# ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**на диссертацию Матерухина Андрея Викторовича «Теоретические основы и методология обработки потоков пространственно-временных данных», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.35 — «Геоинформатика»**

**Актуальность темы диссертационной работы.** Геоинформационные технологии основываются на методах обработки пространственно-распределенной информации и формализации отражения пространственных отношений как отражения пространственной реальности для построения на ее основе геоинформационной модели реальности. В настоящее время в связи с развитием цифровой экономики и широким внедрением систем сбора пространственно-временных данных в различные отрасли народного хозяйства стала чрезвычайно актуальной задача непрерывной обработки этих собираемых данных в режиме реального времени для принятия управленческих решений в режиме операционной аналитики. С точки зрения геоинформатики эта задача означает, что необходимо разработать технологии выполнения непрерывного пространственного анализа потоков данных, поступающих в систему управления. Исследование, представленное в диссертации Матерухина А.В., направлено на решение именно этой задачи.

Целью рассматриваемой диссертационной работы является разработка теоретических основ и методологии обработки потоков пространственно-временных данных для решения проблем обеспечения непрерывности обработки таких потоков данных в ГИС. Особую актуальность поставленной цели придает появление киберфизических систем, в частности транспортных киберфизических систем, в которых дискретные вычислительные компоненты позволяют контролировать движущиеся физические устройства и управлять ими в режиме реального времени. Методология обработки потоков пространственно-временных данных, разработанная диссертантом, может быть использована при разработке и создании масштабируемых транспортных киберфизических систем, позволяющих управлять не только отдельными транспортными средствами, но и большими системами транспортных средств.

Таким образом, не вызывает сомнений, что тема диссертационной работы Матерухина А.В. является актуальной, а представленное в работе решение проблемы обеспечения непрерывности обработки потоков пространственно-временных данных в геоинформационных системах в режиме реального времени имеет важное социально-экономическое значение.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.** Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы, списка иллюстративного материала и

1 приложения. Общий объем работы 173 страницы. Список иллюстративного материала включает в себя 19 рисунков и 1 таблицу. Список использованной литературы содержит 166 наименований.

В первой главе диссертационной работы для обоснования выбора темы исследований проводится анализ новых технологических возможностей сбора пространственно-временных данных, рассматриваются примеры новых технологических возможностей сбора данных с помощью автономных мобильных устройств и распределенных беспроводных сенсорных систем, а также сбора пространственно-временных данных с помощью использования приложений, установленных на смартфонах. Обосновано положение, что современные требования к непрерывности обработки пространственно-временных данных высокой интенсивности в ГИС не могут быть удовлетворены в рамках традиционного подхода с использованием реляционных баз данных и модели «обработка после обязательного сохранения».

Во второй главе диссертационной работы описаны разработанные диссертантом теоретические основы непрерывной обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС. В рамках разработанной диссертантом модели процессов непрерывной обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС предложен и обоснован способ реализации произвольного блокирующего пространственно-временного запроса в виде монотонного оператора, представляющего собой композицию оператора скользящего окна на основе сложного пространственного предиката и блокирующего пространственно-временного запроса. Обосновывается вывод о том, что предложенная математическая модель предоставляет тот уровень абстракции, который необходим для разработки методов обработки интенсивных потоков пространственно-временных данных для компьютерного моделирования геосистем в режиме реального времени. Описана разработанная диссертантом система типов пространственно-временных данных. Необходимость разработки подобной системы обоснована тем, что существующие современные модели могут обеспечить концептуальный уровень только для представления отдельного потока пространственно-временных данных. Достаточно убедительно выглядит утверждение, что разработанная система типов данных обеспечивают фундаментальную абстракцию для моделирования изменения объектов в геопространстве, их отношений и свойств, данные о которых поступают в виде потоков пространственно-временных данных.

В третьей главе диссертационной работы представлена методология непрерывной обработки потоков пространственно-временных данных в геоинформационных системах. Показано, что разработанная методология может быть компактно описана в виде некоторой концептуальной модели подсистемы геоинформационной системы. Выбор элементов концептуальной модели обоснован составом разработанной методологии. Для обоснования принятых при разработке каждого элемента методологии решений, проведен

анализ каждого решения на соответствие сформулированным автором требованиям.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена применимости разработанной диссертантом методологии обработки потоков пространственно-временных данных. Обоснован выбор возможных инструментов реализации разработанной методологи среди программного обеспечения с открытым исходным кодом с учетом того, что эта методологии предназначена для реализации в условиях использования вычислительного кластера. Автором сделан вывод вывод о том, что наиболее подходящей программной средой для реализации разработанной диссертантом методологии является программная среда STARK. В этой же главе приведены сведения о практическом использовании полученных результатов и перспективы дальнейших исследований.

Достоверность результатов диссертационной работы была подтверждена апробацией в ходе исследовательской работы над проектом: «Разработка геоинформационной технологии создания информационно-измерительных систем на базе распределенных сетей интеллектуальных геосенсоров» № 5.6972.2017/БЧ, а также при выполнении проекта № 17-05-41156 «Комплексное геоинформационное картографирование и оценка воздействия источников загрязнения на состояние окружающей среды России», поддержанного грантом РФФИ и РГО. Система типов пространственно-временных данных, а также методология обработки потоков пространственно-временных данных использовались при работе над проектом по реализации Национальной технологической инициативы «Разработка киберфизической системы мониторинга производственных процессов в режиме реального времени на основе беспроводных сетей интеллектуальных геосенсоров» № 2.11411.2018/11.

Выработанные рекомендации по областям применения полученных диссертантом научных результатов обоснованы проведённым анализом возможных областей применения разработанной методологии, а также внедрением полученных научных результатов.

Комплексный подход к решению проблемы обеспечения непрерывности обработки потоков пространственно-временных данных в геоинформационных системах в режиме реального времени, сопоставление полученных результатов с другими известными решениями также определяют достоверность полученных результатов, обоснованность выводов и рекомендаций, сделанных на их основе.

Лично автором были получены следующие научные результаты:

- введены новые понятия и термины геоинформатики;
- разработана математическая модель процессов непрерывной обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС;
- разработана система типов пространственно-временных данных;
- разработана методология обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС.

Новизна полученных диссертантом научных результатов заключается в следующем:

Предложенное диссертантом определение понятия «большие пространственные данные», в отличие от других соответствует как современному понятийному аппарату в области больших данных, так и понятийному аппарату современной геоинформатики. Разработанная диссертантом математическая модель процессов обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС в режиме реального времени в отличие от ранее предложенных моделей обработки данных в ГИС учитывает специфику потоков пространственно-временных данных и позволяет реализовать непрерывную обработку потоков пространственно-временных данных. Разработанная диссертантом оригинальная система типов пространственно-временных данных в виде расширенной сигнатуры многосортной алгебраической системы обеспечивает надежную верификацию корректного поведения программного обеспечения ГИС в среде распределенных вычислений. Разработанная диссертантом методология обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС в отличие от применяемых в настоящее время методологий обеспечивает масштабирование обработки потоков пространственно-временных данных в ГИС в зависимости от интенсивности этих потоков.

Основные научные результаты диссертации были опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в том числе в 11-ти статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК; в 2-х публикациях, индексируемых в базах данных Web of Science (WOS) и Scopus; в 1-ой публикации в сборнике тезисов международной конференции; в 1-м отчете по НИР, зарегистрированном в ЕГИСУ НИОКТР.

Основные положения диссертации докладывались на 4-х конференциях, в том числе 3-х международных.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

**Замечания по диссертации.**

1. В диссертационной работе не проведен анализ возможных ограничений на применение предложенной диссертантом системы типов. Как мне представляется, из того факта, что коллекция ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ТИПЫ использует геометрическое представление простых пространственных объектов, разработанное консорциумом OGC, должны следовать некоторые ограничения. Однако в диссертации эти ограничения не сформулированы.

2. В диссертационной работе описана общая функциональность брокеров сообщений, но не приведен сравнительный анализ различных подходов к их разработке.

Приведенные выше замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую высокую положительную оценку диссертационного исследования.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о крупном личном вкладе автора диссертации в науку. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Диссертационная работа Матерухина А. В. «Теоретические основы и методология обработки потоков пространственно-временных данных» является законченной научно-квалификационной работой и полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842: автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение в области теории методов обработки пространственно-временных данных - решение научной проблемы обеспечения непрерывности обработки потоков пространственно-временных данных в геоинформационных системах (ГИС) в режиме реального времени, а ее автор - Матерухин Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика».

*03 декабря 2018г.*

Розенберг Игорь Наумович
доктор технических наук, профессор
Генеральный директор АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте».

Шифр научной специальности, по которой защищена диссертация: 25.00.35 – «Геоинформатика»

Почтовый адрес: 109029, г. Москва, Нижегородская ул., 27 стр. 1
Рабочий e-mail: I.Rozenberg@gismps.ru
телефон: +7-499-262-71-40

Подпись И.Н. Розенберга удостоверяю
Первый заместитель генерального директора
АО «НИИАС», д.т.н., проф. Е.Н.Розенберг