

## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.А. Сущенко

К настоящему времени на базе Института проблем морских технологий ДВО РАН создан ряд автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА), прошедших государственную сертификацию в соответствии со стандартом ISO-9001. С их помощью решается целый ряд задач: картографирование дна, обзорно-поисковые работы, мониторинг участков дна и мониторинг состояния подводных сооружений (трубопроводов, кабель-трасс и т.д.). Подобные работы ведутся уже более 40 лет, и до сих пор актуальной является проблема обработки и улучшения качества изображений, полученных с гидролокатора бокового обзора (ГБО) АНПА. Известно, что гидроакустический канал является весьма специфическим вследствие нестационарности рефракционных и иных физических эффектов, что проявляется в виде многолучевости, интерференции и может приводить не только к сильным искажениям получаемого изображения, но и к его полной потере. Изображение, полученное ГБО, имеет множество дефектов в виде импульсных шумов и низкоамплитудных помех (белого шума).



Рис. 1. Пример гидроакустического изображения

В работах [1,2] предложен метод двойной фильтрации улучшения качества гидроакустических изображений, полученных с ГБО АНПА. Алгоритм основывается на теории интерполяции функций с финитным спектром [3]. Применение интерполяционных формул для функций с финитным спектром оправдано для решения задачи восстановления гидроакустических изображений, так как сигнал от ГБО сосредоточен в ограниченном диапазоне частот. Проведенные численные эксперименты с реальными данными [1,2] на основе метода двойной фильтрации продемонстрировали заметное улучшение качества гидроакустических изображений по сравнению с традиционным медианным методом. Как следует из названия двойная фильтрация изображения состоит из двух этапов. На первом удаляется импульсный шум при помощи интерполяционной формулы Айзенберга [3]. На втором этапе удаляется низкоамплитудный шум при помощи метода наименьших квадратов с окном 3.

