

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РОС-  
СИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(СПИИРАН)

199178 Санкт-Петербург, 14 линия, д.39. Тел.:(812)328-3311 Факс: (812) 328-4450;  
E-mail: spiiiran@iias.spb.su; http://www.spiiras.nw.ru  
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411 ИНН/КПП 7801003920/780101001

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

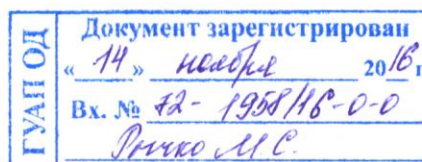
на диссертацию Алексея Петровича Козионова *Контроль состояния грунтовых дамб на основе интеллектуального анализа данных*, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — *Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий*

### Актуальность избранной темы научного исследования

Диссертация Козионова А.П. посвящена решению актуальной научно-технической задачи разработки методов и алгоритмов контроля состояния грунтовых дамб на основе применения методов интеллектуального анализа данных.

Применение систем оперативного контроля состояния дамб с целью превентивного обнаружения аварий на ранних этапах их зарождения является актуальной задачей. Неотъемлемой составляющей системы контроля состояния являются алгоритмы контроля, которые должны идентифицировать состояние объекта контроля по контролируемым сигналам датчиков, установленных в дамбе. Особенность контроля состояния грунтовых дамб заключается в высоком уровне априорной неопределённости моделей контролируемых параметров и области допустимых значений контролируемых параметров.

Современные тенденции развития систем контроля сложных объектов показали, что повышение эффективности контроля может быть достигнуто при применении методов интеллектуального анализа данных для обработки контрольной информации и принятия решений.



## Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, списка используемой литературы из 111 наименований. Работа изложена на 145 страницах, включая 84 рисунка и 7 таблиц.

**Во введении** рассмотрена актуальность работы, определена цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая ценность результатов исследования, а также даны положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** носит обзорный характер. Описываются виды и причины аварий на грунтовых дамбах, приводится статистика.

Содержатся сравнительный анализ систем и методов мониторинга и контроля состояния гидротехнических сооружений, в частности дамб из грунтовых материалов. Автором сформулированы основные трудности, характерные для контроля состояния дамб, вызванные высоким уровнем априорной неопределенности моделей контролируемых параметров и области допустимых значений контролируемых параметров.

Приведено описание аппаратной части системы контроля состояния дамб, для которой автором в последующих разделах диссертации разработаны метод и алгоритмы контроля.

Автором сформулированы условия для исследования и разработки метода и алгоритмов контроля, а также принципы интеллектуализации.

**Вторая глава** диссертации посвящена предлагаемому методу контроля состояния грунтовых дамб.

В предлагаемом автором методе упор делается на применение методов интеллектуального анализа данных. Метод состоит из двух основных режимов: «обучения» и «контроля». В режиме «обучения» алгоритмы настраиваются на доступных исторических данных о нормальном состоянии дамбы, тем самым формируется область допустимых значений для контролируемых параметров и признаков выделенных из контролируемых параметров. В режиме «контроля» алгоритмы идентифицируют текущее состояние дамбы.

Для выделения признаков из контролируемых параметров предлагается использовать методы частотно-временного анализа — оконное преобразование Фурье и вейвлет-преобразование — ввиду следующих причин: наличие возможности обнаружения аномалий в динамических свойствах сигнала; наличие возможности обнаружения сингулярностей (выбросов, разладки); разложение нестационарного сложного сигнала на выбранном



интервале времени на более простые составляющие.

В качестве метода идентификации состояния автор предлагает использование нечетких классификаторов, а именно классификатора «нейронные облака».

**Третья глава** диссертации посвящена разработанным алгоритмам контроля состояния грунтовых дамб.

Представлен алгоритм восстановления пропусков в контролируемых сигналах на основе модели авторегрессии, проведено алгоритма с алгоритмами на основе «Гусеница-SSA», преобразования Фурье и линейной интерполяции.

Основанная часть третьей главы посвящена алгоритмам контроля состояния дамб. Представлены три алгоритма:

- алгоритм контроля состояния дамб на основе интеллектуального анализа одномерных контролируемых сигналов с использованием оконного преобразования Фурье, а также с использованием вейвлет-преобразования;
- алгоритмы контроля состояния дамб на основе интеллектуального анализа одномерных контролируемых сигналов и алгоритмы для контроля состояния дамб на основе анализа частотно-временных зависимостей между контролируруемыми сигналами;
- алгоритм контроля состояния дамб на основе модели вход-выход.

Представлены результаты апробации и сравнительного анализ алгоритмов на реальных данных с имеющимися реальными примерами аномального состояния; проведен сравнительный анализ алгоритмов на реальных данных искусственно сгенерированными «типowymi» примерами аномального поведения сигналов.

**Четвертая глава** посвящена апробации разработанного метода и алгоритмов контроля состояния дамб, в рамках серии экспериментов по разрушению дамб IJkDijk: «Восточная дамба» и «Южная дамба», где была показана эффективность разработанных алгоритмов.

В **заключении** сформулированы основные результаты работы.

