







Научная статья

УДК 159.929

<https://doi.org/10.21702/rpj.2025.4.11>

Анализ проблемного поведения собак-компаньонов с применением технологии искусственного интеллекта: пилотное исследование

Анна С. Фомина^{1*}, Павел В. Васильев¹, Анастасия А. Крикунова¹,
Павел Н. Ермаков³, Валентина Н. Буркова², Алексей М. Ермаков¹

¹ Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН, Москва, Российская Федерация

³ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

*Почта ответственного автора: a_bogun@mail.ru

Аннотация

Введение. В отечественной зоопсихологии слабо представлены исследования, посвященные проблемному поведению собак-компаньонов, что связано с отсутствием измеримых метрик, позволяющих проанализировать их поведение. С опорой на данные зарубежных исследований применение анализа видеозаписей с использованием систем искусственного интеллекта позволит получить объективные маркеры проблемного поведения у домашних собак. **Методы.** Пилотная выборка включала 35 собак — 15 кобелей и 20 сук. Обследование включало тест для владельцев CBARQ и пробы: знакомство, взаимодействие с владельцем и незнакомцем, одиночество. Производилась видеозапись двигательной активности, линейных и угловых ускорений с применением портативного акселерометра. **Результаты.** На основании расчета медианного значения по шкале «Страх и Тревожность» CBARQ собаки были разделены на тревожных и спокойных. Для тревожных собак показаны высокие значения баллов по шкалам «Агрессия» и «Возбудимость». С учетом

расстояния между владельцем и собакой из группы тревожных были дополнительно выделены возбудимые собаки. Средняя скорость была выше у возбудимых и тревожных собак; расстояние между точками концентрации активности максимально для возбудимых собак, и минимально — для тревожных. Расчет частоты переключений показал высокие значения для тревожных собак. **Обсуждение результатов.** Сочетание различных методов позволило проанализировать возможные маркеры поведенческих нарушений с учетом анамнеза жизни, визуального наблюдения (расстояние по кадрам), данных о динамике двигательной активности и паттернах поведения. В рамках пилотного исследования получены тестовые этограммы, позволяющие объективно классифицировать тип поведения собаки. Показана возможность добавления в этограмму собак скорости движения и частоты переключений, а также результатов анализа тревожности, агрессивности и возбудимости на основании опроса владельцев. Выявлено, что контакт с человеком является проявляющим фактором, позволяющим с использованием выделенных метрик выявить проблемное поведение собак.

Ключевые слова

собака-компаньон, тревожность, агрессия, возбудимость, скорость движения, частота переключений, искусственный интеллект

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-01561, <https://rscf.ru/project/24-28-01561/>

Для цитирования

Фомина, А. С., Васильев, П. В., Крикунова, А. А., Ермаков, П. Н., Буркова, В. Н., Ермаков, А. М. (2022). Анализ проблемного поведения собак-компаньонов с применением технологии искусственного интеллекта: пилотное исследование. *Российский психологический журнал*, 22(4), 218—247. <https://doi.org/10.21702/rpj.2025.4.11>

Введение

Решение вопросов благополучия собак-компаньонов открывает новую страницу в современной зоопсихологии (MacLean et al., 2021; Farhat et al., 2024). Разнообразие поведенческих паттернов, подстройка и адаптация собак-компаньонов в социуме, возможность выполнения определенных функций определяет важность и актуальность направления, связанного с грамотным выявлением функциональных и дисфункциональных диад «владелец-питомец».

Несмотря на большое количество исследований этологических особенностей собак при социализации и контакте с человеком, группа собак-компаньонов в современной российской науке рассмотрена слабо. В классической кинологии и зоопсихологии, основанной, прежде всего, на анализе рабочих качеств собак, разработаны батареи тестов, позволяющих проанализировать психоэмоциональные характеристики собаки с позиции применения для решения определенных задач. Домашние собаки не идентичны рабочим и лабораторным ввиду формирования особого типа привязанности к владельцам, сходного с детско-родительскими взаимоотношениями (Konok et al., 2015; Dodman et al., 2018; Solomon et al., 2019; Riggio et al., 2020).

В связи с этим применение объективных методов анализа поведения собак-компаньонов в настоящее время обретает все большую актуальность. Анализ литературных данных (Gähwiler et al., 2020) и собственный опыт авторов позволяет выявить затруднения владельцев в определении проблемного поведения собак при отсутствии направляющих вопросов. В диаде «владелец-питомец» именно это является ключевым фактором, а дисфункциональность диад отражается в поведении животных. Определение признаков нарушения поведения животных необходимо для оценки их благополучия, коммуникации с человеком в диаде, а также для создания возможностей прогнозирования дальнейшего поведения (Gähwiler et al., 2020). О важности учета взаимодействия в диаде свидетельствуют полученные в исследовании Ren et al. (2024) данные о корреляции возникновения лобно-теменных взаимодействий у человека и собаки при взгляде и физическом контакте.

Необходимость применения объективных расчетных методов для решения данной задачи, выявления типа темперамента, тревожности, агрессии и страха связана в том числе с субъективностью владельцев при оценке уровня благополучия животных на основании опросных тестов (Zamansky et al., 2018, 2021; Rodriguez et al., 2023). Погрешность при оценке поведения животных только на основании опросных тестов может составлять до 50% ввиду разнообразия диагностических методик и подходов к интерпретации (Rodriguez et al., 2023). Тип поведения и характеристики психоэмоционального состояния собак, оцениваемые владельцами как предпочитаемые, в действительности могут быть причиной или маркером страдания животных (Serpell, 2019). Отклонения в поведении собак и их эмоциональном взаимодействии с владельцами также могут быть признаками снижения уровня здоровья. Изменения мелких поведенческих признаков, как правило, недооцениваются ввиду сложности идентификации определенного паттерна без использования специальных вычислительных средств (Kim et al., 2024).

В отечественной науке исследования, связанные с применением систем искусственного интеллекта для анализа поведения собак, не представлены. Напротив, в зарубежной литературе данное направление является новым и относительно развитым. Вычислительный анализ поведения животных (computational animal behavior analysis, CABA) (Zamansky et al., 2021; Farhat et al., 2024), основанный на

автоматизированном анализе видеозаписи с применением сверточных нейронных сетей, позволяет исключить предвзятость наблюдателей, отсутствие нужных сведений о поведенческих паттернах биологического вида. Не вызывает сомнений факт отражения психоэмоционального состояния и общего уровня благополучия собак в показателях двигательной активности (Atif et al., 2023).

Исследования с применением технологии искусственного интеллекта могут быть разделены на 2 группы: связанные с разработкой алгоритма анализа (Barnard et al., 2016, Menaker et al., 2022; Amirhosseini et al., 2024; Farhat et al., 2024) и связанные с его применением для идентификации и решения поведенческих проблем (Völter et al., 2023; Schork et al., 2024). В исследовании (Amirhosseini et al., 2024) применение методов кластерного анализа в 4 моделях машинного обучения на основании ответов владельцев на вопросы опросника CBARQ были выделены 5 типов личности и темперамента собак с точностью 99%. В работе (Schork et al., 2024) с использованием сверточных нейронных сетей с точностью 89% проанализированы характеристики сна собак на основе идентификации позы. В работе (Völter et al., 2023) система машинного обучения использована в качестве инструмента для определения возможности различения поведенческих паттернов собак в ситуации нежелания или неспособности человека передать еду.

Farhat N. с соавторами (2024) на основании метаанализа литературных данных приходят к выводу о доминировании двухмерной визуализации при анализе видеоданных, решении задач детекции и треккинга как ключевых. Barnard S. с соавторами (2016) разработали 3D-программное обеспечение для записи и анализа поведения собак при вольерном содержании (как неестественной среде обитания, снижающей уровень благополучия). В качестве маркеров применялся анализ позы и положения частей тела относительно основной оси туловища (всего 4 положения). В дальнейшем это позволило выделить ряд поведенческих паттернов, свидетельствующих о снижении уровня благополучия (к примеру, длительное нахождение в покое и редкое снижение процента времени активного движения при нахождении собаки в тесном вольере, а также при одиночном содержании). В сходном исследовании системы искусственного интеллекта позволили определить уровень стресса у собак в приюте в зависимости от положения головы.

Menaker et al. (2022) с использованием перспективного сочетанного подхода анализа баллов опроса владельцев и кластеризации видеозаписей поведения собак при реакции на незнакомца создали систему для объективной дифференцировки тревожных и спокойных собак. В сходном исследовании (Martvel et al., 2025) применение искусственного интеллекта для анализа спектра эмоциональных выражений морд позволило выявить сниженную подвижность и выразительность мимики у брахицефальных собак, что потенциально может осложнять внутривидовую коммуникацию.

Возможности методов искусственного интеллекта для оценки снижения уровня здоровья собак показаны Kim S. С и Kim S. (2024), которыми на основании

численного анализа поведенческих признаков (сон, вылизывание, глотание и царапанье), с использованием обученной нейронной сети с точностью 87,5% выведена балльная шкала, где высокие баллы соответствуют достаточному уровню здоровья и благополучия, тогда как снижение значений ниже 5 является поводом к немедленному обращению к ветеринарному врачу и зоопсихологу.

Независимо от выбранной методики и программного обеспечения преимущество метода заключается в простоте и невысокой стоимости процесса сбора поведенческих данных с помощью видеофиксации (Фомина и др., 2025; King et al., 2022). В то же время невозможность выделения сложных поведенческих паттернов только с использованием метода наблюдения и визуального анализа записей делает оправданным применение ресурсоемких технологий сверточных нейронных сетей для выделения поведенческих паттернов и анализа количественных характеристик поведения, таких как скорость движения, частота переключений, охват территории и т. д.