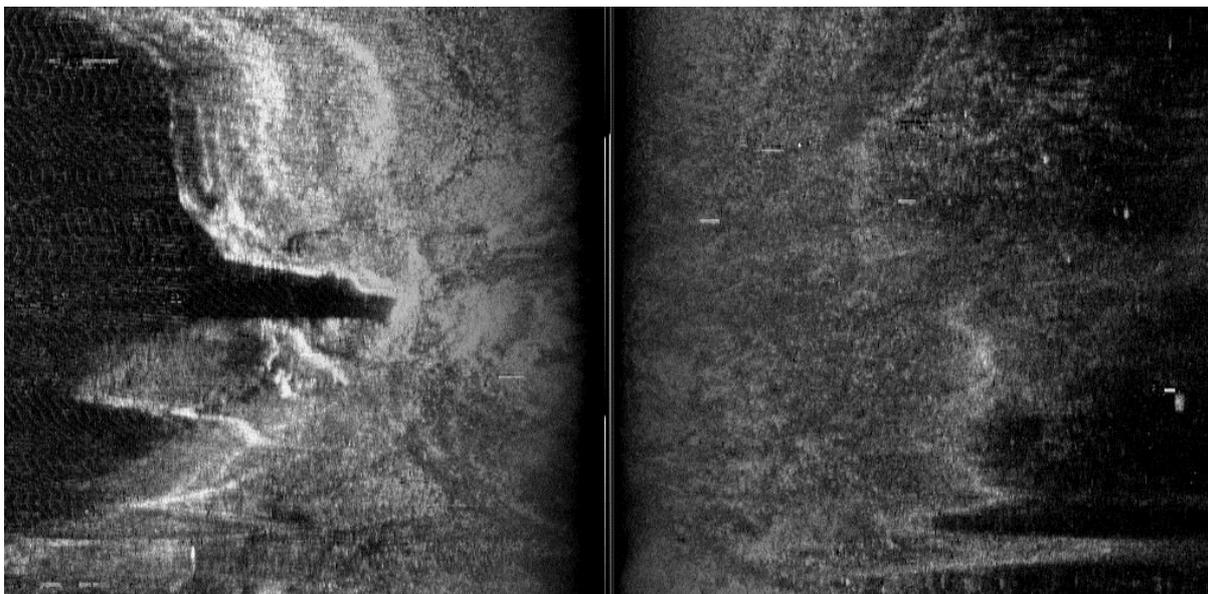


Рис. 2. Обработка изображения методом двойной фильтрации

Как правило, обработка данных, полученных с АНПА, осуществляется на суше в лаборатории. В среднем изображения, полученные ГБО, занимают от 100 до 200 МБ и нередко доходит до 1 ГБ. Время, затрачиваемое на обработку изображения с помощью метода двойной фильтрации, значительно превышает время обработки, осуществляемой медианным методом. В связи с этим актуальным является программная реализация метода двойной фильтрации на основе параллельного вычислительного алгоритма.

Восстанавливаемый объект - это изображение, которое для удобства использования средствами программы переводится в двумерный массив. Далее каждый столбец массива проходит специальную обработку (непосредственно метод двойной фильтрации) и записывается в выходной файл-изображение. Для данного метода существует несколько подходов перевода последовательного алгоритма в параллельный.

1-ый способ: передача главным процессором одного столбца из массива для обработки методом двойной фильтрации  $n$  дочерними процессорами. Модель первого способа изображена на рис. 3.

Файл-изображение

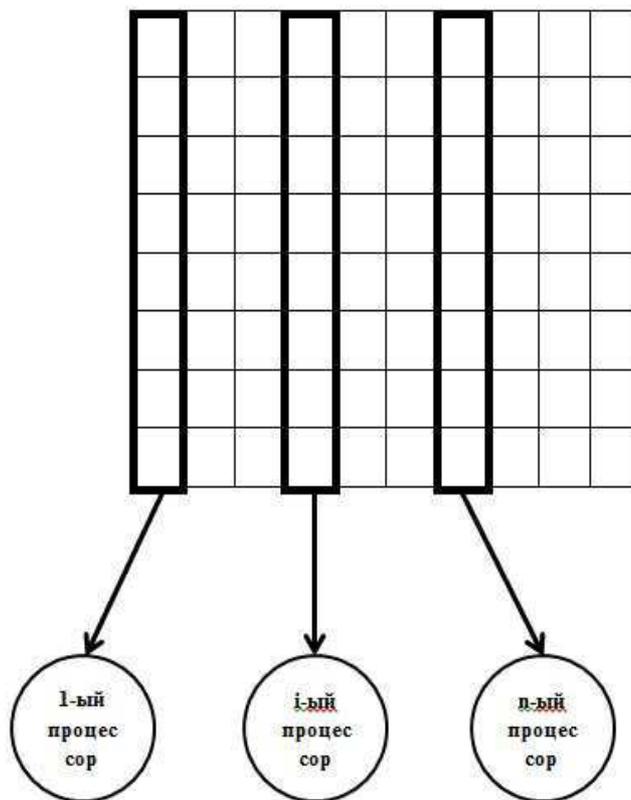


Рис.3. Модель 1-го способа

Время на обработку изображения разным числом процессоров изображено на рис.4.

