

УДК 004.896

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ “ЛИНИЙ” В СИСТЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ МЕЛАНОМЫ

© 2023 г. А. И. Отченашенко^а, В. Г. Никитаев^{а, *}, А. Н. Проничев^а, О. Б. Тамразова^б,
В. Ю. Сергеев^с, Ю. Ю. Сергеев^с

^аНациональный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Москва, 115409 Россия

^бРоссийский университет дружбы народов, Москва, 117198 Россия

^сЦентральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации,
Москва, 121359 Россия

*E-mail: VGNikitayev@mephi.ru

Поступила в редакцию 02.07.2022 г.

После доработки 02.07.2022 г.

Принята к публикации 11.07.2022 г.

В работе рассмотрена проблема ранней диагностики одного из наиболее опасных злокачественных новообразований кожи — меланомы. Разработана модель выделения структурных элементов (линий) на цифровых изображениях новообразований кожи в онкодерматологии. Модель основана на комбинации бинаризации методом Оцу и адаптивной бинаризации исходного цифрового дерматоскопического изображения новообразований кожи и последующей скелетизации и фильтрации ложных фрагментов линий.

Ключевые слова: выделение линий, цифровая обработка изображений, дерматоскопические структуры, меланома кожи

DOI: 10.56304/S2079562922030344

ВВЕДЕНИЕ

Меланома считается одним из наиболее опасных злокачественных новообразований кожи, требующих ранней диагностики. Универсального алгоритма диагностики данного заболевания не существует, поэтому применяются различные инструментальные диагностические методы [1–3], например, световой дерматоскопии, неинвазивной эпидермальной геномной детекции и конфокальной сканирующей лазерной микроскопии и др. Повысить качество дерматоскопической диагностики меланомы можно с использованием технологий искусственного интеллекта (базы знаний, алгоритмы распознавания образов и др.) [4, 5]. Компьютерные системы обработки изображений обладают значительным потенциалом для скрининга и раннего обнаружения меланомы [6]. Процесс автоматизированной диагностики состоит из этапов получения данных, их описания, фильтрации, классификации и представления результатов. Пример системы поддержки принятия решений представлен в статье [7], авторы которой разработали приложение для графического отображения характеристик поражения кожи, соответствующие правилу ABCD (асимметрия, нерегулярность границ, цветовые узоры и диаметр). Эффективность применения

различных классификаторов — сверточных нейронных сетей, метода опорных векторов, k ближайших соседей (k -NN) — при диагностике заболеваний кожи по их изображениям рассмотрены в [8, 9].

Обзор литературы [1–9] показал, что проблема выделения пигментных линий на изображениях новообразований кожи недостаточно освещена, а также отсутствует модель автоматизированного выделения линий различных типов для автоматизированной диагностики новообразований кожи.

Цель настоящей работы — разработка модели выделения структурных элементов — линий — на цифровых изображениях новообразований кожи в онкодерматологии.

Предложена следующая концептуальная модель M системы выделения структурных элементов — линий — на дерматоскопических изображениях кожи:

$$M = \{I, C, B, D, E, S, F, O\},$$

где I — регистрация входного изображения; C — поиск наиболее протяженного контура; B — бинаризация по яркости; D — дилатация; E — эрозия; S — скелетизация; F — фильтрация ложных фрагментов скелета линий; O — выходное изображе-