Еще одним валидным методом анализа поведенческой активности собаки является использование анализа линейных и угловых ускорений с применением метода акселерометрии (Clarke, Fraser, 2016). Данный метод позволяет проанализировать активность животного за счет использования портативного регистрирующего прибора, закрепляемого на ошейнике или шлейке. Применение ИИ в анализе данных акселерометрии позволяет выявить повторяющиеся поведенческие паттерны, частоту переключений между видами активности. В исследовании (Marcato et al., 2023) на основании анализа линейных и угловых ускорений акселерометра и гироскопа, зафиксированных на шлейке собак, разработана система оценки позы. Выявлены паттерны данных, соответствующих статичным позам (стояние, сидение, лежание) и двигательной активности собак. Применение метода позволило классифицировать состояние покоя с точностью 0,86, а различить позу с поднятой или опущенной головой с точностью 0,9 (Ladha & Hoffman, 2023), а также оценить и аннотировать количество шагов собаки и пройденное расстояние (Ladha et al., 2018).

Методы видеонаблюдения позволяют фиксировать поведение животных непрерывно и в естественных условиях, но требуют ресурсоемкого процесса кодирования видеоданных. С другой стороны, опросники для владельцев являются быстрым и удобным способом получения поведенческой информации, однако обладают высокой степенью субъективности. Все более актуальным становится интегративный подход, сочетающий субъективные и объективные данные. Примером такого подхода является качественный анализ поведения (QBA), демонстрирующий высокую воспроизводимость при интерпретации аффективных состояний животных (King et al., 2022).

Целью данного пилотного исследования стало выявление и апробация объективных маркеров проблемного поведения у домашних собак-компаньонов на основании анализа данных опроса владельцев и двигательной активности.

Методы

Целевой группой исследования выступали домашние собаки-компаньоны. К участию допускались животные мелких, средних и крупных пород (вес от 4 до 35 кг; возраст от 1 до 10 лет), некастрированные, не участвующие в профессиональной дрессировке и кинологическом спорте. В пилотную выборку вошли 35 собак обоего пола (15 кобелей и 20 сук), разного возраста и породной принадлежности.

До начала обследования владельцы были ознакомлены с целью и протоколом исследования, тестовыми процедурами, и подписывали информированное письменное согласие на участие и возможность использования полученных данных в научно-исследовательской и образовательной деятельности. Участие для человека было анонимным; собаки регистрировались в соответствии с называемой владельцем кличкой. Протокол обследования и форма согласия были утверждены Локальным независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО ДГТУ (протокол №1 от 5.02.2024 г.).

Для участия в исследовании отбирались собаки, не имеющие в анамнезе недавно перенесенных заболеваний, операций, травм, эпизодов острого стресса. Базовое описание методики ранее представлено в работе (Фомина и др., 2025). Протокол тестирования включал следующие поведенческие пробы, идущие в хронологическом порядке:

1. **«Знакомство»** — свободное поведение собаки на новой территории (не менее 10 минут), направленное на снижение эффекта новизны. Данная проба показала наибольшую вариабельность в выборке и для дальнейших расчетов не использовалась.
2. **«Владелец»** — типовое взаимодействие животного с владельцем без провокации стрессовых или агрессивных реакций.
3. **«Незнакомец»** — контакт собаки с незнакомым человеком в отсутствие владельца. В роли незнакомцев выступали два сотрудника факультета, не знакомые с животными ранее.
4. **«Одиночество»** — нахождение собаки на полигоне в одиночестве.

Эксперимент проводился на специально подготовленном полигоне, оборудованном в закрытом помещении площадью 20 м². Помещение было оснащено гигрометром и термометром; температурный режим поддерживался на уровне 19–21 °С, влажность — 25–30%. На полу полигона была нанесена разметка в виде квадратов со стороной 60 см, что обеспечивало возможность пространственной оценки перемещений.

Перед началом тестирования владельцы заполняли бумажную версию опросника CBARQ (Canine Behavioral Assessment & Research Questionnaire), адаптированную для русскоязычной аудитории. Оригинальная версия теста представлена авторами в открытой публикации (Duffy & Serpell, 2012). Тест включал семь шкал: «Дрессировка»,

«Послушание», «Агрессия», «Страх и тревожность», «Разлука», «Возбудимость», «Привязанность». Перевод теста был предварительно проверен на предмет исключения языковых искажений. Ответы были оцифрованы в формате таблиц (R7 Office Excel); для каждой собаки рассчитывался процент набранных баллов от максимально возможного значения по каждой шкале. Такой подход был выбран ввиду возможного пропуска отдельных вопросов, если соответствующие ситуации ранее не наблюдались владельцем.

Для количественного анализа двигательной активности собак использовался метод акселерометрии с применением автономного сенсорного устройства на базе модуля (MPU6050), включающего в себя трехосевой акселерометр и трехосевой гироскоп. Устройство весом 50 г фиксировалось на индивидуальном ошейнике или шлейке животного и позволяло регистрировать линейные ускорения и угловые скорости по осям X, Y и Z в течение всего эксперимента. Данный подход обеспечивал непрерывную запись перемещений с высокой чувствительностью без нарушения естественного поведения животного.

Рисунок 1

Схема компонентов системы акселерометрии



На рисунке 1 приведена схема компонентов системы акселерометрии, разработанной для мониторинга двигательной активности собак в ходе поведенческого тестирования. Система включает в себя аппаратный модуль, размещаемый на теле животного, и инструменты удаленного доступа для взаимодействия с устройством и получения его данных. Устройство, фиксируемое в области шеи, состоит из микроконтроллера ESP32, сенсора MPU6050, карты памяти и автономного источника питания. Микроконтроллер ESP32 обеспечивает сбор данных с модуля MPU6050, объединяющего трехосевой акселерометр и гироскоп, а также их запись на microSD-карту в формате CSV. Одновременно ESP32 разворачивает встроенный веб-сервер, позволяющий через локальную Wi-Fi-сеть осуществлять подключение к устройству с компьютера. Через веб-интерфейс доступны просмотр, выбор и загрузка файлов без необходимости физического доступа к устройству. Такой подход обеспечивает автономный и непрерывный сбор

объективных метрик двигательной активности с возможностью удаленного контроля и минимизацией вмешательства в поведение собаки в процессе обследования.

Перед анализом осуществлялась предобработка данных, состоящая из этапов коррекции временных отметок записей, удалении дубликатов и сортировки данных по временной оси, оценки стабильности временных интервалов на основе статистических показателей, интерполяции сигналов и установления частоты дискретизации равной 1000 Гц.

Для извлечения скрытых паттернов двигательной активности собак на основе данных акселерометрии был применен автоэнкодер — нейросетевой алгоритм, обучаемый без учителя. Модель использовалась для автоматической обработки сегментированных временных окон длиной 1024 мс, каждое из которых включало нормализованные значения ускорений и угловых скоростей. Архитектура автоэнкодера включала кодировщик и декодировщик, обучаемые с использованием функции потерь среднеквадратичной ошибки (MSE) и оптимизатора Adam. После 80 эпох обучения функция потерь стабилизировалась на удовлетворительном уровне, что указывает на достаточную сходимость модели.

На основе обученной модели автоэнкодера каждый временной сегмент акселерометрических данных пропускался через кодировщик, в результате чего формировалось компактное векторное представление двигательной активности. Далее путем анализа различий между последовательными векторами признаков определялись переходы между различными типами активности. Таким образом, автоэнкодер позволял преобразовать сырые, высокочастотные данные в устойчивые поведенческие признаки без необходимости ручной разметки.

Также для анализа двигательной активности была разработана и применена система видеорегистрации на базе IP-камеры Hikvision DS-2CD2043G2, обеспечивающей запись с разрешением 1920x1080 пикселей и частотой 25 кадров в секунду. Камера была подключена к локальной сети и настроена на непрерывную запись с последующим сохранением видеоданных на внешний носитель. Устройство размещалось стационарно на высоте 10 см от потолка, с углом наклона около 60°, что позволяло охватывать всю площадь экспериментального полигона и обеспечивать стабильное визуальное наблюдение за животным в течение всего времени проведения тестов. Для соблюдения принципов этичности исследования область лица каждого человека на кадрах подвергалась размытию; изображение собаки в соответствии с разрешением владельцев сохранялось.

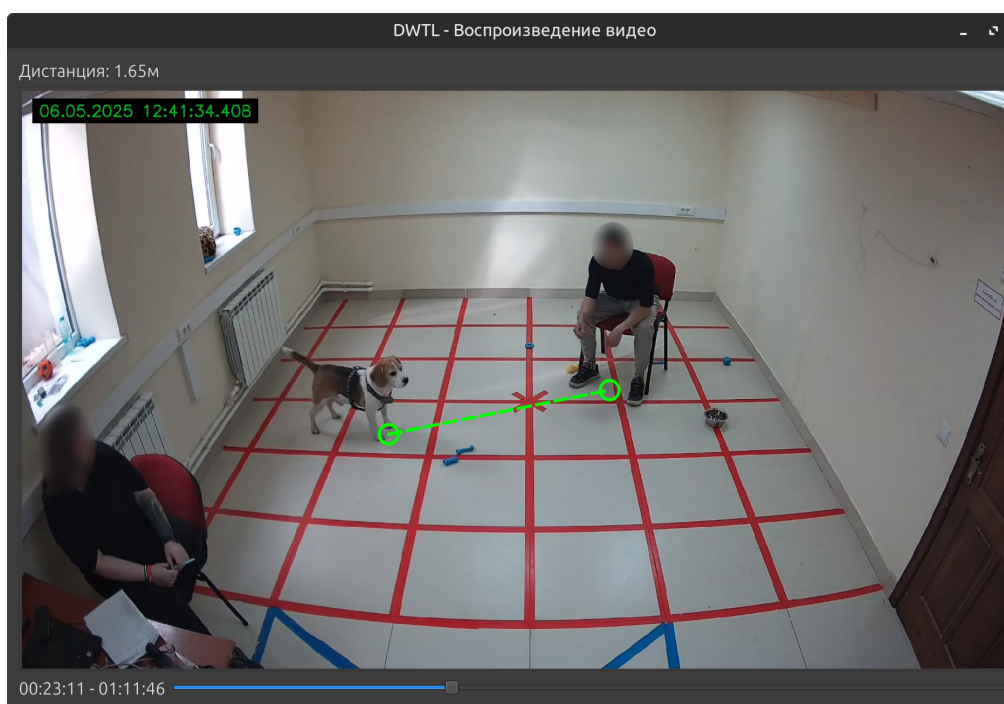
Полученные видеозаписи подвергались постобработке с использованием программных инструментов компьютерного зрения и сверточной нейронной сети, обученной на размеченном наборе кадров. Для обеспечения качественного анализа поведения были отобраны записи длительностью от 5 минут, в которых собака присутствовала в кадре на переднем плане не менее 90% времени.

