

# АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ ПОИСКЕ И ОБСЛЕДОВАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

AN ALGORITHM FOR PROCESSING INFORMATION FROM VARIOUS SEARCH ENGINES OF AN AUTONOMOUS UNINHABITED UNDERWATER VEHICLE DURING THE SEARCH AND EXAMINATION OF ARTIFICIAL EXTENDED OBJECTS

**A. Sarukhanyan**

*Summary.* In this paper, we present an algorithm for the integrated processing of heterogeneous information from various search engines of an autonomous uninhabited underwater vehicle during the search and examination of artificial extended objects.

*Keywords:* signal, radio waves, radio communications, information, algorithm, uninhabited underwater vehicle., Decameter wavelength range.

**Саруханян Ара Искосович**

Аспирант, Санкт-Петербургский Политехнический  
Университет Петра Великого  
ara2447@gmail.com

*Аннотация.* В данной работе представлен алгоритм интегральной обработки разнородной информации от различных поисковых систем автономного необитаемого подводного аппарата при поиске и обследовании искусственных протяженных объектов.

*Ключевые слова:* Сигнал, радиоволны, радиосвязь, информация, алгоритм, необитаемый подводный аппарат, декаметровый диапазон волн.

**Д**ля решения проблемы организации связи с глобально удаленными подвижными объектами широко используются спутниковые системы связи из-за глобального охвата и высокой пропускной способности. Однако из-за низкой помехоустойчивости спутниковой радиолинии использование этого типа связи в некоторых случаях не рекомендуется.

Ввиду возможностей глобального перемещения объектов связи целесообразно использовать декаметровые волноводы для передачи информации на большие расстояния. Несмотря на недостатки коротковолновой радиосвязи (декаметр), которые на качество приема информации негативно влияют. Из-за различных типов ослабления сигнала в среде передачи перегрузка ленты сигналами от разных радиостанций в различных условиях занимает особое место в системе управления и связи. [6]

Это связано с рядом преимуществ, наиболее важными из которых являются:

- ◆ дистанционная связь без передачи (десятки тысяч километров);
- ◆ Стабильность в различных условиях радиообстановки (из-за климата, географии маршрута, наличия пассивных и активных помех и т. Д.)
- ◆ Эффективность восстановления связи в случае прерывания (выход из строя других средств связи: повреждение проводных линий связи или выход из строя спутника) [6].

В радиосвязи специального назначения радиосвязь ДКМ остается наиболее эффективным средством установления и поддержания связи в чрезвычайных ситуациях в районах стихийных бедствий и тому подобное.

При связи с глобально удаленными мобильными объектами в некоторых случаях большие объемы данных не требуются, что также предпочтительно для радиосвязи ДКМ по сравнению с другими типами связи. Однако при организации радиосвязи крайне важно повысить надежность передаваемой информации под влиянием

случайных и преднамеренных сбоев, поскольку в настоящее время они еще не полностью решены.

Задача периодической проверки (подводной) подводной связи во времени становится все более актуальной, что связано с увеличением количества линий связи и их протяженностью. Примером является проверка подводных трубопроводов и кабелей (в дальнейшем называемых искусственно вытянутыми предметами) на предмет повреждений или наличия посторонних предметов. Задача проверки включает в себя: поиск расширенного объекта, отслеживание (хранение фотодокументации), аудит окружающей среды объекта и мониторинг состояния окружающей среды. Как правило, для этой цели используются надводные корабли, водолазы, буксируемые и дистанционно управляемые подводные аппараты. Использование этих инструментов часто ограничено и приводит к увеличению стоимости инспекционных работ. Перспективным решением проблемы инспекции передачи подводных коммуникаций является использование автономных необитаемых подводных аппаратов в качестве «умного перевозчика» при съемке и съемке из-за возможности длительного пребывания под водой, дальности полета, маневренности и относительно низкого трудозатрат.

Автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) — это многофункциональный робот морского базирования, отвечающий за перемещение из одного района в другой, доставку полезной нагрузки и выполнение миссии в отдаленном районе.

По сравнению с использованием роботов наемного и воздушного базирования использование АНПА затруднено особенностями морской среды:

- ◆ отсутствие глобальной навигационной спутниковой системы;
- ◆ ограниченная гидропатическая связь из-за быстрого затухания звука в воде;
- ◆ Ограничение объема передаваемой информации в соответствии с греческим общением.

