

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОЯДЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ В ДЕШИФРИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Козлов И.М.

*ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.*

e-mail: superigorsuper@yandex.ru

поступила в редакцию 07 августа 2013 года

Аннотация

В работе предлагаются параллельные алгоритмы поиска и сегментации зон интереса по изображениям локально однородных сцен. Приводятся результаты работы параллельных программ с использованием 96-ядерного графического процессора фирмы NVIDIA. Проводится сравнение времени исполнения параллельной и последовательной программ.

Ключевые слова: *многоядерный графический процессор, объект, дешифрирование изображений, параллельный алгоритм поиска зон интереса.*

Введение. Цифровые изображения, формируемые современными оптико-электронными системами, используются в качестве информации о сцене при решении различных прикладных задач. Основным методом дешифрирования цифровых изображений, в настоящее время, является визуальный метод, который имеет ряд серьезных ограничений. В частности, визуальное дешифрирование предполагает наличие системы жизнеобеспечения, его быстрое действие ограничено скоростью восприятия зрительного анализатора человека. Результаты визуального дешифрирования являются субъективными. Преодоление ограничений визуального дешифрирования возможно путем его автоматизации.

Автоматизация дешифрирования изображений предполагает решение трех основных задач. Во-первых, необходимо построить математическую модель сцены. Отметим, что на данный момент общепризнанной теории, обеспечивающей единый подход к дешифрированию изображений, не существует. Известно, что автоматизация дешифрирования изображений предъявляет повышенные требования к вычислительным ресурсам, в частности, к производительности. Особенно это касается случаев, когда дешифрирование требуется выполнять в реальном масштабе времени, то есть со скоростью съемки. Поэтому второй задачей, требующей решения, является создание высокопроизводительных вычислительных систем. Успехи современной микроэлектроники позволяют обеспечить нужную производительность за счет увеличения числа процессорных элементов (ядер). Для их равномерной загрузки требуется распараллеливание вычислений. Поэтому третьей задачей является разработка параллельных алгоритмов. Ее решению и посвящается настоящая работа.

Предполагается, что целью дешифрирования является выявление на сцене объектов с признаком пятна и заданными геометрическими признаками. В качестве модели сцены используется локально однородное случайное поле [1,2]. Необходимые сведения о нем излагаются в первой части настоящей работы. На первом этапе дешифрирования выполняется поиск зон интереса – квадратных фрагментов сцены, содержащих заданный объект и его окружение. Теоретическое обоснование метода решения этой задачи содержится в [1], а краткое описание возможного параллельного алгоритма предлагается во второй части настоящей работы. Там же приводится время решения этой задачи с использованием многоядерного графического сопроцессора и без него. На втором этапе проводится сегментация каждой зоны интереса на два класса. Один класс включает пиксели, образующие объект, другой – пиксели, образующие фон [2]. Краткое описание алгоритма, результатов и времени решения этой задачи с использованием многоядерного графического

сопроцессора и без него предлагается в третьей части работы. На третьем этапе по проекции объекта вычисляются геометрические признаки и проводится его классификация.

Основная часть.

1. Локально однородные сцены. Предполагается, что сцена является семейством случайных величин $(\xi_z)_{z \in Z^2}$, определенных на целочисленной двумерной решетке Z^2 со значениями в интервале $Y = \{0, \dots, n-1\}$. Каждый объект определяется конечным односвязным подмножеством A решетки Z^2 , называемым его проекцией, и семейством случайных величин $\xi_A = (\xi_a)_{a \in A}$. Проекции разных объектов не пересекаются. Пусть x_a – реализация случайной величины ξ_a . Изображением объекта ξ_A называется семейство вида $x_A = (x_a)_{a \in A}$. Предполагается, что каждый объект ξ_A является фрагментом однородного случайного поля со своим средним значением m_A и ковариационной функцией K_A такой, что $K_A(z) \rightarrow 0$ при $|z| \rightarrow +\infty$. По теореме Слущкого [3], среднее арифметическое значение \bar{x}_A , вычисленное по изображению x_A такого объекта, является состоятельной оценкой m_A . Сцены, удовлетворяющие указанным свойствам, называются далее локально однородными. Объект ξ_A называется пятном, если существует семейство $\xi_Q = (\xi_z)_{z \in Q}$ такое, что Q – квадрат на Z^2 , если $A \subset Q \setminus Fr(Q)$, где $Fr(Q)$ – граница Q , если $E\xi_z = m_{Q \setminus A}$, $z \in Q \setminus A$, и что $m_A \neq m_{Q \setminus A}$. Далее ξ_Q будет называться зоной интереса объекта ξ_A , а $\xi_{Q \setminus A}$ – его окрестностью или фоном.