Для анализа взаимодействия с человеком в пробе «Владелец» также была введена метрика «Контакт», представляющая собой визуально оцененное расстояние

между собакой и владельцем на фиксированных кадрах. Кадры отбирались на равных временных интервалах ($n=10$) и анализировались вручную с использованием разметки полигона как начальной системы координат и шкалы измерения. Расстояние классифицировалось по следующим категориям: нахождение на руках, физический контакт («рядом», до 10 см), расстояние до 50 см, от 50 до 100 см, и от 100 до 150 см. Игровое поведение и активные перемещения исключались из оценки для повышения объективности анализа. На рисунке 2 показан интерфейс оригинального программного обеспечения для измерения расстояния между владельцем и животным.

Рисунок 2

Пример кадра для оценки расстояния между владельцем и собакой с учетом перспективных искажений камеры и геометрии полигона.



Система обеспечивала автоматическое выделение рамок тела собаки, построение траектории движения и расчет пространственно-временных параметров активности. На основе анализа последовательностей координат центра масс животного рассчитывались следующие количественные метрики: средняя скорость движения (м/с), длина траектории (м), частота переключений между типами активности (акт/мин), расстояние между точками концентрации активности (охват территории), а также плотность пребывания в отдельных участках полигона.

Дополнительно были построены тепловые карты, на которых визуализировались зоны наибольшей активности животного. Цветовая интенсивность карты отражала время пребывания в конкретных участках пространства. Эти карты позволяли оценить устойчивость или лабильность поведения, а также выявлять индивидуальные особенности передвижения. Пространственный анализ перемещений дополнялся контурными картами, отображающими траектории с градацией по скорости: медленные, средние и быстрые перемещения.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного пакета R7 Office Excel, открытых онлайн-калькуляторов статистических показателей, а также языка Python. Поскольку распределение расчетных данных по шкалам опросника CBARQ, метрикам акселерометрии и видеозаписей не соответствовало нормальному согласно критерию Колмогорова–Смирнова ($p < 0,05$), для анализа были использованы методы непараметрической статистики. Межгрупповые различия оценивались с применением критерия Манна–Уитни в формате попарных сравнений. Для анализа взаимосвязей между показателями применялся коэффициент корреляции Спирмена (двусторонние корреляции). Различия считались статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты

В исследование были включены 35 домашних собак-компаньонов, из них 15 кобелей и 20 сук; это обеспечивало сбалансированное распределение по полу. Средний возраст собак составил $4,8 \pm 0,74$ года, при этом возрастной диапазон варьировал от 1 до 10 лет. Распределение по породам включало представителей мелких, средних и крупных пород весом от 4 до 25 кг.

Анализ бланковых тестов CBARQ показал возможность получения валидных данных об индивидуальных поведенческих особенностях собаки в повседневной жизни. Для каждой собаки проведены расчеты шкал теста и выявлены ключевые поведенческие особенности. Валидность шкал теста CBARQ оценена с применением коэффициента альфа Кронбаха (значения коэффициента не менее 0,889 для каждой шкалы).

Предварительный анализ не показал достоверных различий по данной шкале от пола собак. Для кобелей усредненное значение баллов по шкале «Страх и Тревога» составило $28,05 \pm 3,35\%$, для сук $25,23 \pm 2,77\%$ ($p = 0,541$). По шкале «Агрессия» усредненные значения составили $18,03 \pm 3,39\%$ и $17,44 \pm 2,15\%$ соответственно ($p = 0,87$). Отсутствие достоверных различий позволило провести дальнейшее исследование без учета фактора пола животных.

Для выделения групп собак была проведена оценка показателей по шкалам теста CBARQ для 35 собак в процентах от максимально возможного. Сортировка собак происходила относительно рассчитанного медианного значения по шкале

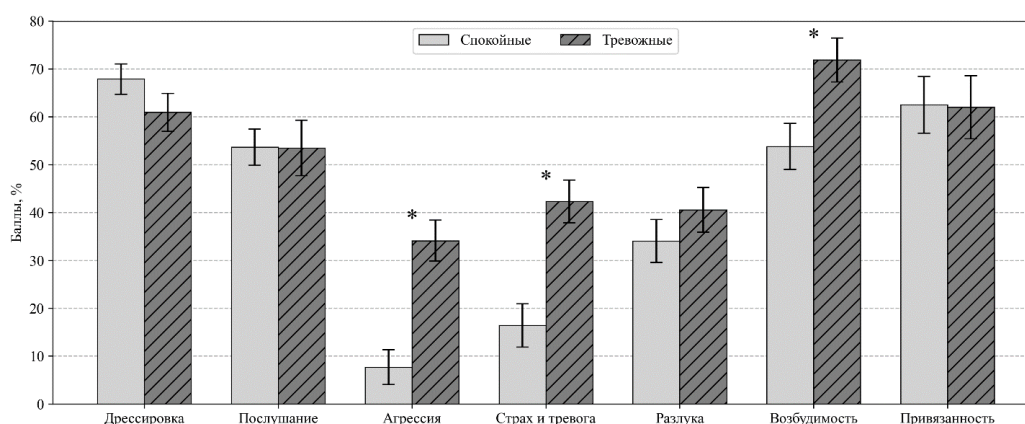
«Страх и Тревожность» (29,3%). Собаки, получившие по итогам анализа баллы ниже медианного значения, были отнесены к группе «Спокойные собаки» ($n=16$), выше медианного — к группе «Тревожные собаки» ($n=19$). Достоверность и правомочность разделения подтверждены с применением дискриминантного анализа (Лямбда Уилкса=0,063, Хи-квадрат 38,623, $p=0,003$).

На основании статистических данных, полученных по итогам проведенного теста CBARQ, для групп «Спокойные собаки» и «Тревожные собаки» достоверные различия выявлены для следующих шкал: «Агрессия» (7,68%, и 34,13%, $p < 0,001$, $U=2,000$, $p < 0,001$), «Страх и тревога» (11,81% и 42,32%, $p < 0,001$, $U=15,00$, $p < 0,001$), «Возбудимость» (53,82% и 71,88%, $p=0,01$, $U=29,00$, $p=0,0487$).

Достоверных различий для остальных шкал теста не выявлено («Дрессировка»: 67,88% и 60,94%; «Послушность» 53,65% и 53,52%; «Разлука» 34,04%, и 40,58%; «Привязанность» 62,5% и 61,98%). Далее на рисунках 3 и 4 и в таблицах 1 и 2 приведены результаты тестирования CBARQ.

Рисунок 3

Усредненные значения баллов теста CBARQ в % для групп «Спокойные собаки» и «Тревожные собаки» (до выделения подгрупп) ($N=35$)



Примечание. По оси абсцисс представлены шкалы теста, по оси ординат – баллы, в % от максимальных)

Таблица 1

Результаты статистического анализа баллов теста CBARQ в группах собак, в % от максимального по шкале.

Шкала	Группы собак	
	Спокойные (n=18)	Тревожные (n=16)
Дрессировка	67,88±3,19	60,94±3,97
Послушание	53,65±38	53,5±5,78
Агрессия	7,68±3,63	34,13±4,3 U=2,0, p<0,001*
Страх и тревога	16,41±4,53	42,32±4,49 U=15,00, p<0,001*
Разлука	34,04±4,5	40,58±4,69
Возбудимость	53,82±4,8	71,88±4,6 U=29,00, p=0,0487*
Привязанность	62,5±5,9	61,98±6,57

Примечание. *при сравнении значений количества баллов с таковыми для группы «Спокойные собаки».

При проведении корреляционного анализа с использованием критерия Пирсона для группы «Спокойные собаки» корреляций признаков агрессивного и тревожного поведения не выявлено; показана отрицательная корреляция показателей шкал «Страх и Тревожность» и «Привязанность» ($r=-0,643$, $p=0,018$). Для группы «Тревожные собаки» показана положительная корреляция показателей между показателями шкал «Агрессия» и «Страх и Тревожность» ($r=0,571$, $p<0,001$), «Страх и Тревожность» и «Привязанность» ($r=0,60$, $p<0,001$), и отрицательная корреляция показателей шкал «Дрессировка» и «Послушание» ($r=-0,727$, $p<0,001$).

На основании проведенного анализа в качестве наиболее информативных для определения вероятности нарушений поведения собак были отобраны подшкалы «Агрессия», «Тревожность», «Возбудимость»; результаты остальных подшкал в исследовании не использовались.

По результатам визуальной оценки расстояния между владельцем и собакой показано, что в группе «Спокойные собаки» 86,6 % (11 собак) отнесены к классу «До 50 см». 6,6% собак сидели рядом с владельцем с поддержанием физического контакта (класс «Рядом»), 2,6% входили в класс «От 50 до 100 см», и 4,6% — «От 100 до 150 см». Нахождение на руках у владельца не зафиксировано.

