

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ –  
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр  
Российской академии наук»  
(ИПМА КБНЦ РАН)

---

360000, КБР, г. Нальчик, ул. Шортанова, д. 89 А, тел. (+78662) 426661, e-mail: ipma@niipma.ru  
ОКПО 29639823 ОГРН 1020700760453 ИНН 0711026447 КПП 072543003

« 18 » 02 2026 г. № 01-13/14

В диссертационный совет  
Финансового университета  
Д 505.001.126 по защите  
диссертаций на соискание  
ученой степени кандидата  
наук, на соискание ученой  
степени доктора наук

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кочкарова Расула Ахматовича на тему  
«Модель и метод реконfigurирования структурно-динамической сетевой  
системы непрерывного пространственного мониторинга большой  
размерности», представленной на соискание ученой степени доктора  
технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ (технические науки)

#### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

Современный этап развития техники характеризуется экспоненциальным ростом сложности и размерности систем мониторинга, которые функционируют в условиях интенсивных дестабилизирующих факторов естественного и искусственного происхождения. Ключевым требованием к таким системам становится способность сохранять устойчивость и целостность при деструктивных воздействиях за счет оперативной адаптации своей структуры. Однако классические методы оптимизации и реконfigurации сталкиваются с проблемой аномальной вычислительной сложности при работе с системами большой размерности, что

делает невозможным принятие решений в реальном времени. Таким образом, разработка новых моделей и методов реконfigurирования структурно-динамических сетевых систем непрерывного пространственного мониторинга большой размерности (СДСС НПМ БР), обеспечивающих требуемую оперативность и сохранение функциональности, является актуальной научно-технической проблемой. Диссертационное исследование Кочкарова Р.А., направленное на решение этой проблемы, отвечает насущным потребностям развития наукоемких отраслей промышленности и оборонного комплекса.

### **Новизна исследований и полученных научных результатов.**

Основной научный результат диссертации заключается в создании метода реконfigurирования СДСС НПМ БР, основанного на применении аппарата предфрактальных графов и агрегированного показателя состояния системы, что позволяет преодолеть ограничения вычислительной сложности.

Научная новизна работы заключается в следующих положениях:

- разработана теоретико-графовая модель СДСС НПМ БР, отличающаяся использованием многовзвешенного предфрактального динамического графа, учитывающего иерархическую, самоподобную структуру системы и влияние деструктивных воздействий различной природы через набор недетерминированных весов, что позволяет формализовать пространство эффективных состояний системы;
- предложен новый комплексный показатель оценки состояния – агрегированный топологический индекс (АТИ), отличающийся объединением структурно-топологических характеристик в единое нормированное пространство с весовыми коэффициентами, определяемыми их чувствительностью к изменениям, что позволяет достоверно оценивать текущее состояние и принимать решения о необходимости реконfigurирования;
- разработан метод реконfigurирования СДСС НПМ БР, новизна которого заключается в совместном использовании построения начального графа конфигурации, динамической оценки АТИ и процедур многокритериальной оптимизации на предфрактальных графах, включая выделение условий разрешимости для ряда NP-полных задач, что обеспечивает сохранение структурно-функциональных характеристик системы на заданном уровне;
- создан программно-алгоритмический комплекс (ПАК), отличающийся включением новых параллельных алгоритмов (размещения кратного центра, медианы, выделения остовного леса), основанных на свойствах

предфрактальных графов и позволяющих сократить время реконфигурирования за счет иерархической декомпозиции и выбора оптимального алгоритма в зависимости от числа вычислителей и недетерминированности весов.

