

УДК 681.883

Ключевые слова: гидролокационные изображения, вероятностные распределения, помехоустойчивость, модели помех, решающие статистики, обучающие выборки, робастное оценивание.

Войтов А.А., Корнеев Ю.А., Хаметов Р.К. ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ УСТОЙЧИВЫХ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ГИДРОЛОКАТОРАХ ОСВЕЩЕНИЯ БЛИЖНЕЙ ОБСТАНОВКИ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 4–18.

Обнаружение и идентификация подводных объектов средствами гидролокационных систем осуществляются путем обработки сигналов, подверженных воздействию нестационарных и дискретных помех. С этой целью используются функциональные и математические модели, основанные на процедурах обработки сигналов, устойчивых по отношению к внешним помехам различного типа. Речь идет о разработке алгоритмов оценивания параметров гладких реверберационных, точечных и локально-протяженных дискретных помех при отсутствии их достоверных статистических характеристик. В частности, это относится к обнаружению и распознаванию ложных тревог. Задача сводится к построению моделей изменения параметров помех и робастных процедур оценивания их вероятностных характеристик. Решение задачи находится путем категоризации обучающей выборки (процедуры цензурирования с замещением). Общий алгоритм обработки нестационарных гидролокационных изображений содержит ряд частных алгоритмов, в том числе алгоритмы категоризации, оценивания полей параметров изображений, помехоустойчивого оценивания квантиля,

соответствующего заданной вероятности ложной тревоги. Частные алгоритмы, имеющие свои особенности, применяются для решения ряда реальных практических задач.

УДК. 629.7.05:629.05:004.93

Ключевые слова: оптический датчик, топографическая мишень, автоматическое управление, стыковка.

Липатов А.Н., Ляш А.Н., Макаров В.С., Фролов В.А., Экономов А.П., Антоненко С.А., Захаркин Г.В. ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК КООРДИНАТ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОСАДКИ И СТЫКОВКИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 19–32.

Разработанный в Институте космических исследований РАН оптический датчик координат является частью аппаратно-программного навигационного комплекса для автоматического управления посадкой и стыковкой обитаемого глубоководного аппарата с заданным объектом. Текущие координаты подводного аппарата относительно неподвижного объекта, оснащенного топографическими маркерами, определяются с помощью бортовой фототелевизионной системы. Наибольшую актуальность для решения данной задачи представляют общее устройство аппаратной части комплекса, принципы работы оптического датчика, технические характеристики и особенности построения измерительного тракта прибора. В целом аппаратно-программный комплекс позволяет заменить трудоемкий режим ручного управления процессом посадки и стыковки глубоководного аппарата и обеспечить позиционирование с точностью до сантиметра, что особенно важно в условиях внешних возмущений и критических углах взаимной ориентации объектов. Работа датчика как элемента системы технического

зрения основана на использовании алгоритмов коррекции дисторсии изображения, распознавания объектов в изображении на фоне помех, выделения объектов-маркеров и отождествления их с априорной геометрической фигурой. Результаты натурных испытаний прибора как в условиях бассейна, так и в прибрежных водах Баренцева моря, на борту обитаемого глубоководного аппарата АС-34, подтверждают надежность предлагаемого метода измерения координат.

УДК 542.34

Ключевые слова: акустический профилограф, профилирование морского дна, синтезирование апертуры, фокусировка излучения.

Касаткин Б.А., Косарев Г.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛОГРАФА ДЛЯ МОНИТОРИНГА МОРСКИХ АКВАТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ СИНТЕЗИРОВАНИЯ И ФОКУСИРОВКИ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 33–38.

Для изучения геологической структуры морского дна и решения ряда инженерных задач используются акустические профилографы, устанавливаемые на буксируемых или автономных носителях. В Институте проблем морских технологий ДВО РАН проводятся экспериментальные исследования с использованием разработанного акустического профилографа высокого разрешения. Обработка первичных данных, полученных профилографом, осуществляется на основе алгоритмов синтеза и фокусировки. По результатам экспериментов в ряде морских районов производится сравнительный анализ амплитуд эхо-сигналов для классификационной оценки характеристик различных типов грунта. Применение алгоритмов синтеза к обработке профилографиче-

ских данных позволяет существенно повысить разрешающую способность по горизонтальной дальности. Аналогично на основе эффекта фокусировки и выбора оптимальной глубины движения носителя повышается разрешение профилографа по вертикали. Примеры практического применения профилографа подтверждают эффективность разработанных алгоритмов.