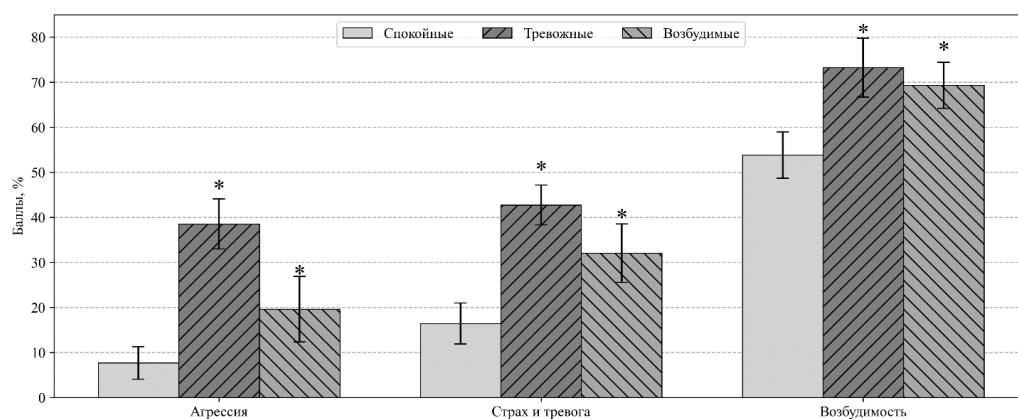
В группе «Тревожные собаки» показано разделение собак на 2 подгруппы: 47,05% собак отнесены к классу «Рядом», 41,17% — к классу «От 50 до 100 см». 11,7% отнесены к классу «До 50 см». Нахождение на руках фиксировалось менее чем на 1% кадров.

В связи с выявленными различиями метрики «Контакт» дополнительный анализ показателей теста трех шкал CBARQ в группе «Тревожные собаки» также показал их неоднородность.

Для собак, доминирующим классом у которых стал класс «Рядом», показаны высокие значения по шкалам «Агрессия» ($38,5 \pm 5,57\%$) и «Страх и Тревожность» ($42,75 \pm 4,42\%$). Для собак, доминирующим классом у которых стал класс «От 50 до 100 см», показаны достоверно более низкие значения по шкалам «Агрессия» ($19,64 \pm 4,3 \%$, $U=11,5$, $p=0,001$) и «Страх и Тревожность» ($32,04 \pm 6,5$, $U=2$, $p=0,05$). Высокое значение стандартного отклонения обусловлено малой выборкой собак. Необходимо отметить, что значения показателя шкалы «Возбудимость» не различались между группами тревожных собак ($73,22 \pm 6,6\%$ и $69,3 \pm 5,1\%$), но были достоверно выше в сравнении с группой «Спокойные собаки» ($53,82 \pm 5,1\%$, $U=20,0$, $p=0,02$ и $U=31,0$, $p=0,035$ соответственно).

Рисунок 4

Усредненные значения баллов трех шкал теста CBARQ для групп «Спокойные собаки» ($n=18$), «Тревожные собаки» ($n=8$), «Возбудимые собаки» ($n=7$), выделенных на основе сопоставления баллов теста и значений метрики «Контакт»



Примечание. По оси абсцисс представлены шкалы теста, по оси ординат - баллы, в % от максимальных).

Таблица 2

Результаты статистического анализа баллов теста CBARQ в группах «Спокойные собаки», «Тревожные собаки», «Возбудимые собаки»

Шкала	Группы собак		
	«Спокойные собаки» (n=18)	«Тревожные собаки» (n=8)	«Возбудимые собаки» (n=7)
Агрессия	7,68±3,63	38,53±5,56 U=14,0, p=0,006*	19,64±7,29
Страх и тревога	16,41± 4,538	42,75±4,42 U=7,00, p=0,001*	32,041±6,49 U=32,0, p<0,044*
Возбудимость	53,82±5,16	73,22±6,57 U=20,00, p=0,02*	69,334±5,09 U=31,00, p=0,035*

Примечание. *при сравнении значений количества баллов с полученными для группы «Спокойные собаки»

В связи с этим дальнейший анализ показателей проходил по трем группам:

1. Объединенная группа «Спокойные собаки» — 13 собак (разделение на подгруппы не проводилось).
2. Группа «Тревожные собаки» — 8 собак.
3. Группа «Возбудимые собаки» — 7 собак.

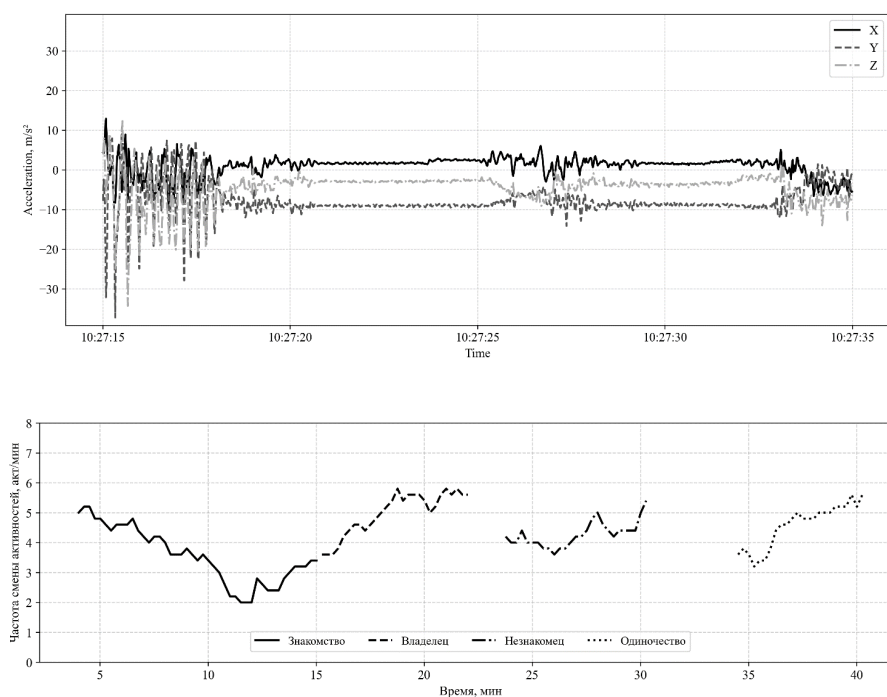
Оценка двигательной активности на основе методов акселерометрии

Не обработанные данные с акселерометра подвергались нормализации в диапазоне [0;1] и сегментировались на временные окна длиной 1024 мс. Каждое окно представлялось в виде одномерного массива из 3072 значений (по 1024 значения на каждую ось). Для автоматического извлечения паттернов двигательной активности применялась модель автоэнкодера, состоящая из кодировщика и декодера. Обучение проводилось с использованием функции потерь среднеквадратичной ошибки (MSE) и оптимизатора Adam (начальная скорость обучения — 0,0001). Среднее значение функции потерь на тестовой выборке составило 0,0023, что подтверждает приемлемую точность восстановления сигналов и релевантность использования модели для анализа поведения.

В результате сбора данных двигательной активности они могут быть представлены в виде графика величин ускорений и угловых скоростей. На рисунке 5 показан пример данных акселерометрии с определением типа активности собаки.

Рисунок 5

Пример данных акселерометрии с определением типа активности собаки «стойка на задних лапах» (вверху), «прыжки на владельца, стойка на задних лапах» (внизу)



На основании полученных временных рядов была разработана интегральная метрика — частота переключений между типами активности (акт/мин). Показатель отражает количество изменений моторного паттерна за единицу времени и является чувствительным маркером возбуждения, тревожности или стабильности поведенческого паттерна у собаки.

Для детального анализа показателей средней скорости и частоты переключений между четырьмя пробами — «Знакомство», «Владелец», «Незнакомец», «Одиночество» в трех группах собак было показано, что для метрики «Частота переключений» в группах спокойных и возбудимых собак не выявлено различий как между группами, так и между первыми тремя пробами. При переходе к пробе «Одиночество» показано достоверное снижение частоты переключений у возбудимых собак.

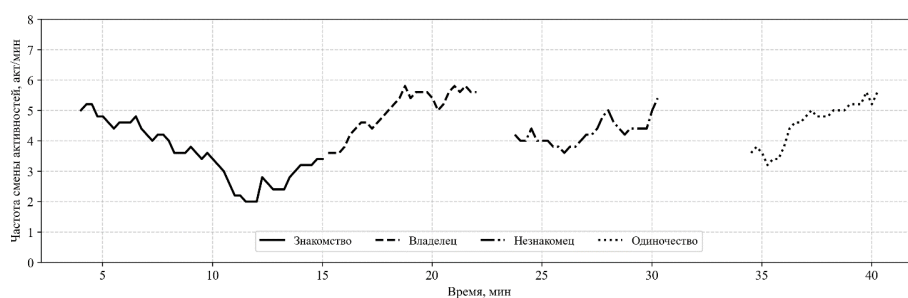
Максимальные значения данной метрики были зафиксированы у собак группы «Тревожные собаки» ($4,14 \pm 0,08$ акт/мин), что достоверно отличалось от групп «Спокойные собаки» ($3,88 \pm 0,09$ акт/мин, $U=12,5$, $p=0,048$) и «Возбудимые собаки» ($3,80 \pm 0,12$ акт/мин, $U=10,5$, $p=0,043$).

Дополнительный анализ в рамках отдельных проб («Владелец», «Незнакомец», «Одиночество») показал, что в группе «Тревожные собаки» метрика достигала пиковых значений во взаимодействии с владельцем и незнакомцем, снижаясь при переходе к пробе «Одиночество». У возбудимых собак достоверное снижение частоты переключений наблюдалось исключительно в пробе «Одиночество», в то время как спокойные собаки демонстрировали стабильные значения вне зависимости от ситуации (таблица 8).