В последнее время, в связи с улучшением оборудования на АНПА, особенно аккумуляторов, появилась возможность отправки АНПА на несколько дней в автономном режиме навигации на сотни километров. В то же время открылась возможность решить необходимость решения ряда сопутствующих задач, сосредоточив внимание на прогнозировании ситуаций, в которых может произойти долгосрочный переход, в том числе нестандартный и аварийный. Это, в свою очередь, требовало улучшения всей системы посредством работы АНПА, а система управления (СУ) — АНПА. Так что на данный момент разработчики роботов переходят на современные технологии, одной из которых является многодорожная технология [7].

Конечно, переход на мультиагентную технологию помогает улучшить работу СУ АНПА. Однако это поднимает вопрос о надежности работы АНПА. Дело в том, что формирование многоагентной системы — это творческий процесс, здесь нет готовых шаблонов и алгоритмов, структуры многоагентной системы и взаимодействия агентов конкретной модели АСУ, ее возможностей, задач и т.д. Наряду с его архитектурой, он также определяется характеристиками программной реализации, которая также должна обеспечивать надежную работу программного обеспечения.

Подводная связь подразделяется в соответствии с вашим назначением на линии, информацию или связь по линиям электропередачи (включая питание) и копание (для прокладки трубопроводов и кабелей). Эти объекты имеют разные геометрические, оптические и электромагнитные свойства, но также и разными способами укладки (лежа на поверхности, полностью или частично заполненные).

В зависимости от пункта назначения, существуют общие и конкретные цели и обязанности инспекции. Общие задачи включают в себя: уточнение координат объекта инспекции, обнаружение повреждений и посторонних предметов, например тех, которые находятся на объекте и в окружающей его среде. Кроме того, для кабелей и трубопроводов необходимо обнаружение подвижек, провисов и промоин объекта; а также регистрация утечек транспортируемых веществ (только для трубопроводов).

Можно выделить следующие задачи, которые должен решать АНПА в процессе инспекции:

1. поиск протяженного объекта;
2. отслеживание ИПО с ведением фото-документирования;
3. контроль состояния параметров окружающей среды на всем протяжении залегания и обследование опасных мест (для трубопроводов);
4. съемка окрестности ИПО.

Алгоритм обнаружения протяженных объектов состоит из следующих основных этапов:

- ◆ Предварительная обработка данных (фильтрация);
- ◆ Создать акустическую карту рельефа морского дна;
- ◆ Выбор границ расширенного объекта и обнаружение расширенного объекта снизу.

Гидроакустическое изображение всегда содержит шум, связанный с ошибкой измерения амплитуды звуковой волны.

Для подавления шума необходимо использовать фильтр, который не изменяет значения точек на краях

объектов (даже очень тонких), но устраняет локальные крайности на изображении. Распознавание расширенного объекта производится на акустической карте местности со ссылкой на абсолютные координаты. Карта составляется путем вычисления пространственных координат пикселей акустического изображения (с учетом вычисленного положения АНПА, расстояния пикселей от антенн ГБО и положения самих антенн на борту АНПА). Обнаружение ИПО происходит на границах (уровни серого), которые, в свою очередь, определяются размером и направлением градиента. Для оценки частных производных градиента предлагается использовать оператор Шарра, который, как показали эксперименты, дает наилучший результат (по сравнению с операторами Собеля и Превита) при определении направления градиента. Проекция акустического изображения ГБО на поверхность земли имеет неравномерную решетку, поэтому расчет градиента производится с учетом скорости подводного робота и горизонтального смещения точек относительно АНПА. Кроме того, априорная информация о направлении тестового объекта и динамических характеристиках АНПА используется для выделения пределов требуемого ИПО.

Таким образом, представленный алгоритм обработки данных поисковых систем АНПА, состоит из двух основных этапов:

1. Обработка данных о наличии и местонахождении исследуемого объекта из всех бортовых систем идентификации, их предварительная фильтрация (на основе априорной информации о местонахождении и направлении ИПО) и объединение этих данных в единый формат;
2. Комплексная обработка полученных данных вместе с информацией из бортовой навигационной системы и построение общего изображения местоположения расширенного объекта (генерация карты вероятности местоположения IPO).

