



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2015, Том 6, № 4, С. 622 – 627

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 551.46 : 681.884

© 2015 г. **И. В. Карбанов**, канд. техн. наук,
А. А. Смоляков,
Е. С. Фомина

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДНА НА ОСНОВЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Реконструкция донной поверхности по гидроакустической информации, полученной с гидролокатора бокового обзора, установленного на автономном носителе, затруднена, так как аппарат-носитель вносит изменения в данные о местоположении гидролокатора. Для устранения и корректировки данных и дальнейшего их использования при картировании дна предложено несколько методов.

Ключевые слова: гидролокатор бокового обзора, гидроакустика, автономный надводный аппарат, картирование дна.

I. V. Karabanov, A. A. Smolyakov, E. S. Fomina RECONSTRUCTION OF SEABED SURFACE BASED ON HYDROACOUSTIC DATA

Reconstruction of the bottom of the sonar information obtained from the side-scan sonar, installed on a stand-alone carrier, is difficult, as the unit carrier makes changes to data on the location of the sonar. To fix and adjust data, and their further use in mapping the bottom of several methods.

Keywords: side-scan sonar, underwater acoustics, a stand-alone unit surface, mapping the bottom.

О проблеме

В течение последних лет наблюдается возрастание хозяйственной активности человека в сфере водных акваторий внутренних вод и шельфа морей. Это требует проведение мероприятий, направленных на обеспечение безопасности при проведении работ на водных акваториях и мониторинга последствий хозяйственной деятельности человека, а также последующие работы по содержанию и эксплуатации гидротехнических сооружений. В кратчайшие сроки и с высоким качеством подобные работы проводятся такими аппаратными средствами, как гидролокаторы бокового обзора (ГБО), [1]. Принцип действия ГБО основан на излучении зондирующих акустических посылок, "высвечивающих" на грунте полосы обзора, и приеме эхо-сигналов от этих полос и объектов поиска. Благодаря равномерному поступательному движению носителя и периодичности зондирующих посылок, обеспечивается сплошной просмотр грунта полоса за полосой.

Акустическая волна – это передающиеся в пространстве механические колебания молекул вещества (в гидроакустике – воды и дна). Такая волна характеризуется интенсивностью, которая часто измеряется в децибелах, по отношению к источнику излучения. На основе этого показателя строится тенеграфическая характеристика, с помощью которой можно производить анализ донной поверхности исследуемого водоема.

Гидролокаторы бокового обзора применяются совместно с устройствами-носителями. Носителями гидроакустической аппаратуры могут являться подводные, необитаемые и надводные аппараты, [2].

Надводные автономные аппараты представляют собой принципиально новый класс носителей гидролокаторов. Их применение связано как с преимуществами, такими, как легкость в эксплуатации и программировании миссий, маневренность, возможность создания сети аппаратов, возможность дополнения датчиками и дополнительными системами для геопозиционирования, так и некоторыми недостатками.

К недостаткам использования надводных аппаратов в таком ключе можно отнести помехи, вносимые в движение аппарата колебаниями среды – то есть движением водных слоев.

Проблема обработки этих помех, вызванных курсом, дифферентом и креном надводного аппарата, остро стоит при эксплуатации ГБО на таких роботах. Информация, полученная таким путем, не может быть представлена в удобном для анализа виде.

Техническая основа

В качестве надводного автономного аппарата используется Sonobot-006, фирмы EvoLogicsGmbH, производства Германии (характеристики приведены в таблице 1). Это надводный робот (НР) поплавкового типа, [2].

Комплект надводного робота SONOBOT включает в себя:

1. База – носитель измерительной аппаратуры с контроллером управления движения, навигационной системой и системой контроля состояния. Представляет собой подвижное шасси типа катамаран, оснащенное двумя поплавками с водометами.

2. Береговая станция, состоящая из маршрутизатора WI-FI(WLAN), персонального компьютера с предустановленным программным обеспечением управления и телеметрии, пульта дистанционного управления.

3. Измерительная аппаратура в составе: гидролокатор бокового обзора, высокочастотный эхолот, видеочасть высокого разрешения.

