

**ЗАДАЧА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ МЕДИЦИНСКИХ СНИМКОВ,  
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ЭНДОСКОПИИ**

**Козарь Р.В., Навроцкий А.А.**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(Республика Беларусь)*

*В данной работе представлены результаты анализа существующих на данный момент методов кластеризации данных медицинских снимков, полученных методом оптической эндоскопии. Также предложена модификация алгоритма Виолы-Джонса, учитывающая кластеризацию.*

В настоящее время все также актуальны задачи по принятию решений, которые зависят от того, насколько объект, расположенный на медицинском изображении, будет подлежать классификации. К таким изображениям можно смело отнести эндоскопические снимки.

Способность распознавания – это основное свойство всех биологических существ. Информационные же системы этим свойством не обладают в полной мере, поэтому основой алгоритма Виолы-Джонса для распознавания подобного рода объектов является выделение так называемых локальных признаков, присущие каждому изображению и, далее, последующего обучению на них алгоритма. Также для определения локальных признаков используются так называемые каскады Хаара, которые очень эффективно работают в задачах распознавания [1].

Сохранение маленьких деталей изображения – исключительно важная составляющая

при генерации изображений как в трехмерной графике, так и при распознавании изображений. Разумеется, эндоскопические снимки не являются исключением, поскольку обработка таких изображений выполняется при помощи метода скользящего окна  $U$  [2].

Поскольку искомый объект в его изначальном состоянии может иметь различный масштаб, необходимо выполнить поиск этого объекта с признаками различного масштаба. Это позволит выполнять однотипные вычисления на разных областях искомого изображения, а также на различных масштабах его признаков.

Однако использование метода Виолы-Джонса в сочетании с методом скользящего окна имеет ряд недостатков. Главные из них: длительное время обучения при обработке и большое количество расположенных друг к другу результатов (причина в применении различных масштабов и метода скользящего окна). В качестве метода распознавания эндоскопических снимков используется метод распознавания Виолы-Джонса.

Данный алгоритм анализирует каждую область изображения и находит однозначное решение о том, принадлежит ли искомый объект к рассматриваемой области. Те области, которые прошли через весь каскад, можно классифицировать только тогда, когда корректно будут классифицированы все их прецеденты [3]. Отклик такого признака  $f_j(x)$  можно вычислить как разность интенсивностей пикселей как в светлой, так и в темной областях. Важно отметить тот факт, что базовый алгоритм оперирует таким понятием, как слабый классификатор  $h_j(x)$ , который можно вычислить следующим образом:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, p_j, f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad 1)$$

В данном выражении параметром  $P_j$  является паритет, а параметром  $\theta_j$  является граница. Однако важно отметить, что окончательным является решение, принятое на основании сильного классификатора, значение которого рассчитывается следующим образом:

$$H(x) = \begin{cases} 1, \sum_{t=1}^T a_t h_{j(t)}(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T a_t \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad 2)$$

Однако данный метод имеет один существенный недостаток: результат работы данного метода – огромное количество данных, которое обусловлено применением скользящего окна и спецификой самого эндоскопического снимка.

Поэтому целью настоящей работы стала разработка наиболее эффективного метода, который объединил бы большое количество разобщенных данных, полученных на базе алгоритма Виолы-Джонса и анализа полученных результатов при помощи методов кластеризации.

В оригинальном методе решение о том, содержится ли основной объект в рассматриваемом скользящем окне, принимается однозначное решение. Либо объект присутствует, либо нет. Данное решение принимается на основании формулы (2). Модификация заключается в другом «нечетком» подходе, суть которого в том, что результат будет «нечетким» и на его основе можно будет принять другое решение (решение является неоднозначным).

В проведенных опытах было обнаружено, что при обработке медицинских изображений в некоторых условиях алгоритмом Виолы-Джонса принималось решение о том, что искомого объекта нет на текущем скользящем окне, в то время как в реальности объект существовал.

Основная идея заключается в «неточной» оценке нахождения объекта в рассматриваемой области.

Идея предложенного метода заключается в проверке и подтверждении следующей гипотезы: при уменьшении порога срабатывания алгоритма распознавания и применяя данный метод кластеризации объектов становится возможным улучшить эффективность его распознавания.

