

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.288.12, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 01.12.2020 № 13

О присуждении Воробьевой Гульнаре Равиловне, гражданину РФ, ученой степени доктора технических наук.

**Диссертация** «Методологические основы обработки неоднородной пространственно-временной информации в системах поддержки принятия решений на основе технологий больших данных (на примере геомагнитных данных)» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы) принята к защите 28.08.2020 г., протокол № 6, диссертационным советом Д 212.288.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12, созданного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 43/нк от 30.01.2019 г.

**Соискатель** Воробьева Гульнара Равиловна 1983 года рождения, работает доцентом в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. **Диссертацию** на соискание ученой степени кандидата технических наук «Электронные документы со встроенной динамической моделью на основе XML» защитила в 2008 году, в диссертационном совете, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный

технический университет». **Диссертация** выполнена на кафедре вычислительной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный консультант** – доктор технических наук, профессор Юсупова Нафиса Исламовна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» факультет информатики и робототехники, декан.

**Официальные оппоненты:**

1. Рогозов Юрий Иванович, д-р техн. наук, проф., ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, кафедра системного анализа и коммуникаций, заведующий кафедрой,

2. Андрианов Дмитрий Евгеньевич, д-р техн. наук, доцент, Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», кафедра информационных систем, заместитель директора по учебной работе, заведующий кафедрой,

3. Щербаков Максим Владимирович, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», кафедра систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования, заведующий кафедрой,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара в своем положительном заключении, утвержденном Богатыревым Владимиром Дмитриевичем, доктором экономических наук, профессором, ректором университета, указала, что диссертация Воробьевой Гульнары Равилевны на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-

квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований, решена научная проблема повышения эффективности процессов обработки информации в системах поддержки принятия решений, имеющая важное хозяйственное значение, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней». Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения. Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации по основным квалификационным признакам: цели, задачам, новизне, актуальности, достоверности, научной и практической значимости. Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы). Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Воробьева Гульнара Равилевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы).

**Соискатель** имеет 146 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 102 работы, в том числе 13 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК; 22 статьи в изданиях, индексируемых международными системами Scopus / Web of Science; 3 монографии, изданные в России и за рубежом; 2 патента на изобретение; 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, труды конференций и др. 5 публикаций выполнены соискателем единолично, остальные – при непосредственном участии соискателя.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Миронов, В.В., Интерпретация XML-документов со встроенной динамической моделью / В.В. Миронов, Г.Р. Шакирова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2007. – Т. 9, № 2. – С. 88-97. 2. Vorobev, A.V. Geoinformation system of geomagnetic pseudostorm parameters registration and analysis / A.V. Vorobev, G.R. Shakirova // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2014. – Vol. 18, no. 5(66). – P. 62-67. 3.

Воробьев, А.В. Система принятия решения для гибридной инклинометрической системы на основе технологии картографического веб-сервиса / А.В. Воробьев, Г.Р. Шакирова, Г.А. Иванова // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 5. – С. 260-264. **4.** Воробьева, Г.Р. Принципы федерализации и консолидации геомагнитных данных в едином информационном пространстве / Г.Р. Воробьева // *Перспективы науки*. – 2019. – № 11(122). – С. 64-67. **5.** Воробьева, Г.Р. Подход к повышению производительности программных процессов обработки и хранения больших объемов геомагнитных данных / Г.Р. Воробьева, А.В. Воробьев // *Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика*. – 2020. – № 50. – С. 23–30. **6.** Vorobev, A.V. Web-based geoinformation system for exploring geomagnetic field, its variations and anomalies / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2016. – Vol. 582. – P. 22-35. **7.** Vorobev, A. V. Geoinformation system for amplitude- frequency analysis of geomagnetic variations and space weather observation data / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva // *Computer Optics*. – 2017. – No. 41. – P. 963-972. **8.** Vorobev, A.V. Inductive method of geomagnetic data time series recovering / / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva // *SPIIRAS Proceedings*. – 2018. – Vol. 2, no. 57. – P. 103-133. **9.** Vorobev, A. V. Visualization of geomagnetic variations in time-frequency area of information signal / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva // *Scientific Visualization*. – 2019. – Vol. 1, no. 2. – P. 143-155. **10.** Vorobev, A.V. Conception of geomagnetic data integrated space / A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva, N.I. Yusupova // *SPIIRAS Proceedings*. – 2019. – Vol. 18, Issue 2. – P. 390-415. **11.** Vorobeva, G.R. Approach to the recovery of geomagnetic data by comparing daily fragments of a time series with equal geomagnetic activity / G.R. Vorobeva // *Computer Optics*. – 2019. – No. 43. – P. 1053-1063. **12.** Kolios, S. GIS and Environmental Monitoring. Applications in the Marine, Atmospheric and Geomagnetic Fields / S. Kolios, A.V. Vorobev, G.R. Vorobeva, C. Stylios. – Springer, 2017. – 174 p. **13.** Воробьев, А.В. Способ обработки и многослойной визуализации данных с геопространственной привязкой: Патент на изобретение No2568274 / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева – М.: РосАПО, – 2015. **14.** Воробьев, А.В. Способ оценки влияния геомагнитной активности на метрологические характеристики инклинометрического и навигационного оборудования: Патент на