Далее квадратной окрестностью точки z с радиусом r будет называться подмножество

$$B(z, r) = \{t = (t_1, t_2) \in Z^2 : |t_1 - z_1|, |t_2 - z_2| \leq r\}.$$

2. Параллельный алгоритм поиска зон интереса. Для поиска зон интереса по фрагменту изображения используются следующие сведения о сцене.

1. Фрагмент $x_D = (x_z)_{z \in D}$ изображения с прямоугольной проекцией D шириной w и высотой h пикселей;
2. Сторона l зоны интереса в пикселях;
3. Радиус r квадратной окрестности $B(z, r)$ в пикселях;
4. Сдвиг Δ зоны интереса в пикселях;
5. Количество s фрагментов фона;
6. Расстояние ν между фрагментами фона в пикселях;
7. Знак k контраста объекта ($k = 1$, если объект светлее фона, $k = -1$, если объект темнее фона).

Основные шаги алгоритма.

1. Замена изображения x_D сглаженным изображением $\bar{x}_D = (\bar{x}_z)_{z \in D}$, где

$$\bar{x}_z = \frac{1}{|B(z, r)|} \sum_{t \in B(z, r)} x_t;$$

2. Построение семейства $Q(l, \Delta)$ квадратов со стороной l и вершинами в точках
3. $z = z_0 + i\Delta e_1 + j\Delta e_2, i, j \in Z, z_0 = (2r, 2r)$, гарантировано содержащих зону интереса для каждого объекта. Далее для обслуживания каждого квадрата выделяется отдельный поток;
4. Вычисление для каждого квадрата $Q(z)$ из $Q(l, \Delta)$ среднего арифметического значения $\bar{x}_c, c = z + (l/2, l/2)$, по квадратной окрестности $B(c, r)$;
5. Построение для каждого $Q(z)$ из $Q(l, \Delta)$ семейства $F(z) = (F_j)_{1 \leq j \leq s}$ непересекающихся квадратов F_j со стороной $2r+1$. Одна сторона каждого F_j принадлежит границе квадрата $Q(z)$, а остальные точки F_j лежат вне $Q(z)$. Вычисление средних арифметических значений $\bar{x}_j, 1 \leq j \leq s$, по квадрату F_j ;

6. Принятие решения о том, что $Q(z)$ является зоной интереса. Если $k > 1$ и $\bar{x}_j < \bar{x}_c$ ($k < 1$ и $\bar{x}_j > \bar{x}_c$), $1 \leq j \leq s$, то квадрат признаётся зоной интереса.

Результатом работы алгоритма является множество квадратов $Q(z)$ из $Q(l, \Delta)$, признанных зонами интереса.

Для сравнения времени работы последовательного и параллельного алгоритмов использовались зоны интереса со сторонами $l = 55, 60, 65$ пикселей и радиусы сглаживания $r = 1, 2, 3$. Время работы последовательного алгоритма в мс на квадратном фрагменте изображения со стороной 512 пикселей приведена в таблице 1. Время работы параллельного алгоритма с использованием 96-ядерного графического сопроцессора NVIDIA на квадратном фрагменте изображения со стороной 512 пикселей приведено в таблице 2.

Таблица 1. – Время работы последовательного алгоритма поиска зон в миллисекундах.

Сторона зоны l	Радиус сглаживания r		
	1	2	3
55	2643	6986	11433
60	2578	6599	12537
65	2441	6868	12967

Таблица 2. – Время работы параллельного алгоритма поиска зон в миллисекундах.

Сторона зоны l	Радиус сглаживания r		
	1	2	3
55	1.569	2.975	5.105
60	1.545	2.961	5.102
65	1.541	2.960	5.101

На рисунке 1 в качестве иллюстрации приведен результат поиска зон интереса по изображению квадратного фрагмента сцены со стороной 512 пикселей, содержащему 19 прямоугольных объектов.

