

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Алямкина Сергея Анатольевича

### «КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В СЕЙСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ИХ ДВИЖЕНИЯ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Работа посвящена разработке методов сопровождения и классификации объектов в сейсмической системе обнаружения. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 124 страницы текста, включая 65 рисунков, 15 таблиц, а также список литературы из 60 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследований, определены цели и задачи работы, сформулирована научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен краткий обзор методов классификации движущихся объектов с указанием используемых методов и параметров классификации. Представлен обзор методов сопровождения объектов, используемых в сейсмических системах обнаружения, приведены их основные преимущества и недостатки.

**Во второй главе** рассмотрены алгоритмы обнаружения объектов классов «Пешеход» и «Автомобиль» на основе обработки одноканального сейсмического сигнала, разработанные автором. Показаны ограничения данных методов, а именно низкая помехоустойчивость вследствие недостаточной информативности признаков. Предложен подход для улучшения эффективности алгоритмов распознавания в ССО, который заключается в использовании дополнительных информативных признаков, полученных с использованием информации о траектории движения объекта. Предложенный подход лег в основу диссертационной работы.

**В третьей главе** предложен метод пеленгования одиночного движущегося объекта, который заключался в оптимизации метода, предложенного в работе Чистовой Г.К., «Методы измерения временных задержек сейсмических сигналов территориально распределенной радиотехнической системы охраны». Оптимизация заключалась в использовании клиппированной функции корреляции для расчета временных задержек между каналами. Показано, что использование данного метода пеленгования не позволяет сопровождать 2 и более объектов, в связи с этим был предложен метод широкополосной обработки 2х канального сейсмического сигнала, позволяющий пеленговать несколько объектов.

**В четвертой главе** проведено сравнение метода фильтрации Калмана и фильтра частиц в задаче уточнения положения точек траектории движущегося объекта, полученных на основе метода триангуляции. Приведены результаты сравнения.

**В пятой главе** проведен анализ дополнительных признаков классификации объектов, полученных с использованием информации о траектории движения объекта. Следующие признаки получены с использованием информации о траектории движения объекта: скорость движения объекта, интенсивность источника сейсмических колебаний. В главе предложен метод последовательного уточнения класса объекта, который бинарного классификатора – метода опорных векторов – позволяет классифицировать следующие классы объектов: «Пешеход», «Группа», «Автомобиль», «Животное», «Шум».

**В заключении** сформулированы основные выводы и результаты работы.

**Актуальность** работы не вызывает сомнений. Сейсмические системы охраны относятся к числу наиболее перспективных технических средств охраны наземных объектов и границ. Они имеют существенные преимущества перед активными охраняемыми системами, поскольку очень часто скрытность установки, присущая пассивным системам, является решающим фактором. Для грамотного построения таких систем особенно важна теоретическая база, подтвержденная компьютерным моделированием и экспериментальными исследованиями, все это присутствует в работе С.А. Алямкина.

**Новизна** работы подтверждена научными результатами, полученными автором, наиболее интересные из них:

- метод пеленгования нескольких объектов на основе обработке двухканального сейсмического сигнала;
- метод выделения импульсов в сейсмическом сигнале, соответствующих движению объекта;
- метод классификации движущихся объектов с учетом параметров их движения;

**Достоверность** теоретических результатов работы, подтверждается как экспериментальными данными, представленными в известных работах, так и собственными исследованиями автора, подтверждающими эти результаты, а также адекватным математическим аппаратом, используемым при исследовании.

**Достоверность** экспериментальных результатов не вызывает сомнения, поскольку при проведении экспериментов использовалась прошедшая соответствующую приемку и серийно выпускаемая сейсмическая система охраны «Радиобарьер», испытания проводились на реальных полигонах.

Работа С.А. Алямкина прошла достаточную **апробацию**, ее содержание изложено в публикациях, 4 из которых – статьи в изданиях, включенных в список ведущих рецензируемых журналов.

Налицо и **практическая значимость диссертации**: ее результаты использованы для модернизации серийно выпускаемой ССО «Радиобарьер», что подтверждается соответствующим актом. Модернизация позволила повысить точность метода сопровождения движущегося объекта, уменьшить вероятности ложных срабатываний и пропуска объектов без увеличения числа используемых сейсмоприемников в расчете на 1 километр рубежа.

### **Замечания:**

1. В работе одним из главных критериев качества системы объявлена низкая ресурсоёмкость алгоритмов. В п.2.1.2 при решении задачи обнаружения пешехода для каждого нового отсчёта вычисляется автокорреляционная функция, анализ её параметров производится 1 раз в секунду. При этом для расчёта автокорреляционной функции используется классический алгоритм на основе суммы произведений двух сигналов с трудоёмкостью  $O(n^2)$ . Что мешает производить вычисление автокорреляционной функции через БПФ с более низкой трудоёмкостью  $O(n \times \log n)$  с длиной окна той же длины?

2. В тексте работы не приводятся предъявляемых требований ко времени реакции системы на целевые события. Это важно в контексте допустимых к использованию алгоритмов: при увеличении окна входного буфера данных увеличивается задержка реакции системы, но также проявляется и выигрыш от логарифмической трудоёмкости БПФ и дискретного вейвлет-преобразования. Интересно было бы посмотреть сравнение реализаций на основе БПФ и предложенной клипированной корреляционной функцией.

3. На стр. 22 автор критикует методы обнаружения событий с использованием вейвлет-преобразования как слишком ресурсоёмкие, что не мешает ему использовать данный аппарат в решении аналогичных задач.

4. В тексте присутствуют смысловые ошибки. Так, в п.1 раздела «Научная новизна» диссертации прилагательное «полученного» по смыслу не связано ни с одним существительным. То же касается и п.1 раздела «Научная новизна» автореферата.

5. В тексте присутствует ряд опечаток и синтаксических ошибок.

### **Заключение**

Диссертация С.А. Алямкина является завершённым научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне, обладающим внутренним единством и последовательностью изложения. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на большом числе исходных данных, примеров и расчетов. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют большое значение для решения важной прикладной задачи – совершенствования техники пассивных сейсмических систем охраны в части повышения точности траекторного анализа и вероятности правильной классификации движущихся объектов.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Работа Алямкина Сергея Анатольевича по своей теоретической и практической значимости соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный сотрудник  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института вычислительной математики и  
математической геофизики  
Сибирского отделения РАН, к.т.н.



С.А. Авроров

Подпись к.т.н. Сергея Александровича Авророва заверяю:  
ученый секретарь Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института вычислительной математики и  
математической геофизики Сибирского отделения РАН,  
к.ф.-м.н.

630090, г. Новосибирск, проспект акад.Лаврентьева 6

Тел.: (383) 330-76-90

Факс: (383) 330-87-83

E-mail: marchenko@scc.ru



М.А. Марченко