

**РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА МИКРОСКОПИЧЕСКИХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕЙРОНОВ**

Тлеубаев Адиль Талгатович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: adil.tleubayev.3.14159@gmail.com

В данной работы производится постановка и решение математических задач, связанных с разработкой метода, обеспечивающего идентификацию изображений нейронов на микроскопических изображениях (МИН) срезов головного мозга экспериментальных животных с заданной точностью. Изображения представляют собой цветные снимки обработанных тканей мозга животных. Разработанный авторами главы математический аппарат для анализа МИН основан на совместном использовании математической теории распознавания образов и анализа изображений, теории информации и методов математической статистики. Разработанный метод позволяет находить и выделять информативные объекты на микроскопических изображениях срезов мозга при задании ограничений на форму, размер, топологию и характеристики гладкости границ объектов.

В данном тезисе представлен новый автоматический метод выделения нейронов на микроскопических изображениях дофаминергических (ДА-ергических) нейронов срезов головного мозга экспериментальных животных. Метод основывается на совместном использовании математической теории распознавания образов и анализа изображений, теории информации и методов математической статистики.

Теоретическим фундаментом для разработки методов анализа МИН являлся Дескриптивный подход к анализу и пониманию изображений И.Б. Гуревича [1]. В соответствии с его концепцией математические методы представляются в виде специализированных алгоритмических схем. Такие схемы включают основные этапы извлечения информации из изображений: 1) предварительную обработку (улучшение качества изображений, удаление несущественных деталей и фрагментов, статистическую и логическую фильтрацию); 2) анализ изображений (обнаружение объектов и выделение их контуров, сегментацию, выбор и выделение признаков, описывающих состав и содержание изображения, поиск, выделение и построение от-

дельных объектов, отображающих специфику анализируемых изображений и др.); 3) построение описания объектов, представленных на анализируемых изображениях; 4) классификацию изображений и объектов на них представленных; 5) распознавание.

Иллюстрации



Рис. 1. Компактная часть черной субстанции (КЧС) среза головного мозга мыши

Для описания объектов, представленных на анализируемых изображениях, были выбраны следующие широко применяемые в области распознавания и анализа изображений и специфичные признаки: интенсивности цветовых каналов изображения; дескриптор НОГ (histogram of oriented gradients); гистограмма локальных бинарных шаблонов; признаки, полученные с помощью метода главных компонент из яркостей пикселей; признаки, основанные на моментах (специфичные признаки, разработанные для решения данной задачи).

Признаки, основанные на моментах, построены в соответствии с концепцией, что прямоугольные участки изображения рассматриваются в качестве элементов пространств, заданных на соответствующих прямоугольниках функциями. В качестве признаков используются коэффициенты разложения указанных функций по базисам соответствующих пространств. Говоря более точно, участок с пиксе-

лем $(a + 1, b + 1)$ в левом верхнем углу и пикселем $(a + n, b + n)$ в правом нижнем углу задавался набором моментов

$$M_k = \int_a^{a+n} \int_b^{b+n} \rho_k \left(\frac{x-a}{n}, \frac{y-b}{n} \right) f(x, y) dx dy, k \in \overline{1, 14};$$

где f — функция, значения которой на всевозможных квадратах видов $(a - 1, a)x(b - 1, b)$ совпадают с яркостями пикселей (a, b) исходного изображения.

На этапе классификации использовались следующие алгоритмы: метод k ближайших соседей; случайный лес (англ. Random forest); XGBoost; логистическая регрессия.

Лучшие результаты по точности показала пара признаки, основанные на моментах, и случайный лес, данная пара показала следующие результаты: AUC-ROC 0.979, ошибка 2 рода 0.023, ошибка 1 рода 0.169.

Данная пара применялась для идентификации нейронов. В среднем метод идентифицирует около 72% всех нейронов на изображение. Около 30% того что идентифицирует алгоритм, является объектом фона или тканей, не нейрон.

Литература

1. Gurevich I. B., Zhuravlev Yu. I., Myagkov A. A., Trusova Yu. O., Yashina V. V. On Basic Problems of Image Recognition in Neurosciences and Heuristic Methods for Their Solution. Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications. Pleiades Publishing, Ltd., 2015. - Vol. 25, No. 1. - P.132–160.