На рисунке 6 показан график частоты смены активностей для различных этапов эксперимента.

Рисунок 6

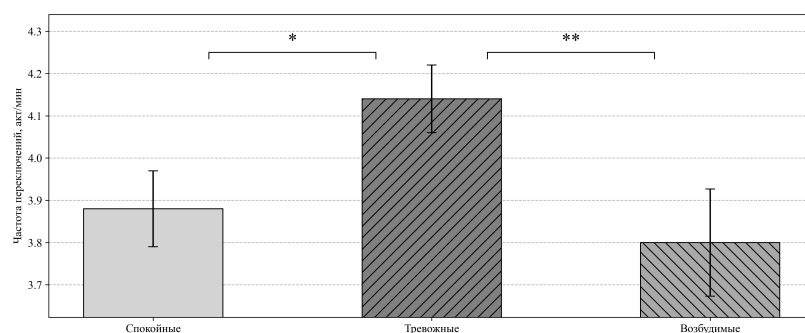
Частота смены активностей в процессе исследования



На рисунке 7 показаны частотные характеристики переключения между видами активности для различных групп собак. В таблице приведены значения ключевых метрик в зависимости от пробы.

Рисунок 7

Значения частоты переключений между видами активности в группах «Спокойные собаки», «Тревожные собаки», «Возбудимые собаки», усредненные по всему времени обследования



Примечание. По оси абсцисс отмечены группы собак, по оси ординат – частота переключений, акт/мин. Знаки * и ** отмечают достоверные различия значений метрики между группами

При анализе видеозаписей средняя точность обученной модели на тестовом наборе данных составила 92,3% при пороге уверенности 0,5. Показатель точности достиг значения 89,7%, а полнота составила 91,2%. Контроль на валидационном наборе показал стабилизацию функции потерь на уровне 0,041 к 80-й эпохе, что указывает на достижение моделью состояния оптимальной обученности без признаков переобучения.

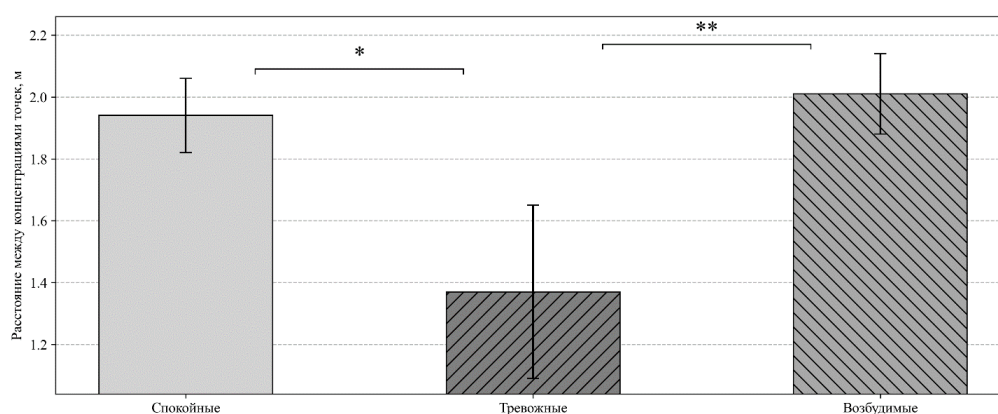
На рисунках 8 и 9 показаны значения метрик двигательной активности в различных группах собак. В таблице 3 приведены статистические характеристики метрик двигательной активности. В результате обработки видеозаписей и обучения нейронной сети в качестве метрик для анализа двигательной активности собак, были введены:

1. Средняя скорость движения. При анализе средней скорости движения собак максимальные значения данной метрики были в группе «Возбудимые собаки» ($0,38 \pm 0,03$ м/с) и «Тревожные собаки» ($0,315 \pm 0,04$ м/с); в группе «Спокойные собаки» значения были наименьшими ($0,30 \pm 0,02$ м/с).

2. Расстояние между точками как показатель охвата полигона. При анализе расстояния между концентрациями точек максимальные значения метрики были в группе «Возбудимые собаки» ($2,01 \pm 0,13$ м/с), а минимальные – в группе «Тревожные собаки» ($1,37 \pm 0,28$ м/с); в группе «Спокойные собаки» значения были промежуточными ($1,94 \pm 0,12$ м/с). Это согласуется с показателями метрики «Контакт».

Рисунок 8

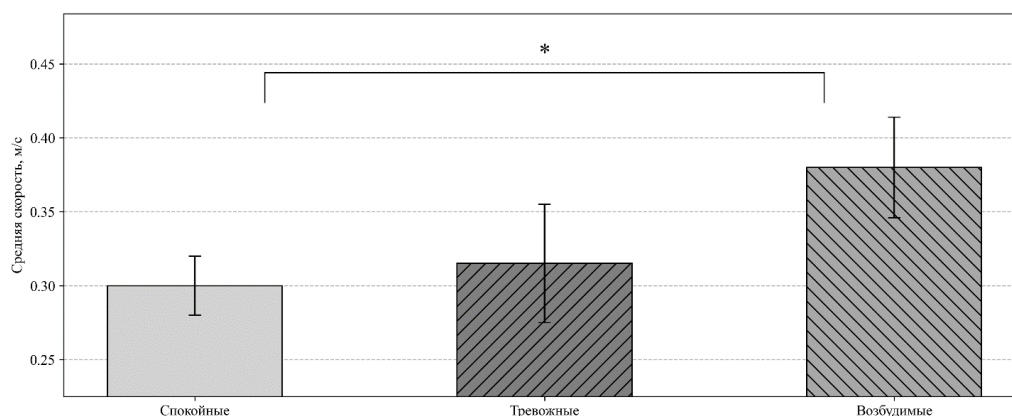
Значения расстояния между концентрациями точек в группах «Спокойные собаки» ($n=18$), «Тревожные собаки» ($n=8$), «Возбудимые собаки» ($n=7$), усредненные по всему времени обследования.



Примечание. По оси абсцисс отмечены группы собак, по оси ординат – расстояние, м. Знаки * и ** отмечают достоверные различия значений метрики между группами.

Рисунок 9

Значения средней скорости в группах «Спокойные собаки» (n=18), «Тревожные собаки» (n=8), «Возбудимые собаки» (n=7), усредненные по всему времени обследования.



Примечание. По оси абсцисс отмечены группы собак, по оси ординат – средняя скорость, м/с. Знак * отмечает достоверные различия значений метрики между группами.

Таблица 7

Результаты статистического анализа метрик двигательной активности в группах собак для всего времени записи

Метрика	Группы собак		
	«Спокойные собаки» (n=18)	«Тревожные собаки» (n=8)	«Возбудимые собаки» (n=7)
Частота переключений, акт/мин	3,88 ± 0,09	4,14 ± 0,08 U=12,5, p=0,048*	3,80 ± 0,127 U=10,5, p=0,043**
Расстояние между концентрациями точек, м	1,94±0,12	1,37 ± 0,28 U=19,5, p=0,013*	2,01 ± 0,13 U=12, p=0,021**
Средняя скорость, м/с	0,30 ± 0,02	0,315 ± 0,04	0,38 ± 0,034 U=29,5, p=0,034*

Примечание. *при сравнении значений с полученными для группы «Спокойные собаки».

** при сравнении значений в группах «Тревожные собаки» и «Возбудимые собаки».

При анализе значений двух метрик, рассчитанных отдельно для проб, было показано сохранение различий, выявленных для общего времени записи (Таблица 8). Показано отсутствие различий в группе «Спокойные собаки» между пробами. Для групп «Тревожные собаки» показаны максимальны значения частоты переключений в пробах «Владелец» и «Незнакомец». Для проб «Владелец» и «Незнакомец» достоверных различий между группами «Спокойные собаки» и «Возбудимые собаки» не выявлено для обоих анализируемых показателей. Напротив, в группе «Тревожные собаки» частота переключений и средняя скорость движения в пробе «Владелец» была выше. В пробе «Незнакомец» ситуация менялась: при сохранении высокой частот переключений средняя скорость движения была достоверно ниже как в сравнении со спокойными, как и возбудимыми собаками. Отдельного необходимо рассмотреть пробу «Одиночество», где максимальная частота переключений сохранялась у тревожных собак, однако резко снижалась, наряду с увеличением скорости движения, в группе «Возбудимые собаки». На основании его данная проба может быть использована для дифференцировки собак.

