

МРНТИ: 68.85.85

А.Х. Сукут¹, А.Б. Закирова², Р.С. Ниязова¹, Р.З. Сулейменова¹, А.В. Жаньс³

¹ *Казахский агротехнический университет им. Сакена Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан*

² *Международный университет "Астана", Нур-Султан, Казахстан*

³ *Национальная академия образования им. Ы.Алтынсарина, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: hamid.sukoot19@gmail.com, alma_zakirova@mail.ru, rozamgul@list.ru, suleimenova_raya@mail.ru, didok05@mail.ru)*

Использование технологии радиомаяка для контроля поведения крупного рогатого скота

Аннотация: Данная статья в большей части посвящена исследованию возможностей использования современных информационных технологий в животноводстве для выявления и мониторинга поведения и благополучия коров. Так как работа, связанная с управлением молочными стадами, подразумевает и экономическое давление, ощущаемое заводчиками, были предприняты многочисленные усилия по созданию нового метода, который составил бы достойную конкуренцию по сравнению с ныне действующими решениями. Метод сбора и обработки данных с помощью радиомаяков, а также хранилища данных позволяет, по мнению авторов более полно идентифицировать поведение и физиологические условия молочного стада. Не менее важно отметить конкурентоспособность этого метода по цене. Так как данные собираются в большом количестве, было принято решение отказаться от обработки данных на локальном компьютере и вместо этого использовать механизм облачных вычислений. Представленная информационная система создает последовательность компонентов, которые проверялись как на уровне создания, так и на уровне проведения исследования. Затем полученные результаты исследований сравнивали с академическими знаниями из литературных источников. Нужно отметить, что частью валидации вышеупомянутой методологии было сравнение результатов, которые были достигнуты в ходе исследования с использованием шагомера. Главной целью данной статьи была разработка нового метода в области информационных технологий и метода на основе маяков, которые являются достаточно универсальными устройствами, с использованием хранилищ данных, позволяющих идентифицировать поведение и физиологическое состояние дойного скота, методы, которые были бы конкурентоспособны по сравнению с существующими решениями, особенно по цене. В предлагаемом решении в качестве источников данных использовались как информация, поступающая с микрокомпьютеров, так и данные прогноза погоды, поступающие с метеостанций, которые упрощают указанную выше идентификацию.

Ключевые слова: поведение КРС; технологии радиомаяка; хранилище данных.

DOI: <https://doi.org/10.32523/bulmathenu.2021/4.4>

2000 Mathematics Subject Classification: 93XX

Введение

Выявление желаемого благополучия молочного стада, а также распознавание охоты требует применения современных методов измерения [1]. В дополнение к вышесказанному стоит упомянуть, что этот процесс является предметом исследования и постоянного познания, что широко представлено в доступной литературе [1-3]. Физиологическое состояние данного животного зависит от множества внешних факторов и может меняться по мере старения животного. Имеются многочисленные примеры и свидетельства, показывающие, что существуют существенные пробелы в экологических условиях

молочного стада в системах животноводства, которые в настоящее время предлагаются и создаются людьми [4-7]. Данные системы диверсифицированы по сравнению с автоматизированными доильными домами, где рогатый скот содержится в здании круглый год, в отличие от обширных территорий комплексов, где животные находятся вне помещений для животных круглый год [8,9].

Правильная диагностика наступления течки, необходимая в процессе выращивания молочного стада, позволяет определить правильное время осеменения - это ключевой фактор при принятии решения о результатах воспроизводства. Системы пытаются улучшить степень воспроизводства скота, что часто связано с незаметным или неправильным распознаванием тепла [10-12].

В настоящее время существует множество методов, позволяющих определять тепловое состояние на основе бихевиоризма или биотехнических методов. Для них характерны разные вероятности обнаружения охоты, и они различаются в зависимости от цены. Среди биотехнических методов в связи с интенсивным развитием информационных технологий наблюдается повышенный интерес к решению, основанному на использовании шагомеров (каждое животное в стаде оснащено одним таким устройством). Мы также можем наблюдать попытки использовать информацию с шагомеров в большей степени, а не только в сигнальном контексте. В настоящее время предлагаемые системы, основанные на биотехнических методах и шагомерах, которые доступны на рынке, – среди прочего, это системы, называемые GYUHO и AfiAct II [13]. Первый из них, предложенный японской компанией Fujitsu в 2013 году, использует, помимо вышеупомянутых устройств, механизм облачных вычислений. Приложение, которое является частью системы, обрабатывает данные с шагомеров, а затем создает отчеты на основе этих данных, которые отправляются пользователям по электронной почте. Немного иную информационную инфраструктуру использует другая система AfiAct II, основанная на более современных шагомерах, известных под названием AfiTag. Приложение под названием Windows Forms, которое отправляет сообщения, как в форме электронной почты, так и в виде SMS, отвечает за обработку данных в этом решении. По словам производителя, случаи, когда тепло не обнаруживается должным образом, составляют менее 10% от всех случаев обнаружения тепла. В настоящее время также доступны детекторы движения в виде серег, которые используются для определения состояния животных [14]. Однако следует отметить, что это специализированные конструкции, поэтому они не носят универсального характера в отличие от маяков.

Другой важный аспект - связь между атмосферными условиями, условиями окружающей среды и поведением животных [15-17]. Современные исследования и наблюдения показывают взаимосвязь между двигательной активностью животных и температурой окружающей среды. По мнению разных авторов, ухудшение самочувствия животных в результате слишком высокой температуры происходит, когда температура окружающей среды превышает следующие значения:

- 27⁰ C - Амстронг [15],
- 25 – 26⁰ C - запад [17],
- 24 – 27⁰ C - Broucek [16].

Однако в литературе предлагается учитывать не только температуру, но и относительную влажность воздуха при определении критерия возникновения теплового стресса [18]. Для этого был построен так называемый параметр ТНІ (температурно-влажностный индекс) [18]. На основании исследований было определено предельное значение этого параметра, которое составляет 72, и каждый раз при превышении этого значения наблюдается возникновение теплового стресса у крупного рогатого скота.

Тепловой стресс в основном приводит к снижению молочной продуктивности дойных коров. В зависимости от значения коэффициента ТНІ может наблюдаться снижение продуктивности молока от 20% до 50%, когда коэффициент ТНІ превышает предельное значение. Другими неблагоприятными последствиями теплового стресса являются ухудшение скорости отела и сокращение периода течки [8,19].

Другим важным аспектом проведения этой темы исследования было указание на текущие направления приоритизации развития организации в рамках поддержки процессов принятия стратегических решений с данными, доступными в цифровом формате. Часто этот процесс сопровождается открытием новых закономерностей, которые могут иметь познавательный характер. С некоторого времени все более распространенным становится использование многочисленных приложений, поддерживающих работу сельскохозяйственных предприятий. Информационный потенциал, который можно наблюдать в собранных базах данных, можно использовать, среди прочего, в процессе принятия решений и когнитивном процессе. Однако это требует выполнения множества задач, не до конца определенных, что, в том числе, приводит к созданию хранилищ данных. На основе опыта крупных организаций ясно видно, что использование хранилищ данных является существенной добавленной стоимостью.

