

Довганич А.А., Насонов А.В., Крылов А.С., Махнева Н.В.

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРЕДСЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИММУНОФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ ТКАНЕЙ КОЖИ (предварительное сообщение)

Факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Россия;  
ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», 129110, г. Москва, Россия

Кожа как активный орган иммунной системы благодаря происходящим в ней специфическим иммунологическим реакциям с антителообразованием способствует освобождению организма от антигена как экзогенного, так и эндогенного происхождения. Нарушение системы элиминации иммунных комплексов сопровождается обильными отложениями иммунных комплексов в ткани, повреждением ее структуры вследствие токсических свойств иммунных комплексов и появлением последних в эпидермисе и на поверхности кожи. В результате деструкции тканей кожи при постановке реакции иммунофлюоресценции нередко наблюдается диффузное неспецифическое свечение по всему нативному микропрепарату, что не позволяет визуализировать четкую картину основных структур кожи и определить локализацию фиксации/отложений в тканях аутоантител и иммунных комплексов соответственно.

В данной работе рассмотрена автоматическая сегментация изображений иммунофлюоресцентной микроскопии при различных кожных заболеваниях. В качестве контроля использована иммунофлюоресцентная картина тканей кожи практически здоровых лиц. На изображении требуется выделить четыре области тканевых структур кожи (дерма, дермо-эпидермальное соединение, эпидермис, поверхность кожи), на каждой из которых в дальнейшем будут применены алгоритмы детектирования характерных признаков и определены возможные патологии.

Общая идея алгоритма сегментации заключается в следующем:

- имеющуюся базу изображений разделяют на непересекающуюся тренировочную и тестовую выборки;
- для тренировочной выборки мы используем разметку изображений, сделанную специалистом;
- каждое изображение разбивают на семплы и для каждого такого семпла считают ряд текстурных признаков;
- для каждой сформированной группы создают ряд классификаторов, обучение которых происходит на тренировочной выборке;
- после обучения каждый классификатор тестируют на соответствующей тестовой выборке;
- далее при поступлении нового изображения его разбивают на семплы и на основе полученной модели проводят предсказание, к какому классу будет относиться каждый из семплов.

Для машинного обучения используют модель многослойного перцептрона. Особенностью данной модели является наличие более чем одного обучаемого слоя, в данном случае используют 4 слоя. Для ее реализации используют программное обеспечение с открытым исходным кодом Weka. Оно представляет широкий спектр возможностей по реализации алгоритмов машинного обучения, а также имеет удобный графический интерфейс для их настройки.

В качестве текстурных признаков выбраны:

- Среднее значение:  $MEAN = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j I(i, j)$ ;
- Среднеквадратичное отклонение:  $SD = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_i \sum_j (I(i, j) - MEAN)^2}$ ;
- Вариация:  $VAR = \frac{SD}{MEAN}$ ;
- Энергия:  $ASMN = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j I(i, j)^2$ ;
- Асимметрия:  $SKEW = \frac{1}{N \cdot SD^3} \sum_i \sum_j (I(i, j) - MEAN)^3$ ;
- Эксцесс:  $KURT = \frac{1}{N \cdot SD^4} \sum_i \sum_j (I(i, j) - MEAN)^4$ ;
- Энтропия:  $ENT = - \sum_i \sum_j I(i, j) \log_2 I(i, j)$ .

где  $I$  – исходное изображение в градациях серого;  $N$  – количество пикселей в семпле, суммирование по  $i, j$  ведется по всем пикселям текущего семпла.

В результате применения данного алгоритма даже при небольшой тестовой выборке (122 изображения разрешения  $2272 \times 1704$ ) и ее несбалансированности (исследованы материалы 12 пациентов с разными кожными патологиями) удается сегментировать изображение иммунофлюоресцентной микроскопии с точностью предсказания порядка 83%.

Таким образом, создание базы данных изображений иммунофлюоресцентной микроскопии тканевых структур кожи при различных ее патологических состояниях с помощью компьютерного метода автоматической предсегментации пополнит арсенал дополнительных диагностических методов исследования синдрома иммунных комплексов, который встречается при самых разных заболеваниях.