

**ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ  
АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ  
МОРФОМЕТРИИ**

**Тюрнев И.Н.<sup>1</sup>, Петрушин И.С.<sup>1</sup>, Максимова Н.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>**ИМИТ ИГУ, г. Иркутск**

<sup>2</sup>**ЛИН СО РАН, г. Иркутск**

Ключевые слова: геометрическая морфометрия, машинное обучение,  
автоматизация, байкальские моллюски

Для описания изменчивости признаков какого-либо объекта долгое время применялся только анализ абсолютных величин, таких как длина, высота и ширина объекта. Однако данный метод учитывает каждый из измеряемых параметров в отдельности, не описывая всю картину морфологии объекта.

Для получения более точных результатов был создан метод геометрической морфометрии, который в своей основе использует математические преобразования. С помощью него можно намного точнее отследить различия между несколькими выборками.

Структурно метод можно разбить на несколько этапов:

1. Разметка изображений
2. Построение моделей
3. Расчёт параметров искажения
4. Расчёт статистических параметров и применение методов понижения размерности
5. Визуализация результатов

Поскольку данный метод требует существенных компьютерных вычислений, логичным продолжением было полностью автоматизировать все этапы и объединить их в одну программу, что и стало целью настоящей работы.

Для решения первого этапа за основу были взяты исследования Arg-tura Porto и Kjetil L. Voje [1, с. 2] в области автоматизации разметки маркеров с помощью машинного обучения. Модель нейросети

представленная в их работе была переобучена на наборе из 190 изображений раковин байкальских брюхоногих моллюсков.

Выполнение второго и третьего этапа опирается на библиотеку Morphomatics [2, с. 2], которая специально предназначена для выполнения морфометрического анализа.

Расчёт статистических метрик и применение метода главных компонент, рассчитываемые на четвёртом этапе, выполняется с помощью библиотек scibio и sklearn.

На последнем этапе строится усреднённая модель по каждой выборке с помощью пакета Pillow.

По итогу работы была обучена нейросеть, оценочные метрики (score) которой составили: на тренировочной выборке (train) – 5.596, на тестовой (test) – 20.236. Данный результат оценивается как удовлетворительный (рис.1), однако для проверки биологических гипотез такая точность недостаточна. Этапы с 3 по 5 полностью работоспособны и готовы для использования. Этап под номером 2, связанный с библиотекой Morphomatics, требует разработки.



Рис.1 Пример обнаружения маркеров с помощью нейросети

Литература:

1. Arthur Porto ML-morph: A fast, accurate and general approach for automated detection and landmarking of biological structures in images / Arthur Porto, Kjetil L. Voje // *Methods in Ecology and Evolution* – 2020 - No 1 - С. 500-512.
2. Felix Ambellan, Martin Hani, Christoph von Tycowicz Morphomatics: Geometric morphometrics in non-Euclidean shape spaces

[Электронный ресурс] // Morphomatics. 2021. URL:  
<https://morphomatics.github.io> (дата обращения 13.04.2023).