Текущей основой для построения хранилищ данных были и остаются ожидания пользователей, очень часто сформулированные в форме вопросов, на которые они хотели бы получить ответы в относительно короткие сроки [20].

В силу вышеизложенного, по мнению авторов, замена шагомеров и одновременное использование хранилищ данных и микрокомпьютеров представляется оправданным направлением совершенствования этих биотехнических методов. Это решение предлагает гораздо более широкие возможности измерения за счет регистрации других физических величин. В дополнение к вышесказанному это решение одновременно обеспечивает экономическую конкурентоспособность [21,22]. Поэтому представляется оправданной разработка нового решения в области информационных технологий, а также метода на основе маяков, которые являются достаточно универсальными устройствами, с использованием хранилищ данных, позволяющих идентифицировать поведение и физиологическое состояние молочного скота, метод, который был бы конкурентоспособен по сравнению с существующими решениями, особенно по цене.

В круг интересов авторов входят микроконтроллеры, оснащенные передатчиками BLE (Bluetooth Low Energy), известные под названием iBeacons или beacons, обладающие необходимым потенциалом для использования [23].

Вот почему основная цель исследовательской работы - разработать новое решение в области информационных технологий, а также метод, основанный на маяках, которые являются универсальными инструментами, которые вместе с хранилищами данных позволяют идентифицировать поведение и физиологическое состояние молочного скота. Этот метод, который использует данные, поступающие одновременно с метеостанций и веб-сайтов погодных служб, будет конкурентоспособным по сравнению с существующими решениями.

2. Материалы и методы.

2.1. Расположение и животные.

Научные исследования были продолжены в модельном хозяйстве ТОО "Олжа-Садчиковское" - 230 голов (голштино-фризская порода, Костанайская область). ТОО "Олжа-Садчиковское" расположено в Костанайской области, Костанайского района, с. Садчиковское, разводимая порода - голштино-фризская. Содержание - круглогодичное стойловое, беспривязное. Технология доения - "Елочка".

В этой ферме находится в общем 1323 голов КРС, среди которых 728 голов коров, из которых 658 дойные.

Животные были снабжены маячками, которые прикреплялись к ошейникам с помощью защитного чехла. Перед проведением исследования были нанесены на карту места, где должны были находиться смартфоны. Смартфоны выступали в качестве приемников сигналов маяков. Следующим шагом стало расширение технической инфраструктуры коровника. Особое внимание было уделено обеспечению бесперебойного питания базовых станций, чтобы гарантировать непрерывную регистрацию сигналов, поступающих от маяков. Во время первоначальных тестов были проверены покрытие сотовой сети и



Рисунок 1 – Избранные места, где были установлены мобильные телефоны



Маяк на шее
наблюдаемого
животного

Рисунок 2 – Маяк на шее наблюдаемого животного

доступность Интернета. Было принято решение использовать прямую передачу данных через сотовую сеть *LTE/3G*.

На рисунке 2 показано, как маяки прикреплялись к ошейнику. Чтобы обеспечить одинаковое положение каждого маяка, прикрепленного к ошейнику, использовались специальные защитные чехлы с ленточными зажимами. Таким образом, можно было обеспечить правильное положение маяка в каждом мешочке, который затем прикреплялся к ошейникам.

2.2. Получение данных

Сбор данных в предлагаемом решении относится к двум основным источникам данных. Первый и самый важный источник - это измерения, сделанные с маяков (рис. 3). Второй источник, имеющий равный статус с первым источником, - это данные о погоде, которые собираются параллельно с измерениями из сети с помощью независимого программного обеспечения. Данные о погоде, которые использовались при создании аналитической базы, были переданы через выбранный интернет-сервис. С использованием API инструмента программирования, совместно со службой [http:// api.openweathermap.org](http://api.openweathermap.org),

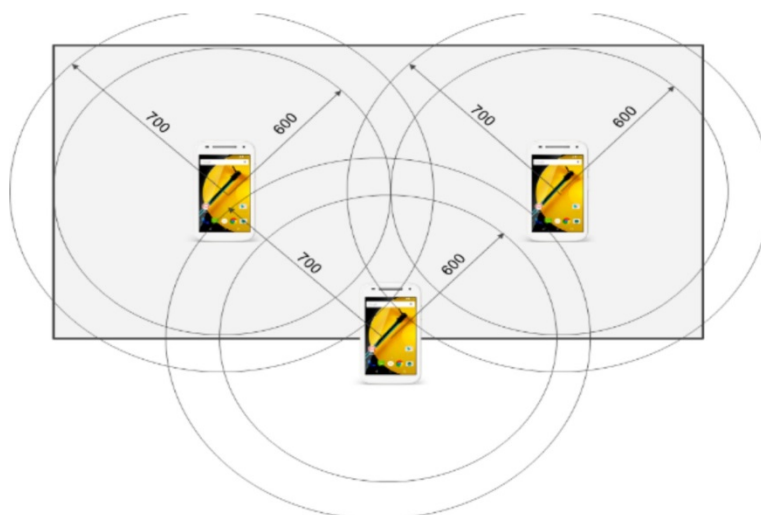


Рисунок 3 – Маяк на шее наблюдаемого животного

было создано простое приложение в виде скрипта, позволяющего передавать эти данные. Скрипт запускался автоматически каждые 5 мин. В результате его деятельности мы получили данные о погоде, которые явились результатом обработки измерений, поступающих с метеостанций, расположенных рядом с молочной фермой. Основанием для их поиска послужили географические координаты, определяющие местонахождение молочной фермы. Информация, передаваемая через вышеупомянутый API, доставляется в популярном формате JSON. Обработанные данные записывались в базу данных MySQL, которая поддерживала этот формат. При построении этой системы в соответствии с первым сценарием, версия SQL Server 2014 года не поддерживала этот тип данных.

2.3. Концепция и инфраструктура созданной системы

Информационная система, которая была спроектирована, а затем создана и которая реализует цель работы, объединяет различные технологии. Первыми элементами обсуждаемой системы являются маяки, устройства, генерирующие и отправляющие данные через определенные промежутки времени. Отправляемые сигналы регистрируются смартфонами, оснащенными соответствующим оригинальным программным обеспечением, написанным для индивидуальных нужд этой программы. Он использует библиотеки, предоставленные производителем маяков. Зарегистрированные данные сохраняются в файлах на смартфоне. Остальные элементы системы являются следствием принятия двух отдельных сценариев их дальнейшей обработки. Первый был основан на технологиях Microsoft, от которых отказались из-за неудовлетворительных тестов эффективности. Время обработки данных оказалось слишком большим. Технологии, составляющие первый сценарий, помимо представленных ранее решений, следующие:

- о Платформа Dropbox,
- о Инструменты для бизнес-аналитики - от Microsoft,
- о Клиентская программа - Excel.

