

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛОГРАММ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ СЕГМЕНТОВ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Н.С. Кравцова¹, Р.А. Парингер^{1,2}, А.В. Куприянов^{1,2}

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ), Самара, Россия,

² Институт систем обработки изображений РАН, Самара, Россия

В данной работе произведена классификация медицинских кристаллограмм с применением сегментных признаков пространственного спектра. Для проведения классификации использовался алгоритм 3 ближайших соседей с расстоянием в евклидовом пространстве. В качестве признаков для классификации применялась энергия каждого сегмента. Также был проведен отбор признаков с помощью дискриминантного анализа. Применение выбранных признаков так же снизило ошибку классификации.

Ключевые слова: классификация изображений, спектр, дискриминантный анализ.

Введение

Биологические жидкости являются индикаторами нарушения обменных процессов при патологических состояниях органов. Состав жидкости при этом отражает изменения метаболизма, которые происходят при патологических состояниях. В этом случае происходят многочисленные изменения молекулярного состава ткани и биологических жидкостей. Одним из способов выявления характера взаимоотношений между элементами в системе является перевод жидкости из одного фазового состояния в другое. В лабораторной диагностике наиболее удобной формой смены фазового состояния биологических жидкостей является их кристаллизация. Изменение свойств кристаллов является следствием изменения физико-химических свойств биологической жидкости. Медицинские кристаллограммы – это структуры, образованные при кристаллизации солей вследствие высушивания биологической жидкости. Основными параметрами таких структур являются преимущественное направление полос и их густота в каждой точке изображения. Наиболее доступным, и в то же время достаточно информативным объектом для проведения кристаллографического анализа оказалась слеза. Кристаллографический метод анализа слёзной жидкости рекомендован как тест для диагностики воспалительных, опухлевых и дистрофических заболеваний органов зрения [1].

В последние годы применение компьютерных методов обработки медико-диагностических изображений стало одним из важнейших инструментов научных исследований и повышения эффективности ранней диагностики различных заболеваний. Автоматизированный анализ позволяет получать не только качественную, но и количественную оценки структурных нарушений кристаллограмм. В клинической практике анализ кристаллограмм производится по их фотографиям. Визуально не всегда возможно выделить ведущие патологические признаки. Поэтому были привлечены методы цифровой обработки кристаллов. Преимуществами компьютерного анализа изображений является его объективность и возможность количественного анализа изображений. При анализе изображений возникает проблема: информация, содержащаяся в изображении кристаллограмм, является структурно избыточной. Так же известно, что если на исходном

изображении преобладали параллельные полосы определённого направления, тогда и на Фурье-преобразовании будут исходного изображения будут преобладать полосы с таким же направлением. Это свойство можно использовать для анализа кристаллограмм [2, 3].

Описание используемых признаков

Если рассматривать функцию изображения в пространственной области и её преобразование Фурье $F(u, v)$, тогда величина $|F(u, v)|^2$ определяет энергетический спектр изображения. Область энергетического спектра изображения можно исследовать непосредственно целиком или частично.

В данной работе рассматриваются признаки, которые получаются путём вычисления общей энергии на выбранной области изображения спектра. Сегментация изображения спектра на области осуществляется по формуле:

$$C_{r_1, r_2, \theta_1, \theta_2} = \sum_{r=r_1}^{r_2} \sum_{\theta=\theta_1}^{\theta_2} |F(r, \theta)|^2,$$

где $r = \sqrt{u^2 + v^2}$, θ_1 и θ_2 – углы, ограничивающие сектор (Рис. 1).

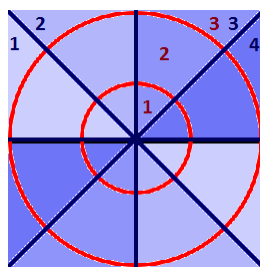


Рис. 1. Пример разделения изображения на сегменты

Так как изображение спектра симметрично относительно центра, то для выделения признаков будет использоваться только половина изображения, для исключения повторения признаков.

