

Залялов Расим Раминович

бакалавр, Казанский (Приволжский) федеральный университет,

г. Казань

Газизов Рим Радикович

старший преподаватель, Казанский (Приволжский) федеральный

университет, г. Казань

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОБАК НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Аннотация. Статья посвящена разработке методики и программной архитектуры для автоматизированного морфологического анализа собак по двумерной фотографии. Оценка экстерьера традиционно является субъективной и трудоемкой задачей, выполняемой экспертами-кинологами. В работе предложен подход, использующий современные методы компьютерного зрения и глубокого обучения для детекции ключевых анатомических точек и классификации породы. Описана разработанная методика масштабирования пиксельных координат, расчета экстерьерных индексов (формата, костистости, высоконогости, глубины груди) и их сравнения с цифровизированными эталонными диапазонами стандартов FCI. Представлена архитектура веб-ориентированной системы на основе асинхронного фреймворка FastAPI и очереди задач Celery, позволяющая проводить анализ в неблокирующем режиме. Результаты демонстрируют возможность объективизации кинологической экспертизы и создания инструментов для дистанционного мониторинга развития животных.

Ключевые слова: компьютерное зрение, морфологический анализ, экстерьер собак, DeepLabCut, обработка изображений, нейронные сети, стандарты пород, морфометрия, веб-приложение.

Abstract. The article is devoted to the development of a methodology and software architecture for automated morphological analysis of dogs based on a two-

dimensional photograph. Exterior assessment is traditionally a subjective and labor-intensive task performed by expert cynologists. The paper proposes an approach that utilizes modern computer vision and deep learning methods for detecting key anatomical points and breed classification. The developed methodology for scaling pixel coordinates, calculating exterior indices (format, boniness, leg length, chest depth), and comparing them with digitized reference ranges of FCI standards is described. The architecture of a web-oriented system based on the asynchronous FastAPI framework and the Celery task queue, which allows analysis in a non-blocking mode, is presented. The results demonstrate the possibility of objectifying canine expertise and creating tools for remote monitoring of animal development.

Keywords: computer vision, morphological analysis, dog exterior, DeepLabCut, image processing, neural networks, breed standards, morphometry, web application.

Оценка экстерьера собак является ключевой процедурой в кинологии, определяющей соответствие животного стандарту породы. Традиционно эта задача выполняется экспертами вручную с использованием ростомера, циркуля и мерной ленты, что вносит субъективность и ограничивает возможность дистанционного консультирования и накопления структурированных данных. Развитие технологий компьютерного зрения (Computer Vision) и глубинного обучения (Deep Learning) открывает возможность автоматизации данной процедуры. Существующие решения, такие как DeepLabCut для детекции позы [1] или модели классификации пород на основе трансферного обучения [2], решают лишь отдельные подзадачи, не предоставляя комплексного анализа экстерьера с сопоставлением с числовыми стандартами. Целью данной работы является разработка методики и программной архитектуры для сквозного морфометрического анализа собаки по её профильной фотографии, включающего детекцию ключевых точек, расчет промеров и индексов, а также сравнение с оцифрованными эталонами пород.

Разработанная методика базируется на последовательном выполнении этапов, реализованных в виде модульной системы.

Методы и алгоритмы анализа. Основой для детекции ключевых анатомических точек служит модель `superanimal_quadraped` из экосистемы DeepLabCut [1], предварительно обученная на агрегированной выборке изображений четвероногих. Для классификации породы задействована модель `prithivMLmods/Dog-Breed-120` (архитектура Vision Transformer) из библиотеки HuggingFace Transformers.

Ключевым этапом является переход от пиксельных координат к реальным линейным величинам. Поскольку анализ выполняется по единственному 2D-изображению, масштабирование осуществляется с использованием введенной пользователем фактической высоты в холке. Масштабный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{H_{real}}{H_{pix}}, \quad (1)$$

где H_{real} – реальная высота в холке (см), H_{pix} – расстояние в пикселях между точкой «холка» и линией опоры (нижние точки лап).

