

УДК 621.396.96:519.22  
С 714

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *В.И. Носов*  
заслуженный деятель науки и техники, д-р техн. наук,  
профессор *Г.Я. Шайдуров*  
заслуженный деятель науки и техники, д-р техн. наук,  
профессор РФ *К.К. Васильев*  
д-р техн. наук, профессор *В.Р. Крашенинников*

**Спектор А.А.**

С 714 Статистические задачи и методы пассивной сейсмической локализации : монография / А.А. Спектор, М.А. Райфельд. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 200 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3665-3

Рассматриваются статистические задачи и методы их решения в системах пассивной сейсмической локализации (ПСЛ), эффективность которых в значительной мере определяется применяемыми методами обработки сигналов. Исследуются основные локационные задачи, такие как обнаружение сейсмически активных объектов, оценивание характеристик движения, определение типа объекта (классификация). Предложенные методы получили свое развитие при работе авторов над реальными проектами по созданию новых систем ПСЛ. Большая роль в развитии статистической теории ПСЛ принадлежит экспериментам, значительная часть которых выполнена на сейсмическом полигоне Новосибирского государственного технического университета.

УДК 621.396.96:519.22

ISBN 978-5-7782-3665-3

© Спектор А.А., Райфельд М.А., 2018  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений .....	7
Введение .....	9
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАССИВНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЛОКАЦИИ.....	19
1.1. Физические основы пассивной сейсмической локации .....	19
1.2. Сигналы и помехи сейсмической пассивной локации .....	22
1.3. Пример распределенной системы ПСЛ.....	30
1.4. Основные задачи обработки сейсмических сигналов в ПСЛ .....	34
Глава 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕЙСМИ- ЧЕСКИ АКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	39
2.1. Обнаружение сигналов человека в ПСЛ .....	41
2.1.1. Математическая модель сейсмосигналов человека и их байесовское обнаружение .....	42
2.1.2. Непараметрическое обнаружение сейсмосигналов человека .....	46
2.1.3. Цифровое обнаружение сейсмосигналов человека .....	50
2.2. Непараметрическое обнаружение САО на основе счетчика «нулей».....	53
2.2.1. Алгоритм обнаружения САО на основе счетчика числа нулей .....	53
2.2.2. Вероятность ложной тревоги и определение порога обна- ружения.....	57
2.2.3. Вероятность правильного обнаружения.....	59
2.3. Непараметрическое обнаружение на основе анализа спектров сейсмических сигналов.....	68
2.4. Обнаружение объектов в выделенной части зоны действия сис- темы ПСЛ.....	77



2.4.1. Правило принятия решения о нахождении сейсмоактивного объекта в определенной области на местности с использованием последовательного критерия Вальда .....	77
2.4.2. Сейсмическое обнаружение объекта в ВЗ на основе определения апостериорных вероятностей его положения .....	89
Глава 3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ПСЛ .....	97
3.1. Оценивание локальных характеристик движения объекта в ПСЛ .....	98
3.2. Анализ ошибок оценивания .....	103
3.3. Оценивание параметров движения человека в ПСЛ при неоднородном характере первичных данных .....	106
3.4. Применение корреляционных измерений на этапе получения первичных оценок .....	110
3.5. Траверзный метод определения местоположения объектов .....	115
3.6. Траекторные измерения на основе сейсмических пеленгационных датчиков и марковской фильтрации .....	120
3.6.1. Измерение координат при помощи сейсмических пеленгационных датчиков .....	120
3.6.2. Сглаживание измерений на основе марковской фильтрации .....	122
3.7. Оценка координат человека в ПСЛ при неточном знании скорости распространения сейсмического сигнала в грунте .....	126
3.8. Методы получения информации о задержках сигналов на сейсмических датчиках с использованием следящего алгоритма .....	134
3.9. Трассировка движущегося транспортного средства с непрерывным воздействием на грунт .....	140
3.9.1. Описание проблемы и постановка задачи .....	140
3.9.2. Физические основы затухания сейсмических сигналов в грунте .....	141
3.9.3. Синтез алгоритма оценки координат автомобиля .....	144
Глава 4. МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПСЛ .....	151
4.1. Байесовская классификация сейсмоактивных объектов на основе корреляционных признаков .....	152
4.2. Статистическая классификация САО по спектральным признакам сигналов .....	159



4.3. Классификация объектов на основе анализа спектральных характеристик огибающих сейсмических сигналов.....	168
4.4. Статистическая классификация САО во временной области, основанная на использовании специализированных обнаружителей сигналов различных классов.....	178
Квазиоптимальный алгоритм классификации один человек / группа людей в сейсмической системе наблюдения.....	179
Заключение.....	186
Библиографический список .....	187