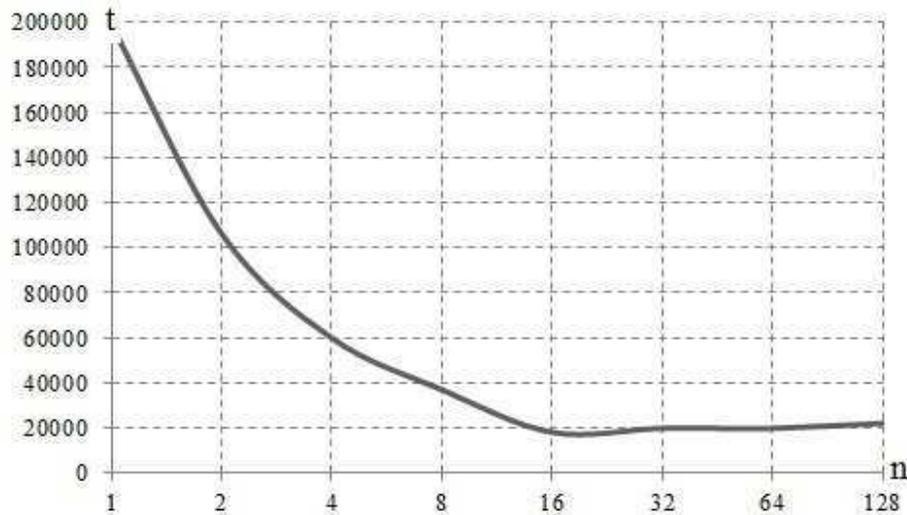


Рис. 4. График зависимости времени обработки изображения от числа процессоров

Из Рис.4 видно, что уменьшение времени при увеличении числа процессоров происходит только до  $n=16$  узлов. Дальнейшее увеличение числа процессоров приводит к увеличению времени. Таким образом, при использовании более 16 процессоров для 1-го способа перевода последовательного алгоритма в параллельный эффективность утрачивается. При выполнении алгоритма больше времени тратится на передачу данных от главного процесса дочерним и обратно, чем на выполнение метода двойной фильтрации каждым дочерним процессором. На основе полученных результатов необходимо предложить другой вариант решения проблемы. Для этого можно обобщить 1-ый способ.

2-ой способ: передача главным процессором группы из  $m$  столбцов массива для обработки методом двойной фильтрации  $n$  дочерними процессорами. Модель второго способа представлена на рис.5.

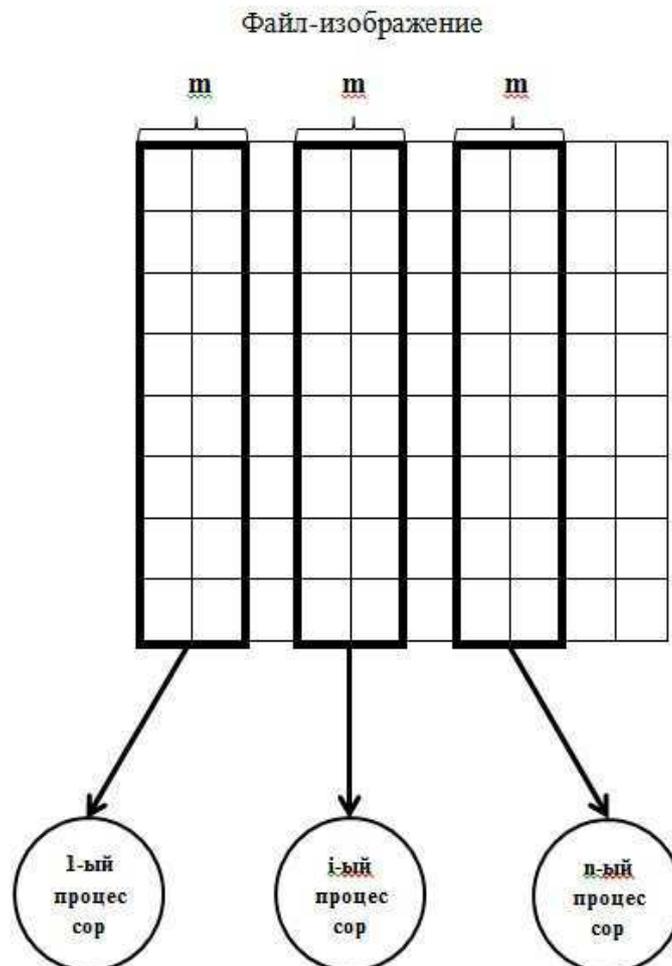


Рис. 5. Модель 2-го способа  
686

Для использования 2-го способа перевода последовательного алгоритма в параллельный необходимо установить зависимость между числом процессоров, числом передаваемых каждому процессору столбцов и временем выполнения программы. Таким образом, необходимо найти такое число  $m$  передаваемых столбцов дочернему процессору, при котором время на пересылку массива данных будет много меньше времени выполнения обработки данного массива методом двойной фильтрации.

