ISSN 1816-5095 (print); ISSN 2500-0845 (online) https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-817-823 поступила 03.06.19 was received 03.06.19

Автоматизированная система информационной поддержки врача-офтальмолога для морфологического описания состояния диска зрительного нерва





Е.Г. Танаева^{1,2}

Р.Г. Хафизов¹

¹ ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» пл. Ленина, З, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424000, Российская Федерация

² ГБУ РМЭ «Республиканская офтальмологическая больница им. Г.И. Григорьева» ул. Пролетарская, 68а, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424000, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2020;17(4):817-823

Цель: разработна автоматизированной системы поддержки принятия решений врачом-офтальмологом для решения задач по морфологическому описанию состояния диска зрительного нерва в норме и при патологии. Методы. В качестве базового алгоритма разработанной системы поддержки принятия решений (СППР) лежит алгоритм накопления отсчетов яркости по диагонали, что позволяет решать задачу выделения границы диска зрительного нерва (ДЗН). На основе данного алгоритма предложены для выполнения следующих задач обработки изображений глазного дна следующие методики: выделение ДЗН, морфологическое описание границы ДЗН, выделение экскавации ДЗН. Проведено экспериментальное исследование влияния параметров на эффективность метода выделения ДЗН. Результаты. Оценка эффективности предложенного алгоритма выделения границы на модели ДЗН показала, что величина перекрытия составила в среднем 0,985, что говорит о высокой точности. То есть алгоритм оценки диаметра изображения ДЗН достаточно устойчив к изменению таких параметров, как влияние уровня шума в сцене и смещение координат центра строба накопления отсчетов от координат центра изображения. Оценка эффективности методики морфологического описания границы ДЗН показала, что в среднем значение первой производной результата накопления отсчетов яркости по диагонали для изображений ДЗН с размытыми границами в 2 раза меньше, чем для изображений ДЗН с четкими границами. Исследована эффективность метода выделения границы для оценки величины экскавации ДЗН. Получено, что погрешность оценки величины экскавации составила в среднем 8,43 %. Заключение. Предложенная система поддержки принятия решений позволяет автоматизировать процесс морфологического описания состояния ДЗН, в частности таких его параметров, как состояние границы и размер экскавации. Данный метод может быть использован при создании медицинских экспертных систем и программного обеспечения по обработке изображений глазного дна.

Ключевые слова: диск эрительного нерва, цифровые изображения глазного дна, экскавация диска

Для цитирования: Танаева Е.Г., Хафизов Р.Г. Автоматизированная система информационной поддержки врача-офтальмолога для морфологического описания состояния диска зрительного нерва.. *Офтальмология*. 2020;17(4):817–823. https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-817-823

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует



The Automated Expert Support System for Optic Nerve Head Morphological Description

E.G. Tanaeva^{1,2}, R.G. Khafizov¹

¹ Volga State University of Technology Lenin sq., 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russian Federation ² Republican G.I. Grigoriev Ophthalmologic Hospital Proletarskaya str., 68A, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2020;17(4):817-823

Purpose. To develop the automated expert support system for optic nerve head morphological description in normal conditions and in pathology. Methods. The proposed expert support system is based on the integration algorithm of luminance samples along the diagonal, it allows to detect the optic nerve head border. On the basis of this algorithm the method for solving the following tasks of fundus image processing have been proposed: detecting of the optic nerve head border, method of the morphological description of the optic nerve head boundary, method of the determining the value of the disk excavation. An experimental study of the parameters effect on the effectiveness of the optic nerve head detecting method was made. Results. The effectiveness assessment of the proposed border detection algorithm on the optic nerve head model has showed that the amount of overlap averaged 0.985, which indicates high quality. It was found that the algorithm for estimating the diameter of the single-sided optic nerve head image is sufficiently resistant to changes in such parameters as the influence of the noise level in the scene and the offset of the strobe center coordinates of the samples accumulation from the image center coordinates. Evaluation of the efficiency of the optic nerve head borders morphological description has showed that the value of the first-order derivative of the result of accumulation of luminance readings diagonally for images of optic nerve head with blurred boundaries is 2 times smaller than for images of optic nerve head with clear boundaries. The effectiveness of the method of selecting the border for assessment the disk excavation size was examined. It was obtained that the error in estimating the magnitude of excavation amounted to an average of 8.43 %. Conclusions. The presented expert support system allows to automate the process of optic disk morphological description, in particular, such parameters as the state of the border and the size of the disc excavation. This method can be used to create medical expert systems and software for fundus images processing.