**Достоверность научных результатов** обеспечивается:

- корректным применением методов системного анализа, теории графов, многокритериальной оптимизации, нечетких множеств и параллельных вычислений;
- проведением вычислительных экспериментов на моделях большой размерности, подтвердивших эффективность предложенного метода (обеспечение заданного уровня АТИ в пределах расхождения 10 %, ускорение реконфигурирования от 14,8 % до 35,4 % по сравнению с известными методами, повышение точности оценки состояния на 12–18 процентных пунктов);
- широкой апробацией основных положений работы на 18 международных и всероссийских научных конференциях, включая авторитетные мероприятия ИПУ РАН, МГУ, а также на научных семинарах ведущих вузов, в том числе МФТИ;
- публикацией результатов в 41 научной работе, включая 4 авторские монографии, 24 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК (в том числе, квартилей K1, K2), а также 5 статей в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus (Q2, Q3);
- практическим внедрением результатов в деятельность ведущих предприятий (АО «НПП «Рубин», АО «Концерн «Созвездие», АО «НПП «Пульсар» и др.) и в учебный процесс ряда вузов, что подтверждено соответствующими документами.

**Практическая значимость работы** состоит в следующем:

- Разработанный метод реконфигурирования позволяет в реальном времени контролировать состояние СДСС НПП БР и формировать управляющие воздействия для обеспечения ее устойчивости и целостности в условиях деструктивных воздействий.
- Предложенные параллельные алгоритмы и подход к их разработке на предфрактальных графах создают основу для создания эффективного программного обеспечения систем мониторинга, снижая вычислительную сложность решения ключевых задач.
- Результаты исследования использованы в опытно-конструкторских и научно-исследовательских работах при создании перспективных образцов военной и

специальной техники, а также в системах управления сложными технологическими комплексами, что подтверждает их высокую практическую ценность.

### **Замечания и недостатки**

1. Из материалов автореферата не в полной мере ясна степень сравнительного анализа разработанного метода реконfigurирования с иными современными подходами к адаптации топологии сложных сетей, в частности с методами, основанными на эволюционных алгоритмах или роевом интеллекте. Представленное в работе сравнение по времени реконfigurирования с классическими алгоритмами (Флойда-Уоршелла, Прима) демонстрирует преимущество предложенного подхода, однако оценка качества получаемых решений (например, достигаемых значений агрегированного топологического индекса) в сопоставлении с упомянутыми эвристическими методами могла бы усилить доказательство его эффективности.

2. описании методики формирования агрегированного топологического индекса (АТИ) недостаточно полно раскрыт вопрос обоснования выбора конкретного набора структурно-топологических метрик ( $m_i$ ). Остается открытым вопрос об универсальности предложенного набора и о процедуре его адаптации для классов систем мониторинга, целевые функции которых существенно отличаются от рассмотренной в диссертации, что потребовало бы дополнительного исследования чувствительности АТИ к изменению состава метрик.

3. При изложении результатов разработки параллельных алгоритмов (размещения кратного центра, медианы, выделения остоного леса) следовало бы более детально охарактеризовать границы их применимости. В частности, требует обсуждения вопрос о том, в какой степени отклонение реальной структуры системы мониторинга от модели предфрактального графа влияет на заявленный выигрыш в вычислительной сложности и сохраняются ли гарантированные оценки времени выполнения алгоритмов для структур с иными типами регулярности или иерархии.

Указанные замечания носят рекомендательный характер, не снижают общей высокой ценности полученных научных результатов и не влияют на положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком профессиональном уровне.

### Заключение

Диссертационное исследование Кочкарова Расула Ахматовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научно-техническая проблема, имеющая важное значение для развития теории и практики моделирования и управления сложными сетевыми системами мониторинга. Работа соответствует всем критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертации, Кочкаров Расул Ахматович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Доктор физико-математических наук,  
доцент, директор Института прикладной  
математики и автоматизации КБНЦ РАН,  
главный научный сотрудник  
отдела дробного исчисления

Псху Арсен Владимирович

Организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр  
Российской академии наук» (КБНЦ РАН)  
Юридический адрес: 360000, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик,  
ул. Шортанова, 89-А  
Тел. (8662)426661  
E-mail: [ipma@niipma.ru](mailto:ipma@niipma.ru)

Подпись Псху А.В. ЗАВЕРЯЮ  
Ученый секретарь ИПМА КБНЦ РАН,  
к.ф.-м.н.

К.У. Хубиев

Д  
Е  
«

Г  
Л  
:



От  
утв