

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ БИНАРИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Верещагин К.А., студент кафедры параллельных алгоритмов СПбГУ,
kostya.veresh@mail.ru

Аннотация

Методы бинаризации полутоновых изображений широко используются в задачах классификации и распознавания образов, а также применяются в полиграфии при печати для процесса растривания. Рассмотрены отличительные особенности разных подходов к бинаризации, отмечены их недостатки. Особое внимание уделено блочному алгоритму и исследованию эффективности его распараллеливания на CPU и GPU. Были установлены зависимости скорости работы параллельного алгоритма от размера изображения, количества и размера блоков.

Введение

Бинаризация изображения — процесс преобразования исходного изображения в тонах серого в бинарное изображение, элементы которого могут принимать только два значения. Процесс бинаризации представляет значительный интерес для различных прикладных задач анализа изображений, поскольку позволяет определённым образом классифицировать объекты на изображении, выделяя полезную информацию. Значительное практическое применение бинарные изображения находят в цифровой картографии, геоинформационных системах, пространственном анализе и других задачах, связанных с распознаванием образов. Кроме того, цвет пиксела бинарного изображения описывается одним битом информации, что позволяет эффективно сжать исходное изображение.

Существующие решения

Существуют различные подходы к бинаризации изображений, условно их можно разделить на две группы: пороговые методы и методы, основанные на равенстве яркостей.

Пороговые методы

В пороговых методах ищется некоторая характеристика (порог), позволяющая разделить пикселы изображения на два класса: фоновые и объектные. Порог может быть постоянным или адаптивным, зависеть от различных параметров изображения, например, гистограммы яркостей. Одним из самых быстрых и эффективных по качеству работы считается метод Оцу [1], основанный на минимизации внутриклассовой дисперсии.



Рис. 1: Исходное изображение.



Рис. 2: Бинарное изображение, полученное методом Оцу.

На примере (рис. 2) видно, что метод Оцу, как и любые пороговые методы, предназначен в большей степени для задач, связанных с выделением объектов на изображении, распознаванием образов. При этом алгоритм игнорирует многие мелкие детали, фон и объекты не всегда разделяются адекватно поставленной задаче, резко нарушается непрерывность изменения яркости вдоль изображения.

Методы, основанные на равенстве яркостей

В методах такого типа бинарное изображение строится так, чтобы его яркость была равна яркости исходного изображения. Такая расстановка пикселов позволяет добиться большего визуального сходства с оригиналом, выделить мелкие и слабоконтрастные детали, которые теряются при применении пороговых методов. Например, метод Байера [2] предлагает использовать определённые бинарные шаблоны с разной яркостью для построения бинарного изображения. При этом разные блоки исходного изображения могут кодироваться одинаковыми шаблонами, что приводит к появлению вертикальных или горизонтальных полос на стыке шаблонов. Более качествен-

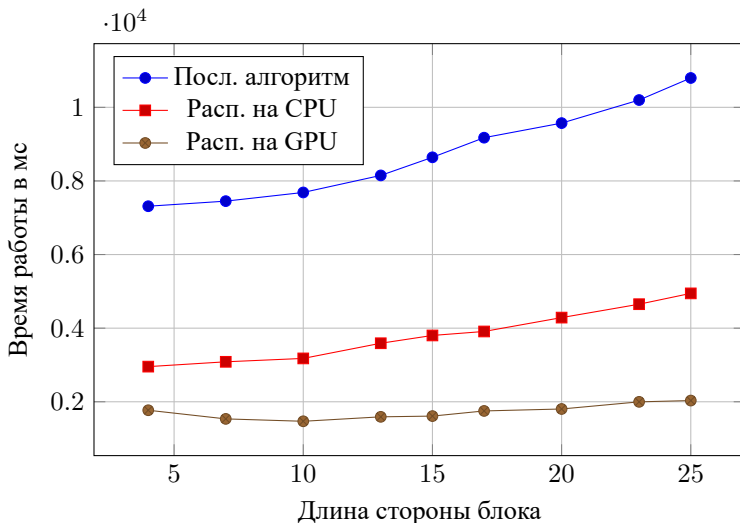
ным является метод распространения ошибки [3], который позволяет точнее воспроизводить детали и лишён недостатков метода Байера.

Характерной особенностью метода распространения ошибки является его последовательное выполнение, так как результат обработки каждого следующего пиксела зависит от обработки предыдущего. На изображениях большого разрешения выполнение этого алгоритма может занять много времени, поэтому остаётся актуальной задача поиска эффективно распараллеливаемого метода.

Блочный алгоритм бинаризации

Примером такого алгоритма является блочный алгоритм бинаризации, описанный в статье [4]. Там же было установлено, что он показывает сопоставимые результаты по сравнению с другими алгоритмами бинаризации, но его последовательная версия не обладает заметными преимуществами в скорости работы.

Для параллельной реализации алгоритма на CPU и исследования эффективности его работы был выбран язык C++ и библиотека OpenCV, предназначенная для удобной работы с изображениями; распараллеливание было реализовано с помощью директив OpenMP. Параллельная реализация на GPU производилась с помощью технологии NVidia CUDA.



Сравнение качества работы алгоритмов на различных классах изображений

Важным критерием оценки качества работы алгоритма является его точность при обработке изображений с различным уровнем детализации. Для сравнения было выбрано три изображения: с большим, средним и малым количеством деталей. Расстояние между изображениями считалось как норма Гёльдера, усреднённая на количество элементов изображения. Сравнение проводилось для нескольких алгоритмов бинаризации разного типа, в том числе и для блочного алгоритма с разным размером блока.

Алгоритм	Низкий ур. детал.	Ср. ур. детал.	Выс. ур. детал.
BAYER	0.1911	0.2187	0.2132
ERRDIF	0.1881	0.2163	0.2121
OTSU	0.1163	0.1802	0.1406
RANDDIF	0.1297	0.1952	0.1661
BLOCK, 2	0.1392	0.2173	0.1717
BLOCK, 4	0.1703	0.2064	0.1930
BLOCK, 6	0.1759	0.2063	0.1921
BLOCK, 8	0.1772	0.2053	0.1907
BLOCK, 10	0.1766	0.2046	0.1883

Таблица 1: Сравнение работы алгоритмов

Заключение

Рассмотрены основные типы алгоритмов бинаризации, реализовано распараллеливание блочного алгоритма на CPU и GPU, показано ускорение работы алгоритма при различных параметрах. Установлено влияние размера блока на точность работы с разными классами изображений, при малых размерах блока алгоритм имеет лучшие показатели, чем другие рассмотренные алгоритмы, основанные на равенстве яркостей, но уступает пороговым методам.

Литература

- [1] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics. — 1979. — Vol. SMC-9, No 1. — P. 62–66.
- [2] Bayer B. E. An optimum method for two-level rendition of continuous-tone pictures // IEEE International Conference on Communications. — 1973. — Vol. 1. — P. 11–15.
- [3] Floyd R. W., Steinberg L. An adaptive algorithm for spatial gray-scale // Proceedings Society Information Display. — 1976. — Vol. 17, No 2. — P. 75–78.
- [4] Яковлева Е. С., Макаров А. А. О свойствах блочного алгоритма бинаризации цифровых изображений // Компьютерные инструменты в образовании. — 2015. — №4. — С. 26–36.