Таблица 1

Технические характеристики HP SONOBOT

№	Наименование	Параметры
1	Гидролокатор бокового обзора	рабочая частота – 670 кГц, разрешение – 2см, угол развертки (вертикальный) – 60°. Полоса сканирования – 100 метров.
2	Эхолот	однолучевой с частотным диапазоном 80 кГц – 120 кГц, рабочая глубина 0,5 - 60 м. Точность – 6 мм
3	Позиционирование – DGPS	Javad GPS, Galileo, GLONASS, SBAS. Точность: ± 4 см (горизонтальная), ± 2 см (вертикальная), RTK (RealTimeKinematic)
4	Дальность хода	до 40 км
5	Радиус дистанционного управления	до 2,5 км – WiFi до 60 м – Пульт ДУ
6	Скорость (оптимальная)	4 км/ч (максимальная – 13 км/ч)
7	Время автономной работы	более 10 часов при скорости 4 км/ч
8	Время обследования 1 кв. км. при оптимальной скорости	Одиночный проход: не более 3 ч. Проход с перекрытием: не более 6 ч.
9	Программное обеспечение	Dune[14-16], Neptus

Формирование ГБО-изображения

На сегодняшний день существует множество программ, созданных для просмотра гидроакустической информации в режиме реального времени, [3]. Но предлагаемые программные решения не предоставляют информацию в картированном виде, то есть не производят сопоставление между координатной сеткой и полученными данными.

Полученные данные можно представить в виде полос, которые в англоязычных источниках называются сайдсканами. Каждая полоса (сайдскан) получается при «просвечивании» дна по мере движения аппарата. Согласно [4, 5], геометрия формирования синтезированного ГБО-изображения имеет вид, представленный на рисунке 1.

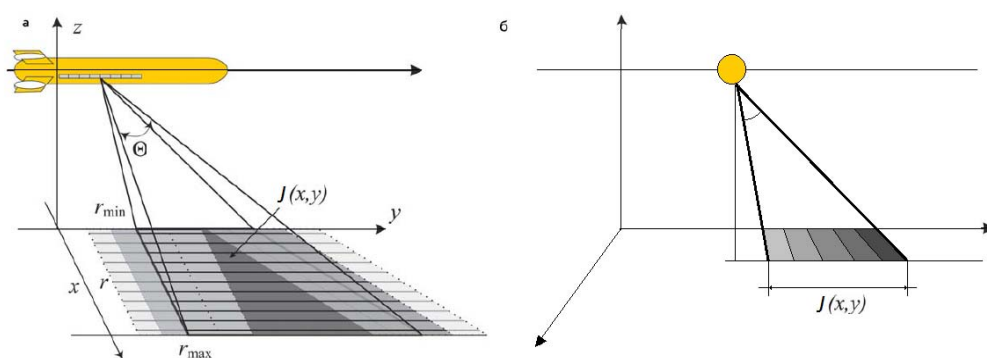


Рис.1. Формирование ГБО-изображения: а – профиль, б – фронтальный вид

Как видно из рисунка, изображение, получаемое с гидролокатора, нуждается также в первичной обработке. ГБО-изображение характеризуется яркостью, которая зависит от диаграммы направленности и постоянно меняется при движении надводного аппарата. Согласно [6], изменение яркости снижает полезность изображения для гидрографического анализа. Также на качество анализа будет влиять «слепая» зона в центре кадра, куда не попадают лучи гидролокатора, [7].

Яркостная характеристика сайдскана в общем случае имеет вид:

$$J = \frac{\sum_{k=1}^N a_k b_k}{z}, \quad (2)$$

где b_k – яркость каждого пикселя сайдскана, z – количество пикселей в сайдскане.

Первоначальная яркостная характеристика имеет тени и засветы, что мешает поиску объектов на изображении, таких, как скалы, затонувшие корабли или объекты инфраструктуры, и его анализу, [8]. Выровненная яркость в каждом пикселе будет иметь вид:

$$\tilde{b} = b/J, \quad (3)$$

где b – яркость каждого пикселя.

На рисунке 2 представлены скриншоты работы программы с оригинальной и выровненной яркостными характеристиками.