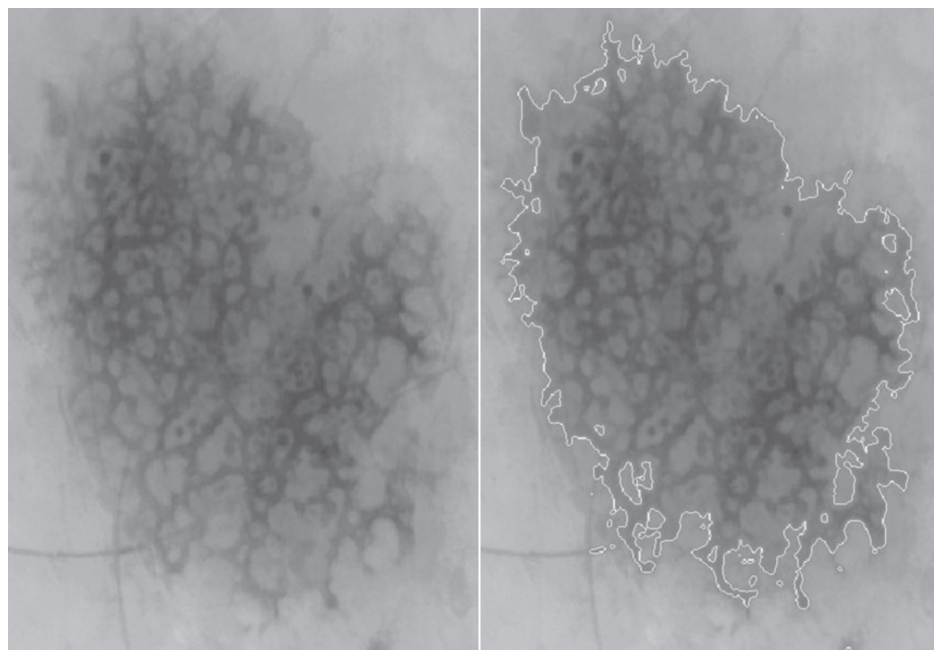


Рис. 1. Результат поиска контуров: слева — оригинальное изображение, справа — обработанное

ние — визуализация выделенных скелетов линий на исходном изображении новообразования кожи.

Изображения для проведения экспериментов взяты из набора данных для второй задачи ISIC 2018 Challenges.

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

На вход алгоритма подается изображение (формат bmp, jpg, png и т.д.). Затем детектируется новообразование путем нахождения самого протяженного контура. Под контуром понимается замкнутая линия, которая очерчивает области, полученные путем бинаризации методом Оцу [10]. Предполагается, что новообразование находится внутри данного контура, и дальнейшая работа алгоритма ведется внутри него. Результат поиска контуров показан на рис. 1.

Для более точного результата перед применением алгоритма сегментации на изображение накладывается двусторонний фильтр [11]. Данный фильтр уменьшает шумы на изображении, при этом сохраняя четкие границы, что в дальнейшем положительно сказывается на детекции “линий” и расчете их характеристик.

Путем проведения операции побитового И между изображениями с выходов бинаризации методов Оцу и адаптивной бинаризации происходит выделение “линий” (рис. 2).

Для адаптивной бинаризации была выбрана модификация Гаусса [12]. Отличие от классиче-

ского варианта заключается в том, что при расчете порога значения внутри ядра перемножаются на веса, полученные с учетом нормального распределения. Данный подход позволяет дополнительно отфильтровать шумы.

К полученному изображению применяются морфологические операции для удаления ложных “линий” и соединений ложных “разрывов”.

Затем обрабатывает модифицированный алгоритм скелетизации Зонга–Суня [13] и удаляются короткие сегменты скелета. Модификация скелетизации необходима для более точного расчета длин сегментов. Это достигается удалением вершин Г-образных структур скелета.

После того, как сегменты выделены, рассчитываются их характеристики: длина, ширина и цвет. Авторами данной статьи принято считать длиной количество пикселей, принадлежащих к одному сегменту. Шириной — усредненное количество пикселей от сегмента до границы “линии”, принадлежащей данному сегменту. Границы “линий” обнаружены с помощью оператора Кэнни [14]. В основе расчета цвета лежит модель RGB. По ранее найденным координатам сегмента рассчитывается среднее значение компонент R, G и B.

Результат выделения сегментов “линий” представлен на рис. 3.