УДК 551.46.077:629.584

Ключевые слова: АНПА, ТНПА, подводный аппарат, стабилизация, фотоизображение, распознавание изображений.

Костенко В.В., Павин А.М. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА НАД ОБЪЕКТАМИ МОРСКОГО ДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 39–47.

Стабилизация подводных аппаратов над объектами морского дна находит применение во многих прикладных задачах в современной морской индустрии. Решение данной задачи без использования визуальных ориентиров ведет к накоплению ошибки счисления и, как следствие, плавному дрейфу аппарата в сторону накопленной ошибки. Цель работы – обосновать структуру и алгоритмы программного обеспечения, предназначенного для удержания подводного аппарата над объектами морского дна в автоматическом режиме. Исходной информацией для удержания служит последовательность цифровых фотоизображений донного объекта, получаемая от видеосистемы аппарата-робота. В качестве объектов морского дна могут выступать любые объекты произвольной формы. Таким образом, задача определения смещения аппарата по последовательности двух изображений сводится к задаче распознавания, где опорный кадр представляет собой искомым объ-

ект (шаблон), который необходимо обнаружить на текущем фотокадре и определить его параметры. Применяемый алгоритм распознавания использует ключевые точки на изображении и накопитель Хаффа. Для устранения колебаний в продольном и поперечном направлениях относительно распознанного объекта используются показания доплеровского лага. Применяемые в системе стабилизации алгоритмы управления и распознавания обладают низкой ресурсоемкостью, что позволяет использовать их на борту аппарата в автономном режиме. Проведенные морские испытания подтвердили работоспособность алгоритмов и программного комплекса в целом.

УДК 681.518:629.5.018

Ключевые слова: телеуправление, автоматизированная система, безэкипажное плавсредство, инженерные изыскания.

Ляхов Д.Г., Ким А.И., Минаев Д.Д. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СВЕРХМАЛОГО ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО КОРАБЛЯ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 48–57.

Морские безэкипажные автоматизированные системы становятся все более важной отраслью техники и объектом растущего интереса научных и оборонных организаций. В мировой практике некоторое количество мелкосерийных и опытных образцов уже применяется как мишени на морских полигонах, в противоминном поиске, в задачах долгопериодического мониторинга и изучения водной среды. СКБ САМИ ведет исследовательское проектирование сверхмалых самоходных плавсредств с 2001г. Ранние работы СКБ были посвящены изучению принципиальной возможности целенаправленного плавания сверхмалых морских объектов в условиях открытого моря. Текущая работа посвящена выявлению надобности применения СмТК для инженерных изысканий в мелко-

водных водоемах и возможности размещения на сверхмалых платформах необходимого для таких целей геодезического оборудования. Изучение публикаций и другой разнородной информации о разработке и применении безэкипажных плавсредств (БП) показывает, что самым заметным на сегодня (несколько сотен в эксплуатации) является сектор долгопериодического мониторинга в открытом море. Для геодезической съемки, напротив, БП практически не применяются. Эксперименты, проведенные на оз. Тунайча, выявили, что макет СмТК справляется с волнами высотой до 0,8 м, а значения динамических характеристик СмТК лежат в пределах, позволяющих установку и корректную работу многолучевого эхолота любой из коммерчески доступных марок.

УДК 534.231

Ключевые слова: акустика мелкого моря, акустическая комплексная интенсивность, векторная акустика, векторно-фазовый метод, вихрь вектора интенсивности, комбинированный акустический приемник.

Щуров В.А., Ляшков А.С., Щеглов С.Г., Ткаченко Е.С., Иванова Г.Ф., Черкасов А.В. ЛОКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ПОЛЯ МЕЛКОГО МОРЯ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 58–67.

Статистическому анализу фазовых и векторных энергетических характеристик акустического интерференционного поля мелкого моря посвящена данная работа.

Математическая обработка векторного акустического поля основывается на преобразованиях Фурье и Гильберта и основных векторных уравнениях акустического поля. Методика эксперимента основана на векторно-фазовых измерениях. Эксперимент проведен в Японском море в 2013 г. Приемная 16-канальная комбинированная система нахо-

дилась на глубине 15 м, при глубине места ~ 30 м, диапазон исследуемых частот 108 ± 2 Гц.