Таблица 8

Результаты статистического анализа метрик двигательной активности в группах собак для трех проб

Метрика	«Спокойные собаки» (n=18)	Группы собак «Тревожные собаки» (n=8)	«Возбудимые собаки» (n=7)
Владелец			
Частота переключений, акт/мин	3,69±0,37	4,42±0,27 U=16, p=0,05	3,66±0,34
Средняя скорость, м/с	0,47±0,04	0,52±0,09	0,48±0,04
Незнакомец			
Частота переключений, акт/мин	3,65±0,34	4,38±0,32	3,86±0,29
Средняя скорость, м/с	0,32±0,04	0,24±0,03 U=15, p=0,46	0,35±0,04
Одиночество			
Частота переключений, акт/мин	3,00±0,51	3,48±0,37	2,74±0,35
Средняя скорость, м/с	0,17±0,03	0,17±0,03	0,29±0,01 U=23, p=0,02

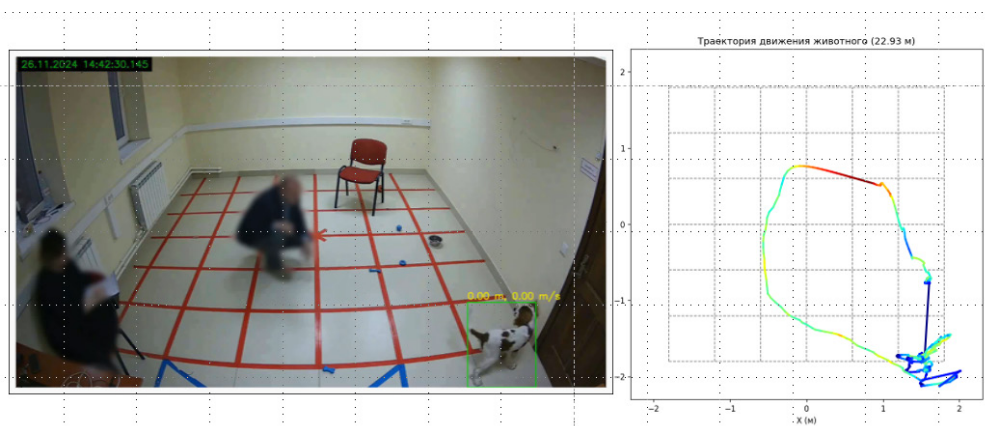
Оценка двигательной активности на основе методов видео-фиксации и отслеживания перемещений

Проведенная детализированная визуализация и оцифровка перемещения собаки позволила проанализировать поведение в разных частях полигона для отдельных животных. Визуализация была рассчитана на основе координат положения собаки, ее скорости и пройденного расстояния. Характеристики скорости были разделены на квартили и визуализированы на пространстве полигона. Были выделены медленные перемещения, средние и быстрые. Доля средних перемещений связывается с исследовательским поведением, доля медленных — со снижением активности, доля быстрых — с уровнем возбудимости. Различия в скорости и плотности пребывания могут указать на различные поведенческие паттерны. Расчет числовых значений показал, что достоверно более высокие значения доли быстрых перемещений показаны в группе «Возбудимые собаки» ($26,08 \pm 1\%$; $U=14,0$, $p=0,02$) в сравнении с группами «Тревожные собаки» и «Спокойные собаки» ($24,22 \pm 1,1\%$ и $22,93 \pm 1,2\%$).

Дополнительно для визуализации данных были рассчитаны «тепловые карты», на которых яркость линий соответствовала скорости движения, а количество цветowych пятен («горячих точек») — зонам максимального времени нахождения. Визуальный анализ полученных картин показал, что группа «Спокойные собаки» отличается устойчивостью паттерна и большим количеством «горячих точек», независимо от размера, пола и породной принадлежности, тогда как группа «Тревожные собаки» — малым количеством «горячих точек» и их лабильностью. Это согласуется с результатами анализа показателей «Контакт» и «Расстояние между точками». На рисунках 10 и 11 показаны результаты работы системы отслеживания на основе нейросетевого детектора.

Рисунок 10

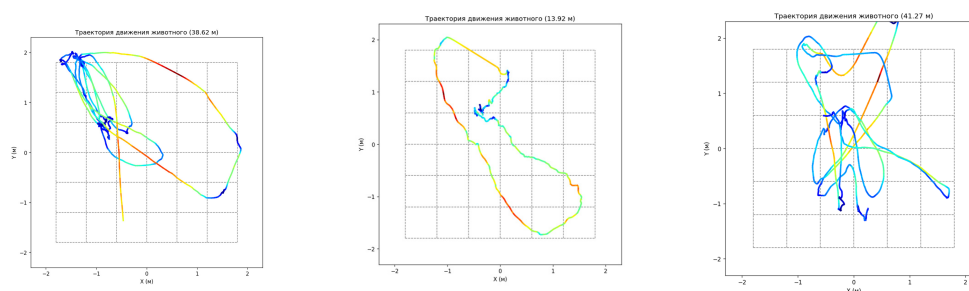
Визуально представление отслеживания и оценки скорости передвижения собаки на полигоне



Примечание. Слева изображение с камеры видео-регистрации, справа — схематичное изображение полигона с нанесенной траекторией перемещения (померанский шпиц, сука, 3 года).

Рисунок 11

Визуально представление отслеживания перемещения собак мелких пород. Цветом показана скорость перемещения объекта контроля.



А - спокойная собака

Б - тревожная собака

В - возбудимая собака

Применение подхода на основе сверточного детектора собак различных пород на видео позволяет построить карты пребывания и определить плотность. На рисунке 12 показаны контурные графики пребывания собаки в контексте медленных, средних и быстрых перемещений.

Рисунок 12

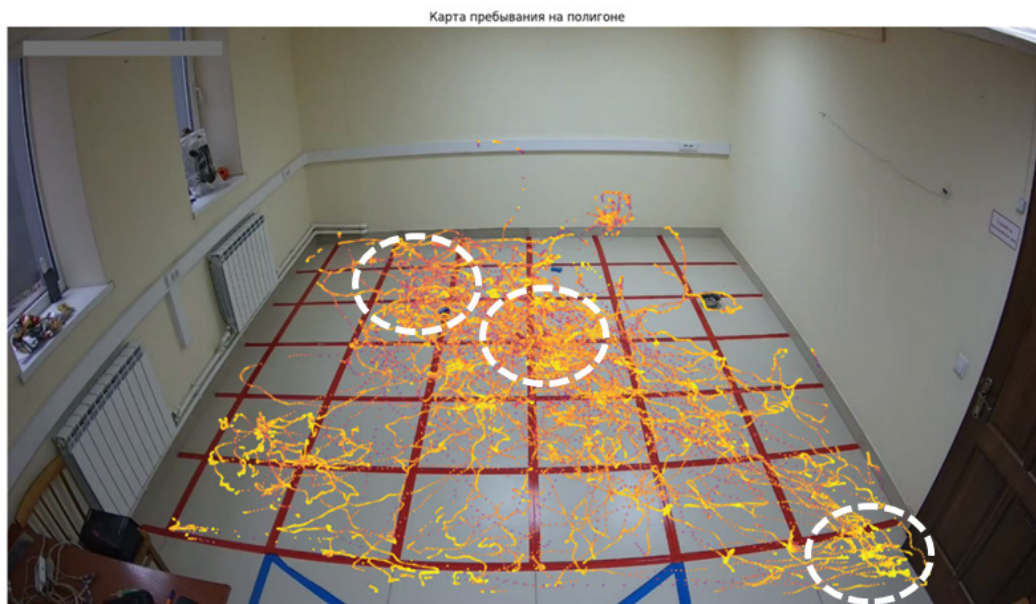
Контурное представления плотности пребывания собаки для медленных, средних, быстрых перемещений.



На рисунке 13 показана тепловая карта пребывания животного на протяжении всего эксперимента. Более «теплым» цветом показаны области с более высокой плотностью пребывания. Специальными маркерами показаны области с наибольшей концентрацией пребывания.

Рисунок 13

Тепловая карта пребывания собаки на полигоне в течении всего исследования



В группе «Тревожные собаки» показана положительная корреляция средней скорости и % медленных перемещений ($r=0,868$, $p=0,005$) и отрицательная — средних перемещений ($r=-0,718$, $p=0,045$). В группе «Спокойные собаки», напротив, показана отрицательная корреляция средней скорости и % средних перемещений ($r=-0,753$, $p=0,002$) и положительная — быстрых перемещений ($r=0,740$, $p=0,002$) и частоты переключений ($r=0,668$, $p=0,009$). «Спокойные собаки» и «Возбудимые собаки» характеризуются устойчивостью паттерна и большим количеством «горячих точек», «Тревожные собаки» — малым количеством «горячих точек» и их лабильностью. Это согласуется с метрикой «Контакт» и подтверждает возможность выделения специфического двигательного паттерна для дифференцировки собак.

Обсуждение результатов

Применение комплексных методов анализа поведения животных включает ряд методик, позволяющих проанализировать как физиологические, так и поведенческие показатели (Karl et al., 2020). В этологической науке ключевым способом анализа остается наблюдение и анализ поведенческих аспектов, в т. ч. с использованием видеозаписей. В то же время визуальный анализ не позволяет выделить определенные паттерны активности, рассчитать скорость движения и иные характеристики. Однако именно расчетные методы могут создать возможность объективного анализа поведения и дифференцировки собак на основании измеримых метрик.

Данный подход позволяет объективно получить информацию, снизить роль личного опыта эксперта, вероятность проявления антропоморфизма при интерпретации поведенческих аспектов. Кроме того, внедрение нейросетевых технологий позволяет снизить трудоемкость визуального анализа при проведении подобных исследований (Barnard et al., 2016). Важность применения объективно измеримых маркеров также связана с тем, что ввиду разнообразия применимых методик в зоопсихологических исследованиях, различиях исследуемого контингента, воспроизводимость подобных результатов составляет не более 50% (Rodriguez et al., 2021).

Валидным маркером является экспресс-оценка расстояния между владельцем и питомцем. Выявление уже на этапе визуального анализа различия в расстоянии между человеком и собакой, связанные в первую очередь с укорочением расстояния при росте уровня тревожности и его удлинении при возбудимости, создает возможность использования данной метрики для экспресс-анализа взаимоотношений в диаде. Выбранная методика отбора кадров, на которых именно собака — но не владелец — определяет анализируемое расстояние, также позволяет использовать данную метрику для анализа возможности использования владельца как безопасного убежища. Данная концепция находит подтверждение в литературных данных (Gácsi et al., 2013; Karl et al., 2020).

На основании анализа теста CBARQ для пилотной выборки наиболее валидными оказались высокие значения баллов шкал «Агрессия», «Тревожность», «Возбудимость», которые в сочетании с метрикой «Контакт» позволили объективно выделить три группы собак. С учетом анализа показателей теста CBARQ можно предполагать, что в группе «Тревожные собаки» основными факторами проблемного поведения могут являться агрессия, тревожность и возбудимость, а в группе «Возбудимые собаки» — возбудимость и в меньшей степени тревожность.