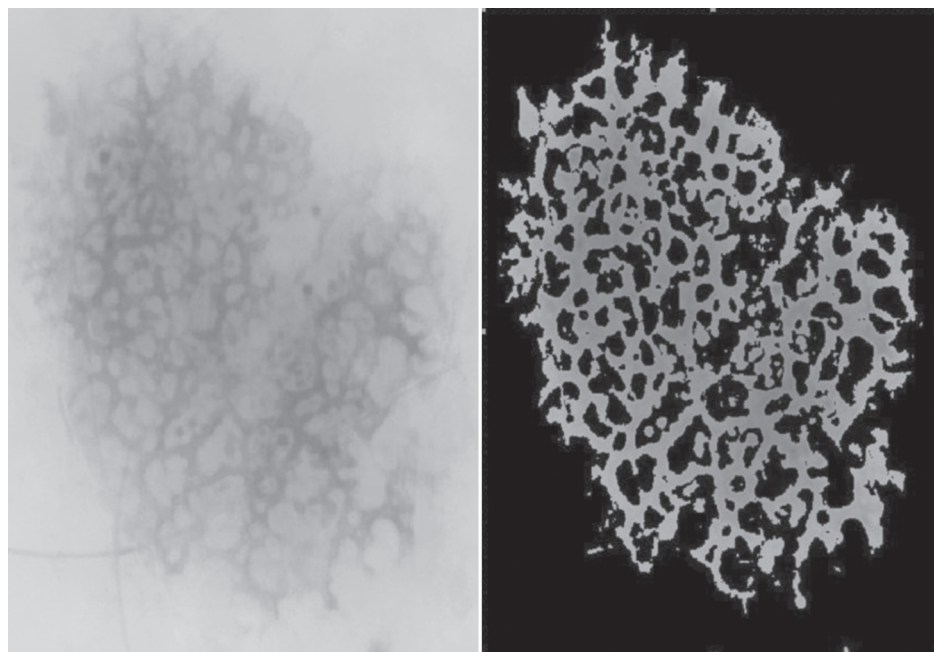


Рис. 2. Выделение “линий”: слева — оригинальное изображение, справа — обработанное

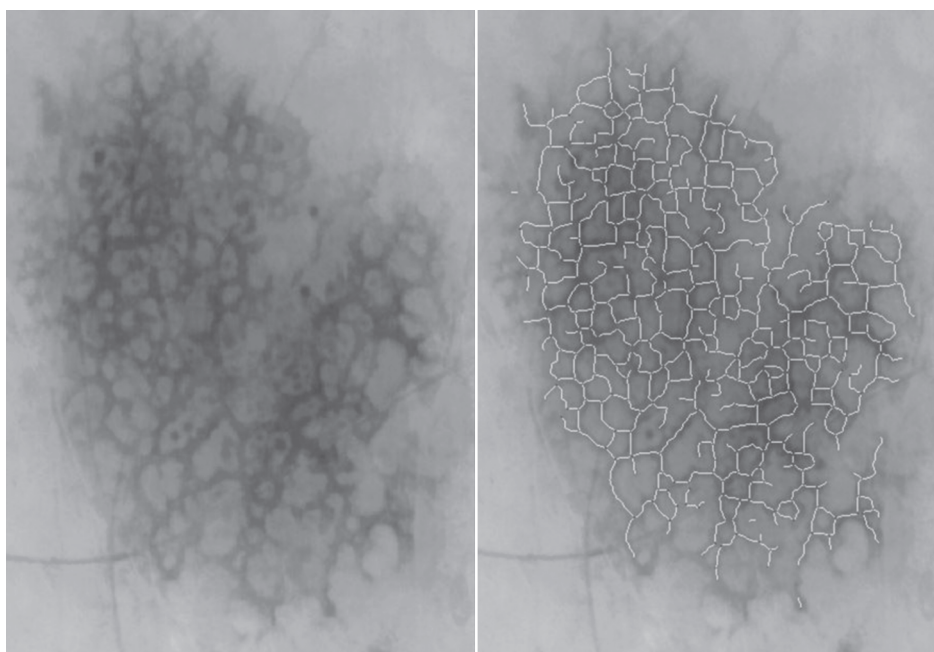


Рис. 3. Результат работы алгоритма: слева оригинальное изображение, справа — обработанное

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку одна из самых важных задач — правильно поставить диагноз, было принято решение оценить, насколько точно можно классифицировать новообразование, основываясь только на характеристиках “линий”. Для этой цели ис-