Результатом эксперимента являются следующие функции времени: разностно-фазовые характеристики четырех компонент поля, x-, y-, z-компоненты функции когерентности, нормированные компоненты ротора интенсивности, огибающие акустического давления. Статистическая обработка экспериментальных данных основана на анализе распределений плотности вероятности разности фаз компонент векторного поля и нормированных ортогональных компонент ротора вектора интенсивности. Статистический анализ экспериментальных данных показал: движение энергии в горизонтальной и вертикальной плоскостях волновода мелкого моря существенно различно; горизонтальная компонента вектора интенсивности испытывает длиннопериодные и локальные флуктуации, приводящие к случайному изменению направления движения энергии на противоположное; в вертикальной плоскости движение энергии происходит по почти детерминированному периодическому процессу в направлении «поверхность–дно»; плотность вихревых локальных структур на 50- и 150-секундных реализациях составляет не менее 0,8; интерференционное поле статистически однородно.

Полученные результаты являются оригинальными и могут быть полезны при построении реальной акустической модели мелкого моря.

УДК 534.2:556.04:556.08

Ключевые слова: акустическая томография океана, метод встречного зондирования, трансиверы, сложные сигналы.

Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Войтенко Е.А., Лебедев М.С. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРСКОЙ СРЕДЫ В

ЗАЛИВАХ, БУХТАХ И МОРСКИХ ГАВАНИЯХ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 68–73.

Метод встречного зондирования с использованием 3-точечной схемы постановки акустических трансиверов вблизи м. Щульца (залив Посьета, Японское море) позволил в течение октября 2012 – августа 2013 провести измерения интегральных значений скорости течения и температуры. Для решения обратной задачи используются средние значения времен распространения, которые пересчитываются в значения скорости звука по эмпирической формуле и разности времен распространения во встречных направлениях для расчета скорости течения. Средние значения скорости течения во всем водном слое для одной из трасс, полученные с 17 по 19 октября 2012, варьируются в диапазоне от -10 до 8 см/с. Для придонного слоя характерны временные вариации с периодом от 20 до 60 минут, что может быть вызвано полем внутренних волн, формирующимся за счет приливного течения (от -10 до 0 см/с). Измерения проводятся в режиме реального времени с помощью разработанного аппаратно-программного гидроакустического комплекса. В качестве зондирующих сигналов применяются сложные фазоманипулированные сигналы на основе M-последовательностей. Данный эксперимент предполагает, что выбранная методика является перспективным средством долгосрочного мониторинга интегральных значений скорости течений и температур при наличии сложных гидродинамических процессов в условиях сезонной изменчивости.

УДК 534.2: 551.463.21

Ключевые слова: акустический мониторинг мелководной среды, импульсные сигналы, экспериментальные исследования, время распространения.

Войтенко Е.А., Моргунов Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИЕМА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ВБЛИЗИ ДНА И В ГРУНТЕ НА ШЕЛЬФЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1 (17). С. 73–78.

В томографических методах мониторинга температурных полей в морской среде используются акустические средства. Эффективным и безопасным способом размещения приемных устройств на акватории с сильным течением и интенсивным рыболовством может быть заглубление их до дна или в грунт. При этом лучевая структура акустического поля на трассе между корреспондирующими точками формируется таким образом, что появляется возможность выделить, идентифицировать и измерить времена распространения импульсов в отдельных слоях диагностируемого волновода. По измеренным данным рассчитываются скорость распространения звука в соответствующих слоях и температура среды, связанные между собой известными выражениями. Методика позволяет проводить анализ импульсных характеристик с использованием псевдослучайных сигналов типа M-последовательностей и взаимной корреляционной обработки излученных и принятых сигналов. Идентичность импульсных характеристик, полученных экспериментально при размещении гидрофонов вблизи дна (0,4 м) и в грунте (0,4 м), указывает на возможность решения задач акустической термометрии и звукоподводной связи при скрытой постановке приемных систем в грунте. Данная методика и технические средства разработаны в Тихоокеанском океанологическом институте им. В.И. Ильичева (ТОИ ДВО РАН). Результаты натуральных экспериментов и численного моделирования демонстрируют перспективность их применения для мониторинга динамики и структуры вод в шельфовых зонах.