

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора Олейниковой Светланы Александровны на диссертационную работу Филатова Александра Сергеевича на тему «Обработка и кластеризация спектральных данных жидких сред», представленную на соискание степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

### **Актуальность темы исследования**

Современные задачи обработки и анализа сложной измерительной информации требуют применения системного подхода, обеспечивающего согласованное использование методов предварительной обработки данных, анализа их структуры и интерпретации результатов при принятии решений. В условиях цифровизации промышленности, аналитической химии и смежных отраслей это особенно актуально для спектральных методов анализа, позволяющих получать детальную информацию о физико-химических свойствах веществ и сред в неразрушающем режиме. Существенную роль в этих процессах играют методы спектрального анализа, позволяющие получать детальную информацию о физико-химических свойствах веществ и сред в неразрушающем режиме. При этом развитие измерительной аппаратуры приводит к резкому увеличению объемов и размерности спектральных данных, что существенно усложняет их интерпретацию и ограничивает возможности применения традиционных методов обработки и анализа.

На практике анализ спектральных данных жидких сред сопровождается рядом принципиальных проблем. Во-первых, высокая размерность спектров и наличие шумов, фоновых искажающих факторов приводят к снижению информативности стандартных метрических представлений и ухудшению различимости объектов в признаковом пространстве. Во-вторых, использование разрозненных этапов обработки — предварительной фильтрации, снижения размерности, кластеризации и визуализации — без единой методической и программной основы затрудняет воспроизводимость результатов и снижает достоверность принимаемых решений. В-третьих, во многих прикладных задачах контроль качества жидких сред осуществляется в условиях ограниченного времени и вычислительных ресурсов, что предъявляет дополнительные требования к эффективности и устойчивости используемых алгоритмов обработки информации.

Отсутствие комплексного системного подхода к формированию цифровых представлений спектральных данных и их последующему анализу приводит к тому, что значительная часть информации, содержащейся в исходных измерениях, либо не используется, либо интерпретируется некорректно.

Это, в свою очередь, снижает точность кластеризации и классификации образцов, ограничивает возможности автоматизации процессов контроля

качества и затрудняет интеграцию аналитических методов в интеллектуальные программные системы поддержки принятия решений. В условиях промышленного применения подобные ограничения могут приводить к увеличению рисков, снижению стабильности технологических процессов и росту издержек, связанных с необходимостью дополнительных лабораторных исследований.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка методов обработки спектральных данных, ориентированных на системный анализ структуры информации, формирование устойчивых и информативных цифровых образов объектов, а также на использование современных алгоритмов машинного обучения и кластерного анализа.

Важным аспектом является также создание специализированного программного обеспечения, обеспечивающего интеграцию этапов обработки, хранения и анализа данных, а также возможность включения разработанных методов в состав экспертно-нейросетевых и интеллектуальных информационных систем.

Таким образом, тематика диссертационного исследования, ориентированная на повышение достоверности оценки качества жидких сред на основе разработки методики формирования и распознавания их цифровых образов с использованием методов обработки и кластеризации спектральных данных, является, безусловно, актуальной. Рассматриваемые в работе задачи и предложенные подходы находятся в русле современных направлений системного анализа и обработки информации, соответствуют текущим потребностям науки и практики и отвечают требованиям, предъявляемым к исследованиям по научной специальности 2.3.1.

### **Краткое содержание диссертационной работы**

Работа имеет логичную структуру и включает введение, четыре главы, заключение, список литературы и приложения.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, а также показано соответствие работы научной специальности 2.3.1, ориентированной на задачи системного анализа, обработки информации и разработки программных средств.

В первой главе выполнен аналитический обзор методов представления и обработки спектральных данных. Рассмотрены основные подходы к предварительной обработке, снижению размерности и кластерному анализу, а также выявлены ограничения традиционных методов при работе с высокоразмерными спектральными данными и необходимости их интеграции в автоматизированные и интеллектуальные системы анализа.