1. Проведение классификации и анализа признаков

В данной работе для набора статистики используются изображения кристаллограмм слёзной жидкости. На основе визуального анализа выделено 2 класса изображений. Обучающая выборка состояла из 100 образцов размером 256×256 пикселей, по 50 изображений каждого класса. В качестве тестируемых изображений использовались изображения с такими же параметрами, объём выборок 50 изображений в каждом классе. По этим данным была произведена классификация изображений. Критерий качества классификации – ошибка классификации, определяющая, в скольких случаях классификатор принял

неправильное решение, и вычисляется по формуле: $\varepsilon = \frac{m}{n} \cdot 100\%$, где m – число ошибок классификации, n – общее число тестируемых изображений [3–6].

В данной работе описан способ выделения информативных сегментов на изображениях спектра. Оценка информативности сегментов проводилась с использованием критериев

разделимости алгоритма дискриминантного анализа. Например, для набора признаков, характеризующегося параметрами 3 кольца 4 сектора (рисунок 1), наиболее информативными будут признаки: (сектор №1, кольцо №2), (сектор №3, кольцо №2). На рисунках 2–4 изображены примеры исходных изображений классов, их спектры и наиболее информативные участки спектра.

В работе представлены результаты классификации изображений кристаллограмм с использованием локальных признаков пространственного спектра. В качестве метода классификации был применялся метод 3 ближайших соседей с расстоянием в евклидовом пространстве. Минимальную ошибку в 6% показали наборы признаков, полученных при разделении картинок на 4 сектора и 4-8 колец (выделено тоном в Табл. 1). Далее был произведён дискриминантный анализ признаков. Для каждого признака был рассчитан индивидуальный критерий разделимости. Дальнейшая классификация проводилась перебором признаков таким образом:

- Берётся один признак с наибольшим критерием, проводится классификация только по этому признаку;
- В набор признаков добавляется ещё один признак (следующий по значению критерия разделимости), и проводится классификация по двум признакам;
- Повторяется добавление признака по принципу максимальности критерия разделимости, пока не будут использоваться все признаки.

Пример влияния количества признаков на значение ошибки для случая разбиения на 4 сектора и 8 колец приведён на Рис 5.

В качестве результата классификации после отбора признаков использовался результат с наименьшим значением ошибки (Табл. 2). Наименьшее значение ошибки классификации выделено тоном.

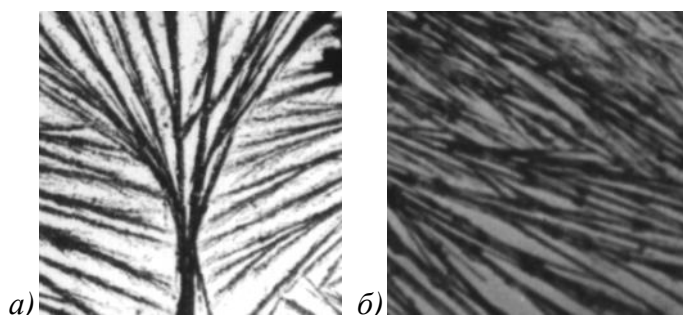


Рис. 2. Примеры изображений из каждого класса: (а) – класс №1, (б) – класс №2

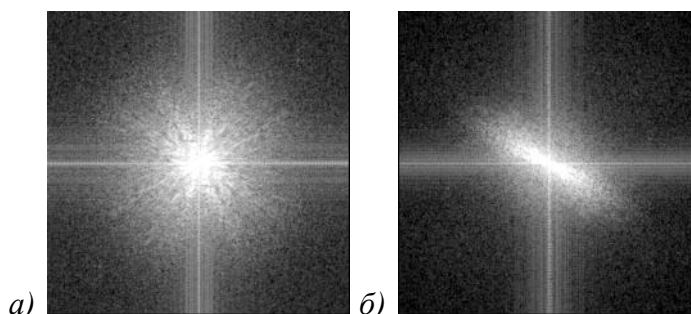


Рис. 3. Пример изображения спектра каждого класса: (а) – класс №1, (б) – класс №2