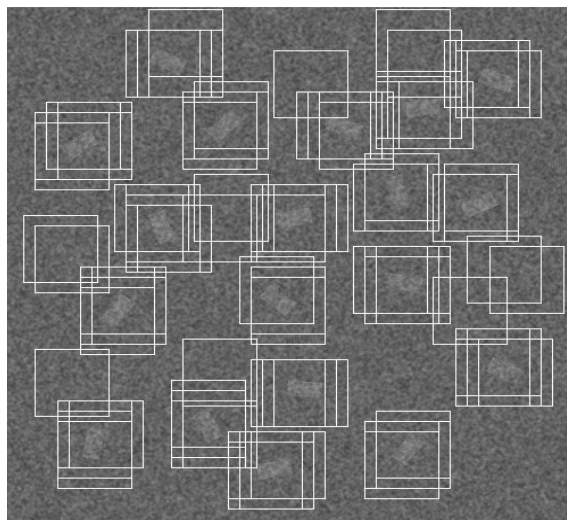


Рисунок 1. – Результат поиска зон.

3. Параллельный алгоритм сегментации зон интереса. Исходные данные для сегментации.

1. $\bar{x}_D = (\bar{x}_z)_{z \in D}$ – сглаженный фрагмент изображения с прямоугольной проекцией D шириной w и высотой h пикселей;
2. l – Сторона зоны интереса в пикселях;
3. r – Радиус квадратной окрестности $B(z, r)$, в пикселях;
4. Δ – Сдвиг зоны интереса в пикселях;
5. Множество зон интереса $Q(z) \in Q(l, \Delta)$.

Основные шаги алгоритма.

Далее для обслуживания каждой зоны выделяется отдельный поток.

1. Построение для каждой зоны $Q(z) \in Q(l, \Delta)$ семейства $F(z) = (F_j)_{1 \leq j \leq s}$ непересекающихся квадратов F_j со стороной $2r+1$. Одна сторона каждого квадрата F_j принадлежит границе $Q(z)$, а остальные точки F_j лежат вне $Q(z)$.

2. В каждой зоне интереса $Q(z) \in Q(l, \Delta)$ для каждого пикселя $z \in Q(z)$: принятие решения о принадлежности пикселя объекту или фону. Если $k > 1$ и $\bar{x}_j < \bar{x}_c$ (или $k < 1$ и $\bar{x}_j > \bar{x}_c$), $1 \leq j \leq s$, \bar{x}_j – центр квадрата F_j , то принимается решение, что пиксель принадлежит объекту. В противном случае принимается решение, что пиксель принадлежит фону.

Результатом работы алгоритма является бинарное изображение.

На рисунке 2 приведен результат программы сегментации зон интереса.

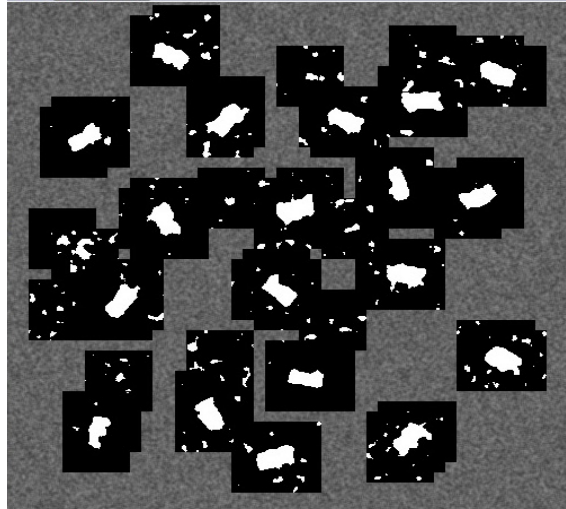


Рисунок 2. – Результат сегментации.

Таблица 3. – Время работы последовательной программы сегментации в миллисекундах.

Сторона зоны l	Радиус сглаживания r		
	1	2	3
55	7531	10235	14686
60	8893	14047	17163
65	8951	15836	19920

Таблица 4. – Время работы параллельной программы сегментации в миллисекундах.

Сторона зоны l	Радиус сглаживания r		
	1	2	3
55	77.992	75.158	69.995
60	107.542	89.069	84.026
65	89.419	114.223	92.761

Заключение. Применение 96-ядерного графического процессора с архитектурой NVIDIA позволило существенно сократить время исполнения двух этапов дешифрирования.

Список литературы

- 1) Aleev R.M., Martynov S.A., Fofanov V.B. Remarks on Searching Zones of Interest in Locally Uniform Scene // Pattern Recognition and Image Analysis. 2012. V.22, N.1. P.150-156.
- 2) Fofanov V.B., Zhiznevskii A.N.. Segmentation of Regions of Interest on Locally Homogeneous Scenes // Pattern Recognition and Image Analysis. 2012. V.22, N.2. P.257-264.
- 3) Крамер Г., Лидбеттер М. Стационарные случайные процессы. Свойства выборочных функций и их приложения. М.: Мир. 1969. 400 с.