пользовался классификатор случайный лес [15]. Было взято 518 изображений новообразований кожи (259 невусов и 259 меланом), на которых присутствовали “линии”. Для каждого изображения были рассчитаны следующие характеристики: среднееквадратическое отклонение (СКО) длин сегментов, средняя длина сегментов, СКО

ширин сегментов, средняя ширина сегментов, СКО компонент RGB сегментов, среднее значение компонент RGB сегментов. Данные характеристики подавались на вход классификатору. Выборка была разделена случайным образом в соотношении 80/20, где 80% — обучающая выборка, а 20 — тестовая. Точность классификации составила 81%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продemonстрированный подход имеет ряд преимуществ: прозрачность, низкие требования к электронно-вычислительной машине, простота модификации. Следует отметить, что данный метод классификации необходимо использовать в совокупности с другими модулями. А именно: модуль классификации по “точкам”, “кругам”, “псевдоподиям”, “глобулам” и “бесструктурным областям”. Объединение данных модулей позволит получить наиболее достоверную картину новообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. *Эберт М.А. и др.* // Вопросы онкологии. 2019. Т. 65 (5). С. 638–644. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2019-65-5-638-644>
2. *Zhuchkov M.V. et al.* // Consil. Med. 2020. V. 22 (7). P. 38–41.
3. *Kudrin K.G. et al.* // Opt. Spectrosc. 2020. V. 128 (6). P. 820–831. <https://doi.org/10.1134/S0030400X20060132>
4. *Kulik S., Shtanko A.* // Proc. Comput. Sci. 2020. V. 169. P. 164–167. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.129>
5. *Prilipsky R.E., Zaeva M.A.* // Proc. Comput. Sci. 2020. V. 169. P. 96–99. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.120.19>
6. *Marchetti M.A. et al.* // J. Am. Acad. Dermatol. 2020. V. 82 (3). P. 622–627. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.07.016>
7. *Amelard R. et al.* // IEEE Trans. Biomed. Eng. 2014. V. 62 (3). P. 820–831. <https://doi.org/10.1109/TBME.2014.2365518>
8. *Oliveira R.B. et al.* // Neural Comput. Appl. 2018. V. 29 (3). P. 613–636. <https://doi.org/10.1007/s00521-016-2482-6>
9. *Munir K. et al.* // Cancers. 2019. V. 11. (9). P. 1235. <https://doi.org/10.3390/cancers11091235>
10. *Bazhenova N.V.* // Sustain. Developm. Sci. Educ. 2018. V. 4. P. 218–221.
11. *Ivanova I.V., Palmin P.A.* // Proc. Scientific Research in the Modern World. Theory and Practice. 2021. P. 69–73.
12. *Meng H. et al.* // IEEE Trans. Med. Imaging. 2019. V. 38 (12). P. 2726–2734.
13. *Mohammed Z.H.M.N.* // Model. Optimiz. Inform. Technol. 2018. V. 6 (1). P. 99–107.
14. *Hijazi M.H.A. et al.* // Int. J. Artif. Intell. 2019. V. 8 (4). P. 429.
15. *Speiser J.L. et al.* // Expert Syst. Appl. 2019. V. 134. P. 93–101.

Characteristics of the Structural Elements of the “Lines” in the Melanoma Recognition System

A. I. Otchenashenko¹, V. G. Nikitaev^{1, *}, A. N. Pronichev¹, O. B. Tamrazova², V. Yu. Sergeev³, and Yu. Yu. Sergeev³

¹National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, 115409 Russia

²Russian Peoples' Friendship University (RUDN University), Moscow, 117198 Russia

³Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, 121359 Russia

*e-mail: VGNikitaev@mephi.ru

Received July 2, 2022; revised July 2, 2022; accepted July 11, 2022

Abstract—The paper considers the problem of early diagnosis of one of the most dangerous malignant neoplasms of the skin — melanoma. A model of the allocation of structural elements (lines) on digital images of skin neoplasms in oncology dermatology has been developed. The model is based on a combination of Otsu binarization and adaptive binarization of the original digital dermatoscopic image of skin neoplasms and subsequent skeletonization and filtration of false line fragments.

Keywords: line selection, digital image processing, dermatoscopic structures, skin melanoma