

УДК 619:616-008.64+636.2.034

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80

Ф.Е. Владимиров
С.О. Базаев
А.Р. Хакимов ✉
С.С. Юрочка

Федеральный научный агроинженерный
центр ВИМ, Москва, Россия

✉ arty.hv@gmail.comПоступила в редакцию:
23.06.2023Одобрена после рецензирования:
25.12.2023Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80

Fedor E. Vladimirov
Savr O. Bazaev
Artem R. Khakimov ✉
Sergey S. Yurochka

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia

✉ arty.hv@gmail.comReceived by the editorial office:
23.06.2023Accepted in revised:
25.12.2023Accepted for publication:
10.01.2024

Оценка поведенческих реакций у крупного рогатого скота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. При изучении поведенческих данных исследователи сталкиваются с проблемой дифференциации поведенческих действий. В данном исследовании была поставлена задача по разработке методологии, способной выполнять неконтролируемую поведенческую классификацию электронных данных, собранных с высокой частотой от установленных на ошейнике датчиков движения и GPS-датчиков на пастбищном скоте.

Методы. Для достижения поставленной задачи был собран набор данных, который обработали путем обнаружения ключевых признаков поведения животных и их классификации в соответствии с поведенческими параметрами.

Результаты. Обработанный набор данных в дальнейшем был применен к независимому набору данных с целью проверки эффективности методологии. Разработанная методология показала себя эффективным инструментом для анализа электронных данных, полученных от животных, и может быть использована для классификации данных по поведенческим параметрам, таким как поиск пищи, отдых, размышление, передвижение и другие действия. Это позволяет получить новые знания о поведении животных и является важным шагом в изучении животных в естественной среде их обитания.

Ключевые слова: молочное животноводство, крупный рогатый скот, физиологическое состояние, мониторинг, датчики, двигательная активность

Для цитирования: Владимиров Ф.Е., Базаев С.О., Хакимов А.Р., Юрочка С.С. Оценка поведенческих реакций у крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 75–80. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80>

© Владимиров Ф.Е., Базаев С.О., Хакимов А.Р., Юрочка С.С.

Evaluation of behavioral responses in cattle

ABSTRACT

Relevance. When studying behavioral data, researchers face the problem of differentiating behavioral actions. In this study, the task was set to develop a methodology capable of performing uncontrolled behavioral classification of electronic data collected with high frequency from collar-mounted motion sensors and GPS sensors on pasture cattle.

Methods. To achieve this task, a data set was collected, which was processed by detecting key signs of animal behavior and classifying them according to behavioral parameters.

Results. The processed data set was subsequently applied to an independent data set in order to verify the effectiveness of the methodology. The developed methodology has proven to be an effective tool for analyzing electronic data obtained from animals and can be used to classify data according to behavioral parameters such as foraging, resting, thinking, locomotion, and other actions. This allows you to gain new knowledge about the behavior of animals and is an important step in the study of animals in their natural habitat.

Key words: dairy farming, cattle, physiological state, monitoring, sensors, animal activity

For citation: Vladimirov F.E., Bazaev S.O., Khakimov A.R., Yurochka S.S. Evaluation of behavioral responses in cattle. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 75–80 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80>

© Vladimirov F.E., Bazaev S.O., Khakimov A.R., Yurochka S.S.

Введение/Introduction

Дистанционный мониторинг поведения животных имеет большой потенциал для улучшения управления животноводством, однако требуются технологии, способные собирать данные с высокой частотой, и точные методы классификации данных. Существует возможность более глубокого понимания факторов, влияющих на выбор ресурсов, рост, размножение и выживаемость животных, а также стратегии их адаптации к окружающей среде за счет измерения поведения и местоположения в разное время и пространственных масштабах [1–3].

Мониторинг поведения в режиме, близком к реальному времени, может способствовать более точным и своевременным управленческим решениям, направленным на оптимизацию продуктивности животных, повышение их благополучия и снижение воздействия на окружающую среду [4].

В системах выпаса глобальные системы позиционирования (GPS) и датчики движения (например, акселерометры) могут использоваться для отслеживания поведения животных почти в режиме реального времени, если они интегрированы в сети беспроводных датчиков [5–7].

Однако проблема использования сенсорных данных заключается в том, чтобы автоматизировать дифференциацию поведенческих действий. Несколько методологий ранее использовались для классификации данных датчиков по поведенческим состояниям [8, 9]. Но эти методологии требуют набора обучающих данных (например, прямых наблюдений) в каждом эксперименте или состоянии и не учитывают различия между отдельными животными и устройствами. Методология, надежная для использования с данными, собранными с разных устройств, также уменьшит необходимость калибровки датчиков и подбора ошейников с одинаковым натяжением [4]. Смешанные модели устраняют эти ограничения, позволяя классифицировать данные без учителя с использованием функций плотности вероятности [10, 11].

Характеристика структуры поведения с использованием смешанных моделей в сочетании с наблюдениями в одном эксперименте позволяет оценить параметры, описывающие PDF, без необходимости прямого наблюдения в последующих экспериментах.

Для автоматизации дифференциации поведенческих действий на основе сенсорных данных возникает ряд проблем. Методы классификации данных датчиков по поведенческим состояниям требуют набора обучающих данных в каждом эксперименте или состоянии и не учитывают особенности отдельных животных и устройств [8, 9].

Применение смешанных моделей для анализа структуры поведения в одном эксперименте позволяет оценить параметры, описывающие PDF, и использовать их для классификации и анализа в последующих экспериментах без необходимости прямого наблюдения. Это значительно повышает точность и эффективность процесса классификации.

Цель исследования — апробация методики, позволяющей оценить структуру электронных данных и классифицировать их по поведенческим параметрам, таким как поиск пищи, отдых, размышление, передвижение и «другое активное поведение», с использованием технологии GPS и данных датчика движения, полученных от специальных ошейников на бычках.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование было проведено в 2022 г. в ООО «Бородулинское». Здания коровников расположены в пос. Октябрьском Сысертского района Свердловской области (территория сельскохозяйственного предприятия ООО «Бородулинское»).

Исследование проводилось на ферме с молочным стадом в 700 голов, 614 из них — молочные (все — черно-пестрой породы). Форма содержания — привязная, средний удой — 8500 кг/год, средний дневной удой — 26 кг. Сохранность телят — 99%.

Методология включает два независимых испытания: первое — для разработки алгоритма классификации (4 группы по 11 бычков), второе — для его оценки (14 бычков). Каждый бычок был оснащен ошейником с трехосевым акселерометром (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия), который собирал данные с частотой 4 и 10 Гц соответственно.

Поиск пищи, размышления, передвижение, отдых и «другое активное поведение» (которое включало царапание предметов, тряску головой и уход за собой) наблюдались и записывались непрерывно с точностью до 1 сек. у животных, носящих акселерометр на ошейнике. Данные акселерометра были объединены в 10-секундные интервалы через среднее значение, показывающее положение шеи и скорость движения, и стандартное отклонение (SD), показывающее уровень активности, а затем логарифмически преобразованы для анализа.

Уровень активности молочной коровы определялся с помощью характеристики активности, сочетающей ускорение и местоположение $AC = (AV, DV)$, в которой AV отображало изменение ускорения при движении коровы, а DV — изменение положения коровы. Характеристика i -й активности за определенный период времени была описана следующим образом:

$$AC_i = (AV_i, DV_i) = (|a_{xi} - a_{x(i-1)}| + |a_{yi} - a_{y(i-1)}| + |a_{zi} - a_{z(i-1)}|, |d_{xi} - d_{x(i-1)}| + |d_{yi} - d_{y(i-1)}|), \quad (1)$$

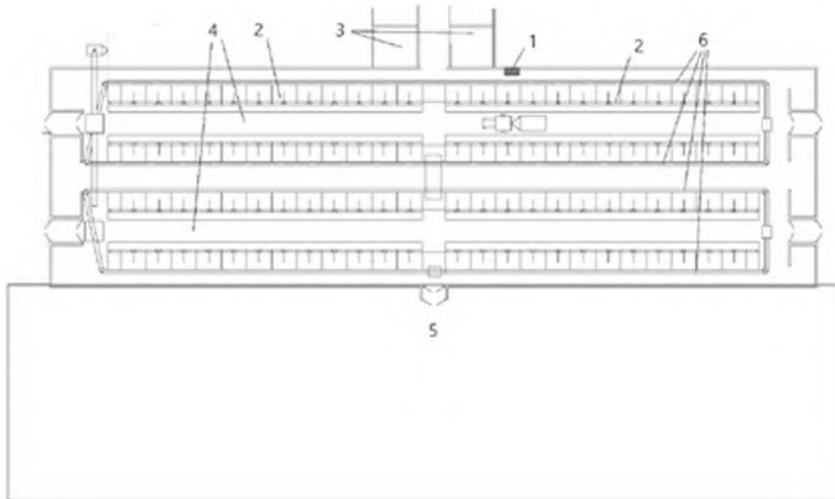
где: a_{xi} , a_{yi} и a_{zi} — i -е значения ускорения поведения коровы по осям x , y , z соответственно; $a_{x(i-1)}$, $a_{y(i-1)}$ и $a_{z(i-1)}$ — $(i-1)$ -е ускорение поведения коровы по осям x , y , z соответственно; d_{xi} и d_{yi} выражают координаты x -го и y -го смещения соответственно; $d_{x(i-1)}$ и $d_{y(i-1)}$ обозначают координаты x -го и y -го смещения соответственно.

Гистограммы скорости движения показали три вида, а наблюдения — что эти виды представляют собой нормальное, медленное и быстрое поведение при перемещении. Гистограммы среднего значения по оси x акселерометра показали виды поведения, соответствующие положению «голова вниз» или «голова вверх». Гистограммы SD оси x акселерометра показали три вида поведения, представляющиеся с высоким, средним и низким уровнем активности.

Смешанные модели были приспособлены к данным, полученным от каждого животного в обоих испытаниях, для расчета пороговых значений, соответствующих переходу поведения между различными состояниями. Эти пороговые значения из трех сигнатур датчиков затем использовались в дереве решений для классификации всех 10-секундных данных, где поведение было неизвестно, в 5 взаимоисключающих поведении.

Рис. 1. Схема расположения базовой станции в коровнике: 1 — базовая станция, 2 — расположение коров из опытной и контрольной групп, 3 — техническое помещение, 4 — кормовой стол, 5 — выгульная площадка, 6 — система уборки навоза

Fig. 1. The layout of the base station in the barn: 1 — base station, 2 — location of cows from the experimental and control groups, 3 — technical room, 4 — feed table, 5 — walking area, 6 — manure cleaning system



Перед началом исследования была установлена базовая станция системы внутреннего мониторинга физиологического состояния крупного рогатого скота, необходимая для работы устройств (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия).

Схема расположения представлена на рисунке 1.

Монтаж базовой станции. Базовая станция была размещена в коровнике, рядом со входом в техническое помещение (рис. 2).

Методика сбора данных о поведении животного выглядела так:

1. Закрепление транспондера на шее коровы с помощью ремня.
2. Запись сигналов акселерометра в случае, когда корова:
 - 2.1. находится в покое (стоит в стойле);
 - 2.2. потребляет корм;
 - 2.3. в движении (идет на прогулку).
3. Передача собранных данных на базовую станцию.
4. Корреляционный анализ Пирсона с помощью программы IBM SPSS Statistics (IBM, Армонк, США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Наблюдения начинались в день наложения ошейника. В ходе наблюдений были зарегистрированы пять взаимоисключающих действий (то есть животные могли выполнять только одно действие в зафиксированный

промежуток времени): выпас, жвачка, отдых, передвижение и другие виды активной деятельности (к ним отнесли активные движения головой в положении стоя без движения тела вперед и без участия в выпасе).

Первоначально выпас с опущенной головой, рыскание и поиск пищи регистрировались отдельно, однако выпас занимал более 95% всех видов кормодобывания, и для простоты было решено объединить эти три действия в одно, называемое «выпас».

Жвачка определялась как в положении стоя, так и когда корова лежала на земле. Передвижение — движение вперед без кормодобывания (включало ходьбу и бег). В этот момент животное могло пережевывать пищу, но не должно было заниматься поиском пищи. Отдыхом считали, когда жи-

вотные находились в неподвижном состоянии, не добывали пищу, без жевания, не ходили и не выполняли другие активные действия (либо в положении стоя, либо в положении лежа).

Измерения собраны по 10-секундному среднему значению и стандартному отклонению данных от указанных датчиков после логарифмического преобразования: среднее значение и стандартное отклонение по осям x , y и z акселерометров и скорости движения. Затем было проведено испытание для сбора данных с электронных ошейников и с визуальными наблюдениями для определения поведенческих паттернов животных и классификации их движения. Прямые визуальные наблюдения за поведением регистрировали с помощью непрерывной выборки животных путем регистрации идентификатора животного, времени (с точностью до секунды) и вида активности в каждом случае, когда животные переходили от одного вида деятельности к другому.

Каждое поведенческое действие показывало характерную сигнатуру датчика, исходящую от датчиков движения. Средние значения акселерометра по оси x были ниже во время кормления по сравнению со значениями, когда животные пережевывали пищу в состоянии покоя, ходили или выполняли другие активные действия (например, в результате опущенного положения головы во время выпаса).

Уровень активности шеи, измеренный через SD оси x акселерометра, был самым высоким во время поиска

Рис. 2. Расположение базовой станции системы внутреннего мониторинга физиологического состояния крупного рогатого скота: А — монтаж базовой станции, Б — базовая станция

Fig. 2. Base station location: A — installation of the base station, B — base station



пищи и ходьбы, средним — во время других видов активного поведения, самым низким — во время жвачки и отдыха.

Стандартное отклонение оси x акселерометра было более чувствительным при обнаружении различий между поведением по сравнению с осями y и z. Стандартное отклонение оси x смогло отделить жвачку от отдыха, а поиск пищи — от других видов активного поведения.

Ходьба была самым активным движением, промежуточными — поиск пищи и другие виды активного поведения, самыми медленными — жвачка и отдых.

Алгоритм правильно классифицировал 85,5% и 90,5% всех точек данных в наборах данных разработки и оценки соответственно. Поиск пищи показал наибольшую чувствительность (93,7% и 98,4%) и специфичность (94,6% и 99,4%), за которыми следовали размышления (чувствительность 97% и 87% и специфичность 90% и 95%) для испытаний разработки и оценки соответственно. Основные преимущества смешанных моделей включают вычислительную эффективность, подходящую для больших наборов данных (например, >2 млн строк данных), минимальные требования к обучающим наборам данных и оценку пороговых значений для отдельных животных в неизвестных и меняющихся условиях окружающей среды.

Технология и методология позволяют осуществлять автоматический мониторинг поведения в режиме реального времени с высоким пространственным и временным разрешением, что может принести пользу животноводческим предприятиям за пределами области исследований для улучшения управления животными и окружающей среды.

Коэффициенты корреляции Пирсона показали высокую зависимость стандартного отклонения измерений для всех трех осей. Так, изменчивость в большую сторону по всем трем осям обуславливается поведением животного, при котором шея и голова активно двигаются, а в меньшую — когда животные неактивны (например, как во время отдыха).

Коэффициенты корреляции от 0,6 до 0,7 были обнаружены между средней скоростью ходьбы и стандартным отклонением большинства переменных, связанных с акселерометром, в результате сильных движений шеи во всех направлениях во время движения.

Основываясь на способности акселерометра фиксировать положение головы и уровень активности, а также учитывая высокую корреляцию с другими переменными, были выбраны среднее значение и стандартное отклонение данных акселерометра по оси x, чтобы выяснить, представляют ли эти переменные разные совокупности точек данных для различного поведения.

Средняя скорость движения также была выбрана, потому что это была единственная переменная, которую можно было использовать, чтобы отличить движение вперед от всех других видов поведения.

Распределения частот трех выбранных переменных для каждого известного поведения показаны на рисунке 3.

Скорость представлена в виде $\text{Log}(1 + \text{см/сек})$, а данные акселерометра — в виде $\text{Log}(10\,000 + g\,104)$. Для 10-секундного среднего значения оси x акселерометра совокупность точек данных, соответствующих поиску пищи, хорошо отделена от остальных видов деятельности (рис. 3А). Однако между частотными распределениями других четырех исследуемых активностей существует сильное перекрытие — это указывает на то, что данные активности представляют большую проблему для разделения на основе этой переменной.

Рис. 3. Частотное распределение 10-секундного среднего значения акселерометра по оси x (А), скорости ходьбы (Б) и 10-секундного стандартного отклонения оси x акселерометра (В) от электронных ошейников, которые носят животные при наблюдении за выпасом, жвачкой, отдыхом, ходьбой и другими активными действиями

Fig. 3. Frequency distribution of 10-second accelerometer x-axis mean (A), walking speed (B) and 10-second standard deviation of accelerometer x-axis (C) from electronic collars worn by animals while observing grazing, ruminating, resting, walking and other active actions

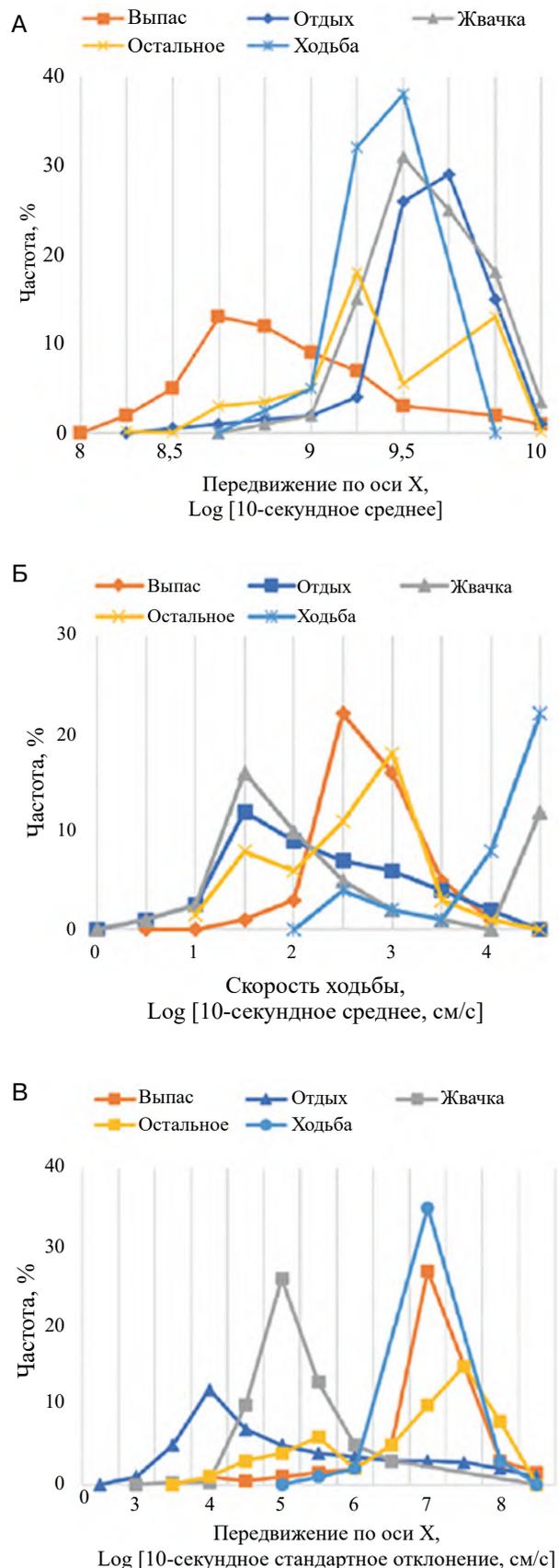


Таблица 1. Различия в поведении, основанные на 10-секундном среднем значении и стандартном отклонении (SD) данных, полученных от трехосевых акселерометров

