

doi: 10.25005/2074-0581-2024-26-4-587-595

## НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВОСПАЛЕНИЯ В ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЕ ГЛАЗА ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

P.K. MIRAKHMEDOVA<sup>1</sup>, P.M. OSTANAIEVA<sup>1</sup>, S.A. YULDASHEVA<sup>1</sup>, A.Z. DZHABAROV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Чаррохии чашм Нигоҳ», Душанбе, Республика Таджикистан

<sup>2</sup> Фрилансер, Душанбе, Республика Таджикистан

**Цель:** создать Telegram-бот в качестве нового инструмента для оценки активности воспалительного процесса в передней камере глаза.

**Материал и методы:** для исследования было выполнено 132 снимка в виде радиальных и линейных срезов в режиме AC-OCT на томографе «SOCT Copernicus REVO 60» (Optopol Technology SA, Zawiercie, Poland) восьми пациентам с увеитом разной степени активности воспаления по классификации SUN. Независимым наблюдателем для исследования из них было отобрано 27 снимков высокого качества с разрешением 1566×956, которые были сохранены в идентичном формате, с одинаковым контрастом и небольшим разбросом в степени яркости (от -10 до 4), на которых были различимы клетки воспаления, он же и проводил подсчёт клеток в приложении. В качестве контроля выступали 27 результатов подсчёта клеток стандартным методом. В качестве метода статистической обработки строилась ROC-кривая, подсчитывались чувствительность, специфичность, точность, полнота и F1-мера. Снимки подвергались оценке активности воспалительного процесса в передней камере в специально разработанном Telegram-боте, целью которого являлось обнаружение и подсчёт количества клеток воспаления.

**Результаты:** метод корректно определял случаи как отрицательные или «здоров» в 96,5% случаев. Прецизионность (прогностическая ценность) составила 0,964, что говорит о том, что из всех случаев, которые метод предсказал как положительные, т.е. «болел», он был корректен в 96,4% случаев. Полнота составила 0,926, т.е. из всех истинно положительных случаев метод сумел идентифицировать правильно 92,6% случаев. Среднее гармоническое между точностью и полнотой (F1-мера) составило 0,945, что говорит о хорошем балансе между двумя этими параметрами.

**Заключение:** Telegram-бот является достаточно точным, бесплатным, доступным для широкого круга врачей, не требующим специальных знаний, навыков и оборудования для пользования инструментом для оценки активности воспалительного процесса в передней камере глаза. Достаточно наличия доступа в интернет и устройства с регистрацией в Telegram.

**Ключевые слова:** специализированное программное обеспечение, Telegram-бот, увеит, оптическая когерентная томография, воспаление в передней камере.

**Для цитирования:** Мирахмедова ПК, Останаева ПМ, Юлдашева СА, Джабаров АЗ. Новый метод оценки воспаления в передней камере глаза при помощи программного обеспечения. *Вестник Авиценны*. 2024;26(4):587-95. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2024-26-4-587-595>

## A NEW METHOD OF ASSESSING OCULAR INFLAMMATION IN THE ANTERIOR SEGMENT USING SOFTWARE

P.K. MIRAKHMEDOVA<sup>1</sup>, P.M. OSTANAIEVA<sup>1</sup>, S.A. YULDASHEVA<sup>1</sup>, A.Z. DZHABAROV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LLC «Jarrohii chashm Nigoh», Dushanbe, Republic of Tajikistan

<sup>2</sup> Freelancer, Dushanbe, Republic of Tajikistan

**Objective:** To create a Telegram bot as a new tool for assessing anterior uveitis.

**Methods:** A total of 132 images, including radial and linear sections in the AC-OCT mode, were captured for a study using the SOCT Copernicus REVO 60 tomography device (Optopol Technology SA, Zawiercie, Poland). The study involved eight patients with uveitis of varying degrees of inflammatory severity, classified according to the Standardization of Uveitis Nomenclature (SUN) criteria. These examinations were conducted at the Nigoh Eye Surgery Clinic in Dushanbe, Republic of Tajikistan, from March to May 2024. For the study, an independent observer selected 27 high-quality images with a resolution of 1566×956, which were saved in an identical format, with the same contrast and negligible variations in the level of brightness (from -10 to 4), on which inflammatory cells were distinguishable, he also counted the cells in the application. Twenty-seven results of cell counting by the standard method served as a control. The ROC curve was constructed as a statistical processing method; sensitivity, specificity, accuracy, completeness, and F1-measure were calculated. The images were subjected to an assessment of the activity of the inflammatory process in anterior uveitis in a specially developed Telegram bot to detect and count the number of inflammatory cells.

**Results:** The method correctly identified cases as negative or "healthy" in 96.5%. The positive predictive value (PPV), or precision, was 0.964. This means the method was correct among all the cases predicted as positive – i.e., "sick" – in 96.4% of cases. The recall was 0.926, i.e., of all true positives (TP), the method was correct in 92.6% of cases. The F1-score, the harmonic mean of precision and recall, was 0.945, indicating a good balance between these two parameters.

**Conclusion:** The Telegram bot provides an impressively accurate and intuitive platform for evaluating the activity of the inflammatory process in anterior uveitis. Designed as a complimentary tool, it aims to reach a wide range of medical professionals, allowing easy access without requiring specialized training, advanced medical skills, or complex equipment. Users only need a device compatible with Telegram and a reliable internet connection to get started. This straightforward approach enhances the tool's usability and transforms it into an essential resource for healthcare providers aspiring to improve their diagnostic capabilities.

**Keywords:** Specialized software, Telegram bot, uveitis, optical coherence tomography, inflammation in the anterior chamber.

**For citation:** Mirakhmedova PK, Ostanaeva PM, Yuldasheva SA, Dzhabarov AZ. Novyy metod otsenki vospaleniya v peredney kamere glaza pri pomoshchi programmogo obespecheniya [A new method of assessing ocular inflammation in the anterior segment using software]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2024;26(4):587-95. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2024-26-4-587-595>

## ВВЕДЕНИЕ

Воспаление передней камеры является важным клиническим маркёром для оценки активности процесса при воспалительных заболеваниях глаз. Традиционно воспаление классифицируется на основе количества воспалительных клеток, наблюдаемых в передней камере при биомикроскопии [1]. Текущий стандарт определения степени воспаления был установлен Международным семинаром Standardization of Uveitis Nomenclature (SUN), который определил степени воспаления от 0 (нет воспаления) до 4+ (тяжёлое воспаление) на основании количества видимых клеток в передней камере через центральную часть роговицы в луче света щелевой лампы размером 1×1 мм [2]. Хотя оценка количества клеток человеком под контролем зрения при исследовании с помощью щелевой лампы стала «золотым стандартом» для оценки активности воспаления [3], существует ряд спорных моментов. Одним из них является вариабильность степени воспаления при оценке его у одного и того же пациента при осмотре в свете щелевой лампы разными специалистами. Так, авторы исследования [4] отмечают, что присвоение определённой степени по номенклатуре SUN зависит от опыта и умения конкретного специалиста интерпретировать увиденное при исследовании передней камеры у пациентов с увеитом. В то же время работа Kempen JH et al показала низкий или умеренный уровень согласия (кappa=0,34-0,43) между специалистами по увеитам при присвоении степени воспалительному процессу в передней камере одного и того же глаза [5]. Вариабельность степени воспаления также может быть связана с различиями в самом оборудовании. Обнаружено, что 3 отдельных, но идентичных аппарата с щелевой лампой создают различные схемы освещения, что в конечном итоге влияет на количество клеток [6].

Всё вышеупомянутое свидетельствует в пользу того, что определить чувствительность номенклатуры SUN как метода определения активности воспалительного процесса сложно и вызывает затруднения, в связи с чем, видимо, авторами исследования не обнаружено научных трудов, посвящённых этому вопросу. В то же время, начиная с самых ранних версий оптической когерентной томографии (ОКТ), воспаление в передней камере оценивалось с помощью ОКТ переднего сегмента и, как было показано, сильно коррелирует с результатами, полученными с помощью щелевой лампы [6]. Современные усовершенствованные устройства на базе ОКТ и достижения в области программного обеспечения могут внести свой немалый вклад в решение исследуемого вопроса.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Создать Telegram-бот в качестве нового инструмента для оценки активности воспалительного процесса в передней камере глаза в помощь врачам и исследователям.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для исследования было выполнено 132 снимка в виде радиальных и линейных срезов в режиме АС-ОКТ на оптическом

## INTRODUCTION

Anterior chamber inflammation is a crucial clinical marker for evaluating the activity of various inflammatory diseases affecting the eye. Traditionally, the assessment of inflammation has relied on observing the quantity of inflammatory cells present in the anterior chamber using slit-lamp biomicroscopy [1]. The International Workshop on Standardization of Uveitis Nomenclature (SUN) has established a widely accepted standard for defining the grade of inflammation, categorizing it from 0 (no inflammation) to 4+ (severe inflammation). This grading system is based on counting the number of cells visible in the anterior chamber using a 1×1 mm slit lamp beam directed at the central cornea [2]. While the human visual assessment of cell count during a slit lamp examination has become the accepted "gold standard" for measuring inflammatory activity [3], several controversies surround this method. One significant issue is the variability in inflammation ratings assigned by different observers during the examination of the same patient. The authors of a referenced study [4] highlight that determining inflammation grade, according to the SUN nomenclature, heavily relies on the individual specialist's experience and interpretative skills when examining the anterior chamber in uveitis patients. Furthermore, the kappa statistics for exact agreement among uveitis specialists on grading inflammation in the same eye showed only low to moderate agreement, with a range of 0.34 to 0.43, according to Kempen JH et al (2008) [5]. Inconsistencies in grading inflammation can also stem from differences in the equipment utilized during examinations. For instance, the authors discovered that three identical slit lamp machines produced varying illumination patterns, which ultimately influenced the observed cell counts [6].

Together, these factors suggest significant challenges in accurately determining the sensitivity of the SUN nomenclature as a method for evaluating inflammatory activity. This complexity may explain the lack of scientific literature explicitly addressing this issue. Promisingly, the evolution of optical coherence tomography (OCT) technologies offers potential solutions. From its earliest iterations, anterior segment OCT has been utilized to assess inflammation in the anterior chamber, demonstrating a strong correlation with results obtained through slit lamp examinations [6]. The advancements in modern OCT devices and accompanying software are poised to greatly enhance our ability to evaluate anterior chamber inflammation.

## PURPOSE OF THE STUDY

To develop a Telegram bot, an innovative tool for evaluating the inflammatory process activity in patients with anterior uveitis. This resource aims to assist healthcare professionals and researchers in monitoring and understanding the condition more effectively. By utilizing the convenience of Telegram, the bot will facilitate data collection and analysis, ultimately enhancing the assessment and management strategies for this condition.

когерентном томографе «SOCT Copernicus REVO 60» (Optopol Technology SA, Zawiercie, Poland) восьми пациентам с увеитом разной степени активности воспаления по классификации SUN, прошедших обследование в ООО «Чаррохии чашм Нигох» в период с марта по май 2024 года. Из них независимым наблюдателем для исследования было отобрано 27 снимков высокого качества с разрешением 1566×956, которые были сохранены в идентичном формате, с одинаковым контрастом и небольшим разбросом в степени яркости (от -10 до 4), на которых были различимы клетки воспаления, этот же наблюдатель проводил подсчёт клеток при помощи Telegram-бота. В качестве контроля выступили 27 результатов подсчёта клеток воспаления стандартным методом у тех же пациентов.

При выполнении исследования придерживались Хельсинкской декларации 1975 года. Все пациенты дали своё информированное согласие на обработку персональных данных.

Всем пациентам одновременно проводилось офтальмологическое обследование, включавшее определение остроты зрения с коррекцией, пневмотонометрию и тонометрию по Гольдману, биомикроскопию на щелевом микроскопе SL-9800 (CSO, Florence, Italy) с определением активности воспаления в передней камере по классификации SUN, осмотр глазного дна в состоянии медикаментозного мидриаза при помощи линз силой 60, 78, 90 D (Volks USA, Inc, CA, USA) и ОКТ в режимах Retina и Anterior Chamber Radial/Full Range на оптическом когерентном томографе «SOCT Copernicus REVO 60» (Optopol Technology SA, Zawiercie, Poland). Ключевые характеристики томографа: длина волны – 850 нм, скорость сканирования – 60000 измерений в секунду, осевое разрешение – 2,6 нм (цифровое), 5 нм – в ткани, поперечное разрешение – 12 нм, общая глубина сканирования – 2,8 мм/около 6 мм в режиме Full Range. Для выполнения сканов в режиме Anterior Chamber дополнительная насадка/линза не требовалась.

Критерии включения в исследование: дети старше 14 лет и взрослые с инфекционным и неинфекционным увеитом, диагностированным стандартным методом. Критерии исключения: пациенты с послеоперационным увеитом, дети до 14 лет.

В качестве метода статистической обработки строилась ROC-кривая, подсчитывались чувствительность, специфичность, прецизионность, полнота метода и F1-мера.

Снимки подвергались оценке активности воспалительного процесса в передней камере в специально разработанном Telegram-боте, целью которого являлось обнаружение и подсчёт количества клеток воспаления. Снимки сохранялись с постоянным контрастом 128 и яркостью в диапазоне от -10 до 4 (с максимально чёрным фоном) в формате PNG или JPG. Обработка снимка начиналась с перевода ботом снимка в чёрно-белый оттенок с максимальной яркостью и контрастностью и обратной загрузкой в чат бота преобразованного изображения, затем, пользователь выделял красной кистью интересующую его замкнутую область на преобразованном чёрно-белом снимке, в котором производился поиск точек близких к цвету #CDCDCD и лежащих в диапазоне цветов #9B9B9B-#FFFFFF (цвет оттенка точек достигаемых после преобразования снимка в чёрно-белое). Программное обеспечение (ПО) позволяло подсчитать точки разного размера (в пикселях): 1×1, 2×2, 3×3. В зависимости от выбранного размера точек для поиска программа выполняла несколько шагов: для точек размером 1×1 происходил поиск точек внутри ограниченной красным цветом области цветов, лежащих в диапазоне #9B9B9B-#FFFFFF, а для точек размером 2×2 бот выполнял предыдущий шаг, после проверял, входят ли близлежащие пиксели в диапазон от #9B9B9B до #FFFFFF, и обводил заданным цветом точки, отвеча-

## METHODS

The study involved a meticulous collection of 132 images taken as radial and linear slices in the AC-OCT mode using the SOCT Copernicus REVO 60 tomography device (Optopol Technology SA, Zawiercie, Poland). This research focused on eight patients diagnosed with uveitis exhibiting variable inflammatory severity according to the SUN classification. These patients were examined at the Nigoh Eye Surgery Clinic in Dushanbe, Republic of Tajikistan, from March to May 2024.

An independent observer evaluated these images and selected 27 high-quality ones, each with a 1566×956 pixels resolution. The selected images were saved uniformly, ensuring consistent contrast with minor brightness adjustments ranging from -10 to 4 while allowing clear inflammatory cell visibility. The same observer then utilized a Telegram bot to count these cells. The findings from this automated counting process were compared against 27 results derived from traditional counting methods performed on the same group of patients.

The study adhered to the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki 1975. Informed consent was obtained from all patients, allowing for processing of their personal data.

Patients underwent a comprehensive ophthalmological assessment, which included determining visual acuity with correction, measuring intraocular pressure using pneumotonometry and Goldman tonometry, and conducting biomicroscopy with a Slit Lamp SL-9800 LED converting microscope (CSO, Florence, Italy). This assessment evaluated the intensity of inflammation in the anterior chamber according to the SUN classification. Additionally, fundus examinations were performed under pharmacologically induced mydriasis with 60, 78, and 90 diopters funduscopic lenses (Volks USA, Inc, CA, USA), alongside OCT scans for Retina and Anterior Segment analysis using the SOCT Copernicus REVO 60 tomography device (Optopol Technology SA, Zawiercie, Poland). Key specifications of the tomographic device included an 850 nm wavelength SLED light source, a scanning speed of 60,000 measurements per second, an axial resolution of 2.6  $\mu\text{m}$  digital, 5  $\mu\text{m}$  in tissue, a transverse resolution of 12  $\mu\text{m}$ , and an overall scan depth of 2.8 mm to ~6 mm in Full Range mode. Importantly, no additional attachments or lenses were required for scans performed during the Anterior Segment analysis.

The inclusion criteria for this study comprised individuals aged 14 and older, both children and adults, diagnosed with either infectious or non-infectious uveitis through standard medical procedures. Conversely, patients who had undergone ocular surgery leading to postoperative uveitis, as well as children under 14, were excluded from the study.

Statistical analysis was conducted using the ROC curve method, calculating sensitivity, specificity, precision, recall, and F1-score metrics.

The assessment of inflammatory activity in the anterior chamber utilized a bespoke Telegram bot designed to identify and count inflammatory cells from the images. The images were consistently saved with a constant contrast level of 128 and brightness adjusted within the range of -10 to 4 against a dark background in either PNG or JPG formats. Processing commenced with the bot converting the images to black and white, maximizing brightness and contrast before re-uploading them to the chat. Users then selected areas of interest on the high-contrast black-and-white images using a red pencil or brush, allowing the software to search for dots that fell within the specified color range

ющие необходимым параметрам. Изображения обрабатывались как на компьютере в приложении «Фотографии» и «Paint» в ОС Microsoft Windows 10 Pro (Microsoft Corp., USA) так и во встроенных фоторедакторах смартфонов Samsung Note 20 (Samsung Electronics, South Korea) и iPhone 15 (Apple Inc., USA). Бот функционирует на трёх языках – русском, таджикском и английском – на всех устройствах с запущенным приложением Telegram. Язык разработки программного обеспечения: Python 3.11.9 (Python Software Foundation, USA). Код ПО был написан в интегрированной среде разработки (IDE) PyCharm Community Edition 2023.3.1 (JetBrains, Czech Republic). Используемые библиотеки: telebot, PIL (Pillow), numpy, cv2 (OpenCV).

## РАБОТА БОТА

1. Приветствие и описание функционала: при запуске бот приветствует пользователя и описывает свои функции, предлагая начать обработку снимка.
2. Запрос ФИО пациента: бот запрашивает ФИО пациента, для которого будет производиться обработка снимка, и сохраняет эту информацию для последующего использования.
3. На рис. 1 показан процесс первичной обработки снимка: пользователь отправляет исходный SD-OCT снимок. Бот преобразует его в чёрно-белый формат с повышенной яркостью и контрастностью.
4. На рис. 2 показано выделение областей для поиска точек: после обработки бот просит пользователя выделить красным цветом области на изображении, где необходимо найти точки, близкие к цвету #CDCDCD.



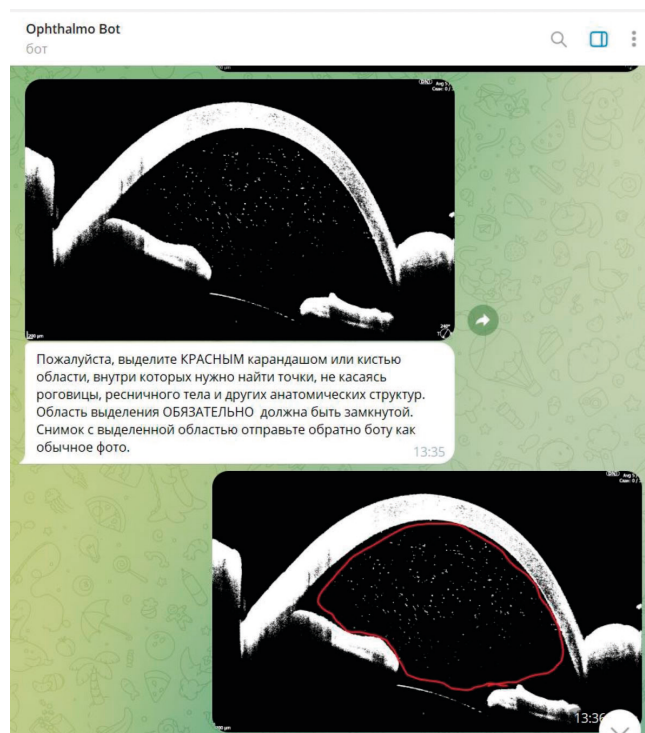
**Рис. 1** Начальный интерфейс Telegram-бота и запрос на первичную обработку снимка

**Fig. 1** User interface for the Telegram bot and a request for initial image processing

of #CDCDCD, with adjacent dots limited to a color spectrum between #9B9B9B and #FFFFFF (the shades achieved post-conversion). The software was adept at counting dots of different pixel sizes: 1×1, 2×2, and 3×3. Depending on the size selected for the searching dots, the bot followed a multi-step process for detection. For the 1×1 size, it sought out dots within the defined red area. At the same time, for 2×2, it also examined neighboring pixels within the same color range, highlighting the dots that met the required criteria with a designated color. Image processing occurred on various platforms, including the Photos and Paint applications within Microsoft OS Windows 10 Pro on computers and on built-in editors of smartphones like the Samsung Note 20 and iPhone 15. The bot offered multi-language support, including Russian, Tajik, and English, across all devices equipped with the Telegram application. The programming language Python 3.11.9 software (Python Software Foundation, USA) was used for the project. The software code was developed using the integrated development environment (IDE) PyCharm Community Edition 2023.3.1 (JetBrains, Czech Republic). The project leverages a variety of powerful libraries to enhance its functionality, including 'telebot' for interacting with Telegram's Bot API, "Pillow" (imported as PIL) for image processing tasks, "numpy" for efficient numerical computations, and "cv2" from OpenCV for advanced computer vision operations.

## BOT FUNCTIONALITY OVERVIEW

1. Greeting and Introduction: Upon launch, the bot greets the user warmly and provides a clear overview of its capabilities, inviting them to begin the process of photo analysis.



**Рис. 2** Первичная обработка снимка и выделение области для поиска точек

**Fig. 2** Initial image processing and selecting an area to search for points

5. Выбор размера искомых точек: бот предлагает выбрать размер точек для поиска (1×1, 2×2 или 3×3 пикселя).
6. Поиск и выделение точек: бот ищет точки указанного размера внутри выделенных областей и обводит их жёлтым цветом. Также он подсчитывает количество найденных точек.
7. Рис. 3 демонстрирует вывод результата на экран (пользователь получает результирующее изображение с выделенными точками и их количеством). Предложение ботом выбора дальнейших действий – продолжить поиск точек другого размера или завершить обработку – показано на рис. 4.

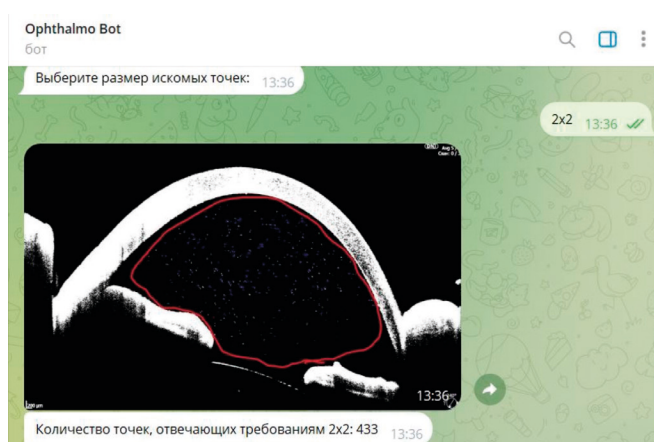
## РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе подсчитанных результатов была построена ROC-кривая (рис. 5): она описывает взаимосвязь между чувствительностью метода (TPR, или true positives rate – доля истинно положительных примеров) и её специфичностью (описываемой в отношении долей ложноположительных результатов: 1-FPR). Была выбрана бинарная модель, в которой определялись два параметра – «традиционный метод» и «Telegram-бот». В качестве порогового значения выбран показатель 0,5.

В дополнение к стандартным параметрам чувствительности и специфичности были подсчитаны прецизионность (precision) и полнота данных (recall) – это ключевые метрики, используемые в машинном обучении для оценки качества моделей классификации, особенно в задачах бинарной классификации, а также F1-мера (F1-score), которая представляет собой гармоническое среднее этих двух метрик (табл.).

Исходя из полученных результатов установлено следующее:

- Частота истинно отрицательных случаев, которые были охарактеризованы как отрицательные, составила 0,965, и это означает, что метод корректно определяет случаи как отрицательные или «здоров» в 96,5% случаев.
- Точность (прогностическая ценность) составила 0,964, что говорит о том, что из всех случаев, которые метод предсказал как положительные, т.е. «болен», он был корректен в 96,4% случаев.



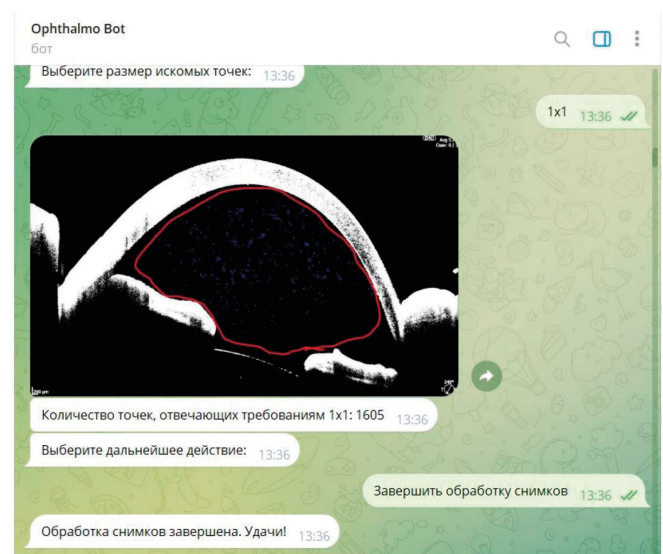
**Рис. 3** Выбор размера искомых точек, подсчёт и отправка результирующего изображения с точным количеством найденных точек

**Fig. 3** Selecting the size of the searched points, counting and sending the resulting image with the exact number of points found

2. Patient Information Request: The bot then prompts the user for the patient's full name. It captures this essential information for future reference during the image processing.
3. Initial Image Processing: As depicted in Fig. 1, the user uploads the original SD-OCT image. The bot enhances the image by converting it into a high-contrast black-and-white format, optimizing brightness for better visibility.
4. Area Selection for Point Detection (Fig. 2): After processing the image, the bot invites the user to identify specific areas where points need to be located. The user highlights these areas in red on the image, focusing on regions that contain the color #CDCDCD.
5. Point Size Selection: The bot presents options for the size of the search points – 1×1, 2×2, or 3×3 pixels – allowing users to customize their search parameters according to their needs.
6. Point Detection and Highlighting: The bot diligently searches for the specified point size within the highlighted areas. It outlines the detected points in yellow and counts how many points it has identified.
7. Output of Results: In Fig. 3, the user receives the processed image showcasing the highlighted points and their corresponding count. Fig. 4 depicts the bot's next steps, allowing the user to either continue searching for points of a different size or conclude the processing session.

## RESULTS

Based on the results obtained from the calculations, a Receiver Operating Characteristic (ROC) curve was created (Fig. 5). This curve illustrates the interplay between the sensitivity of the method, also known as the true positive rate (TPR), which reflects the proportion of accurately identified positive cases, and its specificity, measured in terms of the false positive rate (as indicated by 1-FPR). In this analysis, a binary classification model was chosen, focusing on two distinct parameters: the "traditional



**Рис. 4** Завершение работы

**Fig. 4** Completing the image processing

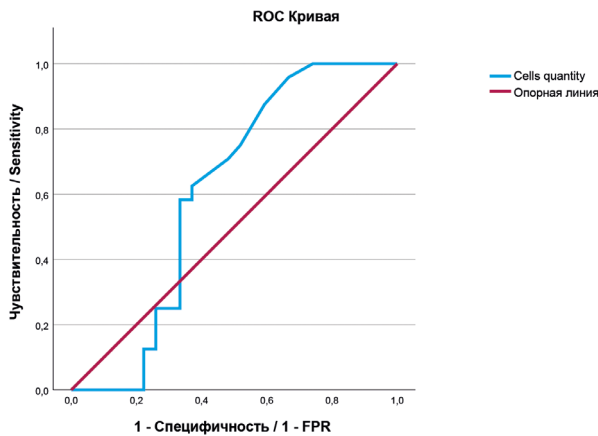


Рис. 5 ROC-кривая

Fig. 5 ROC-curve

- Полнота составила 0,926, что демонстрирует возможность дифференцировать при помощи программного обеспечения положительные случаи «болен» из всех истинно положительных случаев в 92,6% случаев.
- Среднее гармоническое между точностью и полнотой, которое свидетельствует о достижении баланса составило 0,945, что говорит о хорошем балансе между двумя этими параметрами.

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Авторы немногочисленных работ в течение последних 10 лет пытались перейти от подсчёта клеток воспаления под контролем зрения (так называемый ручной подсчёт) к автоматизированному методу в связи с имеющейся долей субъективности номенклатуры SUN и невозможностью адекватно оценить её чувствительность [1-6].

Недавно корейские коллеги Kang TS et al [7] предприняли попытку создания автоматического подсчёта клеток воспаления

method" and the "Telegram bot." The threshold for distinguishing between positive and negative outcomes was set at 0.5.

We also calculated precision and recall alongside the standard sensitivity and specificity parameters. These metrics are essential for assessing the effectiveness of classification models in machine learning, particularly in the context of binary classification problems. Additionally, we considered the F1-score, which serves as the harmonic mean of precision and recall. This comprehensive evaluation is presented in Table.

Based on the data collected, several key findings were established regarding the performance of the method:

- The true negative rate (TNR) or specificity: The method demonstrated a high true negative rate of 0.965, indicating that it accurately classified healthy cases as negative 96.5% of the time. This suggests a solid ability to identify individuals who do not have the condition.
- The positive predictive value (PPV), or precision: The overall precision was found to be 0.964, meaning that when the method predicted a case as positive—denoting a "sick" individual – it was correct 96.4% of the time. This high precision reflects the reliability of the method in making correct predictions.
- Recall: The recall rate was recorded at 0.926, showcasing the software's effectiveness in identifying true positive cases among all those who were truly sick. Specifically, the method successfully distinguished positive cases from true positives in 92.6% of instances.
- F1 score: The harmonic mean of precision and recall, which indicates a balance between these two important metrics, was calculated to be 0.945. This figure illustrates that the method achieves a commendable equilibrium, ensuring that neither precision nor recall significantly outperforms the other, which is crucial for reliable diagnostic performance.

Таблица Ключевые статистические параметры

Table Key validation metrics for binary classification

Параметр Measure	Характеристика Definition	Значение Value
Частота истинно отрицательных случаев The true negative rate (TNR)/specificity	Количество истинно отрицательных случаев, которые были охарактеризованы как отрицательные The probability that an actual negative will test negative	0.965
Точность (TP/ (TP+FP)) Precision (TP/ (TP+FP))	Значение прогностической ценности The proportion of predicted positives, which are actual positives	0.964
Полнота Recall/True Positive Rate (TPR)/sensitivity	Мера того, насколько полно метод обнаруживает все положительные случаи The proportion of all actual positives that were classified correctly as positives	0.926
F1-мера (F1-score) $(2 \times ((TP/(TP+FP) \times TPR) / ((TP/(TP+FP)) + TPR)))$	Среднее гармоническое между точностью и полнотой The harmonic mean of precision and recall	0.945
Частота истинно положительных результатов TPR	Чувствительность Sensitivity	0.926
Частота ложно положительных результатов False Positive Rate	Специфичность (1-FPR) Specificity (1-FPR)	0.034

Примечания: TP – true positives (истинно положительные результаты), FP – false positives (истинно отрицательные результаты), TPR – true positive rate (частота истинно положительных результатов), FPR – false positive rate (частота ложно положительных результатов)

Notes: TP – true positives (true positive results), FP – false positives (true negatives), TPR – true positive rate (proportion of true positive results), FPR – false positive rate (proportion of false positive results)

при помощи ОКТ. Их работа отличается от текущей тем, что они использовали снимки более высокого разрешения, где точки выявить было значительно легче. В итоге ими был выбран средний размер обнаруживаемой точки – 3×3 пикселя и больше. Они пошли следующим путём: сначала требовалось найти точки размером 3×3 пикселя, после снимок проходил несколько этапов фильтрации: 1) переводили снимки в чёрно-белый оттенок; 2) выделяли только переднюю камеру внутри глаза; 3) в камере искали только точки размером 3×3 пикселя; 4) обнаруженные точки обводили и 5) ставили поверх оригинального снимка, где проводился их подсчёт. Серьёзным недостатком является отсутствие доступа к ней врачей и исследователей.

Разработчики данного бота пошли другим путём: сначала снимок переводили в чёрно-белый оттенок, увеличив до максимума яркость и контрастность снимка для большей наглядности имеющихся точек, далее дали возможность пользователю самому выбирать, где именно на снимке и какого размера точки интересны пользователю. Бот искал только точки выбранного размера (1×1; 2×2; 3×3 пикселя) и только в выделенных областях. В 2013 году Li Y et al [1] в своём исследовании путём математического пересчёта приняли за клетку воспаления точку размером 2×2. Авторы выбрали точки такого же размера, но обнаружили, что оптические когерентные томографы нового поколения могут улавливать точки и меньшего размера, например 1×1. Было принято решение подсчитывать и их, в связи с невозможностью человеческого глаза различать их в проходящем свете щелевой лампы, что также стало преимуществом Telegram-бота.

В боте все снимки обрабатываются хорошо за исключением снимков, где посередине имеется след от светового луча. В таких снимках сложно выделить необходимую зону без включения падающего луча, который бот также принимает за необходимые точки и выдаёт сильно завышенный результат. В связи с этим, авторами предлагается вручную не включать область с лучом или другим артефактом в исследуемую зону для воспрепятствования получения ложного результата при невозможности переснять снимок. Это возможно, если ограничить несколько зон одновременно красным контуром на снимке, и тогда бот подсчитает количество точек во всех ограниченных зонах и выдаст суммарный результат.

Бот легче применять на мобильных устройствах, так как Telegram на мобильных устройствах имеет встроенную функцию редактирования картинки, что позволяет внутри Telegram в чате самого бота выбирать необходимую область, редактировать и отправлять снимок боту на обработку. На персональном компьютере это занимает немного больше времени, в связи с необходимостью перехода в разные приложения.

Полученные после статистической обработки результаты дают возможность сделать вывод, что созданный инструмент хорошо справляется с поставленной перед ним задачей и обладает высокой точностью в обнаружении как положительных, так и отрицательных случаев. С целью повышения доступа врачей к высокотехнологичным разработкам и достижениям в цифровой области, а также повышения качества оказываемой медицинской помощи доступ к данному боту создателями предоставляется совершенно бесплатно. Пользоваться ботом можно по ссылке [https://t.me/ophtho\\_test\\_bot](https://t.me/ophtho_test_bot)

**Ограничения исследования:** барьеры на пути стандартизации включают вариативность устройств ОКТ в разных клинических условиях, отсутствие стандартизации протоколов получения изображений, различные методы количественного определения и сложность различения воспалительных клеток от других типов клеток, невозможность данного ПО обучаться на своих ошибках.

## DISCUSSION

Over the past decade, researchers have recognized the limitations of visually guided inflammatory cell counting – commonly referred to as manual counting – due to its inherent subjectivity in the SUN nomenclature and the challenges in accurately gauging its sensitivity [1-6].

Recently, Kang TS et al [7] endeavored to transition towards an automated inflammatory cell counting method using OCT. Their approach was distinctive in that they employed high-resolution images, facilitating the easier identification of the inflammatory cells, represented as dots. They specifically focused on locating dots with a size of 3×3 pixels or larger. Their methodology unfolded in several stages: first, they transformed the images into black and white; next, they isolated only the anterior chamber of the eye; then, they searched explicitly for the dots of 3×3 pixels; afterward, the identified dots were outlined; and finally, these outlines were overlaid on the original images to tally the total count. However, a notable limitation of their work was the restricted accessibility for medical practitioners and researchers.

In contrast, the developers of a new Telegram bot adopted a novel strategy. Initially, the bot converts the images to black and white, enhancing brightness and contrast to maximize the visibility of dots. Users are empowered to select specific areas on the photo and specify the sizes of the dots they wish to analyze – options of 1×1, 2×2, or 3×3 pixels. This targeted approach allows the bot to detect dots only within the chosen parameters efficiently. In a 2013 study, Li Y et al [1] mathematically equated a 2×2 dot to an inflammatory cell. Recognizing that newer optical coherence tomographs could detect even smaller dots, such as 1×1 pixels, they included these in their analysis, leveraging the fact that the human eye often struggles to distinguish them under the light from a slit lamp. This feature made the Telegram bot particularly advantageous.

However, the bot does face challenges with images that contain a light beam artifact in the center. In these cases, identifying the required area can be complicated, as the bot may mistakenly include the incident beam in its calculations, resulting in inflated counts. To mitigate this issue, the authors recommend manually excluding areas with artifacts when retaking the image is not feasible. Users can achieve this by marking multiple zones with a red outline within the image, allowing the bot to accurately count the dots in those specified areas and provide an overall tally.

Utilizing the bot is notably more convenient on mobile devices, as Telegram offers an integrated image editing function. This allows users to directly select and edit the necessary areas in the bot's chat, streamlining the process. Conversely, users may find the workflow more cumbersome on personal computers, as it necessitates switching between different applications.

Statistical analysis of the results indicates that this newly developed tool fulfills its intended purpose, demonstrating high accuracy for both positive and negative cases. To foster greater access to cutting-edge digital advancements in medicine and enhance the quality of healthcare delivery, the creators have made this bot available free of charge. Interested users can access the bot at the following link: [https://t.me/ophtho\\_test\\_bot](https://t.me/ophtho_test_bot).

**Limitations of the study:** Several obstacles hinder the standardization of OCT devices across diverse clinical settings. These challenges include the significant variability among the devices themselves, which can lead to inconsistent results. Additionally, a lack of unified imaging protocols makes ensuring that all practitioners follow the same procedures challenging. Moreover,

Всё это свидетельствует о возможности изучать и развивать это направление исследования ещё шире.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Telegram-бот является достаточно точным, бесплатным, доступным для широкого круга врачей, не требующим специальных знаний, навыков и оборудования для пользования инструментом для оценки активности воспалительного процесса в передней камере глаза. Достаточно наличия доступа в интернет и устройства с регистрацией в Telegram.

the methods used to quantify the images differ from one institution to another, complicating comparisons of results. A significant challenge is distinguishing inflammatory cells from other cell types, which can affect diagnosis and treatment decisions. Furthermore, the current software in these systems often fails to adapt or learn from prior errors, limiting the potential for improvement over time. Given these complexities, it becomes evident that this area of research holds considerable potential for further exploration and development, promising advancements in accuracy and consistency.

## CONCLUSION

The Telegram bot offers a highly accurate and user-friendly tool for assessing the activity of the inflammatory process in the anterior chamber of the eye. It is free and accessible to a broad spectrum of medical professionals, making it an invaluable resource. One of its key advantages is that it does not require specialized knowledge, skills, or equipment, allowing doctors to integrate it into their practice efficiently. To utilize this tool, all required is a stable Internet connection and a device registered with Telegram. This ensures that healthcare providers can access the assessment features anytime, anywhere.

## ЛИТЕРАТУРА

- Li Y, Lowder C, Zhang X, Huang D. Anterior chamber cell grading by optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(1):258-65. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10477>
- Jabs DA, Nussenblatt RB, Rosenbaum JT; Standardization of Uveitis Nomenclature (SUN) Working Group. Standardization of uveitis nomenclature for reporting clinical data. Results of the First International Workshop. *Am J Ophthalmol.* 2005;140(3):509-16. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2005.03.057>
- Sharma S, Lowder CY, Vasanji A, Baynes K, Kaiser PK, Srivastava SK. Automated analysis of anterior chamber inflammation by spectral-domain optical coherence tomography. *Ophthalmology.* 2015;122(7):1464-70. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.02.032>
- Kesim C, Chehab Z, Hasanreisoglu M. Laser flare photometry in uveitis. *Saudi Journal of Ophthalmology.* 2022;36(4):337-43. [https://doi.org/10.4103/sjopt.sjopt\\_119\\_22](https://doi.org/10.4103/sjopt.sjopt_119_22)

## REFERENCES

- Kempner JH, Ganesh SK, Sangwan VS, Rathinam SR. Interobserver agreement in grading activity and site of inflammation in eyes of patients with uveitis. *Am J Ophthalmol.* 2008;146(6):813-8.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2008.06.004>
- Maring M, Saraf SS, Blazes M, Sharma S, Srivastava S, Pepple KL, Lee CS. Grading anterior chamber inflammation with anterior segment optical coherence tomography: An overview. *Ocul Immunol Inflamm.* 2022;30(2):357-63. <https://doi.org/10.1080/09273948.2022.2028289>
- Kang TS, Lee Y, Lee S, Kim K, Lee WS, Lee W, et al. Development of fully automated anterior chamber cell analysis based on image software. *Sci Rep.* 2021;11(1):10670. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89794-0>

## И СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мирахмедова Парвина Кулиевна**, врач-офтальмолог ООО «Чаррохии чашм Нигох»

ORCID ID: 0009-0006-6430-9973

SPIN-код: 3535-4031

Author ID: 1240991

E-mail: mirakhmedova89@gmail.com

**Останаева Парвин Муртазоевна**, кандидат медицинских наук, главный врач ООО «Чаррохии чашм Нигох»

ORCID ID: 0009-0000-9482-6724

E-mail: Oстанаeva@yahoo.com

**Юлдашева Сайёра Абдиназаровна**, врач-офтальмолог ООО «Чаррохии чашм Нигох»

ORCID ID: 0009-0006-7835-3617

E-mail: Yuldashevas@gmail.com

## И AUTHORS' INFORMATION

**Mirakhmedova Parvina Kulievna**, Ophthalmologist, LLC «Jarrohii chashm Nigoh»

ORCID ID: 0009-0006-6430-9973

SPIN: 3535-4031

Author ID: 1240991

E-mail: mirakhmedova89@gmail.com

**Oстанаeva Parvin Murtazoevna**, Candidate of Medical Sciences, Chief Physician, LLC «Jarrohii chashm Nigoh»

ORCID ID: 0009-0000-9482-6724

E-mail: Oстанаeva@yahoo.com

**Yuldasheva Sayyora Abdinazarovna**, Ophthalmologist, LLC «Jarrohii chashm Nigoh»

ORCID ID: 0009-0006-7835-3617

E-mail: Yuldashevas@gmail.com



**Джабаров Анвар Закирович**, разработчик программного обеспечения, фрилансер  
E-mail: anvardzhabarov@gmail.com

**Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов**

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

**Конфликт интересов:** отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

**Мирахмедова Парвина Кулиевна**

врач-офтальмолог ООО «Чаррохии чашм Нигох»

734024, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Айни, 50/51А

Тел.: +992 (935) 721248

E-mail: mirakhmedova89@gmail.com

**Dzhabarov Anvar Zakirovich**, Software Developer, Freelancer

E-mail: anvardzhabarov@gmail.com

**Information about support in the form of grants, equipment, medications**

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

**Conflicts of interest:** The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Mirakhmedova Parvina Kulievna**

Ophthalmologist, LLC «Jarrohii chashm Nigoh»

734024, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni Ave., 50/51A

Tel.: +992 (935) 721248

E-mail: mirakhmedova89@gmail.com

**ВКЛАД АВТОРОВ**

Разработка концепции и дизайна исследования: МПК, ОПМ, ЮСА, ДАЗ

Сбор материала: МПК, ЮСА

Статистическая обработка данных: МПК, ДАЗ

Анализ полученных данных: МПК, ЮСА, ДАЗ

Подготовка текста: МПК, ДАЗ

Редактирование: ОПМ, ЮСА

Общая ответственность: МПК, ОПМ

**AUTHOR CONTRIBUTIONS**

Conception and design: MPK, OPM, YuSA, DAZ

Data collection: MPK, YuSA

Statistical analysis: MPK, DAZ

Analysis and interpretation: MPK, YuSA, DAZ

Writing the article: MPK, DAZ

Critical revision of the article: OPM, YuSA

Overall responsibility: MPK, OPM

*Поступила* 12.07.24

*Принята в печать* 28.11.24

*Submitted* 12.07.24

*Accepted* 28.11.24