Для определения наличия и координат инспектируемого объекта вблизи АНПА было предложено использовать не только текущие, но и ранее полученные данные из систем распознавания, а также априорную информацию о местоположении и направлении ИПО.

Многочувствительная эхолокационная система. АНПА оснащены эхолокационными средствами дальномера для организации движения и сбора информации вблизи грунта. Текущие данные акустических дальнометров содержат неполную информацию о форме окружающих объектов. Чтобы получить трехмерное изображение, эти данные объединяются с координатами среды во время измерения расстояния. Разработанный алгоритм распознавания расширенного объекта состоит из двух этапов:

1. На основе информации от гидролокатора и навигационной системы АНПА создана модель среды подводного робота. Задача идентификации проверяемого объекта сводится к задаче трехмерного распознавания акустически видимой части объекта на фоне дна.
2. Априорно известную форму ИПО сравнивают с формой исследуемой части грунта, используя алгоритм, основанный на нечеткой логике. Определяется вероятность обнаружения объекта в исследуемой части поверхности пола, а также взаимное расположение АНПА и объекта исследования.

Основой рельефной модели является описание земной поверхности с использованием параметрической векторной функции (зависимость координат точек рельефа от номера дальномера и времени измерения расстояния), с информацией о сложном рельефе и другие объекты, которые могут быть описаны с использованием карты высот (например, конвейер). Координаты точек разгрузки рассчитываются на основе данных навигационной системы АНПА, известных положение антенн системы эхолокации на борту устройства и их измеренные значения. Предполагается, что форма его поперечного сечения четко идентифицирует исследуемый объект, так что вы можете определить нечеткие значения «Поверхность 1» и «Не поверхность 2» для всех откликов в диапазоне ИПО. Чтобы обнаружить объект, достаточно найти точку на его поверхности, которая лежит над продольной осью ИПО. Суть алгоритма идентификации заключается в том, что за каждый новый ответ гипотеза принадлежности к верхнему краю искомого объекта принимается во внимание.

Оценка существования протяженного объекта в данной точке рассчитывается исходя из следующих нечетких правил:

1. Оценка существования искомого объекта в точке тем выше, чем больше точек окружения принадлежит его поверхности.
2. Чем больше точек окружения лежат там, где они не могут находиться (внутри объекта, непосредственно под ним и т.д.), тем оценка существования объекта в данной точке ниже.

Расчет значений показателя наличия ИПО  $v_0$  в некоторой точке рельефа дна  $[X_0; Y_0; Z_0]$  производится следующим образом:

$$v_0 = \sum_{t=t_0}^{t_0-\Delta\tau} \sum_{s=1}^S (V_1 * \mu_1(\Delta x(t, s), \Delta z(t, s)) - V_2 * \mu_2(\Delta x(t, s), \Delta z(t, s)))$$

где  $x(t, s)$  и  $z(t, s)$  — координаты проекций точек поверхности дна на плоскость с центром координат в точке  $[X0; Y0; Z0]T$  и нормалью направленной вдоль объекта инспекции ( $x$  — ось вправо,  $z$  — вверх);

$t$  — интервал времени из которого выбираются точки окружения;

$S$  — количество акустических дальномеров,  
 $V_1, V_2$  — веса функций принадлежности.

Особенностью разработанного алгоритма идентификации является то, что функции принадлежности могут быть сформированы для любого объекта формы. Таким образом, можно обнаружить такие протяженные объекты, как трубопровод (включая некруглое поперечное сечение) или желоб. Описание нужного объекта может быть дано как аналитически (для объектов простой формы), так и в табличной форме (в виде диаграмм функций принадлежности).

Результаты моделирования показали, что системы локализации эха с десятью или более лучами позволяют идентифицировать протяженный объект (с поперечным сечением от 0,5 до 2 м), независимо от относительной ориентации. Вероятность обнаружения даже частично скрытого объекта проверки составляет более 85%. Результаты моделирования подтверждают возможность использования алгоритма в контроле для решения проблемы осмотра подводных трубопроводов и других протяженных объектов со значительным поперечным сечением.

В настоящее время для организации связи с мобильными удаленными объектами основными видами связи следует считать ДКМ, СДВ и спутниковые радиолнии, обеспечивающие возможность передачи информации на большие расстояния (тысячи километров). Различные типы приема разнесенного сигнала являются специальными мерами для уменьшения глубины замирания сигнала.