изобретение № 2644989 / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева. М.: РосАПО, 2016. **15**.  
Воробьев, А. В. [GIMS] array\_analyzer v1.0: Св-во об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2014615627 / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева. – М.: РосАПО, 2014.

На диссертацию и автореферат поступили **положительные** отзывы:

- **ведущей организации** ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара.  
*Замечания:* 1). В диссертационной работе не уделено достаточного внимания тому, что понимается под неоднородными пространственно-временными данными. 2). В работе явным образом не показаны ограничения по объему данных, к которым применимы предложенные методологические основы обработки, анализа и визуализации. 3). Из представленного в диссертационной работе описания полученных результатов не совсем понятно, каким образом формулируются требования и ограничения к той предметной области, в рамках которой предложенные положения могут быть использованы для поддержки принятия решений. 4). В диссертации при анализе эффективности полученных результатов недостаточно явно прослеживается сопоставление их с мировым научным опытом. 5). В работе не рассмотрены вопросы пространственной интерполяции исследуемого класса данных, в то время как такой вопрос представляет большую значимость во многих задачах поддержки принятия решений.

- **официального оппонента** доктора технических наук, профессора Rogozova Юрия Ивановича, заведующего кафедрой системного анализа и коммуникаций ФГАОУ ВО Южный федеральный университет. *Замечания:* 1). В диссертации недостаточно уделено внимания методологии образования группы согласованных методов образующих методологическую среду или парадигму решения задачи оперативности доступа к информации, необходимой для принятия решений. 2). Возможно, в автореферате следовало бы более подробно обозначить, как именно осуществляется поддержка принятия решений (как в тексте диссертационной работы). 3). В главе 1 недостаточно внимания уделено проблемам семантической и прикладной интероперабельности. 4). В главе 3 следовало бы обосновать корректность

использования понятия «...единое информационное пространство...», доказать сопоставимость семантики; точности; времени регистрации данных.

- **официального оппонента** доктора технических наук, доцента Андрианова Дмитрия Евгеньевича, заместителя директора по учебной работе, заведующего кафедрой информационных систем Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых». *Замечания:* 1). В теме диссертации заявлены: обработка пространственной информации (координаты, топология и т.д.) и больших данных, а в автореферате эти понятия не раскрыты. 2). Во второй главе диссертации заявлено повышение оперативности обработки, но при этом не приведено никаких оценок улучшения этого показателя. 3). В главе 3 непонятно, в чем новизна структурного сдвига фрагментов T (как и на стр. 20 автореферата). 4). В главе 4 отсутствуют оценки сокращения временных затрат на вычисления и повышения скорости обработки запросов. 5). В главе 1 данные разделены на глобальные, региональные и локальные. Непонятно, для чего во второй главе они же разделены на аналитические и оперативные.

- **официального оппонента** доктора технических наук, доцента Щербакова Максима Владимировича, заведующего кафедрой систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». *Замечания:* 1). В первой главе приводится, по сути, описание метода и результатов разведочного анализа исходных данных. Автору стоило убедительнее обосновать необходимость использования теоретическо-множественного описания как инструмента системного анализа, так как фактически рассматривалось статистическое представление объекта исследования. 2). В работе рассматриваются интересные особенности исследуемых источников данных - разделение на уровни (региональные, глобальные) и различное географическое расположение (различные часовые пояса). Несмотря на приведенную формализацию в диссертации опущены очень важные вопросы, возникающие в процессе сбора исходных данных. В частности: 1) каким образом осуществлялась консолидация данных с различных источников в какой-либо географической окрестности, при этом

отнесенным к разным группам? 2) Каким образом осуществлялась оркестрация процессов опроса источников данных с учетом различных временных поясов и описанных в работе недостатков в исходных данных? 3) Каким образом осуществлялась оркестрация процессов восстановления данных на основе описанного подхода? 3). При выборе источников данных для резервирования используются анализ пространственной однородности, анализ взаимных энтропийных характеристик данных, анализ информационной корреляции. Автор не приводит условий и требований к исходным данным при котором этот анализ возможен (при условии 30% пропусков в данных в среднем может сложиться ситуация, когда выбрать достоверные источники будет затруднительно из-за короткой длины временного ряда или из-за «непересекающихся» по времени временных рядов или в случае наличия нескольких источников-кандидатов). 4). В работе не хватает детальной информации об исходных данных и проведенных экспериментах: объеме исходных данных, интенсивности поступления, времени задержек при сборе данных. Указанные в диссертации результаты, обосновывающие эффективность, получены только для 1-2 - х станций при однократном запросе. Не приведены в должной мере количественные оценки временных задержек, анализа изменения времени выполнения запроса в зависимости от объема данных и уровня детализации данных. Работу, несомненно, усилило включение данной информации. 5). В диссертации много повторений уже сформулированного ранее. Это относится как к тексту (особенно про важность решаемой задачи и теоретико-множественного подхода), так и к формулам. Также приводится в излишнем объеме уже известная информация, хотя достаточно было бы ссылок на литературу. Кроме этого, автору стоило внимательнее отнестись к результатам формализации: в формулах присутствуют опечатки, одни и те обозначения вводятся для разных сущностей.

Получено 11 положительных **отзывов на автореферат**:

1. ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва), (ведущий научный сотрудник Лаборатории 01, д.т.н. **Каршаков Е.В.**)  
*Замечание:* индуктивный метод восстановления геомагнитных измерений опирается на среднестатистические значения. Возможно, для оценки «геоиндуцированных

токов» этого достаточно, но в практике геофизических исследований приходится сталкиваться с необходимостью отслеживания магнитных бурь, а это, как правило, такие интервалы, которые выбиваются из общей статистики.

2. ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва), (профессор кафедры физико-технической информатики, д.т.н., профессор **Вольфенгаген В.Э.**). *Замечания:* 1). В обзорной главе 1 представляется целесообразным рассмотреть различные варианты построения единого информационного пространства на основе известных технологий, например, Apache Hadoop. 2). Из текста автореферата непонятно, за счет чего повышается вычислительная скорость обработки пространственно-временной информации при использовании предложенной модели хранения данных. 3). Не указано, как с точки зрения клиент-серверного взаимодействия (поскольку речь в работе идет о веб-ориентированном подходе) осуществляется функционирование и наполнение единого информационного пространства в составе систем поддержки принятия решений.

3. ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» (г. Санкт-Петербург), (директор института Информационных систем и геотехнологий, д.т.н., доцент **Татарников Т.М.**). *Замечания:* 1). Работа несколько сложна при анализе текстовой части, что связано с многочисленными специальными терминами. Их можно было в алфавитном порядке расположить в конце автореферата. 2). При описании предложенных методов восстановления временных рядов пространственных данных нет сравнительного анализа уже существующих методов. Поэтому неясно, почему возникла необходимость разработки нового подхода при таком изобилии существующих. 3). Аналогично по поводу предложенной модели хранения: непонятно, с чем связана разработка новой модели, почему не подошли известные для реализации поставленной задачи? 4). Были ли еще разработаны программные средства для тестирования предложенных решений? Маловероятно, что только рассмотренное в автореферате веб-приложение способно реализовать такой широкий круг функционала.



4. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет» (г. Уфа), (заведующий кафедрой геофизики, д.т.н., профессор **Валиуллин Р.А.**). *Замечания:* 1). Из текста автореферата не до конца ясно, каковы ограничения применимости методов восстановления данных, предложенных автором. 2). Представляется целесообразным в главе 6, посвященной оценке эффективности и рекомендациям по использованию результатов, привести еще пару примеров того, как предлагается модифицировать известные подходы к поддержке принятия решений в прикладных областях.

5. Институт механики им. Р.Р. Мавлютова – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (г. Уфа), (и.о. заведующего лабораторией «Робототехника и управление в технических системах», д.т.н., доцент **Даринцев О.В.**). *Замечания:* 1). В тексте автореферата многие предположения, например, используемые при описании теоретико-множественного анализа, рассматриваются на базе компонент вектора геомагнитного поля (стр. 11-12). Но в автореферате нет описания компонентов, что они собой представляют, почему их можно связать такими соотношениями. Возможно, это есть в полном тексте диссертационной работы 2). В автореферате часто в разных вариациях говорится об едином информационном пространстве, но нет описания механизма построения такого пространства. Как поддерживается единство пространства при использовании облачных сервисов? 3). В работе присутствуют опечатки, для отделения дробной части числа используются как точка, так и запятая, ссылки на рисунки оформлены неверно.

6. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (г. Санкт-Петербург), (директор Института информационных систем и защиты информации, д.т.н, профессор **Тюрликов А.М.**). *Замечания:* 1). В автореферате используются термины “окончательные и квазиокончательные геомагнитные данные” (см. стр. 11), значения этих терминов в тексте автореферата раскрываются. 2). Из текста автореферата неочевидно, какие решения пользователя поддерживаются с помощью предложенных методологических основ, моделей, методов и алгоритмов. 3). В автореферате для обозначения одинаковых характеристик используются различные термины “взаимная энтропия”

(см. стр. 12, абзац номер 4) и “взаимная информация” (см. рис.2в). Более уместно использовать термин “средняя взаимная информация”.

7. ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения (г. Иркутск), (заведующий кафедрой информационных систем и защита информации, д.т.н., профессор **Аршинский Л.В.**) *Замечания:* 1). В качестве замечания к работе можно ответить то, что в автореферате недостаточно внимания уделено формализации критериев эффективности оценки полученных результатов 2). Еще один спорный момент связан с тем, что, на мой взгляд, следовало больше внимания уделить описанию исходных тестовых данных - их характеристика, объем, частота, формат и прочее. Полагаю, это усилило бы результаты диссертации.

8. Воронежский институт высоких технологий автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования (г. Воронеж), (проректор по научной работе, д.т.н., профессор **Чопоров О.Н.**). *Замечания:* 1). В автореферате приведено только одно значение времени выполнения запроса. Чтобы сделать содержательные выводы необходимо осуществить ряд экспериментов. 2). На основании описания предложенного алгоритма не до конца понятно, в чем его принципиальное отличие от известных геоинформационных технологий и систем. Возможно, имело смысл, обозначить такие различия более явственно.

9. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК) (г. Москва), (профессор кафедры информационно-измерительных систем, д.т.н., доцент **Матерухин А.В.**) *Замечания:* 1). С точки зрения автора настоящей рецензии, в работе недостаточно рассмотрен такой аспект повышения эффективности процессов обработки пространственно-временных данных как повышение интероперабельности применяемых средств такой обработки. В частности, в работе нет обсуждения спецификаций OGC и их возможного применения при реализации предложенных в работе методов. 2). Согласно автореферату (стр. 13-14) для оценки пространственной неоднородности и пространственной зависимости данных автором используется индекс Морана, однако, во-первых, нулевая гипотеза в явном виде в тексте автореферата не сформулирована, а во-вторых, не приведено

обоснование выбора именно этой метрики. Почему в этом качестве не рассматривались известные индексы Джири, Вальда или Гетиса-Орда?

10. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (г. Москва), (профессор Департамента программной инженерии факультета компьютерных наук, д.т.н. **Зыков С.В.**). *Замечания:* 1). Не рассмотрены аналоги предложенных методов и подходов, что не позволяет в полной мере судить о преимуществах последних 2). Не представлены сравнительные показатели, которые могли бы быть использованы для сопоставления полученных результатов с существующими подходами. 3). В автореферате присутствует ряд нерасшифрованных аббревиатур, (например, «ЛПР», «Кр» и др.). 4). Приводимые автором примеры содержат специфическую прикладную терминологию (в т.ч., речь идет о геоиндуцированных токах, спокойной магнитосфере, индексах геомагнитной активности и пр.). Работу улучшило бы их разъяснение для неспециалистов в области геофизики.

11. ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет, (заведующий кафедрой “Системы автоматического управления”, д.т.н., профессор **Ширяев В.И.**). *Замечания:* 1). При экспериментальной оценке эффективности метода восстановления данных рассмотрен только 10-минутный фрагмент временного ряда. Возможно, результаты исследования были бы более обоснованными, если были бы рассмотрены фрагменты и другого размера. 2). Требуется более подробное объяснение того, что в работе понимается под разнородными данными.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в данной отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** методологические основы обработки неоднородной пространственно-временной информации на основе технологий больших данных, реализация которых в

виде моделей, методов и алгоритмов позволит повысить эффективность обработки информации в системах поддержки принятия решений;

**предложен** подход к обработке неоднородной информации в системах поддержки принятия решений, отличающийся тем, что при формировании комплекса моделей и методов учитывается влияние пространственных характеристик на выбор способа описания данных, их обработки, анализа и визуализации;

**доказано**, что понимание характера геопространственной анизотропии, а также распределения теоретико-информационных и статистических характеристик неоднородной пространственно-временной информации является основой для повышения эффективности применения предложенных в работе методов, моделей и алгоритмов интерполяции, визуализации и интеграции фрагментов такого рода информации в системах поддержки принятия решений;

**введены и описаны** новые подходы к обработке информации в системах поддержки принятия решений с учетом особенностей пространственно-временного распределения данных на основе результатов их теоретико-множественного, теоретико-информационного и статистического анализа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**впервые были разработаны и получены** обладающие научной новизной:

1. Методологические основы обработки неоднородной пространственно-временной информации, отличающиеся тем, что, с целью повышения оперативности доступа к информации, необходимой для принятия решений, выделяются критерии пространственной зависимости и пространственной гетерогенности для групп источников данных и на этой основе подстраиваются процессы сбора, анализа и визуализации информации.
2. Комплекс моделей и методов обработки информации при интеграции гетерогенных источников данных в гибридные хранилища систем поддержки принятия решений, отличающиеся тем, что, с целью повышения вычислительной скорости сбора и обработки данных, преобразование оперативной информационной составляющей в постоянную определяется адаптированной моделью старения информации Бартона–Кеблера с исключенным динамическим компонентом.

3. Методы восстановления временных рядов данных, включающие:

– индуктивный метод, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и скорости восстановления данных, наиболее вероятные значения определяются на базе сходства между массивом, образованным предшествующими и последующими за пропущенным фрагментом значениями, и массивами, построенными аналогично из известных значений, с учетом эквивалентных внешних условий;

– метод информационного резервирования источников данных, отличающийся тем, что, с целью обеспечения полноты временных рядов, наиболее вероятные значения определяются на основании оценки пространственной гетерогенности и зависимости синхронно регистрируемых данных сторонних источников, а также сравнительной оценки фрагментов рядов, зарегистрированных в предшествующий момент.

4. Модели хранения данных, отличающиеся тем, что, с целью повышения реактивности программных средств и сокращения затрат физической памяти, реляционная, иерархическая и колончатая модели данных объединены на базе правил ссылочной целостности, а также комбинирования текстового и бинарного форматов описания как собственно данных, так и их метаданных.

5. Алгоритм визуализации пространственно-временного распределения геомагнитных данных, отличающийся тем, что для клиентского веб-рендеринга больших пространственных данных учитывается их пространственная анизотропия посредством комбинирования подходов, демонстрирующих наилучшие показатели реактивности в пространственных областях.

**Применительно к проблематике диссертации** результативно использован комплекс методов теоретико-множественного, теоретико-информационного и статистического анализа, информационного резервирования, машинного обучения, визуализации пространственных данных, а также реляционных и нереляционных моделей хранения данных;

**изложены** методологические основы обработки неоднородной пространственно-временной информации на основе теоретико-множественного, теоретико-информационного и статистического подходов;

**раскрыты** пространственно-временные характеристики информации и ее источников в системах поддержки принятия решений, определяющие порядок применения моделей и методов обработки, анализа и визуализации данных;

**изучены** преимущества и недостатки существующих подходов к обработке неоднородной пространственно-временной информации, выявлены особенности пространственно-временной зависимости данных в прикладных областях; результаты анализа проблемы информационной избыточности лиц, принимающих решения, обусловили необходимость разработки методологических основ обработки неоднородной пространственно-временной информации в системах поддержки принятия решений на основе технологий больших данных (на примере геомагнитных данных);