Во втором сценарии достаточная эффективность обеспечивалась применением технологий Google Cloud и Google Docs. В этом случае данные отправлялись со смартфонов на облачный калькулятор и хранились в Cloud Storage, а затем передавались в аналитические базы, разработанные и настроенные на платформе BigQuery:

- о Estimote Beacons, модель стикера с чипом Nordic,
- о Сотовые телефоны - с оригинальным приложением,
- о Плоскость интеграции данных - оригинальное приложение,
- о Аналитическая база данных - исходная диаграмма,
- о Интегрированный уровень представления данных.



Рисунок 4 – Концепция созданной системы

Представленная концепция носит многослойный характер, в которой технологии и действия представлены на высоком уровне общности. Пара уровней, выполняющих различные функции и использующих другие технологии, образуют архитектуру созданной системы (рис. 4):

- о Получение данных,
- о Синхронизация (передача данных),
- о ETL (обработка данных),
- о Аналитическая база,
- о Инструменты для анализа данных.

Первый из упомянутых слоев отвечает за сбор данных. Он создается как с помощью оборудования, так и программного обеспечения. Процесс сбора данных начинается, когда приложение активируется в сотовом телефоне. Они собирают данные с маяков, которые находятся в пределах его досягаемости. Каждый маяк каждую секунду отправляет данные в "широковещательном" формате, которые регистрируются принимающей станцией в формате CSV (значения, разделенные запятыми) на карте microSD. Для упрощения управления данными размер файлов был уменьшен. Эта цель была достигнута путем записи данных в один файл, охватывающий всего один час исследования. Следующие измерения были зарегистрированы в следующих файлах.

Ограниченный размер памяти базовой станции, а также соображения безопасности означали, что мы предпочли использовать платформу Dropbox, которая вместе с созданным приложением образует еще один уровень. Это обеспечивает как синхронизацию данных, так и безопасное хранение данных. Синхронизация файлов с данными, расположенными на платформе Dropbox и на принимающих станциях, представляет собой циклический процесс с интервалом в 3 минуты. Все файлы, хранящиеся на платформе Dropbox, имеют историю версий. Вышеупомянутое позволяет восстановить любое состояние файла, в котором данный файл хранился за последние 30 дней. Этот механизм также защищает нас от потери данных в случае отсутствия подключения к Интернету.

Применение маяков в качестве новых поставщиков данных, используемых в процессе идентификации поведения и физиологического состояния молочного скота, потребовало разработки концептуальной системы, включающей как аппаратные, так и программные решения [3]. Были проиллюстрированы ключевые элементы, создающие предлагаемую систему вместе с инфраструктурой. Измерения физических величин проводились с помощью маяков, прикрепленных к ошейникам выбранных животных. Данные после частичной обработки встроенным программным обеспечением радиомаяка отправлялись в виде радиосигналов с полосой пропускания 2,4 ГГц через заданные интервалы. Выбранные авторами (Estimote) маяки, оснащенные датчиками, будут отправлять следующие данные:

- о Идентификатор маяка.
- о Температура в градусах Цельсия.
- о Ускорение разделено на три составляющие в направлении осей X, Y и Z.

о Двоичная информация, определяющая состояние устройства (движение или отсутствие движения).

о Конкретно агрегированная продолжительность состояния данного маяка, включая движение или отсутствие движения.

Вышеупомянутая информация, зашифрованная в радиосигналах, была принята базовыми станциями, оснащенными приемниками Bluetooth 4.0. Из соображений экономии было принято решение использовать смартфоны Motorola модели Moto E (2-го поколения) с системой Android 5.0. Вышеупомянутые устройства соответствовали основным техническим требованиям, которые позволяли преобразовывать сигналы в стандарт Bluetooth 4.0, в то же время обеспечивая возможность их программирования с помощью соответствующих библиотек. Агрегированные данные в виде файлов csv последовательно подвергались синхронизации на платформе Dropbox. Причиной этой операции была, с одной стороны, ограниченная емкость SD-карт в смартфонах, а с другой стороны, это было продиктовано защитой данных. Они были одним из источников данных, поддерживающих хранилище данных. Создание этого информационного существования осуществлялось по двум сценариям с использованием разных технологий. Созданные хранилища данных стали ключевым инструментом для анализа и оценки полезности предлагаемого решения.

2.4. Программное обеспечение базовой станции

Смартфоны, которые использовались в исследовании, должны были быть оснащены соответствующим оригинальным программным обеспечением, чтобы функционировать в качестве базовых станций. Приложение должно было реализовать общие функции, которые были определены:

- о Прием сигналов от передатчиков BLE.
- о Регистрация данной информации со смартфона.
- о Система хранения данных в формате CSV на SD-карту.
- о Синхронизация данных на платформе DropBox.

Затем сигнальная функциональность была применена на уровне моделирования в нотации UML. Реализация приложения Cow Behavior Listener предполагала использование языка Java в среде Android Studio версии 1.2.2. и использование специального SDK (Software Development Kit). Этот специальный набор инструментов для программирования стал результатом самого дешевого BLE, которым были оснащены смартфоны. При создании программного обеспечения использовались библиотеки, которые должны были обеспечить взаимодействие с платформой Dropbox [22,24]. Разработанное приложение с упрощенным интерфейсом, работающее в фоновом режиме, информирует пользователя о проводимых операциях.

Возможности конфигурации разработанного приложения CBL включают следующее:

1. Ввод имени телефона - система спроектирована таким образом, чтобы было возможно масштабирование. Это означало, что мы могли увеличить количество как устройств, так и приемников BLE. Идентификатор телефона, состоящий из названия модели и номера, присвоенного данной модели, использовался для определения положения животного. В исследовании использовались телефоны с обозначениями motoe1, motoe2, motoe3. Эта телефонная маркировка соответствовала названию каталога в системе Dropbox, где собирались и синхронизировались данные.

2. Определение каталога, в котором данные были записаны на SD-карту.

Основой функционирования обсуждаемого приложения является запись измерений маячков (Рис. 4), которые определяют следующее:

- о Двоичная информация о том, находится ли маяк в движении (на основе акселерометра).
- о Уникальный идентификатор радиомаяка (буквенно-цифровое значение).
- о Температура маяка выражается в шкале Цельсия.
- о Компонент ускорения по направлению к оси X.

