

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ КЛЕТОК ГЛИОМЫ С6 В КАМЕРЕ ГОРЯЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ

А. В. Волков^{1,2}, А. А. Денисов^{1,2}

¹*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

²*ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», Минск, Беларусь*

Современные исследования в области клеточных технологий характеризуются интенсивно возрастающим уровнем автоматизации выполнения работ и проведения диагностических операций. Для подсчета количества клеток в суспензии используются различные автоматизированные цитометры. В то же время, для этого часто применяются и классические подходы, например, с применением камеры Горяева, благодаря их широкой распространенности и простым методикам работы. Использование камеры Горяева, однако, основано на ручном подсчете клеток и является трудоемкой процедурой, требующей концентрации внимания и сопряженной с ошибками при больших объемах работ. Вместе с тем, в настоящее время интенсивно развиваются методы нейросетевой обработки изображений, которые успешно применяются, в том числе, для распознавания различных биологических объектов. Целью данной работы была разработка методики детекции и подсчета клеток в камере Горяева с применением нейросетевых методов глубокого обучения.

Эксперименты проводили с клетками глиомы крысы С6. Для распознавания клеток на изображениях использовали нейросетевую модель на основе архитектуры U-Net с прогнозированием вертикальных и горизонтальных градиентов объектов. Использовали два базовых набора весов, полученных при обучении на наборах изображений ядер клеток (Nuclei) и дрожжевой суспензии (Yeast), а также наборы весов, полученные в результате дообучения после ручной сегментации изображений клеток С6 в камере Горяева при использовании объективов с увеличением 4х и 10х. В качестве мер эффективности распознавания использовали: точность P как отношение числа истинно-положительных результатов к сумме числа истинно-положительных и ложно-положительных результатов; полноту R как отношение числа истинно-положительных результатов к сумме числа истинно-положительных и ложно-отрицательных результатов; F как гармоническое среднее между точностью и полнотой.

Для проведения анализа разработано программное приложение, визуализирующее видеопоток цифровой камеры с возможностью получения фотографий и распознавания клеток в камере Горяева. При распознавании изображений при увеличении 4х с базовым набором весов Nuclei получены следующие значения метрик: $P=0.846$, $R=0.434$, $F=0.571$, для базового набора весов Yeast: $P=0.997$, $R=0.348$, $F=0.514$. После дообучения набора весов Nuclei получены следующие значения метрик для увеличения 4х: $P=0.998$, $R=0.941$, $F=0.968$, для набора весов Yeast: $P=0.997$, $R=0.839$, $F=0.911$. Для изображений с увеличением 10х с использованием дообученного набора Nuclei получены значения метрик: $P=0.998$, $R=0.996$, $F=0.996$. Так же для увеличения 10х проведен эксперимент по распознаванию расфокусированных изображений и получены значения метрик: $P=0.991$, $R=0.971$, $F=0.981$.

Таким образом, достигнута высокая эффективность распознавания клеток как для изображений с увеличением 10х, так и для менее детализированных изображений с увеличением 4х. Использование увеличения 4х позволяет сразу получать изображения практически всего поля камеры Горяева, и, таким образом, повысить производительность экспериментальной работы. Использование расфокусированных изображений не привело к существенному снижению качества распознавания, что свидетельствует об устойчивости применяемого метода по отношению к ошибкам оператора при получении изображений.