



витых государств мира. В этих клиниках необходимо использовать весь тот опыт, который излагается в данной книге. И автор готов возглавить одну из таких клиник при соответствующей спонсорской поддержке по ее созданию.

Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ СЕГМЕНТОВ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕДИЦИНСКИХ КРИСТАЛЛОГРАММ

(Самарский университет)

### 1. Введение

В настоящее время компьютерные методы обработки медико-диагностических изображений используются в качестве одного из важнейших инструментов исследований и повышения эффективности ранней диагностики различных заболеваний. Одним из информативных показателей состояния здоровья человека является изменение состава биологических жидкостей. Медицинские кристаллограммы – это структуры, образованные при кристаллизации солей, вследствие высушивания биологических жидкостей. Информация, содержащаяся на изображении кристаллограмм, является структурно избыточной. Известно, что, если на исходном изображении преобладали параллельные полосы определённого направления, тогда и на Фурье-преобразовании исходного изображения будут преобладать полосы с таким же направлением. Это свойство можно использовать для анализа кристаллограмм.

В работе для определения характеристик исходных изображений кристаллограмм используется информативный набор признаков, для формирования которого используется разработанный метод, основанный на алгоритме дискриминантного анализа. Основным способом повышения быстродействия программной реализации метода является использование параллельной реализации вычислений.

### 2. Метод формирования информативных признаков

#### 2.1. Описание используемых признаков

В данной работе используются признаки, полученные путём вычисления общей энергии на выбранных областях изображения спектра. Большая часть спектра содержит информацию не пригодную для определения характеристик исходного изображения.

Для получения признаков нужно рассматривать функцию исходного изображения в пространственной области и её преобразование Фурье  $F(u, v)$ . Тогда величина  $|F(u, v)|^2$  определяет энергетический спектр изображения [1].

В качестве признаков применяются значения, полученные путём вычисления общей энергии на выбранной области изображения спектра. Так как изображение спектра симметрично относительно центра, то для выделения при-



знаков будет использоваться только половина изображения пространственного спектра.

## **2.2. Технология построения эффективного набора признаков для различения изображений**

В данной работе описан способ выделения информативных сегментов на изображениях спектра. Оценка информативности сегментов проводилась с использованием критериев разделимости алгоритма дискриминантного анализа. Для формирования новых признаков, направленных на решение конкретной задачи, хорошо зарекомендовали себя методы, основанные на алгоритме дискриминантного анализа. Данные методы позволяют повысить достоверность классификации данных.

Дискриминантный анализ используется для устранения корреляции между признаками и, как следствие, уменьшения размеров набора признаков. Использование алгоритма позволяет с одной стороны сохранить информативность набора признаков для классификации, а с другой уменьшить число признаков, что в свою очередь позволяет использовать более простые методы классификации и снижает значение ошибки классификации [2-3].

## **3. Параллельная реализация метода формирования информативных признаков**

Весь алгоритм формирования информативных признаков можно представить в виде схемы, представленной на рис. 1. При анализе времени работы данного алгоритма было выявлено, что большая часть времени работы приходится на первый этап вычисления признаков.

Как было сказано ранее, наибольшие временные затраты при работе алгоритма приходятся на этап вычисления признаков. На этом этапе нужно произвести предобработку обучающей выборки, сформировать изображения пространственного спектра для каждого обучающего изображения, наложить предложенное в пункте 2.1 разбиение и рассчитать значение признаков. Количество расчётов можно сократить, если принять во внимание тот факт, что изображение пространственного спектра симметрично относительно центра изображения, поэтому расчёт признаков можно и нужно производить только на половине изображения пространственного спектра. Для увеличения скорости работы алгоритма, в данной работе будет использовано разделение по задачам. Так как в данной работе мы не будем использовать технологию MPI, а распределение задач по потокам, поэтому нам неважно как именно нужно делить изображения на задачи. На каждый поток подаётся отдельный элемент сегмент изображения, вычисленный на основе наложенного разбиения. Сразу же после окончания работы потока с данным элементом, на него передаётся следующая задача.

Применение данной схемы разбиения позволяет значительно сократить время выполнения первого этапа алгоритма. На наиболее ресурсоёмком этапе данный способ разделения задач на потоки позволил получить ускорение в три раза при использовании четырёх потоков.



#### **4. Оценка результата классификации тестовых изображений с новым набором признаков**

В работе представлены результаты классификации изображений кристаллограмм с применением локальных признаков пространственного спектра. Для классификации изображений использовался метод 3 ближайших соседей. В качестве метрики использовалось в евклидовом пространстве. Наименьшая ошибка значением 6 % была получена при сегментации изображения пространственного спектра исходного изображения на 4 сектора и 8 колец. Далее был найден информативный набор признаков, для формирования которого используется разработанный метод, основанный на алгоритме дискриминантного анализа. Применение информативного набора признаков снизило значение ошибки до 4 %.

#### **Благодарности**

Работа выполнена при частичной поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы повышения конкурентоспособности СГАУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 годы; грантов РФФИ № 15-29-03823, № 15-29-07077, № 16-41-630761; № 16-29-11698; программы № 6 фундаментальных исследований ОНИТ РАН «Биоинформатика, современные информационные технологии и математические методы в медицине» 2017 г.

#### **Литература**

1. Kravtsova N., Paringer R., Kupriyanov A. Development of methods for crystallogramms images classification based on technique of detection informative areas in the spectral space // CEUR Workshop Proceedings, 2016, Vol.1638, P. 357-363 DOI: 10.18287/1613-0073-2016-1638-357-363
2. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Парингер Р.А. Формирование признаков для повышения качества медицинской диагностики на основе методов дискриминантного анализа. Компьютерная оптика. 2014. Т. 38, № 4. С. 81–856
3. Biryukova, R. Paringer, A.V. Kupriyanov. Development of the effective set of features construction technology for texture image classes discrimination // CEUR Workshop Proceedings, 2016, Vol.1638, P. 263-269 DOI: 10.18287/1613-0073-2016-1638-357-363

А.В. Кузьмин

### **МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА**

(Пензенский государственный университет)

Сердце человека представляет собой сложную систему, на которую возложены жизненно важные функции. Диагностика состояния сердца является важной задачей как с медицинской, так и с социальной точек зрения, поскольку