Во второй главе изложен методический аппарат исследования, включающий описание применяемых методов предварительной обработки, алгоритмов снижения размерности, метрик сходства и методов кластеризации. Обоснован выбор используемых алгоритмов и показаны их

особенности с точки зрения анализа структуры данных и вычислительной эффективности.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию и системному анализу результатов. В ней проведена сравнительная оценка различных сочетаний методов обработки и кластеризации спектральных данных с использованием объективных метрик качества. На основе полученных результатов предложена методика формирования цифровых образов жидких сред и подтверждена ее эффективность и устойчивость на реальных и больших объемах данных.

В четвертой главе представлено разработанное программное обеспечение, описана архитектура системы и структура базы данных, а также показана интеграция разработанных методов в экспертно-нейросетевую систему. Практическая значимость работы подтверждена наличием свидетельств о регистрации программных продуктов и актов внедрения.

В заключении сформулированы основные выводы и обобщены результаты выполненного исследования, подтверждающие достижение поставленной цели и решение заявленных задач.

#### **Степень достоверности и обоснованности полученных результатов**

Достоверность и обоснованность научных результатов, представленных в диссертационной работе Филатова А.С., обеспечиваются корректно выбранной методологией исследования, использованием современных и апробированных методов обработки и анализа информации, а также достаточным объемом экспериментальных исследований.

В работе применен комплексный системный подход к анализу спектральных данных, включающий этапы предварительной обработки, снижения размерности, кластеризации и оценки качества полученных результатов. Используемые алгоритмы и методы относятся к широко известным и признанным в научном сообществе средствам анализа многомерных данных, что обеспечивает корректность их применения и интерпретации результатов. Выбор конкретных методов и параметров обоснован с учетом особенностей структуры спектральных данных и решаемых прикладных задач.

Обоснованность полученных выводов подтверждается проведением сравнительного анализа различных сочетаний алгоритмов обработки данных с использованием объективных и общепринятых метрик качества кластеризации. Автором показана воспроизводимость результатов при варьировании параметров и входных данных, а также выявлены устойчивые закономерности, отражающие влияние этапов предварительной обработки и выбора метрик сходства на качество кластерного разбиения. Это свидетельствует о корректности сделанных выводов и отсутствии случайного характера полученных результатов.

Дополнительным фактором, подтверждающим достоверность результатов, является реализация разработанных методов в виде программного обеспечения и их практическая апробация. Проведенные

вычислительные эксперименты, анализ производительности и внедрение разработанных решений в составе программных и экспертно-нейросетевых систем демонстрируют их работоспособность и применимость в реальных условиях обработки спектральной информации.

Следует также отметить, что основные положения диссертационной работы прошли апробацию в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и докладов на научных конференциях, что дополнительно подтверждает научную состоятельность и обоснованность полученных результатов.

В совокупности изложенное позволяет сделать вывод о том, что представленные в диссертационной работе научные результаты являются достоверными, обоснованными и получены с использованием корректных методов системного анализа и обработки информации.

### **Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Новизна диссертационного исследования Филатова А.С. заключается в разработке и обосновании системного подхода к обработке и анализу спектральных данных жидких сред, ориентированного на повышение достоверности их кластеризации и последующей интерпретации в задачах оценки качества. В работе получены новые научно обоснованные результаты, расширяющие существующие представления о комплексном использовании методов предварительной обработки, снижения размерности и анализа структуры многомерных данных в рамках единой аналитической схемы.

В ходе исследования предложен и реализован подход к формированию цифровых образов жидких сред, отличающийся учетом особенностей спектральных данных и адаптацией мер сходства, что позволило повысить устойчивость и информативность получаемых представлений. На основе проведенного анализа получены новые выводы о влиянии различных этапов обработки информации и параметров алгоритмов на качество кластерного разбиения, что имеет значение для построения воспроизводимых и надежных моделей анализа спектральных данных.