#### **Научная новизна полученных результатов**

Наиболее существенными научными результатами являются следующие:

1. Метод контроля состояния дамб на основе применения интеллектуального анализа данных и искусственного интеллекта, позволяющий оценить область допустимых значений для контролируемых параметров на основе их исторических записей о нормальном состоянии дамбы (посредством обучения) и информировать оператора или другие системы в случае отклонения состояния дамбы от нормального.

2. Разработан универсальный алгоритм контроля состояния дамб на основе частотно-временного анализа контролируемых одномерных сигналов, позволяющий обнаруживать аномальное состояние как с использованием сигналов датчиков инклинометров и акселерометров, так и сигналов датчиков порового давления в условиях непараметрической неопределенности моделей контролируемых параметров.

3. Разработан новый алгоритм контроля состояния дамб на основе анализа частотно-временной зависимости между контролируемыми сигналами датчиков в условиях непараметрической неопределенности моделей контролируемых параметров. Для этого алгоритма отсутствует проблема устойчивости, характерная для моделей вход-выход.

4. Разработан и впервые применен для контроля состояния дамб алгоритм контроля состояния дамб на основе анализа модели вход-выход между контролируемыми сигналами.

#### **Степень обоснованности и достоверности научных результатов положений и выводов**

Предложенные в диссертации оригинальные модели и алгоритмы теоретически обоснованы и не противоречат известным положениям в публикациях других авторов. Достоверность полученных в работе результатов и выводов подтверждаются корректным использованием положений математического моделирования, математической статистики (в условиях априорной неопределённости), линейной алгебры, теории цифровой обработки сигналов, теории частотно-временного анализа, теории вейвлетов, теории интеллектуального анализа данных и искусственного интеллекта.

Достоверность и обоснованность полученных в работе положений, выводов и рекомендаций подтверждается 7-ю работам опубликованными в изданиях из списка научных рецензируемых изданий, установленного Минобрнауки РФ, а также 4 патентами в Европейском Союзе, в России патенты находятся в стадии заявок, также имеются публикации на конференциях.

#### **Теоретическая и практическая значимость выводов и результатов**

К результатам и выводам диссертационного исследования, имеющими теоритическую и практическую ценность стоит отнести разработанные эффективный метод и алгоритмы контроля состояния дамб на основе методов интеллектуального анализа данных.

Результаты диссертационного исследования были внедрены при разработке системы контроля состояния дамб в компании «ООО «Сименс», что подтверждено соответствующим актом. По результатам исследования, также было опубликовано 4 патентами в Европейском Союзе, в России патенты находятся в стадии заявок, что свидетельствует о практической



значимости работы.

Стоит отметить, что А.П. Козионов был удостоен стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (2012–2015 гг.).

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В диссертации целый раздел «3.1 Алгоритм предварительной обработки исторических записей контролируемых параметров» посвящен алгоритмам восстановления пропусков в контролируемых сигналах, но, не смотря на важность решения данной задачи, она не отражена в решаемых задачах диссертационного исследования.

2. Не рассмотрен процесс оценки качества контроля алгоритмов в процессе эксплуатации. Вопросы и процедуры перенастройки (переобучения) алгоритмов контроля не рассмотрены в диссертации.

3. В случае алгоритмов на основе вейвлет-преобразования не представлено влияние используемых вейвлет-функций на качество контроля.

4. Не освещен вопрос о величине исторической выборки, необходимой для настройки алгоритмов контроля состояния грунтовых дамб.

5. В разделе 3 при моделировании аномалий и сравнении эффективности алгоритмов не описан тип используемого ядра для «метода одноклассовых опорных векторов».

6. В работе приведены только результаты статистического анализа качества контроля (условные вероятности ложноположительного и ложноотрицательного срабатывания).

7. Результаты статистической оценки вероятности ложноотрицательного срабатывания приведены в виде кривых и в таблицах в зависимости от параметров аномалий, но не приведены к одному значению для каждого алгоритма.

8. В разделах 2.2 и 2.4 дублируется абзац с описанием преимуществ использования методов частотно-временного анализа.

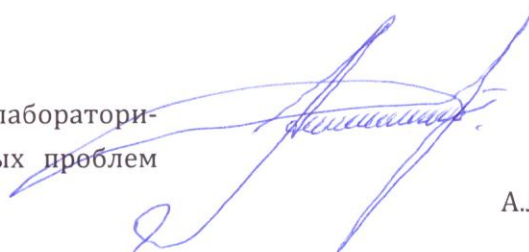
9. В автореферате диссертации не отражены принципы интеллектуализации контроля.

Указанные замечания не являются определяющими при оценке диссертационного

исследования.

Считаю, что диссертационная работа Козионова Алексея Петровича «Контроль состояния грунтовых дамб на основе интеллектуального анализа данных» удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям; а ее автор Алексей Петрович Козионов достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — *Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий*.

Официальный оппонент — заведующий лабораторией теоретических и междисциплинарных проблем информатики СПИИРАН, д.ф.-м.н., доцент



А.Л. Тулупьев

08 ноября 2016 г.

*Личную подпись руки Александра Львовича ТУЛУПЬЕВА, заведующего лабораторией теоретических и междисциплинарных проблем информатики и автоматизации СПИИРАН, доктора физико-математических наук, доцента, удостоверяю.*

Ученый секретарь СПИИРАН,

к.в.н., доцент



Е.П. Силла

08 ноября 2016 г.