводимы, а измеряемые показатели соотнесены с аналитическими предсказаниями метода — наблюдаемые значения согласуются с расчётными, что подтверждает достоверность результатов.

Научная новизна работы не сводится к частным результатам. Новым является само построение геоинформационной системы как замкнутого контура, в котором прогноз перестаёт быть внешней надстройкой и становится проверяемым элементом модели, а оценка достоверности и происхождения данных управляет последующей адаптацией. К новым результатам относятся эпистемологическая маркировка элементов модели, архитектурное понижение размерности межведомственных связей с $N \times M$ до $N + M$ при автономном резервировании эталонной базы и методика, позволяющая количественно разделить вклад отдельных компонентов метода. В совокупности они составляют методологию, а не набор разрозненных приёмов, и в этом качестве обладают существенной новизной для геоинформатики.

Теоретическая значимость работы — в развитии аппарата геоинформатики: модель обстановки получает прогнозную и эпистемологическую составляющие, а прослеживаемость операций становится рабочим условием адаптации. Практическая значимость определяется прикладной направленностью работы: предложенные решения рассчитаны на распределённые геоинформационные системы межведомственного и двойного назначения, где существенны управляемость информационного обмена и надёжность обработки.

Результаты диссертации опубликованы достаточно полно: всего по теме работы — 105 публикаций, из них 17 в журналах перечня ВАК и 42 в базах Scopus и Web of Science, а также две монографии и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных. Практическое использование результатов закреплено шестью актами о внедрении. Содержание автореферата отвечает диссертации и передаёт её основные положения. Научные положения, выводы и рекомендации обоснованы: они опираются на апробированный математический аппарат, доказательства свойств метода и экспериментальную проверку в воспроизводимых условиях, а сделанные выводы не выходят за пределы установленных автором допущений.

Замечания по работе сводятся к следующему.

1) Семантическое сжатие на стороне источника (§3.2.1) и контурный обмен с ситуационным центром (§3.2.3) существенно снижают нагрузку на канал связи, однако информационно-теоретическая характеристика самого сжатия — оценка доли отбрасываемой информации и соотнесение с пропускной способностью канала в неблагоприятных условиях — раскрыта ограниченно. Её проработка позволила бы точнее очертить границы применимости бортового контура.

2) Экспериментальная проверка распределённой обработки выполнена на группировке из трёх мобильных платформ (§4.5.2). Поведение предложенной схемы при кратном росте числа источников — координация

группового взаимодействия, конкуренция за канал, устойчивость согласования — оценено ограниченно, тогда как масштабирование группировки существенно для практического применения. Желательна оценка масштабируемости решения хотя бы модельными средствами.

3) Методология предусматривает контур непрерывного обучения с обратимостью адаптационных воздействий (§3.5.3, §3.5.4). Системно-проектная сторона этого контура — управление изменениями, версионирование адаптаций, требования к развёртыванию развивающейся системы — изложена преимущественно концептуально; её детализация усилила бы инженерную применимость методологии.

Высказанные замечания касаются направлений дальнейшего развития работы, не затрагивают её основных результатов и не меняют общей высокой оценки.

Диссертационная работа Петрова Ярослава Андреевича «Методология адаптивно-интегрированного тактического прогнозирования обстановки в задачах пространственно-временного анализа» является завершённой научно-квалификационной работой, которую автор выполнил самостоятельно. На основании выполненных исследований разработаны теоретические и методологические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области геоинформатики. Выводы работы аргументированы и подкреплены её содержанием.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 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».