Для сравнения традиционно используются статистические критерии, в частности,  $t$ -распределение (более известное, как распределение Стьюдента) [4].

Также в исследовании используются критерии оценки и будет предложен новый критерий на базе алгоритмов эталонных данных (*Ground Truth*) и элементов *ROC*-анализа (*the Receiver Operator Characteristic*). Оба этих метода представляют собой аппарат для анализа качества построенных моделей, а также активно используются для построения моделей в медицине и проведения клинических исследований.

Также при этом следует отметить, что параметры в алгоритме кластеризации подбираются эмпирически.

Также, проведя серию экспериментов был сформирован следующий график зависимости, по которому была точно определена оптимальная пара значений для алгоритма кластеризации при обработке данных медицинских изображений (а именно количество соседей, минимальное расстояние между соседями) и проиллюстрирована зависимость *Ground Truth* в зависимости от порога и параметра кластеризации. Данный график изображен на рисунке 1.

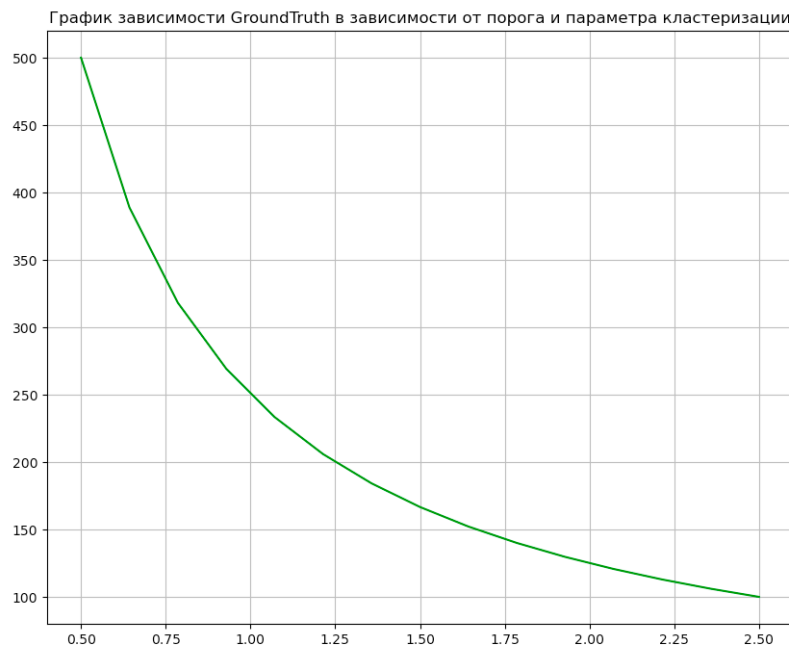


Рис. 1. График зависимости *Ground Truth* в зависимости от порога и параметра кластеризации

Также, учитывая вероятность ложного срабатывания, представленного в табл. 1, необходимо выбрать подходящие параметры.

Таблица 1. Вероятность ложного срабатывания в зависимости от порога.

Порог алгоритма распознавания	0,80	0,82	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1
Вероятность ложного срабатывания	8%	7%	8%	4%	1%	%	%	%	%	%

В данной статье исследована эффективность использования алгоритма Виолы-Джонса для распознавания медицинских изображений. Определено, что при использовании этого метода при распознавании и обработке медицинских изображений необходимо большое количество выходных данных алгоритма распознавания и длительное время работы, требуемое для обучения. Установлено то, что использование нового критерия оценки дает однозначный ответ о принадлежности рассматриваемой области к искомому объекту.

Полученные результаты убедительно показали, что предложенная модификация алгоритма на 58% эффективнее базового алгоритма Виолы-Джонса справляется с ошибками 1 рода и на 77% эффективнее справляется с ошибками 2 рода.

#### Список использованной литературы

1. *Viola P., Jones M.J.* Robust real time face detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – V. 57. – № 2. – P. 137–154.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. – М.: МГУ, ВМиК, 2002–2004. – С. 20–24.
4. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Д. Стокман. – М.: Изд. Дом «Лаборатория знаний», 2015. – 763 с.