

© А. И. Машошин, 2022

АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 197046, Россия, Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская, д. 30
*aimashoshin@mail.ru

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ Г.С. МАЛЫШКИНА И В.С. МЕЛЬКАНОВИЧА «КЛАССИЧЕСКИЕ И БЫСТРЫЕ ПРОЕКЦИОННЫЕ АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ В ГИДРОАКУСТИКЕ»¹

В издательстве АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» вышла из печати монография двух ведущих отечественных специалистов в области адаптивных алгоритмов пространственной обработки сигналов, поступающих с выхода многоэлементных гидроакустических антенн, Геннадия Степановича Малышкина и Виктора Сергеевича Мелькановича.

Данная монография является продолжением двухтомной монографии Г.С. Малышкина «Оптимальные и адаптивные методы обработки акустических сигналов», вышедшей в том же издательстве в 2009 и 2011 гг. В первом томе автором подробно описаны физические и математические модели гидроакустических сигналов и помех и показано, как на их основе могут быть синтезированы оптимальные алгоритмы обработки гидроакустических сигналов. Поскольку оптимальные алгоритмы являются, строго говоря, не реализуемыми, во втором томе приведён синтез большинства известных адаптивных алгоритмов (Андерсена, Джонсона, Кейпона, Шмидта, Борджотти — Лагунаса и др.), появившихся во второй половине прошлого столетия, которые автором названы классическими.

Практическая реализация классических алгоритмов применительно к многоэлементным антеннам выявила ряд их существенных недостатков:

- классические алгоритмы базируются на гипотезе полной когерентности сигналов, не учитывая наличие рассеянной компоненты, ввиду чего их реальная помехоустойчивость при обнаружении слабых сигналов значительно уступает теоретической;
- время накопления корреляционных матриц входных сигналов, являющихся основой реализации адаптивных алгоритмов, как правило, существенно превышает интервалы пространственно-временной стационарности сигналов и помех, что приводит к расширению пространственного спектра помех и, как следствие, к снижению помехоустойчивости обнаружения слабых сигналов, представляющих наибольший интерес;
- реализация классических алгоритмов базируется на обращении корреляционных матриц большой размерности, что выдвигает высокие требования к производительности и объёму оперативной памяти вычислителя.

Устранение перечисленных недостатков явилось главной мотивацией разработки авторами новых адаптивных алгоритмов. Представляемая монография подводит промежуточный итог этой работы.

Авторы сосредоточились на задаче обнаружения слабых сосредоточенных источников акустических сигналов на фоне интенсивных локальных и распределённых помех в условиях многолучевого (многомодового) распространения сигналов и помех с рассеянием. При этом энергия рассеянных сигналов интенсивных источников может значительно превышать энергию слабых источников.

Идеи авторов монографии базируются на работах зарубежных авторов Р. Лаваля и И. Лабаска, посвящённых влиянию неоднородностей и нестационарности среды на пространственно-временную обработку сигналов, и российского специалиста М.В. Ратынского, высказавшего ряд оригинальных гипотез и получившего важные результаты при разработке адаптивных алгоритмов применительно к радиолокации.

В основу разработки новых адаптивных алгоритмов (которые авторами названы быстрыми проекционными) положена гипотеза (которая впоследствии нашла экспериментальное подтверждение) о возможности повышения помехоустойчивости адаптивных алгоритмов за счёт использования пространственно-

¹ СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2022. — 268 с., ISBN 978-5-91995-086-8

частотной когерентности искажений акустического поля, порожденных рассеянием сильных сигналов. При этом было показано, что интервалы временной когерентности рассеянных сигналов невелики (доли и единицы секунд), откуда следовало, что адаптивные алгоритмы должны базироваться на выборках предельно малого размера. Это, в свою очередь, позволяет распространить область применения адаптивных процедур на подавление импульсных помех применительно как к пассивным, так и к активным режимам работы гидроакустической аппаратуры.

Важной особенностью алгоритмов, разработанных авторами, является включение в них процедуры контролируемого ослабления (ограничения мощности) сильных сигналов, сформированных на коротком временном интервале, на котором случайные флуктуации коррелированы.

Монография состоит из 4-х глав и включает 3 приложения. Список литературы насчитывает 73 источника.

В 1-й главе приводится общая характеристика оптимальных и адаптивных методов обнаружения и пространственной фильтрации сигналов. Рассматриваются особенности построения алгоритмов обнаружения слабых сигналов при наличии помех с рассеянной компонентой.

Во 2-й главе содержится сопоставление классических и быстрых проекционных алгоритмов по выходу элементов антенны и по выходу сформированных пространственных каналов. Показано, что второй вариант позволяет существенно упростить реализацию алгоритмов. Раскрываются перспективы использования быстрых проекционных алгоритмов в режимах гидролокации, связи, обнаружения импульсных гидролокационных сигналов, а также для классификации обнаруженных целей.

В 3-й главе рассматриваются физические (многолучёвость и рассеяние) и технические (параметры спектрального анализа) факторы, влияющие на эффективность адаптивных алгоритмов. Применительно к многоцелевым ситуациям с интенсивным рассеянием анализируется вариант ослабления сильных мешающих сигналов с помощью процедуры «широкого нуля», реализуемой путём увеличения количества корректируемых собственных чисел.

Глава 4 посвящена модельным и натурным исследованиям эффективности классических и быстрых проекционных адаптивных алгоритмов в типовых помеховых ситуациях. Сделан вывод, что быстрые проекционные алгоритмы позволяют избавиться от недостатков, присущих классическим адаптивным алгоритмам.

Приложения содержат весьма полезные справочные данные, в частности по теории матриц и по вычислению пеленга источника сигнала при анализе пеленгационного рельефа.

Книга ориентирована на научных работников и инженеров, занимающихся проектированием гидроакустических средств, а также для студентов и аспирантов соответствующих специальностей.