

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., проф. Спектора А.А.
на диссертацию 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

1. Актуальность темы

В обеспечении комплексной безопасности объектов все возрастающую роль играют периметровые технические системы охраны, среди которых происходит стремительный рост интереса к сейсмическим системам охраны (ССО). В качестве основных причин обычно указывают на скрытность ССО, поскольку все ее элементы визуально не наблюдаемы из-за погружения в грунт, а работа происходит в пассивном режиме.

Реже упоминают другое важнейшее качество ССО – многофункциональность. По существу, ССО решают те же задачи, что и радиолокационные системы – обнаружение сейсмически активных объектов, их классификацию, траекторные измерения. Это, в принципе, дает право говорить о появлении новой разновидности локации – сейсмической локации.

Основным фактором, который делает возможным решение перечисленных задач, является использование в ССО цифровой обработки сигналов, основанной на современных принципах теории случайных сигналов и методов их обработки. Современное состояние в развитии ССО характеризуется высоким вниманием к математическому обеспечению, от уровня которого напрямую зависит эффективность создаваемых изделий.

Диссертация С.А. Алямкина посвящена решению задач именно в этой области, что обеспечивает ей безусловную актуальность.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Круг рассмотренных в диссертации вопросов весьма обширен. В *первой, обзорной главе* на основе анализа опубликованных данных

приводятся сведения о сейсмических волнах, общих свойствах сейсмических сигналов, сейсмических системах охраны, алгоритмах обнаружения в ССО, оценках траектории движущихся объектов. Достаточно доказательно на этом фоне выглядит комплект задач исследования, которые ставит перед собой автор диссертации: действительно, все решаемые далее научные проблемы требуют своего разрешения.

Во второй главе рассматривается обнаружение объектов, обладающих сейсмической активностью. Обсуждается обнаружение двух типов движущихся объектов – человека и автомобиля. По существу, рассматриваются вопросы обеспечения бинарной классификации применительно к этим двум типам объектов. Предложены и экспериментально исследованы векторы параметров, используемые в качестве признаков при классифицированном обнаружении. Основные выводы сводятся к тому, что для достижения высоких характеристик качества недостаточно использования лишь сигналов отдельного сейсмического датчика (скалярного сигнала).

В третьей главе развита технология измерения пеленга движущегося сейсмически активного объекта. Автором предложен метод измерения азимута, основанный на оценивании временных задержек сигналов, принятых двумя разнесенными датчиками.

Серьезной проблемой является обработка сигналов в пеленгаторе при наличии нескольких объектов. Ее причина состоит в большой ширине эквивалентной диаграммы направленности, образуемой парой разнесенных датчиков. Автором предложены оригинальные методы виртуального увеличения числа датчиков за счет специальной обработки сигналов. Особого интереса заслуживает метод, основанный на использовании узкополосных фильтров, на выходах которых образуются квазигармонические колебания. Каждый из полученных узкополосных сигналов используется для образования локальной пеленгационной базы, а результат их объединения обладает свойствами антенной решетки с большим (определяемым числом узкополосных фильтров) числом приемных элементов. Как показали эксперименты, благодаря этому удается добиться разрешения нескольких объектов, одновременно находящихся в поле зрения системы.

Четвертая глава посвящена задаче траекторного анализа сигналов, создаваемых движущимися объектами. Сущность задачи состоит в

получении текущих оценок координат местоположения объекта и вектора скорости его движения. В качестве входного материала для построения траектории используются первичные оценки, получаемые при пеленгации. Таким образом, эта глава тесно увязывается с главой предыдущей.

Применительно к решаемой задаче, автор рассматривает три варианта векторной фильтрации: обычный фильтр Калмана, расширенный фильтр Калмана и фильтр частиц, представляющий собой рандомизированное оценивание на базе метода Монте-Карло. Дано описание всех алгоритмов и выполнено экспериментальное исследование их точности. В результате установлена неприемлемость фильтра Калмана (вполне ожидаемая, т.к. задача является существенно нелинейной). Два других метода близки по точности оценивания вектора траекторных параметров, однако метод частиц требует для своей реализации существенно больших вычислительных расходов.

Пятая глава посвящена рассмотрению задачи классификации объектов. Предложена общая схема решения проблемы, представляющая собой комбинацию различных бинарных классификаторов. В качестве признаков используются результаты траекторных измерений (длина построенной траектории, скорость движения объекта), а также результаты измерений временных параметров сейсмических сигналов (частота колебаний корреляционной функции, распределение интервалов между импульсами).

