

СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПОЛИПОВ НА ВИДЕО КОЛОНОСКОПИИ

Костин К.А.
Аксёнов С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
kak@tpu.ru

Одной из основных причин заболеваемости и смертности во всем мире, являются онкологические заболевания. При этом в числе наиболее частых случаев рака присутствует рак прямой кишки [1]. Основной причиной данного заболевания является полипоз кишечника из-за высокой частоты озлокачествления таких образований [2]. Ежегодно в мире выявляется более 700 000 новых случаев злокачественных образований в прямой кишке. При этом в России это число достигает 50 000. Более 40% случаев заболеваний являются смертельными [3]. Для диагностики и лечения рака прямой кишки используется процедура колоноскопии [4], проведение биопсии и удаление образований. Основной проблемой диагностики образований в кишечнике является совершение врачебной ошибки и пропуск полипов в процессе осмотра. Это является обоснованием важности разработки системы детектирования полипов на видео процесса колоноскопии для поддержки принятия решений при диагностике рака прямой кишки.

На сегодняшний день для обнаружения полипов на кадрах видео используются: цветовые и текстурные признаки [5], поиск структур по эллиптической форме границ [6], пространственно-временные признаки при анализе видео [7], комбинация выделения признаков формы и классификации с помощью нейронной сети [8]. Описываемый в данной работе метод основывается на последнем подходе.

Предлагаемый метод представляет собой алгоритм, работающий с кадрами видео, записанного в процессе процедуры колоноскопии, который делится на 2 стадии: выделение области изображения, которая может являться полипом (выделение кандидатов) и классификация кандидатов.

На стадии выделения кандидатов исходное изображение обрабатывается с помощью двух методов – рис. 1. Первый метод – сегментация изображения с помощью алгоритма *K-Means-with-Connectivity-Constraint (KMCC)* [9,10].

Второй метод – повышение контраста изображения согласно формуле (1) и использование алгоритма выделения границ Канни [11].

$$\Gamma = \left(\frac{I}{255} - 0.5 \right) * C + 0.5 * 255, \quad (1)$$

где Γ – новое значение интенсивности одного из цветовых каналов модели *RGB*, I – исходное

значение интенсивности, C определяется по формуле (2).

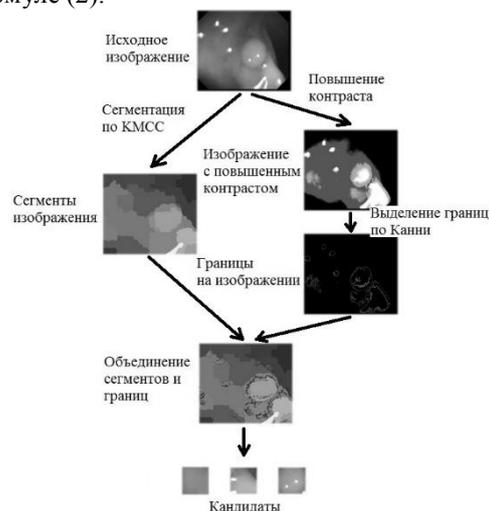


Рис. 1. Стадия выделения кандидатов

$$C = ((100 + T) / 100)^2, \quad (2)$$

где T – задает уровень контраста, в данном случае используется $T = 120$.

Объединение результатов сегментации и выделения границ позволяет получить области изображения, которые могут являться полипами, путем выделения замкнутых контуров и соответствующих им сегментов.

На стадии классификации происходит отнесение кандидатов, полученных на предыдущей стадии, к одному из двух классов: полип или не полип с помощью сверточной нейронной сети [12]. Нейронная сеть предварительно обучена на выборке изображений полипов и структур, похожих на полипы, но не являющихся ими, полученных из базы данных *CVC-ColonDB*, в которой выделены паттерны, содержание полипы [13]. Примеры образцов обучающей выборки представлены на рис. 2.



Рис. 2. Примеры экземпляров обучающей выборки

Схема сверточной нейронной сети представлена на рис. 3. В сверточном слое используются фильтры выделения таких локальных характеристик, как углы и комбинации линий. В слое объединения из нескольких соседних значений выбирается максимальное.

Эксперименты по работе системы были проведены с использованием обучающей выборки из 400 изображений, полученных из базы данных *CVC-ColonDB*: 200 примеров, содержащих полипы и 200 похожих на полипы структур.