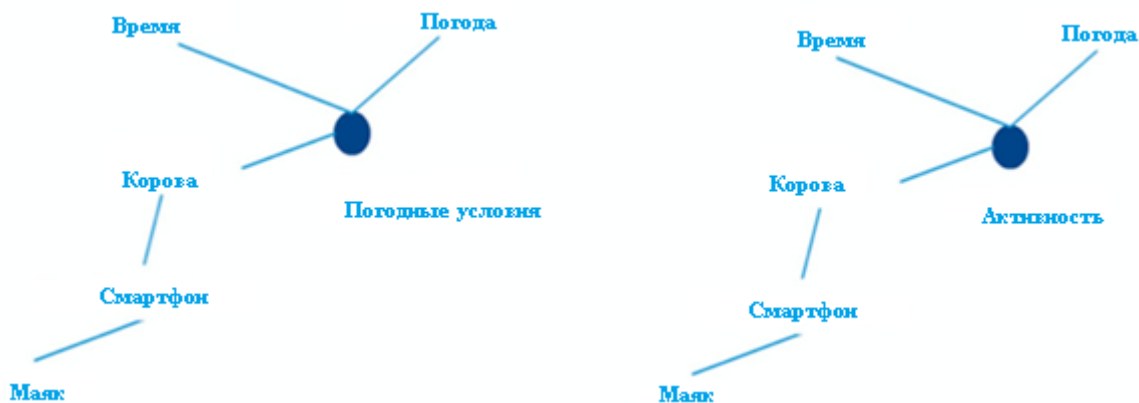


Рисунок 5 – Модели, описывающие аналитическую структуру

- о Компонент ускорения по направлению к оси Y.
- о Составляющая ускорения по направлению к оси Z.
- о Состояние батареи (описательное значение: полная, неизвестная, разряженная или неразряженная).

- о Количество секунд, определяющее продолжительность радиомаяка в заданном состоянии (движение, отсутствие движения), и запись величин, рассчитанных на основе базовых станций, которые включают:

1. Мощность принимаемого сигнала в dBm.
2. Приблизительное расчетное расстояние на основе мощности принимаемого сигнала (описательное значение: очень близко, близко, недалеко, далеко).

Из-за подавления дифференцированного сигнала его мощность не использовалась в процессе определения местонахождения животных. Пользователь также может в определенной степени влиять на способ работы приложения, изменяя конфигурацию текстовых файлов. Настоящей проблемой, которую нужно было решить, было огромное количество данных. Это было следствием количества использованных маяков, а также огромной частоты измерений. Это сопровождалось ограниченным объемом памяти SD-карт. В связи с этим было решено собирать данные в файлах csv, которые содержали только часовые измерения. При этом циклически запускалась задача по синхронизации файлов на платформе Dropbox. Окончательная полная синхронизация была сигналом к удалению файлов на смартфоне, освобождая место на диске для нового набора данных.

Данные, которые были получены позже, попали в аналитическую базу. Создание хранилищ данных включало этап концептуального моделирования, проводимого с соответствующими обозначениями. Структура модели приведена в виде таблицы фактов, представленных в виде синих точек, и размеров, описанных словами, как показано ниже (см. Рис. 6).

Эти модели послужили основой для создания правильных таблиц, во-первых, на уровне инструментов Microsoft, а во-вторых, на платформе BigQuery. Полученные структуры, заполненные данными, явились источником запроса. Они были построены по-разному в зависимости от выбранной технологии. В случае отказа от технологии Microsoft использовался язык MDX, а хранилище данных, построенное на платформе Google, подвергалось запросам с помощью языка SQL.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Двигательная активность в зависимости от погодных условий

Созданная система, ключевым элементом которой является хранилище данных, также получает данные о погодных условиях с метеостанций. Таким образом, система регистрирует два типа температуры. Первое измерение поступает с метеостанции,

	AVERAGE z PerInMove	AVERAGE z avg_pressure	AVERAGE z beaconTemp	AVERAGE z avg_temp
2015-09-01	0,282758076	1006,43751	30,60616445	28,80643899
2015-09-02	0,2752813067	1013,427062	25,60667311	19,29047322
2015-09-03	0,2780878788	1014,774409	25,62006695	19,56073886
2015-09-04	0,2706225274	1012,583345	25,37896737	17,82942126
2015-09-05	0,2725546201	1009,465371	23,78112868	16,12170919
2015-09-06	0,2606802471	1007,854122	21,74597191	12,51499258
2015-09-07	0,2656210689	1015,437177	22,60289681	13,02440938
2015-09-08	0,2898607436	1019,666632	21,77546192	11,34957699
2015-09-09	0,2555972208	1022,871343	23,62945823	13,65762239
2015-09-10	0,2583506858	1025,218773	23,52510955	14,22086459
2015-09-11	0,2497502474	1023,283983	23,80901385	15,00279025
2015-09-12	0,2668095538	1019,989478	25,25195299	17,85514998
2015-09-13	0,2703333953	1016,989791	24,95546281	17,57306778
2015-09-14	0,2750073462	1008,205034	26,29476852	19,75440442
2015-09-15	0,2900845847	1010,034675	25,73076774	17,86725646
2015-09-16	0,2932024456	1005,746692	26,28374642	20,04992536
2015-09-17	0,2759905886	1001,548432	28,07854344	23,26370335
2015-09-18	0,2824701693	1014,71141	24,86915596	17,74839722
2015-09-19	0,249029603	1019,656273	22,95939023	17,70491579

Рисунок 6 – Агрегаты, полученные в результате запроса хранилищ данных

которая описывает атмосферные условия на территории, а второе расшифровывается непосредственно с маяков. При определении влияния окружающей температуры на поведение крупного рогатого скота необходимо определить коэффициент ТНІ. Его значение ниже 72, определенное на основе температуры и относительной влажности, говорит нам об отсутствии теплового стресса. Коэффициент был рассчитан на основе следующей эмпирической формулы по T_{db}^{0C} (сухой термометр) и относительной влажности RH [18]:

$$THI = 0.8T_{db} + \frac{RH}{100}(T_{db} - 14.1) + 46.4 \quad (1)$$

3.2. Внутреннее расположение животных

Интересной функциональностью предложенного метода, только в случае свободных стойл коровников, является возможность внутреннего позиционирования животных. Из-за маяков и количества базовых станций, которые использовались в данном случае, мы можем распознавать только приблизительные области местоположения животных с течением времени. Эти данные в сочетании с лучшим расположением логова могут предоставить больше информации об иерархии в стаде и отношениях между коровами.

На основе агрегированных данных из хранилищ данных в паре с базовыми станциями, принимающими сигналы от маяка, можно определить примерную карту районов пребывания данного животного во времени (Рис. 7).

Данный Рисунок не только показывает области, где находится данное животное, но также показывает пиктограммы, определяющие процентное время пребывания в данном месте. Для целей анализа двадцать четыре часа были разделены на 4-часовые периоды. Мониторинг изменений местонахождения данного животного вместе с его активностью, особенно в ночное время, становится полезным для распознавания симптомов стресса, связанных с отделением от потомства, что касается коров сразу после отела. Эта ситуация может привести к агрессивному поведению [25].