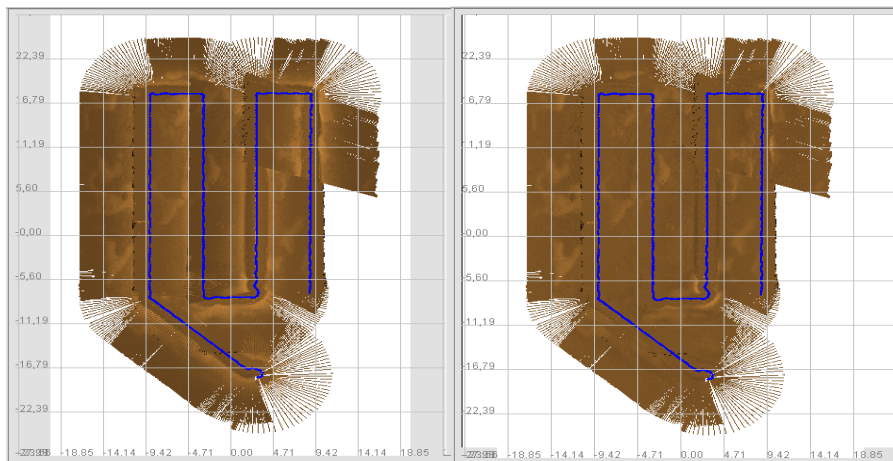


Рис. 2. Скриншот работы программы, без выравнивания и с выравниванием яркости

В результате выполнения фрагмента программного модуля, отвечающего за выравнивание яркостной характеристики, конечное изображение представляется без яркостных переходов, возникающих из-за геометрических особенностей работы гидролокатора.

Так как конечное акустическое изображение дна получается из множества полос, принимаемых надводным аппаратом по мере поступательного движения, сшивка такого изображения будет иметь свою специфику: последовательные изображения на снимках могут быть не только смещены друг относительно друга, но и наложены друг на друга. Таким образом, задачей сшивки является определение взаимного расположения сайдсканов исходя из данных, полученных с датчиков движения, установленных на работе, и системы геопозиционирования.

Одной из главных проблем, которые требуют решения при выполнении сшивки, является повторение кадров. Согласно [9], из-за качки надводного аппарата, его крена, дифферента, отклонения от курса и уклона импульсы посылаются с зоной перекрытия, которая может достигать значения от 20 до 50 % одной сканированной полосы (сайдскана), кадры могут накладываться друг на друга и нести одинаковую информацию.

Методы сшивки акустического изображения

Решение задачи сшивки может быть найдено обнаружением в области смежности сшиваемых полос фрагментов, изображающих одни и те же объекты, и последующего совмещения (взаимного наложения) этих фрагментов изображения. Известные методики смещения похожих фрагментов основываются на корреляционном методе, который

заключается в поиске значений параметров взаимного смещения элементов, при которых достигается глобальный экстремум взаимной корреляционной функции совмещаемых фрагментов изображений, [10].

Владея информацией о положении аппарата в данный момент времени, наложения можно устранить, перейдя к усреднению изображения в каждом пикселе.

$$C(x) = \sum_k w_k(x) / \sum_k \tilde{I}_k(x), \quad (4)$$

где $C(x)$ - усредненное значение пикселя изображения, $w_k(x)$ – яркость пикселя для каждого кадра, $\tilde{I}_k(x)$ – количество кадров, совмещенных в данном пикселе, [11].

На рисунке 3 представлен скриншот работы программы, демонстрирующий сшивку изображения и графический интерфейс.

Усредненный метод сшивки изображений достаточно быстрый, но может в некоторых случаях не подходить для анализа. Имеющиеся на полученных изображениях светлые и темные участки требуют особого внимания, так как они могут представлять объекты на дне водоема, и при усреднении необходимые данные могут быть утеряны.

Для глубокого анализа можно использовать метод сшивки по контрастной точке, который заключается в выборе пикселя, яркость которого максимально отличается от некоторого среднего уровня яркости, характерного для данного кадра.

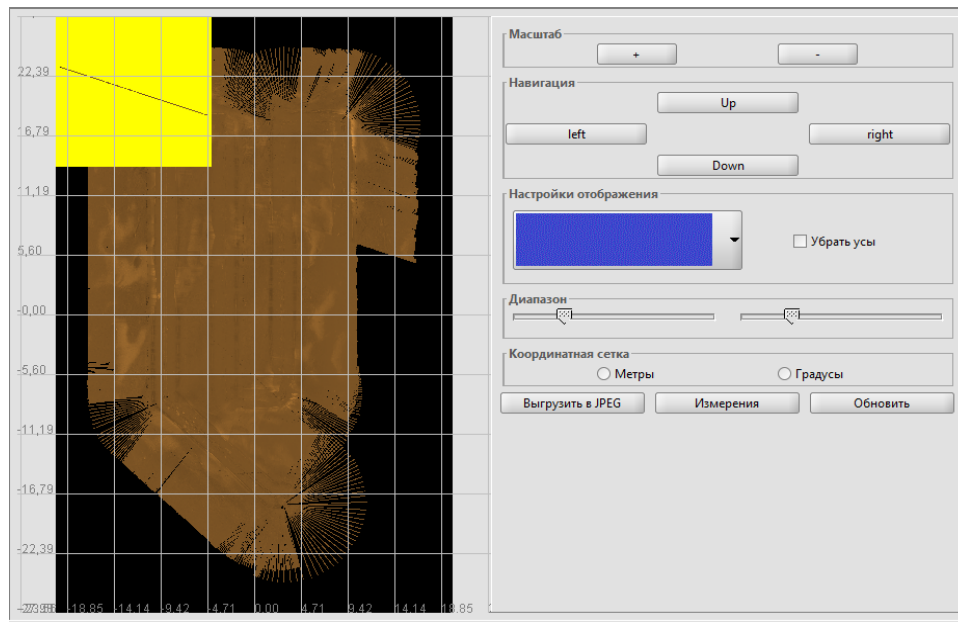


Рис. 3. Скриншот работы программы

Переход из цветового пространства RGB к яркости происходит по следующей формуле:

$$I = 0.299 * R + 0.578G + 0.114B, \quad (5)$$

где I – яркость пикселя, R , G , B – значения красной, зеленой и синей составляющей пикселя.

Метод контрастной точки для пикселя, образованного двумя пересекающимися кадрами организован следующим образом:

$$I = \begin{cases} I_1, & |I_1 - a| > |I_2 - a| \\ I_2, & |I_1 - a| \leq |I_2 - a| \end{cases} \quad (6)$$

где I_1 и I_2 – яркости пересекающихся кадров в данном пикселе, a – средний уровень яркости.

Выводы

Достоинства предложенных методов заключаются в том, что их использование позволяет предоставлять информацию о двумерной модели дна в удобном для анализа виде, с использованием координатной сетки и возможностью просмотра сайдсканов в одном изображении с траекторией движения надводного автономного аппарата. Алгоритм корректировки яркости позволяет уменьшить световые эффекты, возникающие в кадрах ввиду распространения акустической волны.

Список литературы

- [1] Скнаряз А.В. Применение гидролокатора бокового обзора для решения задач безопасности судоходства и экологического мониторинга/ А.В. Скнаряз, В.Т. Трусилов, М.В. Седов.- М.: БНТИ, 2007.- 6 с.
- [2] Бурдинский И.Н. Опыт применения надводного автономного необитаемого аппарата для исследования акватории реки Амур / И.Н. Бурдинский, А. С. Миронов, И. В. Карабанов, С.А.Отческий, М.А. Линник// Материалы X Всероссийской научно-практ. Конф. «Перспективные системы и задачи управления» и VI молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах»: в 2 т. – Ростов-на-Дону. –Изд-во Южного федерального университета, 2015. – Т. I. – С. 157- 166.
- [3] Карабанов И.В. Программный модуль обработки данных, полученных с надводного автономного аппарата / И.В. Карабанов, А.А. Смоляков,Е.С. Фомина// Информационные технологии XXI века. – 2015. – с.72-79
- [4] Костоусов А.В. Моделирование гидролокатора бокового обзора с синтезированной апертурой / А.В.Костоусов, В.Б. Костоусов // Подводные исследования и робототехника. – 2008. - №2 (6) – С.16-29.
- [5] Михайлов Е.В. Моделирование работы гидролокаторов бокового обзора с помощью алгоритма растеризации / Е.В. Михайлов, Н.Ю. Сорокин // Информационные технологии XXI века. – 2013 г. – С. 472-577.
- [6] Chang Yet-Chung. Sidescan sonar image processing: correcting brightness variation and patching gaps / Yet-Chung Chang, Hsu Shu-Kun, Tsai Ching-Hui//Journal of Marine Science and Technology. – 2010. - V. 18. - P. 785-789.
- [7] Cobra Daniel T. Estimation and Correction of Geometric Distortions in Side-Scan Sonar Images / Daniel T. Cobra, Alan V. Oppenheim, Jules S. Jaffe // IEEE Journal of oceanic engineering. – 1992. – V.17. - №3. – P.252-268.
- [8] Guillaudeux S. Some image tools for sonar image processing / StéphaneGuillaudeux // MTS/IEEE Conference and Exhibition. – 2001. - №2
- [9] Blondel P. The Handbook of Sidescan Sonar / Philippe Blondel. – Chichester: Praxis Publishing, 2009. – 323 p.
- [10] Кузнецов, П.К. Методика высокоточной сшивки изображений, получаемых при съемке обстановки многоматричным сканирующим оптико-электронным преобразователем /П.К.Кузнецов, Б.В.Мартемьянов, В.К.Скирмунт, В.И.Семавин // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2011. – № 3 (32). – С. 69-81.
- [11] SzeliskiR. Computervision: algorithmsandapplications: [Электронный ресурс]. 2010. URL:<http://szeliski.org/Book/>. (Дата обращения: 15.09.2015).

E-mail:

Фомина Е.С. - fominaekt@gmail.com