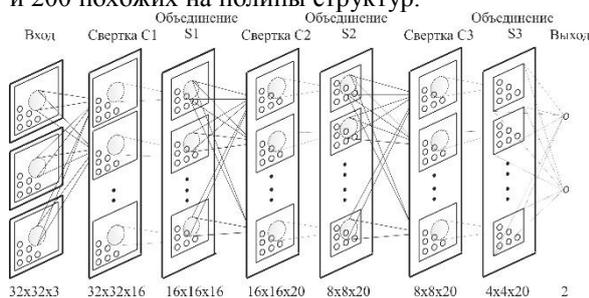


Рис. 3. Схема сверточной нейронной сети

Средняя оценка качества классификатора на обучающей выборке составила $AUC = 0,92$. Тестирование работы системы производилось на примерах видео, предоставленного Университетом штата Аризона, США. Результаты тестирования в виде *FROC*-графика приведены на рис. 4.

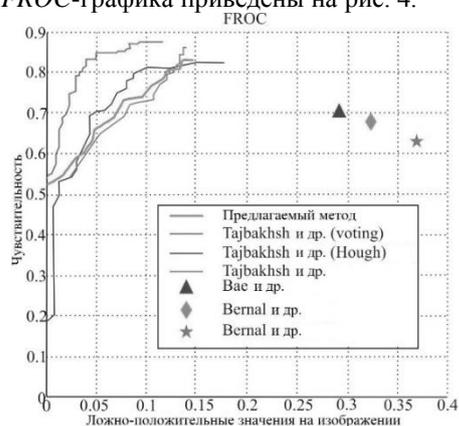


Рис. 4. *FROC*-график результатов

Оценка результатов работы классификатора показывает, что качество классификации предложенной системы сравнимо с качеством конкурентов. Важным результатом является увеличение производительности системы по сравнению с основным конкурентом: 1,2 с на кадр видео (предложенный метод) против 2,65 с на кадр видео (Tajbakhsh и др. [8]).

Основными направлениями дальнейшей работы являются использование нескольких кадров видео для прогнозирования положения полипа; учет особенностей тканей кишечника; параллельная реализация алгоритма на *GPU*.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 16-47-700289, 14-07-00127. Работа выполнена в рамках программы по повышению конкурентоспособности ТПУ.

Список литературы

1. Рак. Информационный бюллетень №297 // Всемирная организация здравоохранения. Февраль 2015 г. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/ru/> (дата обращения: 10.10.2016).

2. Сологубов В.В. Рак прямой кишки // Онкология ЖКТ. Европейская клиника. 2016. URL: <http://www.euroonco.ru/oncology/onkologiya-zhkt/rak-pryamoj-kishki> (дата обращения 10.10.2016).

3. World Cancer Report 2014. International Agency for Research on Cancer. World Health Organization. 2014.

4. Колоноскопия. Методы обследования проктологического больного // Колопроктология. 2010. URL: http://www.proctolog.ru/diagnostics_09_colonoscopy.htm (дата обращения: 10.10.2016).

5. S.A. Karkanis, D.K. Iakovidis, D.E. Maroulis, D.A. Karras, M. Tzivras. Computer-aided tumor detection in endoscopic video using color wavelet features. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, Sep. 2003, vol. 7, no. 3, pp. 141-152.

6. S. Hwang, J. Oh, W. Tavanapong, J. Wong, P. de Groen. Polyp Detection in colonoscopy video using elliptical shape feature. *IEEE Int. Conf. Image Process.*, 2007., vol. 2, pp. II-465-II-468.

7. S.Y. Park, D. Sargent, I. Spofford, K.G. Vosburgh, Y. A-Rahim. A colon video analysis framework for polyp detection. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 59(5), 2012, pp. 1408-1418.

8. N. Tajbakhsh, S.R. Gurudu, J. Liang. A Comprehensive Computer-Aided Polyp Detection System for Colonoscopy Videos. *Information Processing in Medical Learning*. New York: Springer, 2015, pp. 327-338.

9. Костин К. А., Аксёнов С. В. Влияние количества итераций миграции пикселей на эффективность алгоритма сегментации изображения КМСС [Электронный ресурс] // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 9-13 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 324-325.

10. Костин К. А. Модификация алгоритма сегментации *K-Means with Connectivity Constraint* // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-23 марта 2016 г. - г. Томск: Томский политехнический университет, 2016 - С.102-104.

11. Canny Edge Detector // *Image Processing. OpenCV documentation*. 2016. URL: http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtr/ans/canny_detector/canny_detector.html (дата обращения: 12.10.2016).

12. ConvNetJS // Stanford University. 2016. URL: <http://cs.stanford.edu/people/karpathy/convnetjs/> (дата обращения: 14.10.2016).

13. CVC-ColonDB // Machine Vision Group. 2016. URL: <http://mv.cvc.uab.es/projects/colonga/cvccolondb> (дата обращения: 14.10.2016).