

Параллельный алгоритм сопоставления изображений на основе принципа согласованности отсчетов на фрагментах стереоизображений*

В.А. Фурсов, К.Г. Пугачев

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева

Задача сопоставления разноракурсных изображений является одной из самых востребованных в технологиях обработки изображений. Нахождение соответствующих точек или шаблонов на разноракурсных изображениях часто является важнейшим этапом технологий локализации и распознавания объектов, идентификации моделей систем формирования изображений и др.

Нами предложен новый критерий подобия фрагментов, основанный на принципе согласованности отсчетов фрагментов разноракурсных изображений, описанному в работах [1,2]. Для каждой точки на первом и втором изображении формируются векторы дескрипторов \mathbf{f}_1 и \mathbf{f}_2 , которые получаются разверткой фрагментов, например по строкам или столбцам, в окрестности рассматриваемой точки. Размеры фрагментов будем обозначать $K \times L$. Предполагается, что K, L – нечетные, в общем случае $K=L$.

Для точек первого изображения на втором изображении задается область поиска размером $N \times M$. Для каждой точки из области поиска формируется вектор разностей:

$$\Delta \mathbf{f}(n, m) = \mathbf{f}_1 - \mathbf{f}_2(n, m), \quad n = \overline{1, N}, \quad m = \overline{1, M},$$

где (n, m) – координаты точки в области поиска.

Использованный критерий имеет вид:

$$W(n, m) = \sum_{\substack{i, j=1, \\ i < j}}^S (\Delta f_i(n, m) - \Delta f_j(n, m))^2.$$

где Δf_i – i -й элемент вектора $\Delta \mathbf{f}(n, m)$, а $S = K * L$ число элементов векторов \mathbf{f}_1 и \mathbf{f}_2 . Точка с минимальным значением критерия выбирается в качестве соответствующей точки.

Хотя метод использует малое количество данных, общая вычислительная сложность алгоритма довольно высокая. Даже незначительное увеличение размеров окна поиска приводит к серьезному увеличению времени работы алгоритма.

Для сокращения времени работы алгоритма нами предложена параллельная реализация алгоритма согласованного сопоставления изображений с использованием технологии MPI. Параллельный алгоритм состоит из трех основных этапов.

На первом этапе происходит подготовка изображений. Задаются параметры алгоритма сопоставления: размеры окна поиска K и L , размеры окна поиска N и M определяются границы области, для которой будет произведено вычисление диспарантности.

Вычисления по сопоставлению изображений равномерно распределяются между всеми MPI-процессами. Вся область, в которой вычисляется диспарантность, разбивается на части приблизительного размера, после чего по отдельности обрабатывается раздельно, после чего общая карта диспарантности собирается вместе по частям в одном итоговом изображении.

Пусть рассматриваемая область изображения имеет X строк и Y столбцов вся область разбивается на $I=3$ частей по горизонтали и $J=3$ по вертикали, и используется 9 процессов. В данном случае разбиение по процессам будет иметь следующий вид.

При этом процессы 0-5 получают $X \div 3$ строк, в то время как процессы 6-8 получают для обработки $X \div 3 + X \bmod 3$. Операции div и mod обозначают целочисленное деление и остаток от деления соответственно. В то же время процессы 0, 1, 3, 4, 6 и 7 будут работать с $Y \div 3$ столб-

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (проект 2.7891) и Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 16-07-00729 а и 17-29-03112 офи-м).

цами, а процессы 2, 5 и 8 с количеством столбцов, равным $Y_{div3} + Y_{mod3}$. Стоит отметить, что алгоритм может быть применен при любом количестве процессов и значениях I и J .

Для реализации параллельного алгоритма была написана программа на языке программирования C++. Для работы с изображениями была использована библиотека OpenCV [3]. Алгоритм был исследован при различном количестве MPI-процессов, были подсчитаны значения ускорения и эффективности [4]. Вычисления проводились с использованием процессоров Intel Xeon X5560 на суперкомпьютере «Сергей Королев». На рисунках 1 и 2 приведены результаты исследования параллельного алгоритма. Алгоритм обладает высоким ускорением и хорошей эффективностью, является хорошо масштабируемым.

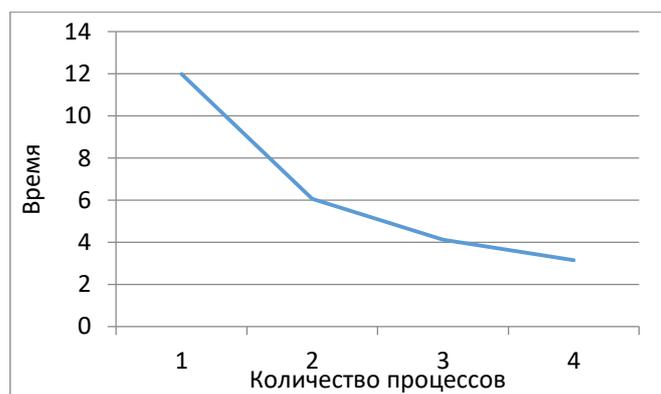
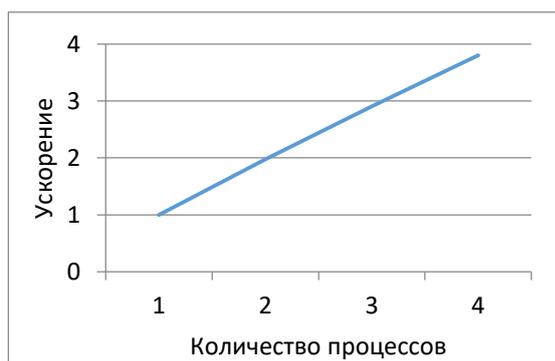
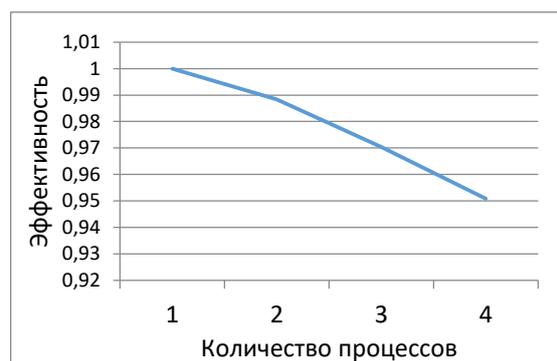


Рис. 1. Время работы алгоритма



2а)



2б)

2а) ускорение алгоритма
2б) эффективность алгоритма

Рис. 2. Ускорение и эффективность алгоритма

Литература

1. Fursov V.A., Gavrilov A.V., Goshin Ye.V., Pugachev K.G. Conforming identification of the fundamental matrix in the image matching problem// Computer Optics 2017. Vol. 41. No.4. P. 559-563. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-4-559-563.
2. А.В. Гаврилов, Е.В. Гошин, К.Г. Пугачев. Параллельный алгоритм согласованного оценивания фундаментальной матрицы в задаче сопоставления изображений. Суперкомпьютерные дни в России: Труды международной конференции (Москва, 25-26 сентября 2017 г.). М.: Изд-во МГУ, 2017. С. 683-691.
3. Библиотека обработки изображений OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opencv.org> (дата обращения 25.03.2018).
4. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с. ISBN 5-94157-160-7.