В диссертационной работе обоснованы рекомендации по выбору и сочетанию алгоритмов обработки и кластеризации спектральной информации в зависимости от характеристик исходных данных, что расширяет возможности практического применения методов системного анализа и обработки информации в составе интеллектуальных и программных систем. Полученные выводы и рекомендации подтверждены результатами вычислительных экспериментов и реализованы в виде программного обеспечения, что обеспечивает их практическую применимость и воспроизводимость.

## **Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов**

Значимость полученных в диссертационной работе Филатова А.С. результатов для науки заключается в развитии методов системного анализа и обработки спектральной информации в задачах оценки качества жидких сред. В работе расширены представления о комплексном использовании этапов предварительной обработки, снижения размерности и кластерного анализа при работе с высокоразмерными спектральными данными. Полученные автором результаты и выводы уточняют роль отдельных этапов обработки информации и их взаимосвязь с качеством анализа структуры данных, что имеет значение для дальнейших исследований в области анализа многомерных данных и интеллектуальных информационных систем.

Производственная значимость работы подтверждается внедрением полученных результатов в деятельности научных и промышленных организаций, что отражено в соответствующих актах внедрения. Разработанные решения могут быть использованы при проектировании программных комплексов для анализа спектральных данных, в составе экспертно-нейросетевых и интеллектуальных систем, а также в смежных прикладных задачах обработки многомерной измерительной информации в химической промышленности, приборостроении и других отраслях.

### **Критические замечания**

1. Во второй главе представлен широкий набор методов предварительной обработки, снижения размерности и кластеризации. Вместе с тем не для всех методов в явном виде приведены ограничения их применимости, связанные с размером выборки и вычислительной сложностью, что могло бы быть полезно при практическом использовании разработанной методики.

2. Во второй главе параметры используемых алгоритмов снижения размерности и кластеризации в основном задаются в общем виде. В частности, при описании алгоритмов t-SNE, UMAP и плотностных методов кластеризации не в полной мере раскрыты принципы выбора ключевых гиперпараметров (число соседей, параметры плотности и т.д.).

3. Работа выиграла бы от более формализованного описания предложенной методики в виде целостного алгоритма с четко выделенными этапами и условиями применимости, что позволило бы яснее обозначить ее место среди существующих подходов.

4. Рассмотрение устойчивости результатов при изменении условий измерений или при добавлении шумов позволило бы более полно охарактеризовать надежность разработанного подхода.

5. В работе предложена поэтапная схема обработки спектральных данных, однако системная декомпозиция данной схемы с явным выделением входных и выходных параметров отдельных этапов (предварительная обработка, снижение размерности, кластеризация) представлена недостаточно.

## Заключение

Диссертационная работа Филатова А.С. представляет собой завершенное научно-квалификационное исследование, посвященное решению актуальной научно-практической задачи в области системного анализа, обработки информации и разработки программных средств для анализа спектральных данных. В работе получены научно обоснованные результаты, характеризующиеся достаточной степенью новизны, теоретической и практической значимости, а также подтвержденные результатами вычислительных экспериментов и практической апробации. Содержание диссертации, ее структура и изложение материала соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а основные положения и выводы аргументированы и логически вытекают из проведенных исследований.

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.3.1. и требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Филатов Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1.

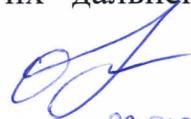
### Официальный оппонент:

Олейникова Светлана Александровна,  
доктор технических наук, профессор, профессор  
кафедры автоматизированных и вычислительных  
систем

  
27.01.2026

Докторская диссертация защищена по специальности: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Я, Олейникова Светлана Александровна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.287.01 на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» и их дальнейшую обработку, и размещение.

  
27.01.2026

С.А. Олейникова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Телефон: +7(473) 207-22-20

e-mail: rector@vorstu.ru

Подпись Олейниковой С.А. заверяю



Проректор по науке и инновациям ВГТУ,

д.т.н., доц. А.В. Башкиров

  
28.01.2026