Keywords: optic nerve head, digital fundus images, disk excavation For citation: Tanaeva E.G., Khafizov R.G. The Automated Expert Support System for Optic Nerve Head Morphological Description. Ophthalmology in Russia. 2020;17(4):817-823. https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-817-823

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Диск зрительного нерва (ДЗН) является центральным объектом на цифровых изображениях глазного дна. Патология ДЗН многообразна и составляет более 40 % всей патологии глазного дна [1]. Стандартная обработка изображений глазного дна включает процессы обнаружения и сегментации ДЗН, а также алгоритмы более высокого уровня, такие как выделение и правильная интерпретация его характеристик. морфологическими характеристиками Основными ДЗН являются его размер, форма, цвет, выраженность границ. Экскавация ДЗН — специфический параметр, который особенно важен при динамическом наблюдении пациентов с глаукомой. Существующие методы и алгоритмы обработки изображений глазного дна, посвященные вопросу обнаружения и сегментации ДЗН, характеризуются широким спектром теоретических и эвристических подходов, отсутствием универсальной методологии и не всегда дают приемлемый результат как для решения задач сегментации, так и для решения диагностических задач [2-8]. Кроме того, гораздо меньше внимания уделено вопросам автоматизации описания и интерпретации морфологии ДЗН, которые играют решающую роль в диагностике патологии ДЗН.

Таким образом, обнаружение границ ДЗН, а также автоматизацию описания морфологии ДЗН можно считать актуальной задачей.

МЕТОДЫ

Предложена СППР для врача-офтальмолога, позволяющая решать следующие задачи обработки изображений глазного дна (рис. 1):

- выделение границы ДЗН;
- морфологическое описание границ ДЗН;
- выделение экскавации диска (ЭД).

АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦЫ ДЗН

Для выделения границы ДЗН разработан алгоритм повышения отношения сигнал/шум путем накопления отсчетов яркости в сечениях по диагонали изображения диска зрительного нерва [9, 10]. Для более качественной сегментации в случае, если форма ДЗН отличается от округлой, был разработан более универсальный вариант «веерного накопления» — это алгоритм накопления, который позволяет выделять границы ДЗН не только округлой, но и овальной формы. Пороговую обработку при веерном накоплении надо проводить отдельно для каждого сектора в строке накопленных отсчетов яркости по среднему значению уровня яркости для данного сектора. Для уменьшения

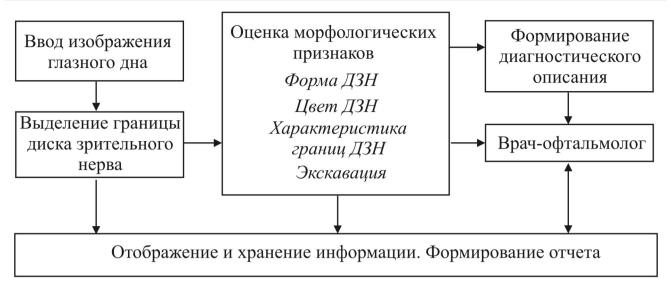


Рис. 1. Автоматизированная система информационной поддержки врача-офтальмолога

Fig. 1. The expert support system for ophthalmologists

влияния сосудов на результат обработки накопление проводится в красном цветовом канале.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА

Для оценки эффективности разработанного алгоритма выделения границ изображения ДЗН было исследовано влияние параметров на данный алгоритм, в частности, устойчивость к уровню шума в сцене, а также влияние смещения координат центра строба накопления отсчетов яркости от координат центра изображения ДЗН. Для получения количественных характеристик использована модель изображения ДЗН с известными характеристиками. В данном исследовании диаметр D модели изображения ДЗН составил 71 пиксель. Устойчивость алгоритма определялась по изменению величины $k_D = D/D$ отношения оценки диаметра Dк истинному значению диаметра D изображения ДЗН при изменении СКО о шума в сцене, при изменении количества накапливаемых строк, а также при смещении координат центра строба накопления отсчетов яркости от координат центра изображения ДЗН.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ГРАНИЦ ДЗН

Как известно, в норме ДЗН имеет относительно четкие границы, а при множестве патологических состояний четкость границ теряется, и это становится основным признаком, отличающим патологически измененный ДЗН от нормального. Изображения ДЗН с размытыми границами характеризуются линейным нарастанием (спадом) яркости в области фронтов по сравнению с результатом накопления для ДЗН с нормальными границами. Для выявления этого признака предлагается использовать первую производную значений яркости в накопленной строке яркостей [12]. Для случая цифровых изображений используется дискретный аналог первой производной:

$$\Delta S_{\nu}(n) = S_{\nu}(n) - S_{\nu}(n-1).$$

Значения функции ΔS_{Σ} будут существенно отличаться для изображений ДЗН с размытыми границами и ДЗН с нормальными границами, т.к. скорость нарастания (спада) яркости в области фронтов разная.

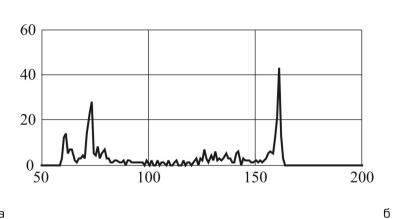
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСКАВАЦИИ ДЗН

Предложенный алгоритм накопления отсчетов яркости в сечениях по диагонали может быть применен для определения экскавации ДЗН. Экскавация ДЗН — специфический параметр, который особенно важен при динамическом наблюдении пациентов с глаукомой. Для описания экскавации принято применять отношение экскавации к диску (Э/Д), этот показатель является важной характеристикой, которую необходимо исследовать в ходе осмотра глазного дна [11].

Для этого проводится двухпороговая обработка с целью выделения контура ДЗН и области экскавации. Алгоритм определения экскавации показан на рисунке 2. Произведя пороговую обработку в строке накопленных отсчетов яркости по среднему значению уровня яркости, получаем границу ДЗН. Далее для результата накопления отсчетов яркости в сечениях S_n по диагонали строим гистограмму распределения яркостей (рис. 2а). На гистограмме распределения яркостей достаточно хорошо выделяется участок с яркостью от 155 до 165. Далее проводим пороговую обработку с уровнем 150 и в результате получаем диаметр участка экскавации. На рисунке 26 представлено изображение ДЗН с выделенным контуром и участком экскавации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведена оценка качества выделения границы ДЗН с использованием моделей с известными параметрами. Для создания модели использованы статистические характеристики изображений глазного дна. При этом



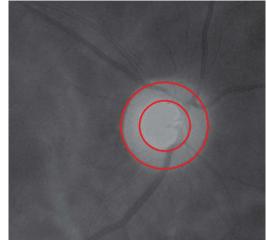


Рис. 2. Гистограмма распределения яркостей в строке накопленных отсчетов яркости (а) и изображение ДЗН с выделенным контуром и экскавацией (б)

Fig. 2. The distribution histogram of luminance in the row of accumulation luminance samples (a) and optic nerve image with detected border and disk excavation (5)

б

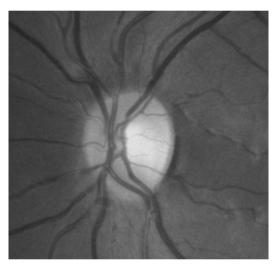




Рис. 3. Результат выделения контура диска зрительного нерва

Fig. 3. The result of the optic nerve head border detecting

оценивалась величина перекрытия, представляющая собой отношение площади изображения модели ДЗН к площади изображения ДЗН, полученная в результате выделения предложенным методом. В результате при выделении границы модели ДЗН с помощью предложенного метода величина перекрытия составила в среднем 0,985, что говорит о высокой точности предложенного метода. Таким же образом проведена проверка методики на реальных изображениях глазного дна (рис. 3).

Проведена оценка влияния параметров на эффективность метода выделения ДЗН, в частности устойчивость метода к уровню шума в сцене (рис. 4). Устойчивость метода определялась по изменению величины $K_{\scriptscriptstyle D}$ отношения оценки диаметра к истинному значению диаметра изображения ДЗН при изменении СКО σ шума в сцене.

Получено, что с увеличением длины накапливаемых строк величина $K_{\scriptscriptstyle D}$ практически не изменяется

с увеличением СКО шума (рис. 4а). Так, например, при СКО $\sigma = 20$ и при длине накапливаемых строк L =90 (L/D = 1,268) величина $K_{\!{}_D}$ = 0,792, при L = 150 (L/D = 2,113) величина K_D = 0,987. Это объясняется тем, что изменение длины накапливаемых строк приводит к изменению среднего значения уровня яркости в строке накопленных отсчетов яркости. С увеличением длины накапливаемых строк больше данных усредняется, и тем более точное значение средней яркости получается в строке накопленных отсчетов яркости. Также получено, что с увеличением количества накапливаемых строк величина K_D возрастает и стремится к 1 (рис. 46). Так, например, при СКО σ = 20 и при количестве накапливаемых строк P=10 величина $K_{\scriptscriptstyle D}=0,\!818,$ а при P=50 величина $K_D = 0,904$. Это объясняется тем, что с увеличением количества накопленных данных уменьшается уровень шума в строке накопленных отсчетов яркостей.

а

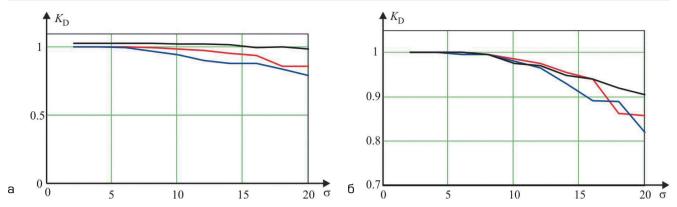


Рис. 4. Зависимости отношения оценки диаметра к истинному значению ДЗН от СНО шума при изменении: a — длины накапливаемых строк (синий L = 90, красный L = 100, черный L = 150); b — количества накапливаемых строк (синий D = 10, красный D = 30, черный D = 50)

Fig. 4. Dependencies of the diameter estimate relation of the ONH true value on the standard deviation noise when changing: a — the length of accumulated lines (blue L = 90, red L = 100, black L = 150); δ — the number of accumulated lines (blue P = 10, red P = 30, black P = 50)

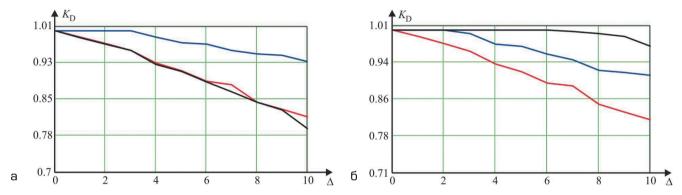


Рис. 5. Зависимости отношения оценки диаметра к истинному значению ДЗН от величины смещения координат центра строба накопления отсчетов яркости от: a — координат центра изображения ДЗН (синий — по координате y, красный — по координате y, красный — по координатам y y); y — координат центра изображения ДЗН по координате y при изменении длины накапливаемых строк (красный y = 100, синий y = 120, черный y = 150)

Fig. 5. Dependencies of the diameter estimate relation of the ONH true value from the offset value of the strobe center coordinates of the samples accumulation from: a — the coordinates of the ONH center (blue — along the y coordinate, red — along the x coordinate, black — simultaneously along the x and y coordinates); δ — coordinates of the ONH center in the x coordinate when the length of the accumulated rows changes (red L = 100, blue L = 120, black L = 150)

Исследовано влияние смещения координат центра строба накопления отсчетов яркости от координат центра изображения ДЗН (рис. 5).

Получено, что с увеличением смещения координат центра строба накопления отсчетов яркости от координат центра изображения ДЗН величина $K_{\scriptscriptstyle D}$ уменьшается незначительно. Так, например, при одновременном смещении по координатам x и y на 5 пикселей величина $K_{\scriptscriptstyle D}$ = 0,914. Наблюдается также, что с увеличением длины L накапливаемых строк величина $K_{\scriptscriptstyle D}$ практически не изменяется при смещении координат центра строба.

Таким образом, увеличение длины L накапливаемых строк приводит к устойчивости разработанного метода выделения границы изображения ДЗН к уровню шума в сцене и к смещению координат центра строба накопления отсчетов яркости от координат центра изображения ДЗН. Однако при этом в реальных изображениях глазного дна сколь угодное увеличение длины L накапливаемых строк невозможно из-за наличия в сцене таких

мешающих факторов, как неравномерность освещения и изображений кровеносных сосудов.

Для оценки алгоритма описания морфологии границ было обработано 20 изображений глазного дна, проанализированных предварительно экспертами-офтальмологами — 10 изображений глазного дна с размытыми границами ДЗН и 10 — с нормальными границами ДЗН.

На рисунке 6 в качестве примера представлены результаты накопления отсчетов яркости по диагонали и гистограмма распределения результатов вычислений первой производной для ДЗН с нормальным контуром и ДЗН с размытым контуром (рис. 6в).

Результат накопления отсчетов яркости по диагонали для изображения ДЗН с размытыми границами характеризуется более линейным нарастанием (спадом) яркости в области фронтов по сравнению с результатом накопления для случая ДЗН с нормальными границами (рис. 6а, 6). На рисунке ба представлена гистограмма распределения результатов вычислений первой производной

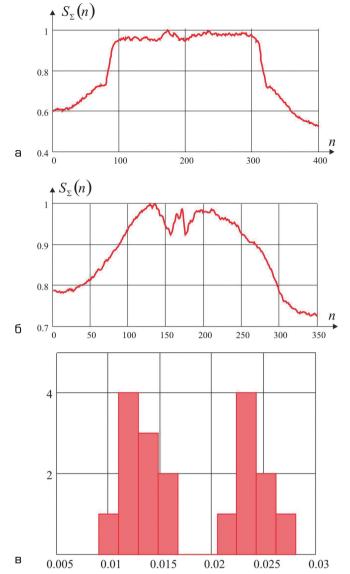


Рис. 6. Результаты накопления отсчетов яркости по диагонали для ДЗН с четкими границами (а), для ДЗН с размытыми границами (б) и гистограмма распределения результатов вычислений первой производной для изображений глазного дна (в)

Fig. 6. The results of accumulation of luminance samples along the diagonal for optic nerve head with blurred boundaries (a), for optic nerve head with clear boundaries (b) and the distribution histogram of the first-order derivative calculations for the fundus images (b)

для 20 изображений глазного дна. По результатам анализа 20 изображений глазного дна получено, что в среднем значение первой производной результата накопления отсчетов яркости по диагонали для изображений ДЗН с размытыми границами в 2 раза меньше, чем для изображений ДЗН с четкими границами.

Для тестирования предложенного алгоритма оценки величины экскавации было исследовано 15 изображений глазного дна, проанализированных предварительно экспертом-офтальмологом. Получено, что погрешность оценки величины экскавации составила в среднем 8,43 % [13]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен метод выделения границ ДЗН и автоматизация описания морфометрических параметров ДЗН на цветных изображениях глазного дна. Для решения задачи выделения границы ДЗН предлагается использовать алгоритм, основанный на накоплении отсчетов яркости в сечениях по диагонали. Произведено тестирование данного алгоритма на модели. Исследовано влияние параметров на эффективность метода выделения ДЗН, в частности устойчивость к уровню шума в сцене, а также влияние смещения координат центра строба накопления отсчетов яркости от координат центра изображения ДЗН. Алгоритм накопления отсчетов яркости по диагонали может быть использован для описания состояния границ ДЗН, которое является решающим критерием для многих видов патологии ДЗН (четкая/размытая граница). Применение данной методики для изображений ДЗН с размытыми границами показывает, что результат накопления характеризуется более медленным изменением яркости. Полученный импульс яркости характеризуется линейным нарастанием (спадом) фронтов. Для выявления данного признака может быть использована первая производная. Кроме того, предложенный алгоритм накопления отсчетов яркости по диагонали может быть применен для определения экскавации ДЗН. Для этого надо производить двухпороговую обработку с целью выделения контура ДЗН и области экскавации.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Танаева Е.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала; Хафизов Р.Г. — концепция и дизайн исследования, написание текста, подготовка иллюстраций.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Кацнельсон Л.А., Лысенко В.С., Балишанская Т.И. Клинический атлас патологии глазного дна. М.; 1997:152. [Katsnelson L.A., Lysenko V.S., Balishanskaya T.I. Clinical Atlas of Eye Fundus Pathology. Moscow; 1997:152 (In Russ.)].
- Lowell J., Hunter A., Steel D., Basu A., Ryder R., Fletcher E., Kennedy L. Optic nerve head segmentation. IEEE Trans. *Medical Imaging*. 2004;23(2):256–264. DOI: 10.1109/TMI.2003.823261
- Li H.Q., Chutatape O. Automated feature extraction in color retinal images by a model based approach. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 2004;51(2):246–254. DOI: 10.1109/TBME.2003.820400
- Rangayyan M., Xiaolu Z., Fábio J.A., Anna L.E. Detection of the Optic Nerve Head in Fundus Images of the Retina with Gabor Filters and Phase Portrait Analysis Rangaraj. *Journal of Digital Imaging*. 2010;23(4):438–453.
 Sinthanayothin C., Boyce J.F., Cook H.L., Williamson, T.H. Automated localisation
- Sinthanayothin C., Boyce J.F., Cook H.L., Williamson, T.H. Automated localisation of the optic disc, fovea, and retinal blood vessels from digital colour fundus images. Br. J. Ophthalmol. 1999;83:902–910.
- Yu H., Barriga E.S., Agurto C., Echegaray S., Pattichis M.S., Bauman W., Soliz P. Fast localization and segmentation of optic disk in retinal images using directional matched filtering and level sets. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 2012;16(4):644– 657. DOI: 10.1109 / TITB.2012.2198668
- Aquino M.E., Gegundez-Arias. D. M. Detecting the optic disc boundary in digital fundus images using morphological edge detection and feature extraction techniques, *IEEE Trans. Med. Imag.* 2010;29(11):1860–1869. DOI: 10.1109/ TMI.2010.2053042
- Hoover A., Goldbaum M. Locating the optic nerve in a retinal image using the fuzzy convergence of the blood vessels. *IEEE Trans. Med. Imag.* 2003;22(8):951–958. DOI: 10.1109/TMI.2003.815900
- Хафизов Р.Г., Танаева Е.Г. Метод выделения границы диска зрительного нерва на изображениях глазного дна. Медицинская техника. 2018;2:19–22. [Khafizov R.G., Tanaeva E.G. The method of the optic disc detection of fundus images. Medical equipment = Meditsinskaia Tekhnika. 2018;2:19–22 (In Russ.)].

Е.Г. Танаева, Р.Г. Хафизов

- 10. Хафизов Р.Г., Танаева Е.Г. Автоматизация морфологического описания границы диска зрительного нерва на цифровых изображениях глазного дна. *Офтальмология*. 2018;15(3):325–329. [Khafizov R.G., Tanaeva E.G. The morphological description automation of the optic nerve head boundary in digital fundus images. Ophthalmology in Russia = *Oftal mologiya*. 2018;15(3):325–329 [In Russ.] DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-325-329
- Лебедев О.И., Калижникова Е.А., Яровский А.Е. Топ-лист ведения пациентов с глаукомой: офтальмоскопия. Национальный журнал Глаукома. 2014;1:35–44. [Lebedev O.I., Kalizhnikova E.A., Yarovskiy A.E. Top-list of management of patients with glaucoma: ophthalmoscopy. National Journal Glaucoma = Natsional'nyi zhurnal Glaucoma. 2014;1:35–44 (In Russ.)].
- 12. Фурман Я.А., Кравецкий А.В., Передреев А.К., Роженцов А.А., Хафизов Р.Г., Егошина И.Л., Леухин А.Н. Введение в контурный ана-
- лиз: приложение к обработке изображений и сигналов. М.: Физматлит; 2003:592. [Furman Ya.A., Kravetskii A.V., Peredreev A.K., Rozhentsov A.A., Khafizov R.G., Egoshina I.L., Leukhin A.N. Introduction to the contour analysis: application to image and signal processing. Moscow: Fizmatlit; 2003:592 (In Russ.)].
- 13. Хафизов Р.Г., Танаева Е.Г., Егошин М.А. Метод выделения границ и автоматизация описания морфометрических параметров диска зрительного нерва на цифровых изображениях глазного дна. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2018;17(1):122–126. [Khafizov R.G., Tanaeva E.G., Egoshin M.A. The method of the optic disc detection and morphological description automation in digital fundus images. System analysis and management in biomedical systems = Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah 2018;17(1):122–126 (In Russ.)].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» ГБУ РМЭ «Республиканская офтальмологическая больница им. Г.И. Григорьева» Танаева Елена Геннадьевна

аспирант, врач-офтальмолог

пл. Ленина, 3, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424000, Российская Федерация ул. Пролетарская, 68а, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424000, Российская Федерация

ФГБУО ВО «Поволжский государственный технологический университет» Хафизов Ринат Гафиятуллович

профессор, доктор технических наук

пл. Ленина, 3, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424000, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Volga State University of Technology Republican G.I. Grigoriev Ophthalmologic Hospital Tanaeva Elena G.

postgraduate, ophthalmologist

Lenin sq., 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russian Federation Proletarskaya str., 68A, Yoshkar-Ola, Republic of Mari EL, 424000, Russian Federation

Volga State University of Technology Khafizov Rinat G. Dr. Sc., Tech., Professor Lenin sq., 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, 424000, Russian Federation



ОФТАЛЬМОЛОГИЯ
Комплексные поставки
оборудования по стандартам
оснащения врачебных кабинетов
и ЛПУ по приказам Минэдрава

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ВЫГОДНЫЕ УСЛОВИЯ

- Авторефкератометры
- Пневмотонометры
- Периметры
- Фундус-камеры
- Щелевые лампы
- Ультразвуковые аппараты
- Рабочие места офтальмолога
- Лечебное оборудование

Опыт работы с 1992 года Более 2 000 клиентов Лизинг Участие в аукционах





г.Москва, Научный проезд, д.8, стр.1 +7 495 334 7344, www.vidacom.ru