В нашем исследовании малый вес акселерометра и использование собственного ошейника снижает такой недостаток акселерометрии, как инвазивность, ввиду необходимости ношения устройства. Апробации и набор базы данных подтвердили возможность его применения в т.ч. у собак мелких пород. Визуальное наблюдение показало время адаптации к прибору от 1 до 3 минут в зависимости от размера собаки. Совокупность данных, полученных с помощью видеорегистрации, обеспечивала комплексную характеристику поведенческих паттернов, включая как количественные показатели двигательной активности, так и параметры социального взаимодействия с человеком. По результатам анализа двигательной активности отобраны маркеры для дифференцировки собак, ключевыми из которых оказались расстояние между человеком и собакой, средняя скорость движения, частота переключений, расстояние между точками концентрации, процент быстрых перемещений. Эти метрики использовались в дальнейшем для классификации собак по типу поведения и анализа различий между экспериментальными группами.

Полученные данные указывают на то, что акселерометрия позволяет дифференцировать типы поведенческой реакции у животных с разными профилями поведения. Частота переключений между активностями может служить дополнительным объективным маркером тревожности и возбудимости в условиях, близких к естественным. Особенно важно, что использование нейросетевой модели (автоэнкодера) позволяет обрабатывать большие массивы нативных данных без необходимости ручной маркировки. Визуальный анализ сигналов акселерометрии также позволил идентифицировать конкретные паттерны активности: стойку на задних лапах, прыжки и взаимодействие с владельцем. Эти эпизоды согласуются с наблюдениями по видеозаписям и подтверждают точность пространственно-временного позиционирования.

На основании оцифровки трех метрик анализа видеозаписи было показано, что собаки, для которых в качестве предиктора поведенческих проблем предполагается повышенная возбудимость, характеризуются наибольшей скоростью движения и максимальным охватом площади полигона; тревожные собаки характеризуются высокой частотой переключений между видами деятельности, высокой скоростью движения и малым охватом площади полигона. Межгрупповые сравнения показали возможность использования проб «Владелец» и «Одиночество» для дифференцировки тревожных и возбудимых, поскольку у тревожных собак значения частоты переключений были выше. В здоровой диаде присутствие владельца могло увеличивать исследовательскую активность, что также находит подтверждение в исследованиях (Völter et al., 2022; 2023)

Отсюда можно утверждать, что на основании анализа частоты переключений и снижения значений в пробе «Одиночество» в сравнении с взаимодействием с человеком можно разделить возбудимых собак от спокойных, а значения в пробе «Владелец» — тревожных от спокойных и возбудимых.

На основании этого можно предполагать, что контакт с человеком сам по себе является проявляющей ситуацией для выявления проблемного поведения собак, маркером которого можно считать в таком случае выраженность исследовательского поведения. О проявляющей роли контакта с человеком также говорят наиболее высокие показатели обоих метрик в сравнении с таковыми для отсутствия человека. При этом для спокойных собак как наиболее стабильной группы абсолютные различия между значениями метрик были минимальными.

Сочетание высокой активности, частоты переключений и малого расстояния от человека соответствует снижению исследовательского поведения в группе тревожных собак. Это подтверждается уменьшением скорости движения при контакте с незнакомым человеком, где, вероятно, исследовательское поведение снижалось еще сильнее. Напротив, для возбудимых собак присутствие человека, ввиду сходных значений исследуемых показателей с группой «Спокойные собаки», является стабилизирующим фактором. Об этом свидетельствует проявляющееся

в группе «Возбудимые собаки» избыточная возбудимость только в пробе «Одиночество». Необходимо отметить, что две группы собак с потенциально проблемным поведением неодинаково реагировали на отсутствие контакта с человеком. Несмотря на снижение абсолютных значений в данной пробе, тревожные собаки по-прежнему демонстрировали максимальную частоту переключений, а возбудимые — скорость движения.

Кроме того, данные метрики могут быть истолкованы с позиции концепции поведенческой синхронизации, базирующейся на межвидовом моторном резонансе и вовлечении системы зеркальных нейронов (Duranton et al., 2016; Lamontagne, Gaunet, 2024). В связи с этим оптимальным является использование проб, связанных с контактом с человеком, как *проявляющих* при определении типа поведенческих нарушений собак. Снижение двигательной активности и высокая частота переключений в группе «Тревожные собаки» могут быть объяснены с позиции концепции синдрома депривации. Согласно данной концепции, повышенная тревожность сопровождается снижением исследовательского поведения и двигательной активности в целом, а также активацией произвольного внимания и ростом бдительности (Zamansky et al., 2018). На основании полученных нами данных данная концепция также находит подтверждение в росте частоты переключений (как отражения произвольного внимания), коротком расстоянии между владельцем и собакой, малой долей быстрых перемещений по полигону (снижением исследовательского поведения).

Таким образом, сочетание различных методов позволило получить картину с учетом анамнеза (CBARQ), визуального наблюдения (расстояние по кадрам), данных о динамике двигательной активности с помощью носимого акселерометра, и данные о паттернах поведения с использованием стационарной видеокамеры. В совокупности уже в рамках пилотного исследования были получены тестовые этограммы, позволяющие объективно классифицировать тип поведения собаки.

Общими показателями для тревожных и возбудимых собак стали высокая частота переключения и средняя скорость движения, высокие баллы шкал «Возбуждение». Для тревожных собак определены высокие значения баллов шкал «Тревожность», «Агрессивность», малое расстояние между собакой и владельцем, а также точками концентрации активности, и высокая частота переключений в пробе «Владелец». Для возбудимых собак определены высокая скорость движения и частота переключения, высокий процент быстрых перемещений и большое расстояние между точками концентрации активности и между собакой и человеком.

Поскольку именно поведение является отражением уровня благополучия и адаптивности собак, поведенческие параметры могут и должны лежать в основе методики оценки уровня тревожного и агрессивного поведения (Barnard et al., 2016).

Измеримые показатели, такие как скорость движения и частота переключений, могут быть использованы как маркеры для анализа вероятностных нарушений

процесса адаптации, прогнозирования нарушений поведения. Данный подход позволяет исключить такой явный недостаток измеримых методов биохимических показателей, как инвазивность и необходимость применения дорогостоящих реактивов (Miller et al., 2022) и при этом позволяет получить воспроизводимые результаты.

Заключение

В настоящей статье представлено пилотное исследование, направленное на сопоставление данных, полученных от владельцев с помощью валидизированного опросника CBARQ, с объективными параметрами двигательной активности домашних собак-компаньонов. В качестве инструментов объективной регистрации использованы акселерометрия и автоматизированный анализ видеозаписей с применением сверточных нейронных сетей. Использование недорогих средств видеонаблюдения и носимых сенсоров делает предлагаемый подход технологически доступным и перспективным для широкого практического применения, исследований в гуманной и ветеринарной медицине. В то же время необходимо учитывать, что данное исследование является пилотным и основано на относительно небольшом размере выборки.

Совмещение видеотрекинга, акселерометрии и анкетирования владельцев может стать основой для комплексной системы оценки психоэмоционального состояния животных. При этом данные опросников могут использоваться в качестве дополнительного инструмента верификации, компенсируя возможные ошибки ИИ, связанные с недостаточной обученностью моделей. Это особенно актуально в условиях продолжающегося формирования дата-сетов в данной области.

Преимуществом подобного подхода является простота разметки данных, их понятность для интерпретации и возможность использования на коротких видеофрагментах, что согласуется с принятыми в литературе подходами к применению искусственного интеллекта в т. ч. для анализа поведения животных (Martvel et al., 2025).

Этограмма как набор поведенческих активностей животных в определенных ситуациях может и должна использоваться для анализа уровня благополучия животных. Классический этологический метод наблюдения за животными в естественных и контролируемых условиях позволяет при наличии определенных компетенций выявить паттерны поведения и соотнести их с изменением уровня адаптивности собак. В то же время метод имеет довольно высокую погрешность ввиду возможной предвзятости наблюдателя, разнообразия поведенческих паттернов, влияния факторов пола, возраста, породных особенностей. Также метод визуального наблюдения и построения этограмм ввиду понятных ограничений возможен на относительно коротких временных отрезках.

Кроме того, поскольку собака является универсальным экспериментальным животным, максимально приближенным к человеку (в сравнении с другими мелкими

животными), грамотный анализ поведения на основе двигательной активности может стать важным аспектом проведения лабораторных и клинических исследований.

Применение систем искусственного интеллекта позволяет значительно повысить надежность метрик и валидность применимых методик в целом (Stubsjøen et al., 2022) за счет снижения предвзятости, возможности получения расчетных значений показателей. В то же время, несмотря на очевидные преимущества, методы искусственного интеллекта могут также быть предвзятыми, поскольку составление обучающих наборов данных и последующей интерпретации полученных данных требует экспертного участия человека (Menaker et al., 2022). Поэтому необходимое учитывать, что нейронные сети являются в первую очередь инструментом для анализа больших объемов эмпирических данных, и мнение эксперта остается решающим.

