

ОПТИМИЗАЦИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СКАФФОЛД-ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Гребенюк В. А. (ИТМО), Лукиев И. В. (ИТМО), Чабина А. С. (ИНЦ РАН)

Научный руководитель – кандидат химических наук, Ситникова В. Е. (ИТМО)

Введение. В медицине и биоинженерии особое внимание уделяется разработке материалов, способных эффективно поддерживать процессы регенерации тканей. Одним из ключевых решений в этой области являются биополимерные скаффолды – пористые структуры, служащие каркасом для роста и развития клеток. Они обеспечивают механическую поддержку, регулируют микросреду и способствуют формированию новых тканей, что делает их незаменимыми в тканевой инженерии, трансплантологии и разработке персонализированных медицинских решений. Эффективность скаффолдов во многом определяется их структурными характеристиками, которые влияют на адгезию, пролиферацию и другие свойства клеток [1]. Поэтому морфологический анализ играет ключевую роль в их оценке и оптимизации.

Методы компьютерного зрения и машинного обучения позволяют автоматизировать анализ микрофотографий скаффолд-поверхностей. Особенно перспективным направлением является применение свёрточных нейронных сетей (CNN), которые способны извлекать сложные структурные признаки и адаптироваться к различным вариациям изображений [2].

Оптимизация анализа морфологии скаффолдов с использованием вычислительных технологий не только ускоряет процесс их разработки, но и открывает новые возможности в создании биоматериалов, максимально соответствующих требованиям регенеративной медицины.

Основная часть. Для исследования использован набор микрофотографий скаффолдов, полученных методом полива из раствора поликапролактона. Датасет включает изображения образцов с различными условиями синтеза: концентрацией раствора, объемом нанесения и температурой испарения растворителя. Данные предоставлены группой тканевой инженерии Центра клеточных технологий ИНЦ РАН.

Аннотирование изображений осуществляется посредством выделения центров кластеров на скаффолдах. На основе разметки, с применением диаграммы Вороного [3], воссоздаются границы областей, принадлежащих разным кластерам [4]. Вычисленные на основе этой карты морфологические параметры, такие как средняя плотность кластеров, энтропия их распределения и координационное число, позволяют количественно охарактеризовать микроструктуру. Для валидации предложенного метода можно провести тесты на искусственно сгенерированных картах скаффолдов, моделирующих различные сценарии распределения кластеров.

Для установления зависимости между структурой скаффолдов и их морфологическими характеристиками необходимо обучить сверточную нейронную сеть. Входными данными модели выступают исходные микроснимки, а целевыми переменными – вычисленные морфологические параметры.

Сверточная нейронная сеть также может быть использована для классификации скаффолдов, определяя их принадлежность к одному из типов, заданных условиями синтеза. Это позволяет идентифицировать структурные вариации и обеспечивать контроль воспроизводимости.

Выводы. Разработан графический интерфейс для обработки микроснимков скаффолдов и анализа их структурных характеристик. Обучена CNN для классификации скаффолдов, модель достигает высокой точности на тестовой выборке.

Список использованных источников:

1. Dobrovolskaya I. P. et al. Polymer scaffolds for tissue engineering /St. Petersburg: Mediapapir, 2018. – 232 p.
2. Jiang L., Zhang Z. Research on image classification algorithm based on pytorch //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 2010. – №. 1. – С. 012009.
3. Reddy D., Jana P. K. A new clustering algorithm based on Voronoi diagram //International Journal of data mining, modelling and management. – 2014. – Т. 6. – №. 1. – С. 49-64.
4. Ying S. et al. Point cluster analysis using a 3D Voronoi diagram with applications in point cloud segmentation //ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2015. – Т. 4. – №. 3. – С. 1480-1499.