

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИВОТНЫХ (ОБЗОР) Biometric technologies for animal identification (review)

И. А. Митрофанова, студент

О. В. Чепуштанова, кандидат биологических наук
Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Рецензент: И. В. Рогозинникова, кандидат биологических наук

Аннотация

Биометрические методы идентификации животных являются современными и только развивающимися технологиями. Впервые о детекции животных на основе какой-либо базы заговорили в 30-40х годах прошлого века, предложив вести биометрический учет собак. Сегодня биометрия всё чаще фиксируется и анализируется различными нейронными сетями и внешними приборами. Метод биометрической идентификации наиболее гуманен, по сравнению с остальными методами, а также способен вести учет в таких узкоспециализированных отраслях, как промышленное рыбководство. В данной работе обзорно рассматриваются биометрические технологии идентификации сельскохозяйственных животных, их применение, преимущества и недостатки, а также перспективы развития в данной отрасли.

Ключевые слова: биометрия животных, технологии идентификации, нейронные сети, биометрический паспорт.

Summary

Biometric methods of animal identification are modern and only developing technologies. For the first time, animal detection based on any database was discussed in the 30-40s of the last century, suggesting the introduction of biometric accounting of dogs. Today, biometrics are increasingly being recorded and analyzed by various neural networks and external devices. The biometric identification method is the most humane, compared to other methods, and is also able to keep records in such highly specialized industries as industrial fish farming. This paper reviews biometric technologies for the identification of farm animals, their application, advantages and disadvantages, as well as development prospects in this industry.

Keywords: animal biometrics, identification technologies, neural networks, biometric passport.

Идентификация живых движущихся объектов в современном мире используется повсеместно. Помимо криминалистики, бытовых вопросов (разблокировка телефона, автозапуск автомобилей по биометрии глаза, умная система входа в дом), идентификация также активно применяется и в сельскохозяйственной отрасли. Животных идентифицировали с древних времен, однако в сегодняшнее время появляется всё больше новых способов идентификации. Контактные методы идентификации хоть и являются достаточно точными (биркование, rfid-метки, микрочипирование, клеймение, татуирование), но при современных масштабах производств (и их росте в будущем) скоро будут уступать бесконтактной идентификации – детекции.

Одним из современных методов идентификации является распознавание животных по их биометрии. Более современными являются различные математические технологии мониторинга на основе искусственных нейронных сетей. К более старым методам биометрии отно-

сятся отпечатки носогубного зеркала и некоторых других частей тела животных. На 2024 год такие компьютеризированные технологии ещё слабо развиты в сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации, но постепенно вводятся в эксплуатацию (чаще в тестовом/опытном режиме). Наибольшее количество применений распознавания биометрии животных встречается за границей.

Метод, сходный сбору отпечатка пальца человека, применяется в идентификации собак. Папиллярные узоры носового зеркала собак наиболее удобны и просты при считывании биометрии. При их анализе выявляются не только индивидуальные отличия животного, но и породные особенности. К тому же во взрослом возрасте и до самой смерти папиллярные узоры не изменяются, не деформируются (исключая полученные при жизни ранения). Данный метод упоминался в работах «Анатомия собаки» автора К. D. Burdas [16], а также в книге «Анатомия собаки и кошки» соавторов Б. Фольмерхауса и Й. Фревейна [15].

Неповторимый узор носового зеркала формируется в течение всей жизни животного. Он остается неизменным в центре носа из-за бороздок, сформировавшихся ещё в стадии эмбриона (шероховатость носа обусловлена гребневой кожей), а в процессе роста увеличивается, сохраняя узор, но меняя пропорции. В частности учитываются линии симметрии зеркала, форма и выраженность оттиска, плотность папиллярного узора, расположение гребней и бугорков покрова, количество и расположение мелких кожных линий [13].

Существует условная классификация наиболее видимых отличий [13]:

1. Форма оттиска носового зеркала подразделяется на вытянутый по горизонтали овал и овал с тупым углом в нижней части.

2. Форма линий симметрии носа подразделяется на: прямую, веретенообразную, клиновидную, прямую круглоконечную, круглоконечный клин, сложную, прерванную, перевернутый клин.

3. Линии ветвей симметрии подразделяются по количеству (от нуля до трех).

4. Испещренность линиями: не испещрен, слабо испещрен, сильно испещрен.

5. Заполненность узором бывает плотная и рыхлая.

Для сбора и анализа индивидуального узора отпечатываемая поверхность носа собаки должна быть хорошо вычищена и высушена. На поверхность носа наносится безвредная краска, делается отпечаток на специальный бланк. Вверху бланка указываются кличка собаки, её владелец и его адрес проживания, дата рождения и возраст собаки, пол, порода, окрас и индивидуальные особенности при необходимости [12].

Данный метод малозатратен, безвреден для животного, и его достаточно сложно фальсифицировать. Сегодня для работы с данным методом в ведомственных структурах используют МФУ Canon 3010 и программу по анализу и обработке изображений CorelDraw [5].

К. Ю. Иванцова в статье «Идентификация собак с помощью папиллярных узоров носового зеркала» представляет основные плюсы и минусы использования данного метода. Основными недостатками по её мнению является малая распространённость метода, отсутствие онлайн-базы данных для сбора и хранения отпечатков животных, необходимость закупки дополнительного оборудования, а также длительность процедуры идентификации. К преимуществам относится гуманность и безвредность метода для самих собак, достоверность результатов, однократное взятие отпечатка, низкая себестоимость процедуры [5]. К сожалению, данный метод вряд ли получит широкое распространение в связи с весомыми отрицательными сторонами.

С. Е. Споткай приводит исторический пример биометрической идентификации собак: доктор Хэрро (Франция) в начале 1942 года предложил идентифицировать собак по рельефу

твердого нёба. Процесс регистрации биометрии животного заключался в использовании стоматологического гипса для снятия слепка верхнего нёба. Восстанавливалась подробная и точная форма нёба собаки. Рельеф нёба собак исключительно индивидуален, как и носовое зеркальце, но хранение слепков было крайне неудобным – они имели относительно большие габариты и требовали определенных условий хранения. Данный метод биометрической идентификации оказался провален [12].

В. А. Астапов в обзорной статье по всем методам идентификации описывает некоторые методы биометрической детекции. К ним относятся детекция животного по узорам радужной оболочки и по строению капилляров глазного дна. Первая технология отмечается им как более прогрессивная, но имеющая больший процент погрешности (3-5%), что существенно в условиях крупного комплекса. Погрешность возникает из-за бликов солнечных лучей, отражающихся в глазу животного. Вторая технология требует высоких материальных затрат на закупку сканеров, а также имеет низкую пропускную способность. Обе технологии малоприменимы в Российской Федерации [1].

Идентифицировать внешними устройствами можно не только самих животных, но и возникновение заболеваний у них. В качестве такого примера Ю. Н. Рогальская приводит биометрическую идентификацию для диагностики патологий молочной железы коров. В основе метода – тепловидение. Термограф считывает с изображения те участки покрова животного, которые выдают аппарату более сильные инфракрасные излучения. Метаболические процессы и кровоснабжение в этих участках значительно увеличены, а значит есть возможность определить очаг патологии, отследить локализацию изменений в процессе лечения, распространенность воспалительных процессов в динамике. При необходимости форма и размер вымени, цвет покрова также могут фиксироваться [10].

Применение биометрической идентификации было предложено к реализации на таможне, но идея не получила должного финансирования от государства. Предполагалось создание специализированной автоматизированной системы определения биометрических данных животных по конкретным биологическим видам, а также по породам. Разработка должна была увеличить эффективность пресечения контрабанды редких видов животных, а также незаконного вывоза пород. Также могла бы возрасти пропускная способность таможенных органов [9].

А. М. Трошков представил возможный алгоритм работы биометрического паспорта для элитных пород крупного рогатого скота. Автор предлагает использовать многофакторную биометрическую аутентификацию. При этом выбор технологии аутентификации играет важную роль, и для целей каждого хозяйства с элитными породами эта технология будет различна (в зависимости от нужд предприятия). Первый фактор аутентификации – физический носитель, им может быть ошейник, бирка с чипом или любой другой вариант метки. Вторым фактором – непосредственно сама биометрия животного. Фиксируется передняя часть головы, рога, уши, нос - высота, ширина, индивидуальный признак и конфигурация, а также расстояние между ноздрями. Создается информационная база для предприятия, которая состоит из двух пакетов. Первый включает в себя информацию о племенном признаке, месте рождения, весе, росте, селекции, основных племенных показателей, а также достижений каждого животного. Второй пакет заполняется биометрической информацией. Используя «устройство сравнения», сравниваются данные двух пакетов. В результате машина определяет достоверность полученных при сравнении данных и выдает заключение (паспорт животного элитной породы) при высокой степени достоверности. Биометрический паспорт буквально контроли-

рует все жизненные и технологические процессы, происходящие на ферме с конкретным животным. Полученная база данных по поголовью может быть интегрирована [14].

В. А. Бусыгин отмечает, что существует технология биометрической детекции на основе анализа строения глаза для отслеживания стресса у крупного рогатого скота. Также им упоминается уже разработанная технология MooMonitor, которая анализирует паттерны поведения коровы. Система закреплена в виде ошейника на самом животном и используется при отслеживании изменений в поведении молочных коров на пастбищах. Алгоритмы передают информацию об изменении в электронную базу, которая отображается на смартфоне человека в доступном виде [2].

Намного легче работать с биометрическими данными животных с помощью нейронных сетей. Например, при загрузке большого количества конкретных изображений, наиболее активный нейрон устанавливает взаимосвязь между фотографиями и структурирует обработанную информацию по классам – так работает многослойная нейронная сеть. Данный тип сети может применяться чаще в малых научных исследованиях.

Наиболее подходящей для промышленного животноводства является сверточная нейронная сеть. Она состоит из нескольких слоев с фильтрами, которые обрабатывают предыдущий слой фрагментарно[7].

Сверточная сеть быстро обучается и работает на высокой скорости с большой группой данных. При считывании изображения, она легко приспосабливается к помехам, различным ракурсам, смещениям, поворотам, масштабированию картинки. Наиболее доступны для данной нейронной сети как раз движущиеся трехмерные объекты – люди и животные.

Реккурентная нейронная сеть направлена на анализ цепочки данных. Таковую сеть труднее применить в животноводстве, но она может проявить себя в овцеводстве и козоводстве – при высоких скоростях движения множества небольших однотипных объектов[7].

Сверточная нейронная сеть идеально подходит для обработки изображений и видео, рекуррентная сеть для обработки и анализа условных цепочек. Каждая из сетей может быть задействована в животноводстве при биометрической идентификации, но задачи у них будут различаться. Следует грамотно определять истинные потребности хозяйства, поскольку неправильно выбранная для работы нейронная сеть будет действовать недостаточно эффективно и при этом повышать затраты на её применение.

А. А. Жигалов также считает наиболее актуальным в вопросе биометрической идентификации анализ фото и видеоизображений. В первую очередь к анализу предлагается морда животного. Для обучения нейронной сети необходимо качественно проверять входные данные – залог будущей успешной детекции[4]. Сбор и разметка данных невозможны без обучения нейронной сети.

Во вторую очередь хозяйству, которое собирается использовать биометрический метод идентификации поголовья, необходимо определиться с выбором самой нейронной сети[4]. Производить первые тесты и анализ надо ещё до сбора системы идентификации – это поможет избежать лишних финансовых, временных и трудовых затрат при работе. Если сеть была выбрана неверно относительно условий работы, то она может допускать множество ошибок, а их исправление равняется её переписи «с нуля», что является ещё более сложной задачей.

Как правило, нейронная сеть применяется при инвентаризации поголовья. Инвентаризация для сети является процессами непосредственно детекции и классификации движущихся трехмерных объектов. Нейросеть при анализе входных данных и при учете типа задачи начинает самостоятельно генерировать дальнейшую деятельность, работая без «контроля» в дальнейшем по заданной самой себе схеме. Для детекции часто используется заложенная

нейросетевая архитектура «NeuralArchitectureSearch» (NAS), а также TWIN и SWIN, используемые для инвентаризации скота[4].

Сверточная нейросеть типа «песочные часы» отлично подходит для обнаружения движущихся объектов в быстром потоке, её архитектура показывает результаты state-of-the-art (SOTA), то есть с легким выводом на внешнее оборудование в виде модулей[4].

Также формируется экспериментальная база по детекции движущихся объектов в реальном времени или из видеофайла. Она основана на паттернах поведения животных, траектории их движения, а также её интенсивности в потоке. При интеграции данных с базы в дополнительное программное обеспечение, человек может указывать координаты искомого животного, а нейросеть выдавать всю найденную по нему информацию[4]. Таким образом, повышается интеллектуальная мощность предприятия.

Биометрическая детекция также была применена в Ирландии. С помощью анализа морды животного определялись возможные отклонения, то есть выявлялись заболевшие животные. При этом нейросеть сравнивала полученные на ферме изображения с эталонными входными изображениями, на которых происходило её обучение. Всего было отобрано 350 эталонных изображений, из них 200 были тренировочными, а 150 – оценочными. Изображения классифицировались по масштабу, углу наклона, визуальному искажению, засветке. В итоге точность идентификации составила от 95,3% до 96%, повышаясь при увеличении количества изображений [6].

К. П. Селютин приводит информацию по детекции морд овец. В данном случае во внимание принимаются радужная оболочка глаза, окрас шерстного покрова головы, кровеносные сосуды сетчатки глаза. При анализе радужной оболочки при помощи внешних бесконтактных устройств удалось выявить показатель достоверности 98,33%. Камера устройства, внешние световые факторы, а также чрезмерно активное поведение животного мешает достичь больших результатов. Детекция морд овец бесконтактно всё ещё сильно затруднена и требует научных доработок [11].

А. А. Жигалов также освещает работу искусственных нейронных сетей при детекции морд свиней. Нейросети YOLOv5, Faster R-CNN с основой ResNet-50 и с основой MobileNetV3 были обучены на изображениях 1200 фотографий морд свиней в плотных группах. По итогам анализа с достоверностью 90,35% первая указанная нейросеть заняла лидирующую позицию. В качестве основы вновь была выбрана сверточная нейросеть. В дальнейшей работе планируется вывести эксперимент на реальное действующее хозяйство для тренировки нейросетей на движущихся объектах [3].

В Шотландии также был проведен эксперимент по анализу нейросетью определенной группы свиней. Камера определяла эмоциональное состояние животного на ферме, а также при движении на приемке в мясокомбинат. Нейросеть научилась различать мимику, выражающую стресс и беспокойство – самые частые эмоции, передаваемые друг другу свиньями. В ходе работы нейросеть часто допускала ошибки в определении сотрудника фермы как свиньи, но к концу эксперимента точность детекции каждой головы составила 98% [8].

В Норвегии на основе нейронных сетей был запущен 3D сканер (система Ifarm), распознающий морды лосося. Внимание нейросеть уделяла пятнам вокруг рта, глаз и жабр, камеры охватывали каждую рыбу со всех сторон. Целью эксперимента было научить нейросеть видеть рыбу, зараженную морскими вшами. Рыба подплывала к поверхности бассейна, чтобы заглотить воздух, в это время сканер определял её «личность», а также состояние. При идентификации конкретной зараженной особи, информация об этом заносилась в базу, в медицинскую

карточку особи, а человеку оставалось подойти к нужному садку и переместить рыбу на карантин. Порог достоверности при тестировании системы был установлен высоким [8].

В заключение анализа существующих биометрических технологий идентификации, можно уверенно заявить, что данная отрасль только набирает обороты распространения и развития в России и в мире в целом. Основной причиной слабого распространения является недостаток финансирования, а также слишком малый практический опыт российских и зарубежных животноводов и предприятий в работе с биометрией животных. Нейронные сети стали применяться, изучаться и обучаться с большей интенсивностью только в последнее десятилетие.

Поскольку работа с биометрией – это больше работа с математическими данными в биологии, то есть необходимость индивидуально подбирать метод работы для каждого хозяйства, исходя из его интересов. Биометрические методы идентификации позволяют уплотнить информацию о группе, составлять выборки по фенотипическим данным в больших масштабах, производить их сравнение и определять достоверность влияния на эти параметры внешних факторов.

Библиографический список

1. *Астапов В. А. и др.* Современные методы идентификации животных: сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2015. Т. 1. №. 8. С. 572-577.
2. *Бусыгин В. А., Иванов А. С.* Применение биометрических и биологических датчиков для крупного рогатого скота // Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 20-25.
3. *Жигалов А. А. и др.* Подходы к биометрической детекции сельскохозяйственных животных на основе нейросетевого аппарата // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023). 2023. С. 153-156.
4. *Жигалов А. А., Жукова В. И., Маслаков Ю. Н.* Методы неинвазивного экомониторинга состояния живых объектов сельскохозяйственного производства на основе технического зрения // Актуальные вопросы современной науки и образования. 2022. С. 107-110.
5. *Иванцова К. Ю.* Идентификация собак с помощью папиллярных узоров носового зеркала // Пермский период: сборник материалов VIII Международного научно-спортивного фестиваля курсантов и студентов образовательных организаций: в 3-томах, Пермь, 17–22 мая 2021 года. ФКОУ ВО Пермский институт ФСИН России. Пермь: Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2021. С. 183-184.
6. *Константинов В. Н.* Идентификация коров с помощью распознавания частей морды животного и биометрических исследований // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2009. №. 3. С. 868-868.
7. *Маркитантов М. В.* Методы биометрии на основе нейросетевых технологий // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2018. С. 277-280.
8. *Матюх Ю. Н., Фешина Е. В.* Применение нейронной сети в системах идентификации на основе биометрии в животноводстве // Цифровизация и глобализация мировой науки и техники: новые исследовательские методы и подходы. 2020. С. 29-33.

9. *Перминов М. А.* Перспективные направления применения технологии биометрии в таможенном деле // Аспирант. Приложение к журналу Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 13. № 2. С. 83-86.
10. *Рогальская Ю. Н., Кувишинов А. А., Злотник А. М.* Применение биометрии в животноводстве // Молодежь в науке. 2021. С. 92-95.
11. *Селютин К. П., Кирилова О. В.* Проблемы эффективности экономических затрат идентификации животных в овцеводстве // Неделя молодежной науки. 2023. С. 307-311.
12. *Споткай С. Е., Арбаев К. С., Степанов О. С.* Систематический обзор методов идентификации собак // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2019. № 1 (50). С. 71-77.
13. *Споткай С. Е.* Анализ кожных узоров носового зеркальца немецкой овчарки в сравнительном аспекте // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. № 1. С. 73-80.
14. *Трошков А. М., Кондрашов А. В., Трошков М. А.* Биометрический паспорт элитных пород крупного рогатого скота агропромышленного комплекса // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3. С. 31-34.
15. *Фольмерхаус Б., Фревейн Й.* Анатомия собаки и кошки // Пер. с нем. Е. Болдырева, И. Кравец. М.: Аквариум Бук, 2003. 221 с.
16. *Budras K. D.* Anatomy of the Dog. // PelvicDiaphragm, IschiorectalFossa; AssociatedArteries, VeinsandNerves.Hannover, Germany: SchlüterscheVerlagsgesellschaftmb H& Co. KG, 2007. № 5. P. 72-75.