На основе отмасштабированных координат рассчитываются линейные промеры (косая длина туловища, глубина груди, высота в локте) и ключевые экстерьерные индексы по формулам, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Расчет экстерьерных индексов

Индекс	Формула
Формата	Характеризует растянутость корпуса (квадратный, растянутый)
Костистости	Отражает степень развития скелета
Высоконогости	Показывает пропорциональность конечностей
Глубины груди	Оценивает объем грудной клетки, критичен для рабочих пород

Цифровизация стандартов. Для перевода качественных формулировок стандартов FCI (Международной кинологической федерации) в числовые диапазоны разработаны эмпирические правила. Например, «квадратный

формат» интерпретируется как интервал 98–102%, «слегка растянутый» – 103–110%. Эталонные данные хранятся в реляционной базе данных, а алгоритм сравнения использует конфигурируемые пороги предупреждения (5%) и критических отклонений (10%), что учитывает биологическую вариабельность и погрешность измерений.

Архитектура системы. Для реализации методики в виде веб-сервиса выбрана архитектура модульного монолита с асинхронной очередью задач (Рисунок 1). Веб-фреймворк FastAPI обрабатывает HTTP-запросы и аутентификацию, а ресурсоемкие задачи инференса нейросетей делегируются фоновым воркерам Celery через брокер сообщений Redis. Такой подход обеспечивает неблокирующую обработку запросов и возможность горизонтального масштабирования.

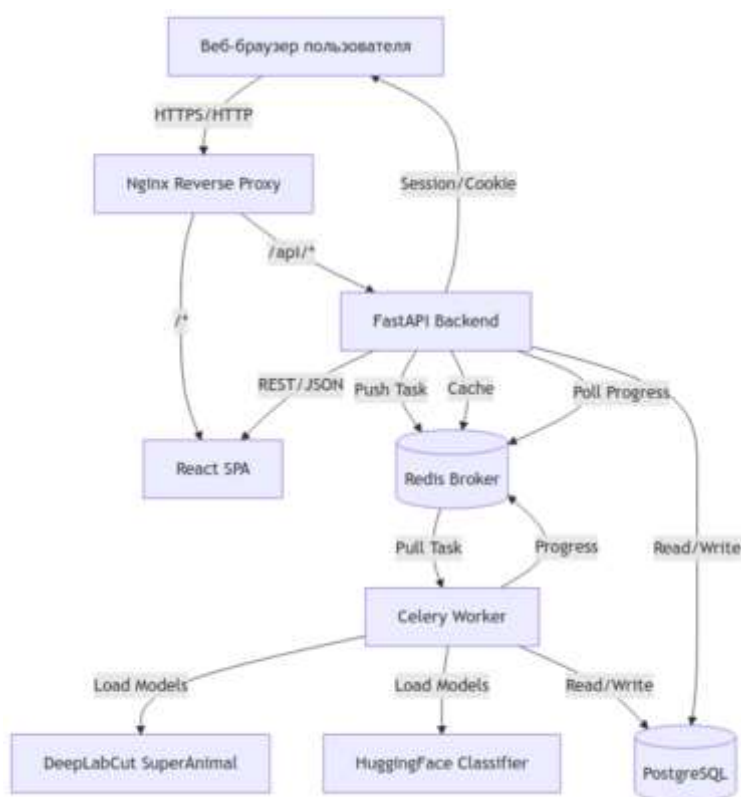


Рисунок 1. Высокоуровневая архитектура системы и потоки данных
(Условно: пользователь -> Frontend/API -> Celery (обработка модели) -> БД PostgreSQL)

Результаты. Предложенная методика и архитектура позволяют с высокой скоростью выполнять морфологический анализ, предоставляя пользователю визуализацию ключевых точек на изображении и цветовую индикацию отклонений от породного стандарта (Рисунок 2). Апробация на контрольной выборке подтвердила корректность вычислений и практическую применимость системы в качестве инструмента предварительной оценки.