Table 1. Differences in behavior based on 10-second mean and standard deviation (SD) of data from 3-axis accelerometers

Среднее	Выпас	Жвачка	Отдых	Ходьба	Другие активные действия
X	8,87	9,43	9,37	9,32	9,29
Y	8,76	8,69	8,67	8,63	8,71
Z	9,71	9,71	9,70	9,73	9,70
Стандартное отклонение					
X	7,04	5,34	4,89	6,90	6,65
Y	6,51	4,96	4,65	6,55	6,24
Z	6,51	4,96	4,65	6,55	6,32
Среднее	2,65	2,06	2,06	4,11	2,59
Стандартное отклонение	2,18	1,67	1,76	2,72	2,23

Примечание: В среднем за день продолжительность периода средней активности составила 56,4%, низкой — 39,4%, высокой — 4,2%.

Рисунок 2А позволяет предположить, что значения чуть более 9 логарифмических единиц среднего значения данных акселерометра по оси x может быть достаточно для разделения направления головы вниз или вверх при минимизации неправильного назначения точек данных. Данные приведены в таблице 1.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

Выводы/Conclusion

Разработана методология для оценки структуры данных, полученных в электронном виде, и классификации таких данных по поведенческим действиям, включая поиск пищи, отдых, размышление, передвижение и другое активное поведение, с использованием данных датчика акселерометра болюса, закрепленного на ошейниках коров.

Испытания показали, что информация, собираемая с высокой частотой с помощью акселерометров, встроенных в ошейники для КРС, способна фиксировать мелкокомасштабные пространственно-временные различия в положении и уровне активности шеи КРС и определять различное поведение.

Эта способность может помочь повысить точность методов классификации поведения и разработать стабильные и надежные средства для удаленного доступа к данным с ошейников в режиме реального времени для приложений виртуального ограждения и управления. Однако важно отметить, что повышенная точность достигается за счет значительного увеличения размера собираемых баз данных, что требует увеличения вычислительной мощности, а также наличия более энергоемкой батареи для обработки собранных данных.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Owen-Smith N., Fryxell J.M., Merrill E.H. Foraging theory upscaled: the behavioural ecology of herbivore movement. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2267–2278. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0095>
- Gaillard J.-M. et al. Habitat–performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2255–2265. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0085>
- González L.A., Tolkamp B.J., Coffey M.P., Ferret A., Kyriazakis I. Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91(3): 1017–1028. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0530>
- Anderson D.M., Estell R.E., Cibils A.F. Spatiotemporal Cattle Data—A Plea for Protocol Standardization. *Positioning*. 2013; 4(1): 115–136. <https://doi.org/10.4236/pos.2013.41012>
- Wark T. et al. Transforming Agriculture through Pervasive Wireless Sensor Networks. *IEEE Pervasive Computing*. 2007; 6(2): 50–57. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2007.47>
- Handcock R.N. et al. Monitoring Animal Behaviour and Environmental Interactions Using Wireless Sensor Networks, GPS Collars and Satellite Remote Sensing. *Sensors*. 2009; 9(5): 3586–3603. <https://doi.org/10.3390/s90503586>
- Nadimi E.S., Jørgensen R.N., Blanes-Vidal V., Christensen S. Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012; 82: 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.12.008>
- Martiskainen P., Järvinen M., Skön J.-P., Tiirikainen J., Kolehmainen M., Mononen J. Cow behavior pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009; 119(1–2): 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.03.005>
- Ungar E.D., Henkin Z., Gutman M., Dolev A., Genizi A., Ganskopp D. Inference of Animal Activity From GPS Collar Data on Free-Ranging Cattle. *Rangeland Ecology and Management*. 2005; 58(3): 256–266. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58\[256:IOAAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58[256:IOAAG]2.0.CO;2)
- McLachlan G.J., Peel D. Finite Mixture Models. New York: Wiley. 2000. xxii + 427. ISBN 978-0-471-00626-8 <https://doi.org/10.1002/0471721182>
- Tolkamp B.J., Schweitzer D.P.N., Kyriazakis I. The Biologically Relevant Unit for the Analysis of Short-Term Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83(9): 2057–2068. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75087-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75087-9)