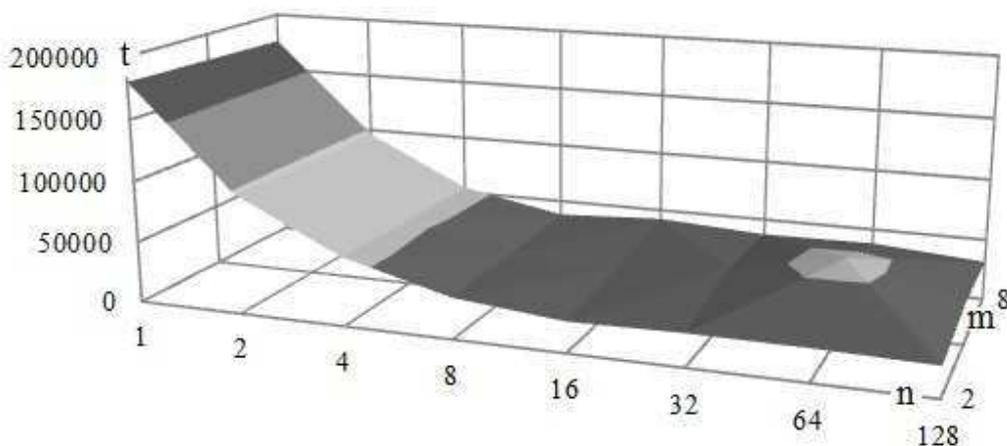


Рис. 6. График зависимости времени обработки изображения от числа процессоров ( $n$ ) и числа столбцов в блоке ( $m$ )

На Рис. 6 изображен график зависимости времени обработки изображения от числа процессоров ( $n$ ) и числа столбцов ( $m$ ), передаваемых каждому дочернему процессору. В эксперименте использовались следующие значения: число процессоров  $n = \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128\}$ , число блоков  $m = \{2, 4, 8\}$ . На графике отмечен рост производительности с увеличением числа процессоров до 16 узлов для всех  $m$ . Дальнейшее увеличение числа узлов дает рост только для  $m = \{2, 8\}$ . При  $n = 64$  наблюдается увеличение времени выполнения алгоритма в сравнении со значением при  $n = 32$ . Минимальное значение времени  $t$  выполнения алгоритма при  $n = 128$ ,  $m = 2$ :  $t = 24320$ . Тем не менее, при  $n = 16$ ,  $m = 2$ :  $t = 24790$ . Следовательно, эксперимент с меньшим числом процессоров показал схожий результат с экспериментом, выполненном на 128 процессорах. Таким образом, оптимальное число процессоров  $n = 16$  и оптимальное количество столбцов изображения для передачи дочерним процессорам  $m = 2$ .

Автором разработан параллельный вычислительный алгоритм, реализующий метод двойной фильтрации улучшения качества гидроакустических изображений. Осуществлена программная реализация алгоритма на языке C++ с использованием технологии параллельных вычислений MPI. Проведен анализ зависимости скорости выполнения алгоритма от количества используемых вычислительных ядер. Сделана оценка эффективности разных способов перевода последовательного алгоритма в параллельный. Численные эксперименты проведены на кластере Дальневосточного федерального университета.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 11-01-98521) и Федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России", (госконтракты 16.740.11.0456, 14.740.11.1000).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. А.Е. Ковтанюк, А.А. Сущенко, И.Б. Агафонов, В.В. Золотарев Интерполяционные методы в задаче улучшения качества гидроакустических изображений // Технические проблемы освоения мирового океана. Материалы 4-й Всероссийской научно-технической конференции, 3-7 октября 2011 г. – Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 284-288
2. А.Е. Ковтанюк, А.А. Сущенко, И.Б. Агафонов, В.В. Улучшение качества гидроакустических изображений методом двойной фильтрации // Подводные исследования и робототехника. Научно-технический журнал о проблемах освоения мирового океана №2(12).2011, Дальнаука, 2011, С. 31-37
3. Алексеев Г.В. Обратные задачи излучения волн и теории сигналов. - Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1991. – 140 с.