3.3. Ежедневная активность

Исследования, направленные на проверку и валидацию предложенного решения, проводились на молочно-товарной ферме, оснащенной коровником с несколькими стойлами. Причиной выбора этого вида животноводства стало, в том числе, покрытие сигнала маяков, принимаемого базовыми станциями. Животные, выбранные случайным образом (молодые коровы, максимум после двух отелов), были снабжены специальными

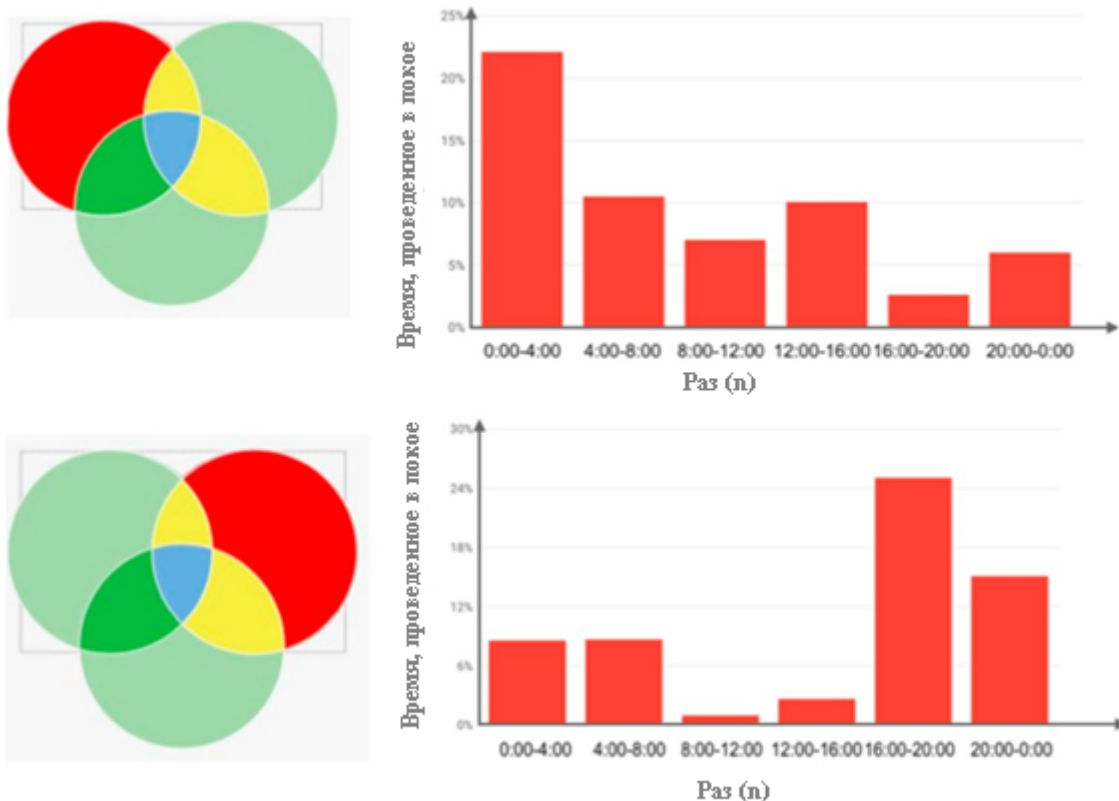


Рисунок 7 – Время, проведенное выбранным животным в красной локации

ошейниками с прикрепленными к ним маячками, что хорошо проиллюстрировано. Инфраструктура коровника была расширена за счет размещения в нем смартфонов, расположение которых должно было обеспечивать регистрацию сигнала, исходящего от каждого маяка, в ситуации, когда данное животное остается в любой части логова или зоны кормления. Кроме того, была предпринята попытка максимизировать область, в которой сигналы одновременно регистрировались тремя базовыми станциями, что должно было служить способом внутренней идентификации данного животного.

Обработка данных и их дальнейший анализ осуществлялись с помощью специально разработанных хранилищ данных. Важнейшим измерением, зарегистрированным системой, как с точки зрения тестирования, так и с точки зрения определения поведения и физиологического состояния коров, была двигательная активность маяка, которая отражала двигательную активность данного животного. Weason предоставил информацию о величине ускорения и производную информацию, которая отражала конкретно прореагировавший период двигательной активности или отсутствия какой-либо активности, включая период в десять секунд. Принимая во внимание тот факт, что круглосуточная деятельность коров умеренно хорошо описана в литературе, это послужило прочным основанием для проверки и валидации предложенного метода. Достигнутые средние значения периода двигательной активности коров определялись за часовой интервал. Эти значения затем были использованы для получения суточной характеристики двигательной активности животных, которая представлена на Рис. 8. Цифры эти были дополнительно расширены за счет обозначения временных рамок, в которые животные были подоены или накормлены.

Достигнутые суточные характеристики двигательной активности коров свидетельствовали о повышении двигательной активности в период доения и кормления. Они соответствовали характеристикам, которые были получены на основе данных, поступающих из системы с помощью шагомеров [13,26,27] (см. Рис. 9).

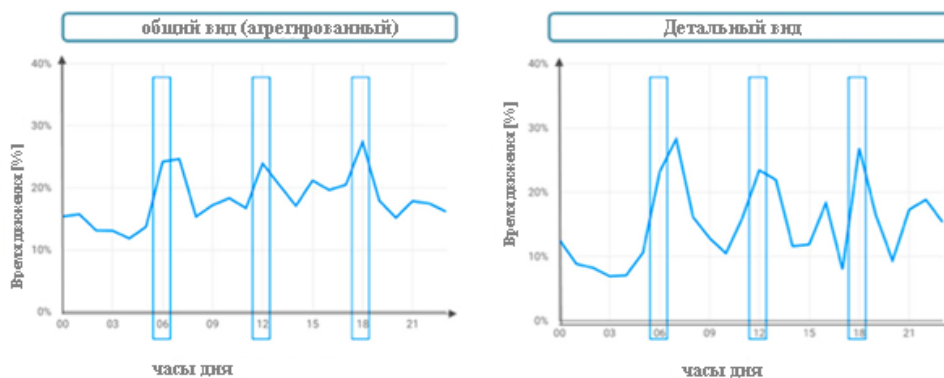


Рисунок 8 – Усреднение по всем измеренным животным и суточным единицам двигательной активности данной коровы