По ряду причин, основными из которых являются: очереди на обслуживание на приемных РЦ, выбор тракта доведения на каждом пути от удаленных РЦ до ЦСОИ, общее время поступления сообщений для обработки может быть различным. Использование на всех участках доведения сообщений до ЦСОИ высокоскоростных ма-

гистральных линий затруднительно ввиду ряда причин, основной является географический фактор. Однако, каждая линия связи может использовать высокоскоростные «вставки» в составе тракта (составной канал).

В зависимости от тракта доведения на каждом пути от удаленных РЦ возникают различные задержки. В связи с этим для предотвращения потерь сообщений, на приемных РЦ и ЦСОИ требуется устройство для хранения сообщений, ожидающих обработку.

Общее время с момента передачи сообщения до поступления получателю  $T_{зад}$ , определяется как:

$$T_{зад} = t_{распр} + t_{анн.обр.} + t_{СК} + t_{оч}$$

где  $T_{зад}$  — суммарная задержка времени с момента передачи до поступления сообщения получателю

$t_{распр}$  — задержка времени при распространении волны в ионосфере.

$t_{анн.обр.}$  — аппаратные задержки при обработке

$t_{СК}$  — задержка времени при доведении информации от РЦ до ЦСОИ по «составному каналу»

$t_{оч}$  — время нахождения сообщений в очереди

Временем распространения в ионосфере и аппаратными задержками, при расчете  $T_{зад}$  можно пренебречь [11], следовательно величина суммарной задержки будет определяться временем нахождения сообщения в очереди при обработке на РЦ и временем определяемом в соответствии с задержкой в тракте доведения до ЦСОИ.

Как правило, системы массового обслуживания (СМО) используются для моделирования процессов обработки и передачи информации в системах связи. Предполагается, что законы распределения случайных величин, характеризующих процессы, известны. Прежде всего необходимо определить вероятностно-временные характеристики случайных процессов (заявки поступают в случайные моменты времени).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учеб. для вузов / С. И. Баскаков. — М.: КД Либроком, 2015. — 416 с.
2. Будко, П. А. Комплексное использование разнородных каналов связи для управления робототехническими комплексами на базе единой системы радиомониторинга [Текст]: материалы международ. науч. конференции / Будко, П.А., Жуков Г. А. — Научно-технические технологии в космических исследованиях Земли. 2017., Т. 9. № 1, стр. 18–41
3. Головин, О. В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи [Текст]: учеб. для вузов / Головин О. В., Простов С. П. — М.: Горячая линия— Телеком, 2006. — 598с.

4. Долуханов, М. П. Распространение радиоволн [Текст]: учеб. для вузов / Долуханов М. П. — М., «Связь», 1972. — 336 с.
5. Кураев, А. А. Электродинамика и распространение радиоволн: [Текст]: учеб. для вузов / А. А. Кураев, Т. Л. Попкова, А. К. Синицын. — М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2013. — 424 с.
6. Муромцев, Д. Ю. Электродинамика и распространение радиоволн: [Текст]: учебное пособие, доп / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов. — СПб.: Лань, 2014. — 448 с.
7. Маненков В. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: Конспект лекций/ АГТУ.— Астрахань, 2004.
8. Мартынова Л. А. Алгоритмы, реализуемые интегрированной системой управления АНПА / Мартынова Л. А., Машошин А. И., Пашкевич И. В., Соколов А. И. / Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 1(162). С. 50–58.
9. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. — М.: КД Либроком, 2014. — 544 с.
10. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. — М.: КД Либроком, 2017. — 544 с.
11. Петров, Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн: [Текст]: учебник для вузов / Б. М. Петров. — М.: Горячая линия -Телеком, 2014. — 558 с.
12. Ржевский Г. А., Скобелев П. О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. — Самара: Офорт, 2015. — 290 с
13. Сомов, А. М. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи: [Текст]: учебное пособие для вузов / А. М. Сомов. — М.: РиС, 2015. — 456 с.
14. Старостин, Н. Распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / Н. Старостин. — М.: Гелиос АРВ, 2010. — 264 с.
15. Юндин, М. А. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / М. А. Юндин, А. М. Королев. — СПб.: Лань, 2014. — 448 с.
16. Яковлев, О. И. Распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов и др. — М.: Ленанд, 2016. — 496 с.

© Саруханян Ара Искосович ( ara2447@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого