

УДК 616-079

# Автоматизированный поиск и идентификация микобактерий туберкулеза в цифровых снимках микропрепаратов для повышения качества бактериоскопической диагностики туберкулеза

А.Н. Наркевич, Н.М. Корецкая, К.В. Виноградов,  
А.А. Наркевич, К.В. Шадрин, В.О. Соболева

Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого

## Automated search and identification of Mycobacterium tuberculosis in digital images of micropreparations to improve the quality of bacterioscopic diagnosis of TB

A.N. Narkevich, N.M. Koretskaya, K.V. Vinogradov,  
A.A. Narkevich, K.V. Shadrin, V.O. Soboleva

Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voyno-Yasenetsky

© Коллектив авторов, 2016 г.

### Резюме

Целью работы являлась разработка компьютерной системы поиска микобактерии туберкулеза в цифровых снимках микроскопических препаратов. Для разработки алгоритма выделения объектов использовался биологический материал (мокрота), полученный от больных туберкулезом легких с уже установленным и подтвержденным заболеванием. Из биологического материала мазки окрашивали по методу Циля–Нельсена. Для идентификации объектов использовались математические модели логистической регрессии, дерева решений и искусственной нейронной сети. На основе цветовых характеристик каждого пикселя и их отличия от цветовых характеристик фона разработан алгоритм выделения объектов на цифровом изображении микроскопического препарата. У каждого объекта измерялось 114 морфометрических параметров. Результаты свидетельствуют, что доля верной идентификации объектов с помощью искусственной нейронной сети была наибольшей и составила 96,7%.

Таким образом, разработанные алгоритмы позволяют осуществлять поиск и идентификацию объектов в цифровых изображениях микроскопии диагностического материала, что свидетельствует о возможности использования данной системы в учреждениях здравоохранения.

**Ключевые слова:** туберкулез; компьютерная система поиска; микроскопические препараты

### Summary

The aim of investigation was the design a computer system for Mycobacterium tuberculosis search in digital images of microscopic preparations. *Materials and methods.* To develop the algorithm of the selecting objects, we used biological material (sputum) from patients with pulmonary tuberculosis with the already established and proven disease. Preparation stained by Ziehl-Nelsen method. To identify objects used mathematical models of logistic regression, decision tree and artificial neural

network. On the basis of the color characteristics of each pixel and differences there were developed the algorithm of the determination of the objects on digital image of the microscopic preparation. 114 morphometric parameters were measured. Results indicate that the percentage of correct identification of objects with artificial neural network has been reached and the maximum 96.7%.

Thus, the developed algorithms allow the search and identification of objects in digital images microscopy diagnostic material, suggesting the possibility of using the system in public health institutions.

**Keywords:** tuberculosis; computer search system; microscopic preparations

## Введение

Один из основных методов выявления туберкулеза — метод бактериоскопии биологического материала. Однако данный метод имеет существенные недостатки. Во-первых, сложная методика просмотра препаратов, что увеличивает возможность ошибки при небольшом количестве просмотренных препаратов. Во-вторых, нехватка квалифицированных специалистов в учреждениях общей лечебной сети. Одним из путей устранения данных недостатков является разработка компьютерной системы поиска микобактерии туберкулеза в цифровых снимках микроскопических препаратов.

## Материалы и методы исследования

Для разработки алгоритма выделения объектов использовался биологический материал (мокрота), полученный от больных туберкулезом легких с уже установленным и подтвержденным заболеванием. Из биологического материала изготавливались мазки, окрашенные по методу Циля–Нельсена. Окрашенные мазки подвергались световой микроскопии с увеличением  $\times 400$  и выполнялись фотоснимки в цифровом формате. Все микобактерии были верифицированы микробиологом.

Для идентификации объектов использовались математические модели логистической регрессии, дерева решений и искусственной нейронной сети.

## Результаты исследования

На основе цветовых характеристик каждого пикселя и их отличия от цветовых характеристик фона разработан алгоритм выделения объектов на цифровом изображении микроскопического препарата. Для более точного выделения объектов производится стандартизация цветовых характеристик каждого пикселя с учетом среднего арифметического и стандартного отклонения каждой цветовой характеристики всего изображения. Это позволяет унифицировать алгоритм выделения объектов и избежать ошибок, связанных с дефектами микроскопии и фотосъемки.

С использованием разработанного алгоритма были выделены 5505 объектов, из которых 146 — микобактерии, а 5359 — другие объекты. У каждого объекта измерялось 114 морфометрических параметров (попиксельная площадь, длинник, поперечник и т. д.).

Для снижения ошибки идентификации объектов была проведена первичная предобработка объектов, которая позволила исключить объекты, достоверно не являющиеся микобактериями. Для этого были получены минимальные и максимальные значения всех измеряемых у микобактерий параметров. Все объекты, не являющиеся микобактериями, морфометрические параметры которых не входили в полученные интервалы, исключены из дальнейшего исследования.

На следующем этапе исследования с использованием 114 морфометрических показателей 274 объектов были построены математические модели логистической регрессии, дерева решений и искусственной нейронной сети. Результаты идентификации объектов представлены в таблице.

Таблица

### Доля верной идентификации с использованием математических моделей, %

Классы объектов	Дерево классификации	Логистическая регрессия	Нейронная сеть
Микобактерии (n=146)	65,8	91,8	98,6
Другие объекты (n=128)	90,6	88,3	94,5
Всего (n=274)	77,4	90,1	96,7

## Обсуждение результатов и выводы

Представленные в таблице результаты свидетельствуют, что доля верной идентификации объектов с помощью искусственной нейронной сети была наибольшей и составила 96,7%. Такие идентификационные характеристики модели нейрон-

ной сети позволяют использовать разработанную технологию в практическом здравоохранении для поиска микобактерий в микроскопическом материале. С использованием разработанного алгоритма выделения объектов и алгоритма их идентификации с помощью математической модели искусственной нейронной сети разработана автоматизированная система поиска и идентификации микобактерий туберкулеза в цифровых снимках микропрепаратов.

Таким образом, разработанные алгоритмы позволяют осуществлять поиск и идентификацию объектов в цифровых изображениях микроскопии диагностического материала, окрашенного по методу Циля–Нельсена, что свидетельствует о возможности использования данной системы в учреждениях здравоохранения, осуществляющих выявление больных туберкулезом, что позволит увеличить скорость диагностики данного заболевания и снизить число ошибок, связанных с человеческим фактором.

Поступила в редакцию 25.11.2015 г.

*Наркевич Артем Николаевич*, рук. лаб. медицинской кибернетики и управления в здравоохранении ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярский край, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; narkevichart@gmail.com;

*Корецкая Наталья Михайловна*, зав. каф. туберкулеза с курсом ПО ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярский край, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; kras-kaftuber@mail.ru;

*Виноградов Константин Анатольевич*, зав. каф. медицинской кибернетики ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярский край, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; vinogradov16@yandex.ru;

*Наркевич Анна Александровна*, асс. каф. туберкулеза с курсом ПО ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярский край, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; anna\_chushkina@mail.ru;

*Шадрин Константин Викторович*, ст. преподаватель каф. медицинской кибернетики ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярский край, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; kvsh\_buffon@mail.ru;

*Соболева Виктория Олеговна*, студент 3 курса ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярский край, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; victory.kay95@gmail.com

 **Диаскинтест®**

 Generium



**ТЕСТ,  
КОТОРОМУ  
ДОВЕРЯЮТ**

НОВАЯ СТУПЕНЬ В ДИАГНОСТИКЕ  
ТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ

[www.diaskintest.ru](http://www.diaskintest.ru)

**ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЕН**

Положительная реакция наблюдается у 98–100% больных активным туберкулезом и у лиц с высоким риском его развития [p<0,05].\*

**ВЫСОКОСПЕЦИФИЧЕН**

Специфичность теста составляет 90–100% [p<0,05].\*

Препарат не вызывает реакции, связанной с БЦЖ-вакцинацией.

\* Статья «Клиническое исследование нового кожного теста ДИАСКИНТЕСТ® для диагностики туберкулеза» - Известия академ. Проблемы туберкулеза. 2006, №2, с. 7-8.

ЗАО «ГЕНЕРИУМ», 123317, г. Москва, ул. Тестовская, д. 10  
тел./факс +7 (495) 988-47-94