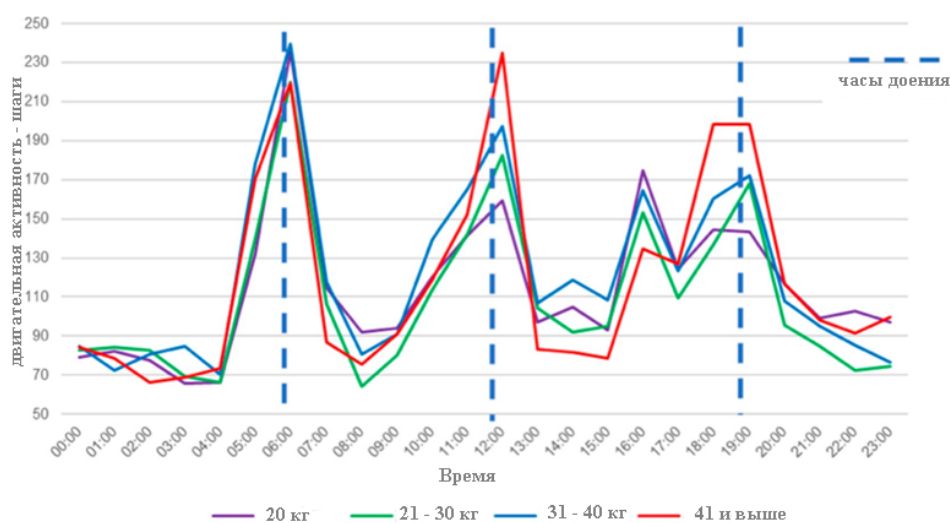


Рисунок 9 – Суточная активность коров сгенерирована на основе данных, полученных из японской системы GYUHO

Изменения двигательной активности также служили основанием для определения физиологических условий, а именно, тепла. В результате исследований и анализов, проведенных с помощью предложенной системы, выяснилось, что суточная двигательная активность данной коровы в течку была в 2,5 раза выше, чем предыдущие значения и в три раза выше, чем у остальных животных, подвергшихся измерению (см. Рис. 10).

Сходство суточных характеристик двигательной активности коров вместе с возможностью распознавания охоты у коров четко указывало на то, что маяки в сочетании с соответствующей информационной системой могут быть альтернативой решениям на основе шагомеров. Однако следует отметить один недостаток представленного решения, который удалось устранить, а именно ограничение выхода из строя маяков.

4. Выводы

Представленная авторами концепция, а также реализация информационной системы, используемой для определения поведения и физиологического состояния молочного скота, с нетипичным использованием микрокомпьютеров, называемых маяками, оказались конкурентоспособными решениями по сравнению с теми, которые были доступны в настоящее время, и чье функционирование также было основано на маяках. Это подтверждено исследованиями и анализами, которые в основном были связаны с изменениями двигательной активности коров, зафиксированными на суточных характеристиках и зарегистрированными в период течки. Несмотря на несколько замеченных недостатков, устранение которых не должно представлять серьезной



Рисунок 10 – Изменение двигательной активности коровы на охоте

проблемы, потенциал предлагаемого решения за счет измерения большего количества физических величин в сочетании с возможностью использования других источников данных, пополняющих хранилища данных, возможно, опережать существующие решения.

Подведение итогов:

1. Предложенный новый метод идентификации поведения и физиологического состояния состоял из сложной информационной системы, взаимодействующей с маяками, которые использовались в качестве измерительных устройств и хранилищ данных. Детализированные элементы устройства и программного обеспечения до сих пор не применялись и не подвергались исследованиям в обсуждаемой области.

2. Суточные характеристики двигательной активности коров, полученные в результате исследования, позволяющие идентифицировать поведение стада с информацией, поступающей с маяков и регистрируемой в хранилищах данных, были похожи на характеристики, полученные из системы, взаимодействующие с шагомерами.

Созданная система, характеризующаяся более широким спектром информации, поступающей от маяков, взаимодействующей с базовыми станциями, создала лучшие возможности с точки зрения идентификации поведения и физиологического состояния молочного скота. Помимо прочего, мы получаем возможность отслеживать приблизительное местонахождение животных и связывать активность с информацией о погоде, что упрощает правильную интерпретацию изменений в поведении животных и также имеет большое значение.

Список литературы

- 1 Phillips C. Cattle Behaviour and Welfare// In Cattle Behaviour and Welfare, 2nd ed. -NJ, USA: John Wiley and Sons: Hoboken, 2002.
- 2 Broom D.M., Fraser A.F. The welfare of cattle// In Domestic Animal Behaviour and Welfare. - Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 2015.
- 3 Peng Y., Kondo N., Fujiura T., Suzuki T., Yoshioka H., Itoyama E. Classification of multiple cattle behavior patterns using a recurrent neural network with long short-term memory and inertial measurement units// Comput. Electron. Agric. -2019. -Vol. 157. -P. 247-253.
- 4 Anderson N. Dairy Cow Comfort: Cow Behaviour to Judge Free-Stall and Tie-Stall Barns. -OMAFRA: Norfolk, ON, Canada, 2008.
- 5 Arcidiacono C., Porto S.M.C., Mancino M., Cascone G. Development of a threshold-based classifier for real-time recognition of cow feeding and standing behavioural activities from accelerometer data// Comput. Electron. Agric. -2017, Vol. 134. -P. 124-134.
- 6 Wang J., He Z., Zheng G., Gao S., Zhao K. Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data// PLoS ONE. -2018. -Vol. 13. -P. e0203546.