Литература

- Фомина, А.С., Васильев П.В., Долгов В.В., Крикунова А.А., Ермаков А.М. (2025). Новый подход к комплексной оценке проблемного поведения собак-компаньонов. Сообщение 1. *Международный вестник ветеринарии*, 1, 424-436. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.1.424>
- Amirhosseini, M. H., Yadav, V., Serpell, J. A., Pettigrew, P., & Kain, P. (2024). An artificial intelligence approach to predicting personality types in dogs. *Scientific Reports*, 14(1), 2404. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52920-9>
- Atif, O., Lee, J., Park, D., & Chung, Y. (2023). Behavior-based video summarization system for dog health and welfare monitoring. *Sensors*, 23(6), 2892. <https://doi.org/10.3390/s23062892>
- Barnard, S., Calderara, S., Pistocchi, S., Cucchiara, R., Podaliri-Vulpiani, M., Messori, S., & Ferri, N. (2016). Quick, accurate, smart: 3D computer vision technology helps assessing confined animals' behaviour. *PLoS One*, 11(7), e0158748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158748>
- Clarke, N., & Fraser, D. (2016). Automated monitoring of resting in dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 174, 99–102. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.10.009>
- Dodman, N. H., Brown, D. C., & Serpell, J. A. (2018). Associations between owner personality and psychological status and the prevalence of canine behavior problems. *PLoS One*, 13(2), e0192846. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192846>
- Duffy, D. L., & Serpell, J. A. (2012). Predictive validity of a method for evaluating temperament in young guide and service dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(1–2), 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.011>
- Duranton, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2016). When facing an unfamiliar person, pet dogs present social referencing based on their owners' direction of movement alone. *Animal Behaviour*, 113, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.01.005>
- Farhat, N., van der Linden, D., Zamansky, A., & Assif, T. (2024). Automation in canine science: Enhancing human capabilities and overcoming adoption barriers. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1394620. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1394620>
- Gácsi, M., Maros, K., Sernkvist, S., Faragó, T., & Miklósi, Á. (2013). Human analogue safe haven effect of the owner: Behavioral and heart rate response to stressful social stimuli in dogs. *PLoS One*, 8(3), e58475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058475>
- Gähwiler, S., Bremhorst, A., Tóth, K., & Riemer, S. (2020). Fear expressions of dogs during New

- Year fireworks: A video analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 16035. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72841-7>
- Karl, S., Boch, M., Zamansky, A., van der Linden, D., Wagner, I. C., Völter, C. J., Lamm, C., & Huber, L. (2020). Exploring the dog-human relationship by combining fMRI, eye-tracking and behavioural measures. *Scientific Reports*, 10(1), 22273. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79247-5>
- Kim, S. C., & Kim, S. (2024). Development of a dog health score using an artificial intelligence disease prediction algorithm based on multifaceted data. *Animals*, 14(2), 256. <https://doi.org/10.3390/ani14020256>
- King, T., Flint, H. E., Hunt, A. B. G., Werzowa, W. T., & Logan, D. W. (2022). Effect of music on stress parameters in dogs during a mock veterinary visit. *Animals*, 12(2), 187. <https://doi.org/10.3390/ani12020187>
- Konok, V., Kosztolányi, A., Rainer, W., Mutschler, B., Halsband, U., & Miklósi, Á. (2015). Influence of owners' attachment style and personality on their dogs' (Canis familiaris) separation-related disorder. *PLoS One*, 10(2), e0118375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118375>
- Ladha, C., & Hoffman, C. L. (2018). A combined approach to predicting rest in dogs using accelerometers. *Sensors*, 18(8), 2649. <https://doi.org/10.3390/s18082649>
- Ladha, C., Belshaw, Z., O'Sullivan, J., & Asher, L. (2018). A step in the right direction: An open-design pedometer algorithm for dogs. *BMC Veterinary Research*, 14(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1422-3>
- Lamontagne, A., & Gaunet, F. (2024). Behavioural synchronisation between dogs and humans: Unveiling interspecific motor resonance? *Animals*, 14(4), 548. <https://doi.org/10.3390/ani14040548>
- MacLean, E. L., Fine, A., Herzog, H., Strauss, E., & Cobb, M. L. (2021). The new era of canine science: Reshaping our relationships with dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 675782. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.675782>
- Marcato, M., Tedesco, S., O'Mahony, C., O'Flynn, B., & Galvin, P. (2023). Machine learning based canine posture estimation using inertial data. *PLoS One*, 18(6), e0286311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286311>
- Martvel, G., Eretoová, P., Příbylová, L., Chaloupková, H., Pongrácz, P., Shimshoni, I., Chen Cittone, N., Michaeli, Y., Grinstein, D., & Zamansky, A. (2025). Continuous automated analysis of facial dynamics of brachycephalic and normocephalic dogs in different contexts. *BMC Veterinary Research*, 21(1), 372. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04839-0>
- Menaker, T., Monteny, J., de Beeck, L. O., & Zamansky, A. (2022). Clustering for automated exploratory pattern discovery in animal behavioral data. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 884437. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.884437>
- Miller, S. L., Serpell, J. A., Dalton, K. R., Waite, K. B., Morris, D. O., Redding, L. E., Dreschel, N. A., & Davis, M. F. (2022). The importance of evaluating positive welfare characteristics and temperament in working therapy dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 844252. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.844252>
- Ren, W., Yu, S., Guo, K., Lu, C., & Zhang, Y. Q. (2024). Disrupted human-dog interbrain neural coupling in autism-associated Shank3 mutant dogs. *Advanced Science*, 11(41), e2402493. <https://doi.org/10.1002/advs.202402493>
- Riggio, G., Gazzano, A., Zsilák, B., Carlone, B., & Mariti, C. (2020). Quantitative behavioral analysis and qualitative classification of attachment styles in domestic dogs: Are dogs with a secure and an insecure-avoidant attachment different? *Animals*, 11(1), 14. <https://doi.org/10.3390/ani11010014>
- Rodriguez, K. E., Herzog, H., & Gee, N. R. (2021). Variability in human-animal interaction research. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 619600. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.619600>

- Schork, I., Zamansky, A., Farhat, N., de Azevedo, C. S., & Young, R. J. (2024). Automated observations of dogs' resting behaviour patterns using artificial intelligence and their similarity to behavioural observations. *Animals*, 14(7), 1109. <https://doi.org/10.3390/ani14071109>
- Serpell, J. A. (2019). How happy is your pet? The problem of subjectivity in the assessment of companion animal welfare. *Animal Welfare*, 28(1), 57–66. <https://doi.org/10.7120/09627286.28.1.057>
- Solomon, J., Beetz, A., Schöberl, I., Gee, N., & Kotrschal, K. (2019). Attachment security in companion dogs: Adaptation of Ainsworth's strange situation and classification procedures to dogs and their human caregivers. *Attachment & Human Development*, 21(4), 389–417. <https://doi.org/10.1080/14616734.2018.1517812>
- Stubsj en, S. M., Moe, R. O., Johannessen, C., Larsen, M., Madsen, H., & Muri, K. (2022). Can shelter dog observers score behavioral expressions consistently over time? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 64(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s13028-022-00654-x>
- Völter, C. J., Lonardo, L., Steinmann, M. G. G. M., Ramos, C. F., Gerwisch, K., Schranz, M. T., Dobernig, I., & Huber, L. (2023). Unwilling or unable? Using three-dimensional tracking to evaluate dogs' reactions to differing human intentions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(1991), 20221621. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1621>
- Völter, C., Stari , D., & Huber, L. (2023). Using machine learning to track dogs' exploratory behavior in presence and absence of their caregiver. *Animal Behaviour*, 197, 97–111. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2023.01.004>
- Zamansky, A., Bleuer-Elsner, S., Masson, S., Amir, S., Magen, O., & van der Linden, D. (2018). Effects of anxiety on canine movement in dog-robot interactions. *Animal Behavior and Cognition*, 5(4), 380–387. <https://doi.org/10.26451/abc.05.04.05.2018>
- Zamansky, A., Sinitca, A., van der Linden, D., & Kaplun, D. (2021). Automatic animal behavior analysis: Opportunities for combining knowledge representation with machine learning. *Procedia Computer Science*, 186, 661–668. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.186>

Поступила в редакцию: 07.07.2025

Поступила после рецензирования: 10.10.2025

Принята к публикации: 01.11.2025

Заявленный вклад авторов

Анна Сергеевна Фомина — сбор данных литературы, проведение экспериментальных исследований, анализ и обобщение полученных данных, написание текста рукописи.

Павел Владимирович Васильев — подготовка материально-технической базы исследования, проведение экспериментальных исследований, написание текста рукописи.

Анастасия Анатольевна Крикунова — проведение экспериментальных исследований

Павел Николаевич Ермаков — критический пересмотр текста рукописи, редактирование текста рукописи.

Валентина Николаевна Буркова — анализ и обобщение полученных данных, редактирование текста рукописи.

Алексей Михайлович Ермаков — критический пересмотр текста рукописи, редактирование текста рукописи.

Информация об авторах

Анна Сергеевна Фомина — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры «Биология и общая патология», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация; Scopus ID: 55929829400, Author ID: 671632, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4374-9244>; e-mail: a_bogun@mail.ru

Павел Владимирович Васильев — кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация; Researcher ID: P-8366-2017, Scopus ID: 57193327081, Author ID: 764327, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4112-7449>; e-mail: lyftzeigen@mail.ru

Анастасия Анатольевна Крикунова — преподаватель кафедры «Биология и общая патология», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация; Author ID: 801306; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5475-5056>; e-mail: akrikunova@donstu.ru

Павел Николаевич Ермаков — доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Психофизиология и клиническая психология», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация; Researcher ID: B-3040-2016, Scopus ID: 6602450914, Author ID: 90844, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8395-2426>, e-mail: permakov@donstu.ru

Валентина Николаевна Буркова — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Дружбы народов «Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая Российской академии наук (ИЭА РАН)», Москва, Российская Федерация; Researcher ID: E-9855-2016, Scopus ID: 6701473373, Author ID: 69907, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4777-0224>; e-mail: burkovav@gmail.com

Алексей Михайлович Ермаков — доктор биологических наук, декан факультета «Биоинженерия и ветеринарная медицина», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация; Researcher ID: B-8291-2018, Scopus ID: 57224925720, Author ID: 319082, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9834-3989>; e-mail: amermakov@ya.ru

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.