**проведена модернизация** методологических основ, комплекса моделей и методов обработки информации в системах поддержки принятия решений в условиях пространственно-временной зависимости данных, что обеспечило получение новых результатов по тематике диссертации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены:** методологические основы обработки неоднородной пространственно-временной информации; комплекс моделей и методов обработки информации при интеграции источников данных в гибридные хранилище систем поддержки принятия решений; методы восстановления временных рядов данных; модель хранения данных; алгоритм визуализации пространственно-временного распределения геомагнитных данных;

**определены** границы применимости методов и алгоритмов, а также перспективы их практического использования в системах поддержки принятия решений;

**создан** исследовательский прототип веб-ориентированного инструментально-программного средства обработки геомагнитной информации, реализующий предложенные методологические основы, комплекс моделей, методов и алгоритмов обработки неоднородной пространственно-временной информации;

**представлены** рекомендации для повышения эффективности обработки пространственно-временной информации в системах поддержки принятия решений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**Проведенные экспериментальные исследования** показали эффективность предложенных методологических основ, комплекса моделей, методов и алгоритмов обработки неоднородной пространственно-временной информации, что подтверждается актами внедрения;

**теория** обработки неоднородной пространственно-временной информации в системах поддержки принятия решений построена на известных положениях методов интеграции и конгломерации массивов данных, статистического анализа случайных величин, машинного обучения, системного анализа, теории множеств, теории баз данных, пространственного анализа, веб-программирования и создания аппаратно-зависимой компьютерной графики;

**идея базируется** на оценке зависимости эффективности применения моделей, методов и алгоритмов обработки неоднородной пространственно-временной информации от пространственной анизотропии ее теоретико-множественных описаний, теоретико-информационных и статистических характеристик;

**использованы** результаты сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

**установлено** в ходе проведения вычислительных экспериментов, что реализация информационных систем на базе предложенных методологических основ обработки неоднородных пространственно-временных данных, а также моделей и методов обработки информации без потери данных при интеграции гетерогенных источников данных позволяет повысить скорость сбора и обработки больших геомагнитных данных в среднем в 2,9 раза; методы восстановления временных рядов позволяют реконструировать пропущенные фрагменты геомагнитных данных с точностью 0,01–0,5 нТл, в зависимости от внешних факторов; модель хранения данных обеспечивает в условиях ограниченных вычислительных ресурсов повышение скорости геомагнитных данных в  $\sim 4$  раза и сокращение вычислительных затрат на их хранение в  $\sim 5$  раз по сравнению с известными подходами; алгоритм визуализации

пространственно-временного распределения данных позволяет повысить скорость рендеринга изображения в веб-среде в среднем на 18% по сравнению с аналогами; **использованы** современные модели и методы обработки и хранения информации (методы машинного обучения, обработки и хранения больших данных, а также алгоритмы визуализации пространственных данных).

Личный вклад соискателя состоит в разработке и внедрении методологических основ обработки неоднородной пространственно-временной информации, комплекса моделей и методов обработки информации при интеграции, гетерогенных источников данных в гибридные хранилище систем поддержки принятия решений, методов восстановления временных рядов данных, модели хранения данных, алгоритма визуализации пространственно-временного распределения геомагнитных данных; непосредственном участии в получении исходных данных и проведении научных экспериментов, в обработке и интерпретации экспериментальных данных, личном участии в апробации результатов исследования, в подготовке основных публикаций по работе и выступлении с докладами на научных конференциях.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что в диссертации:

- соблюдены установленные Положением о присуждении ученых степеней критерии, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени;
- отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученых степеней работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;
- соискатель ссылается на авторов и источники заимствования;
- оригинальность диссертационной работы составляет 89,34 %.

Диссертационная работа Воробьевой Гульнары Равилевны «Методологические основы обработки неоднородной пространственно-временной информации в системах поддержки принятия решений на основе технологий больших данных (на примере геомагнитных данных)» соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, в редакции с изменениями, утв. Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 года № 335), предъявляемых к докторским диссертациям.



Тема работы и содержание исследований соответствуют паспорту научной специальности ВАК 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы) по пунктам: п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», п. 8 «Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем», п. 12 «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации», п. 13 «Методы получения, анализа и обработки экспертной информации».

Диссертация Воробьевой Г.Р. является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема повышения эффективности процессов обработки информации в системах поддержки принятия решений, имеющая важное хозяйственное значение.

На заседании 01.12.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Воробьевой Г.Р. ученую степень доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информационные и технические системы).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0, воздержавшихся – 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



Антонов Вячеслав Викторович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Сметанина Ольга Николаевна

01 декабря 2020 года