Эффективность подробно исследуется экспериментальным путем. Эксперименты проводились на ряде полигонов на территории России с использованием сейсмической установки, содержащей три датчика. Результаты показали весьма высокое качество классификации, вероятности правильных решений находятся в пределах 0,95- 0,98, что для сейсмических технологий представляется качественно важным.

3. Оценка новизны и достоверности

Все методы, характеристика которых дана выше, предложены автором, опубликованы в его работах и, без сомнения, являются новыми научными результатами. К ним относятся:

- Методы создания виртуальных антенных решеток на базе ограниченного числа (всего двух) реальных сейсмических датчиков,

позволяющие обеспечить угловое разрешение источников сейсмических волн;

- Методы траекторных измерений на основе расширенного фильтра Калмана и фильтра частиц;
- Метод классификации сейсмических объектов, в котором получила развитие идея об использовании характеристик движения объекта для его классификации, что существенно повлияло на вероятность правильной классификации.

О достоверности полученных результатов свидетельствуют корректность применения классических методов обработки сигналов в информационных системах, опубликованность всех основных положений в рецензируемых журналах, а также (что является самым основным) экспериментальные исследования по всем основным пунктам решаемой задачи, подтвердившие высокую эффективность алгоритмов, разработанных в диссертации.

4. Замечания к диссертации

4.1. Название диссертации отражает лишь часть содержания – классификацию объектов. Ее содержание значительно шире, т.к. включает достаточно масштабные исследования других сейсмолокационных задач (обнаружение объектов, трассировка).

4.2. В постановочных разделах диссертации говорится о таких требованиях к ССО как "время автономной работы не менее 2-х лет", "ограниченное число сейсмоприемников". В основной части диссертации эти требования рассматриваются лишь как качественные комментарии к тем или иным принимаемым решениям. Отсутствует их количественное влияние на структуру создаваемых алгоритмов. При всей трудности учета этого влияния, наблюдается некоторый разнобой в обосновании задач и методах их решения.

4.3. Недостаточна четкость формулировок некоторых задач. Так во второй главе, посвященной обнаружению сигналов, происходят перескоки на обсуждение задачи классификации. Это же относится и к другим разделам диссертации.

4.4. Вызывает вопросы рис.2.19, иллюстрирующий обнаружение человека по признаку корреляционного контраста. Согласно записи сигнала

импульсы шагов начинают наблюдаться на 80-й секунде, а его обнаружение происходит, начиная с 75-й секунды.

4.5. Предложенный метод сейсмического пеленгования основан на измерении относительных задержек сигналов на различных датчиках. Предполагается, что фронт поступающей сейсмической волны является плоским, следовательно, метод адекватен для достаточно удаленных объектов. Вопрос о рамках использования метода в работе обсуждается недостаточно.

4.6. Имеются погрешности редакционно-оформительского характера. Так в тексте диссертации говорится о публикации "4-х статей в изданиях, внесенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций", а в библиографическом списке приведено лишь три статьи, и при этом одна из них указана дважды (под номерами 8 и 35). В действительности же автором опубликовано 4 статьи в журналах указанного уровня, две из которых не нашли отражения в библиографическом списке. Корректный список публикаций приведен в автореферате.

На рис.1.3. говорится о положении ОЦМТ без расшифровки этой аббревиатуры.

При пояснении ряда рисунков делаются ссылки на цветовое различие линий, однако все распечатки выполнены в монохроматическом виде.

Общее заключение по диссертации

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, развивающей новые методы обработки сигналов в сейсмических системах охраны. Предложенные и развитые в диссертации методы могут стать основой создания новых эффективных изделий, обладающих высокими характеристиками качества охраны рубежей. Автор демонстрирует высокий общий теоретический уровень, показывает способность самостоятельно ставить и решать сложные задачи обработки информации. Владеет навыками математического моделирования, постановки современного научного эксперимента.

Результаты диссертации достаточно полно опубликованы в научной печати.

Содержание автореферата соответствует диссертации.

Считаю, что защищаемая работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, соответствует научной специальности, а ее автор С.А. Алямкин заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
Теоретических основ радиотехники
Новосибирского государственного
технического университета



А.А. Спектор

Адрес: 630073, г. Новосибирск, пр-т Маркса, 20.
Тел. 8-953-769-12-72
e-mail: spectora@mail.ru

Подпись Спектора А.А. заверяю
10.12.2014г.



О.К.Пустовалова