

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа

Аннотация к магистерской диссертации

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ КЛЕТКАМИ

Жемойтяк Наталья Павловна

Научный руководитель:
доцент О. А. Лаврова
канд. физ.-мат. наук,

В магистерской диссертации 50 страниц, 5 изображений, 22 источника, 4 приложения.

Ключевые слова: СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ, ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ, СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, ResNet50, SimCLR, SwAV.

Объектом исследования является биологическая система, информация о поведении которой представлена экспериментальными данными в виде изображений.

Целью работы является разработка и реализации алгоритма для обработки изображений с биологическими клетками.

Для достижения поставленной цели были использованы: язык программирования Python, библиотека для работы с изображениями OpenCV библиотека для тензорных вычислений Pytorch и библиотека YOLO.

В диссертации получены следующие результаты:

1. Проведен анализ существующих технологий машинного обучения для обработки изображений с биологическими клетками, включая методы сегментации изображений, классификации клеток на изображении и методы самообучения с учителем (SSL) для работы с малым количеством данных. Этот анализ лег в основу выбора и адаптации моделей для дальнейших экспериментов.

2. Разработан и компьютерно реализован гибридный алгоритм для нахождения и классификации клеток на изображении. Алгоритм включает последовательное применение YOLOv11-seg для точной сегментации клеток и ResNet50 для их последующей классификации.

3. Выполнено эмпирическое сравнение эффективности различных подхо-

дов к классификации биологических клеток. В частности, проведено сравнение контролируемого обучения на ResNet50 с методами самоконтролируемого обучения (SimCLR и SwAV) в условиях данной задачи, что позволило выявить их сильные и слабые стороны.

Все результаты магистерской диссертации доказаны в соответствии с современными подходами к обработке изображений и машинному обучению, а также подтверждены экспериментальной проверкой на реальных биологических данных. Новизна результатов состоит в разработке и эмпирическом сравнении эффективности гибридного подхода к сегментации и классификации биологических клеток на изображениях, сочетающего глубокие сверточные нейронные сети (ResNet50) с методами самоконтролируемого обучения (SimCLR, SwAV) и моделей детектирования объектов (YOLOv11-seg), с целью оптимизации анализа при ограниченных размеченных данных. Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена тщательным выбором и адаптацией методологии, проведением серии контролируемых экспериментов с различными типами биологических изображений и статистическим анализом полученных данных.

Магистерская диссертация выполнена автором самостоятельно.

The master thesis is presented in the form of an explanatory note of 50 pages, 5 figures, 22 references, 4 applications.

Keywords: IMAGE SEGMENTATION, IMAGE CLASSIFICATION, BIOLOGICAL CELLS, DEEP LEARNING, CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS, ResNet50, SimCLR, SwAV.

The object of the thesis is a biological system whose behavioral information is represented by experimental data in the form of images.

The purpose of the work is to develop and implement an algorithm for image processing with biological cells.

To achieve the goal we used Python programming language, the image processing library OpenCV, the framework for tensor computing Pytorch and the YOLO library.

The main results of the thesis are as follows:

1. We analyzed existing machine learning techniques for biological cell image processing, including methods for image segmentation, classification of cells in an image, and self-learning with a teacher (SSL) methods for handling small amounts of data. This analysis formed the basis for selecting and adapting models for further experiments.
2. A hybrid algorithm for finding and classifying cells in an image has been developed and computer-implemented. The algorithm includes sequential application of YOLOv11-seg for accurate cell segmentation and ResNet50 for cell classification.
3. An empirical comparison of the performance of different approaches to classify biological cells has been performed. In particular, supervised learning on ResNet50 was compared with self-supervised learning methods (SimCLR and SwAV) for this task to identify their strengths and weaknesses.

All the results of the master thesis are proved in accordance with state-of-

the-art approaches to image processing and machine learning, and validated by experimental verification on real biological data. The novelty of the results consists in the development and empirical comparison of the effectiveness of a hybrid approach to segmentation and classification of biological cells in images, combining deep convolutional neural networks (ResNet50) with methods of self-supervised learning (SimCLR, SwAV) and object detection models (YOLOv11-seg), in order to optimize the analysis with limited labeled data. The validity and reliability of the obtained results are due to the careful selection and adaptation of the methodology, a series of controlled experiments with different types of biological images and statistical analysis of the obtained data.

The master thesis was done solely by the author.