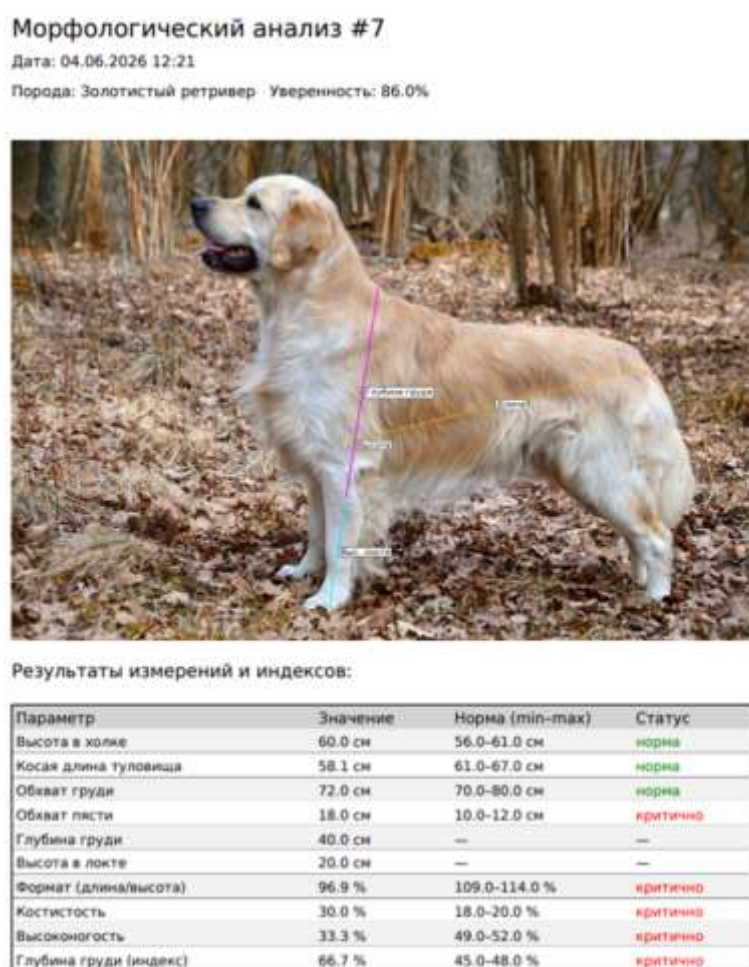


Рисунок 2. Пример визуализации результатов анализа: наложение ключевых точек, линий расчета промеров и индикаторов соответствия стандарту (Gauge Bar).

Заключение. Разработанная методика компьютерного зрения для морфометрического анализа собак устраняет субъективность ручных

измерений и обеспечивает переход к цифровым стандартам оценки экстерьера. Созданная архитектура веб-приложения делает инструмент доступным для широкого круга заводчиков и специалистов. Практическая значимость работы заключается в возможности дистанционного мониторинга развития собак, объективизации племенного отбора и накопления статистических данных. Дальнейшее развитие системы предполагает расширение справочника пород, интеграцию 3D-реконструкции для более точного вычисления обхватов и дообучение моделей на специализированных датасетах.

Литература

1. Mathis, A. DeepLabCut: markerless pose estimation of user-defined body parts with deep learning / A. Mathis, P. Mamidanna, K. M. Cury, et al. // *Nature Neuroscience*. – 2018. – Vol. 21, № 9. – P. 1281–1289. – DOI: 10.1038/s41593-018-0209-y.
2. Khan, S. Classification of Dog Breeds Using Convolutional Neural Network Models and Support Vector Machine / S. Khan, T. Mahmood, A. Alharbi, et al. // *Bioengineering*. – 2024. – Vol. 11, № 11. – Art. 1157. – DOI: 10.3390/bioengineering11111157.
3. Dosovitskiy, A. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale / A. Dosovitskiy, L. Beyer, A. Kolesnikov, et al. // *International Conference on Learning Representations (ICLR 2021)*. – 2021.
4. Fédération Cynologique Internationale. Breed Standards and Nomenclature [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fci.be/en/nomenclature/> (дата обращения: 25.05.2026).
5. Ерусалимский, Е. Л. Экстерьер и конституция собак / Е. Л. Ерусалимский. – М.: Аквариум-Принт, 2005. – 240 с.
6. 3. Umar, M., Ma, J., Wang, X., et al. SuperAnimal: Pretrained pose estimation models for behavioral analysis [Электронный ресурс] // *bioRxiv*. – 2023. – DOI: 10.1101/2023.03.15.532803.