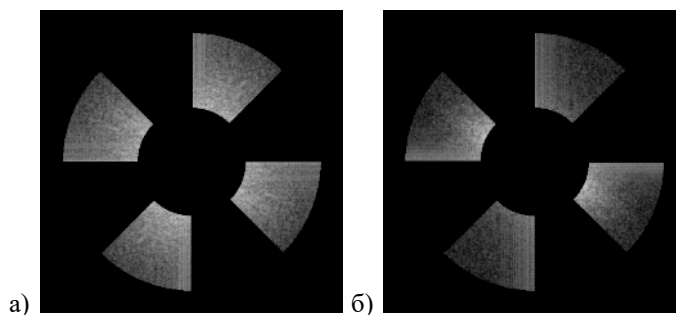


Рис. 4. Изображения информативных сегментов для каждого класса: (а) – класс №1, (б) – класс №2



Рис. 5. Зависимость значения ошибки от количества признаков

Табл. 1. Ошибка классификации до отбора признаков, значение ошибки в %

		Количество колец							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Кол-во секторов	1	10	12	11	11	11	11	12	12
	2	9	7	8	8	8	8	7	8
	3	9	7	7	7	7	7	7	7
	4	9	7	7	6	6	6	6	6
	5	7	7	7	7	7	7	7	7
	6	8	7	7	7	7	7	7	7
	7	8	7	7	7	7	7	7	7
	8	7	7	7	7	7	7	7	7

Табл. 2. Ошибка классификации после отбора признаков, значение ошибки в %

		Количество колец							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Кол-во секторов	1	9	10	9	9	9	9	10	10
	2	8	8	7	7	7	7	7	7
	3	8	7	6	6	7	7	7	7
	4	7	7	6	6	5	5	4	4
	5	7	7	7	6	6	6	7	7
	6	7	7	7	7	7	7	7	7
	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	7	7	7	7	7	7	7	7

Заключение

В данной работе описан способ выделения информативных сегментов на изображениях спектра. При использовании для классификации всего изображения спектра, разделённого на сегменты, наилучшим оказалось разбиение на 4 сектора и 5-8 колец (значение ошибки классификации составило 6%). Дальнейший отбор признаков позволил выбрать

такие наборы признаков, для которых удалось уменьшить значение ошибки классификации. В случае разбиения на 4 сегмента и 5-6 колец после отбора и использования информативных признаков для классификации, значение ошибки снизилось с 6% до 5%, при разбиении на 4 сектора и 7-8 колец значение ошибки уменьшилось от 6% до 4%.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что наборы информативных признаков, полученные после отбора, позволяют проводить более точную классификацию изображений кристаллограмм слёзной жидкости.

Литература

1. Ильясова, Н.Ю. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики/ Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г.// М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.
2. Парингер, Р.А. Метод формирования признаков для классификации изображений дендритных кристаллограмм /Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Статья в сборнике трудов конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» – Иркутск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, том 1, 2015. – С. 50-55.
3. Парингер, Р.А. Разработка методов повышения качества классификации изображений дендритных кристаллограмм / Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «ПИТ-2014». – Самара: издательство Самарского научного центра РАН, 2014. 282-286 С.
4. Кравцова, Н.С. Оценивание локальных признаков пространственного спектра для классификации текстурных изображений / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Сборник трудов международной молодёжной научной конференции «XIII Королёвские чтения» том 2. – Самара: издательство СГАУ, 2015. – С. 134-135.
5. Кравцова, Н.С. Разработка методов классификации изображений дендритных кристаллограмм на основе оценивания факторов формы пространственного спектра / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), труды Международной научно-технической конференции. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – С. 74-78.
6. Кравцова, Н.С. Формирование признаков для классификации текстурных изображений на основе анализа пространственного спектра / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2015): материалы Международной конференции и молодежной школы. – Самара: издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – С. 75-78.
7. Кравцова, Н.С. Исследование алгоритмов классификации текстурных изображений на основе анализа пространственного спектра / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2015: материалы Всерос. молодёж. конф. / под ред. проф. Д.А. Усанова. – Саратов: Изд-во Саратовский источник, 2015. – С. 190-193.