REFERENCES

- Owen-Smith N., Fryxell J.M., Merrill E.H. Foraging theory upscaled: the behavioural ecology of herbivore movement. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2267–2278. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0095>
- Gaillard J.-M. et al. Habitat–performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2255–2265. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0085>
- González L.A., Tolkamp B.J., Coffey M.P., Ferret A., Kyriazakis I. Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91(3): 1017–1028. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0530>
- Anderson D.M., Estell R.E., Cibils A.F. Spatiotemporal Cattle Data—A Plea for Protocol Standardization. *Positioning*. 2013; 4(1): 115–136. <https://doi.org/10.4236/pos.2013.41012>
- Wark T. et al. Transforming Agriculture through Pervasive Wireless Sensor Networks. *IEEE Pervasive Computing*. 2007; 6(2): 50–57. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2007.47>
- Handcock R.N. et al. Monitoring Animal Behaviour and Environmental Interactions Using Wireless Sensor Networks, GPS Collars and Satellite Remote Sensing. *Sensors*. 2009; 9(5): 3586–3603. <https://doi.org/10.3390/s90503586>
- Nadimi E.S., Jørgensen R.N., Blanes-Vidal V., Christensen S. Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012; 82: 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.12.008>
- Martiskainen P., Järvinen M., Skön J.-P., Tiirikainen J., Kolehmainen M., Mononen J. Cow behavior pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009; 119(1–2): 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.03.005>
- Ungar E.D., Henkin Z., Gutman M., Dolev A., Genizi A., Ganskopp D. Inference of Animal Activity From GPS Collar Data on Free-Ranging Cattle. *Rangeland Ecology and Management*. 2005; 58(3): 256–266. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58\[256:IOAAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58[256:IOAAG]2.0.CO;2)
- McLachlan G.J., Peel D. Finite Mixture Models. New York: Wiley. 2000. xxii + 427. ISBN 978-0-471-00626-8 <https://doi.org/10.1002/0471721182>
- Tolkamp B.J., Schweitzer D.P.N., Kyriazakis I. The Biologically Relevant Unit for the Analysis of Short-Term Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83(9): 2057–2068. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75087-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75087-9)

ОБ АВТОРАХ

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-3058-2446

Савр Олегович Базаев

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
sbazaeff@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-2511-7526

Артём Рустамович Хахимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4332-9274

Сергей Сергеевич Юрочка

старший научный сотрудник
yurochkasr@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2511-7526

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Fedor Evgenievich Vladimirov

Researcher Associate
fvladimirov21@gmail.com;
https://orcid.org/0000-0003-3058-2446

Savr Olegovich Bazaev

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher Associate
sbazaeff@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-2511-7526

Artem Rustamovich Khakimov

Junior Research Assistant
arty.hv@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4332-9274

Sergej Sergeevich Yurochka

Senior Researcher
yurochkasr@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2511-7526

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute passage, Moscow, 109428, Russia



Специализированная выставка
оборудования и технологий
добычи, разведения и переработки
рыбы и морепродуктов

20-22 февраля 2024
МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР



**Участие в AquaPro Expo —
эффективный способ:**

- Найти клиентов из широкой аудитории специалистов и собственников рыбоводных хозяйств, рыбоперерабатывающих предприятий, рыбодобывающих компаний
- Увеличить объемы и расширить географию продаж компании



Организатор:
+7 (812) 701-00-15
+7 (495) 320-80 41
info@aquaproexpo.ru



Забронируйте стенд
aquaproexpo.ru