- 7 Yamauchi Y., Nishide R., Takaki Y., Ohta C., Oyama K., Ohkawa T. Cattle community extraction using the interactions based on synchronous behavior// In Proceedings of the ACM International Conference Proceeding Series, Danang City, Vietnam, 6 December 2018.
- 8 Flamenbaum I., Galon N. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel// J. Reprod. Dev. -2010. -Vol. 56. -P. S36-S41.
- 9 Galon N., Zeron Y., Ezra E. Factors affecting fertility of dairy cows in Israel// J. Reprod. Dev. -2010. -Vol. 56. -P. S8-S14.
- 10 Rutten C.J., Velthuis A.G.J., Steeneveld W., Hogeveen H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms// J. Dairy Sci. -2013. -Vol. 96. -P. 1928-1952.
- 11 Brandt M., Haussermann A., Hartung E. Invited review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk// J. Dairy Sci. -2010. -Vol. 93. -P. 427-436.
- 12 Bhargava K., Ivanov S. Collaborative Edge Mining for predicting heat stress in dairy cattle// In Proceedings of the IFIP Wireless Days, Toulouse, France, 23-25 March 2016.
- 13 Wojcik P., Olszewski A. Use of pedometers to analyse 24-hour activity and fertility of limousin cows// Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech. -2015. -Vol. 322. -P. 119-124.
- 14 Pereira G.M., Heins B.J., Endres M.I. Validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and activity behaviors of grazing dairy cattle// J. Dairy Sci. -2018. -Vol. 101. -P. 2492-2495.
- 15 Armstrong, D.V. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling// J. Dairy Sci. -1994. -Vol. 77. -P. 2044-2050.
- 16 Brouček J.; Šťoch, M. Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation// Slovak J. Anim. Sci. -2009. -Vol. 42. -P. 167-173.
- 17 West J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle// J. Dairy Sci. -2003. -Vol. 86. -P. 2131-2144.
- 18 Dikmen S., Hansen P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?// J. Dairy Sci. -2009. -Vol. 92. -P. 109-116.
- 19 Rue B.T.D., Kamphuis C., Burke C.R., Jago J.G. Using activity-based monitoring systems to detect dairy cows in oestrus: A field evaluation// N. Z. Vet. J. -2014. -Vol. 62. -P. 57-62.
- 20 Koszela K., Przybyl J., Kujawa S., Kozłowski R.J., Przybyl K., Niedbala G., Idziaszek P., Boniecki P., Zaborowicz M. IT system for the identification and classification of soil valuation classes// In Proceedings of the Eighth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2016), Chengdu, China, 29 August 2016.
- 21 Dutta R., Smith D., Rawnsley R., Bishop-Hurley G., Hills J., Timms G., Henry D. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers// Comput. Electron. Agric. -2015. -Vol. 111. -P. 18-28.
- 22 Otrzasek J., Mueller W., Koszela K., Weres J., Przybyl J. Presentation of spatial data in analytical applications which use the SSAS platform// In Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM Bulgaria, Albena, Bulgaria, 16-22 June 2013; Volume 1.
- 23 Beilharz R.G., Zeeb K. Social dominance in dairy cattle// Appl. Anim. Ethol. -1982. -Vol. 8. -P. 79-97.
- 24 Otrzasek J., Mueller W., Koszela K., Weres J., Przybyl J. Big data and multidimensional analyses with spatial data// In Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Albena, Bulgaria, 17-26 June 2014; Volume 1.
- 25 Le Neindre P. Influence of rearing conditions and breed on social behaviour and activity of cattle in novel environments// Appl. Anim. Behav. Sci. -1989. -Vol. 23. -P. 129-140.
- 26 Val-Laillet D., Guesdon V., Von Keyserlingk, M.A.G., De Passille A.M., Rushen J. Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance// Appl. Anim. Behav. Sci. -2009. -Vol. 116. -P. 141-149.
- 27 Schein M.W., Fohrman M.H. Social dominance relationships in a herd of dairy cattle// Br. J. Anim. Behav. -1955. -Vol. 3. -P. 45-55.

А.Х. Сукут¹, А.Б. Закирова², Р.С. Ниязова¹, Р.З. Сулейменова¹, А.В. Жаныс³

¹ Сәкен Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

² Астана халықаралық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

³ Ы. Алтынсарин атындау ұлттық білім академиясы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ірі қара малының мінез -құлқын бақылау үшін маяк технологиясын қолдану

Аннотация: Бұл мақала көбінесе сиырлардың мінез -құлқы мен әл -ауқатын анықтау мен бақылау үшін мал шаруашылығында заманауи ақпараттық технологияларды қолдану мүмкіндіктерін зерттеуге арналған. Сүтті табынды басқарумен байланысты жұмыс селекционерлердің экономикалық қысымын білдіретіндіктен, қазіргі шешімдермен салыстырғанда бәсекелестікке лайықты жаңа әдісті жасауға көптеген күш жұмсалды. Радио маяктарды қолдану арқылы мәліметтерді жинау мен өңдеу әдісі, сонымен қатар деректерді сақтау, авторлардың пікірінше, сүтті табынның мінез -құлқы мен физиологиялық жағдайын неғұрлым толық анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдістің бағалық бәсекеге қабілеттілігін атап өту маңызды. Деректер үлкен көлемде жиналғандықтан, жергілікті компьютерде деректерді өңдеуден бас тартып, оның орнына бұлтты есептеу механизмін қолдану туралы шешім қабылданды. Ұсынылған ақпараттық жүйе құру деңгейінде де, зерттеу деңгейінде де тексерілген компоненттер тізбегін жасайды. Зерттеу нәтижелері әдеби көздерден алынған академиялық біліммен салыстырылды. Айта кету керек, жоғарыда аталған әдістеменің валидациясының бір бөлігі педометр көмегімен зерттеу барысында

қол жеткізілген нәтижелерді салыстыру болды. Бұл мақаланың басты мақсаты - ақпараттық технологиялар саласындағы жаңа әдіс пен маяктарға негізделген әдісті әзірлеу болды, олар әмбебап қондырғылар болып табылады, деректер қоймаларын қолдана отырып, сүтті малдың мінез -құлқы мен физиологиялық жағдайын анықтауға мүмкіндік береді. қолданыстағы шешімдермен салыстырғанда бәсекеге қабілетті, әсіресе баға бойынша. Ұсынылған шешімде микрокомпьютерлерден келетін ақпарат та, метеорологиялық станциялардан келетін ауа райы болжамы да жоғарыда келтірілген сәйкестендіруді жеңілдететін деректер ретінде пайдаланылды.

Түйін сөздер: малдың мінез -құлқы; маяк технологиясы; мәліметтер қоймасы.

А.Н. Sukoot¹, А.Б. Zakirova², Р.С. Niyazova¹, Р.З. Suleimenova¹, А.В. Zhanys³

¹ Seifullin University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² Astana International University, Nur-Sultan, Kazakhstan

³ National Academy of Education named after Y. Altynsarın, Nur-Sultan, Kazakhstan

Use of beacon technology to control cattle behavior

Abstract: The article is mostly devoted to the study of the possibilities of using modern information technologies in animal husbandry to identify and monitor the behavior and welfare of cows. Since the work associated with dairy herd management also implies the economic pressure felt by breeders, numerous efforts have been made to create a new method that would be worthy of competition when compared to current solutions. According to the authors' opinion, the method of collecting and processing data using radio beacons, as well as data storage, allows for identifying the behavior and physiological conditions of a dairy herd more fully. It is equally important to note the price competitiveness of this method. Since the data is collected in large quantities, it was decided to abandon the processing of the data on the local computer and instead use the cloud computing engine. The presented information system creates a sequence of components that have been tested, both at the level of creation and at the level of research. The research results were compared with academic knowledge from literary sources. It should be noted that part of the validation of the above methodology was the comparison of the results that had been achieved during the study using a pedometer. The main goal of this article is to develop a new method in the field of information technology and a method based on beacons, which are quite versatile devices, using data stores that allow identifying the behavior and physiological state of dairy cattle, methods that would be competitive compared to existing solutions, especially for the price. In the proposed solution, there were used both information coming from microcomputers and weather forecast data coming from meteorological stations, which simplify the above identification.

Keywords: cattle behavior; beacon technology; data warehouse.

References

- 1 Phillips C. Cattle Behaviour and Welfare, In Cattle Behaviour and Welfare, 2nd ed. NJ, USA: John Wiley and Sons: Hoboken, 2002.
- 2 Broom D.M., Fraser A.F. The welfare of cattle, In Domestic Animal Behaviour and Welfare. -Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 2015.
- 3 Peng Y., Kondo N., Fujiura T., Suzuki T., Yoshioka H., Itoyama E. Classification of multiple cattle behavior patterns using a recurrent neural network with long short-term memory and inertial measurement units, Comput. Electron. Agric. 2019. Vol. 157. P. 247-253.
- 4 Anderson N. Dairy Cow Comfort: Cow Behaviour to Judge Free-Stall and Tie-Stall Barns. (Norfolk, ON, Canada, OMAFRA, 2008).
- 5 Arcidiacono C., Porto S.M.C., Mancino M., Cascone G. Development of a threshold-based classifier for real-time recognition of cow feeding and standing behavioural activities from accelerometer data, Comput. Electron. Agric. 2017, Vol. 134. P. 124-134.
- 6 Wang J., He Z., Zheng G., Gao S., Zhao K. Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data, PLoS ONE. 2018. Vol. 13. P. e0203546.
- 7 Yamauchi Y., Nishide R., Takaki Y., Ohta C., Oyama K., Ohkawa T. Cattle community extraction using the interactions based on synchronous behavior, In Proceedings of the ACM International Conference Proceeding Series, Danang City, Vietnam, 6 December 2018.
- 8 Flamenbaum I., Galon N. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel, J. Reprod. Dev. 2010. Vol. 56. P. S36-S41.
- 9 Galon N., Zeron Y., Ezra E. Factors affecting fertility of dairy cows in Israel, J. Reprod. Dev. 2010. Vol. 56. P. S8-S14.
- 10 Rutten C.J., Velthuis A.G.J., Steeneveld W., Hogeveen H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms, J. Dairy Sci. 2013. Vol. 96. P. 1928-1952.
- 11 Brandt M., Haeussermann A., Hartung E. Invited review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk, J. Dairy Sci. 2010. Vol. 93. P. 427-436.
- 12 Bhargava K., Ivanov S. Collaborative Edge Mining for predicting heat stress in dairy cattle, In Proceedings of the IFIP Wireless Days, Toulouse, France, 23-25 March 2016.
- 13 Wojcik P., Olszewski A. Use of pedometers to analyse 24-hour activity and fertility of limousin cows, Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech. 2015. Vol. 322. P. 119-124.

- 14 Pereira G.M., Heins B.J., Endres M.I. Validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and activity behaviors of grazing dairy cattle, *J. Dairy Sci.* 2018. Vol. 101. P. 2492-2495.
- 15 Armstrong, D.V. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling, *J. Dairy Sci.* 1994. Vol. 77. P. 2044-2050.
- 16 Brouček J.; Šřoch, M. Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation, *Slovak J. Anim. Sci.* 2009. Vol. 42. P. 167-173.
- 17 West J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *J. Dairy Sci.* 2003. Vol. 86. P. 2131-2144.
- 18 Dikmen S., Hansen P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?, *J. Dairy Sci.* 2009. Vol. 92. P. 109-116.
- 19 Rue B.T.D., Kamphuis C., Burke C.R., Jago J.G. Using activity-based monitoring systems to detect dairy cows in oestrus: A field evaluation, *N. Z. Vet. J.* 2014. Vol. 62. P. 57-62.
- 20 Koszela K., Przybyl J., Kujawa S., Kozłowski R.J., Przybyl K., Niedbala G., Idziaszek P., Boniecki P., Zaborowicz M. IT system for the identification and classification of soil valuation classes, In Proceedings of the Eighth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2016), Chengdu, China, 29 August 2016.
- 21 Dutta R., Smith D., Rawnsley R., Bishop-Hurley G., Hills J., Timms G., Henry D. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers, *Comput. Electron. Agric.* 2015. Vol. 111. P. 18-28.
- 22 Otrzasek J., Mueller W., Koszela K., Weres J., Przybyl J. Presentation of spatial data in analytical applications which use the SSAS platform, In Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM Bulgaria, Albena, Bulgaria, 16-22 June 2013; Volume 1.
- 23 Beilharz R.G., Zeeb K. Social dominance in dairy cattle, *Appl. Anim. Ethol.* 1982. Vol. 8. P. 79-97.
- 24 Otrzasek J., Mueller W., Koszela K., Weres J., Przybyl J. Big data and multidimensional analyses with spatial data, In Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Albena, Bulgaria, 17-26 June 2014; Volume 1.
- 25 Le Neindre P. Influence of rearing conditions and breed on social behaviour and activity of cattle in novel environments, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1989. Vol. 23. P. 129-140.
- 26 Val-Laillet D., Guesdon V., Von Keyserlingk, M.A.G., De Passille A.M., Rushen J. Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2009. Vol. 116. P. 141-149.
- 27 Schein M.W., Fohrman M.H. Social dominance relationships in a herd of dairy cattle, *Br. J. Anim. Behav.* 1955. Vol. 3. P. 45-55.

Сведения об авторах:

Сукрут Абдул Хамид – автор для корреспонденции, PhD студент, кафедра информационных систем Казахского агротехнического университета им. Сакена Сейфуллина, пр. Жеңіс 62, Нур-Султан, Казахстан.

Закирова Алма Булатовна – к.п.н., доцент, Международный университет "Астана", ул. Кабанбай Батыра 8, Нур-Султан, Казахстан.

Ниязова Розамгуль Сериковна – к.т.н., доцент, Агротехнический университет им. Сакена Сейфуллина, пр. Жеңіс 62, Нур-Султан, Казахстан.

Судейменова Рая Зинаддиновна – к.т.н., доцент, кафедра информационных систем Казахского агротехнического университета им. Сакена Сейфуллина, пр. Жеңіс 62, Нур-Султан, Казахстан.

Жаныс Арай Бошанқызы – PhD, ведущий научный сотрудник, Национальная академия образования им. Ы.Алтынсарина, пр. Мангилик ел 8, Нур-Султан, Казахстан.

Sukoot Abdul Hamid – **corresponding author**, PhD student, Department of Information Systems, Seifullin University, Zhenis ave., 62, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Zakirova Alma Bulatovna - Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Astana International University, Kabanbay Batyr ave., 8, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Niyazova Rozamgul Serikovna - Candidate of Technical Sciences, Docent, Seifullin University, Zhenis avenue, 62, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Suleimenova Ray Zinaddinovna - Candidate of Technical Sciences, Docent, corresponding member of the Academy of Pedagogical Sciences, Department of Information Systems, Seifullin University, Zhenis avenue, 62, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Zhanys Aray Boshanqyzy - PhD, Leading Research Specialist, National Academy of Education named after Y. Altyn-sarin, Mangilik el ave. 8, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 03.10.2021