

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ  
Школа бакалавриата

## ОТЧЕТ

По проекту  
«Разработка цифрового двойника агрофермерского комплекса»  
по дисциплине «Проектный практикум»

Заказчик: Фамилия И.О.

Куратор: Фамилия И.О.

ученая степень, ученое звание, должность

Студенты команды \_\_\_\_1.Kur\$\_\_\_\_\_

Фамилия И.О. Крохалев Д.А

Фамилия И.О. Ахманаев Г.В

Фамилия И.О. Назаров Е.М

Шестеров М.А

Дербенева В.В

РИ-230910

РИ-230930

РИ-230934

Екатеринбург, 2025

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
<b>1 Основная часть</b>	<b>5</b>
<b>2 Модели</b>	<b>6</b>
<b>3 База знаний</b>	<b>12</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>19</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>20</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А «(справочное)» Перечень данных.</b>	<b>22</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b>	<b>23</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность:**

Современное сельское хозяйство сталкивается с вызовами, такими как рост спроса на продовольствие, изменение климата, нехватка ресурсов и необходимость устойчивого развития. Цифровые двойники позволяют оптимизировать производственные процессы, снижать затраты и минимизировать риски за счет:

- Точного прогнозирования урожайности и здоровья животных.
- Автоматизации управления ресурсами (вода, удобрения, корма).
- Снижения влияния человеческого фактора на ключевые решения.

Проект соответствует глобальным трендам цифровизации агропромышленного комплекса и способствует внедрению инновационных технологий в сельское хозяйство.

### **Область применения**

Разрабатываемый цифровой двойник может быть использован:

- В фермерских хозяйствах для повышения эффективности растениеводства и животноводства.
- В агрохолдингах для централизованного управления распределенными объектами.
- В научных исследованиях для моделирования различных сценариев развития агроэкосистем.
- В образовательных целях для обучения специалистов современным методам агроменеджмента.

### **Цель и задачи проекта:**

Целью данного проекта является получение знаний и практических навыков по разработке цифрового двойника предприятия на

примере агрофермы для оптимизации бизнес-процессов. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Погрузиться в предметную область.
2. Провести глубокую аналитику в рамках фреймворка системной инженерии Domain-Driven Design.
3. Создать цифровой двойник по выбору заказчика.

Решение этих задач позволит создать цифровой двойник, который будет полезным на рынке и действительно полезным для его агрофермы.

## 1 Основная часть

Каждый участник проводил аналитику аналитику в рамках фреймворка системной инженерии Domain-Driven Design, сформировывал базу знаний и выстраивал онтологии в предметной области (животноводство), составлял календарный план, выводил гипотезы, выводил тренды, участвовал в анализе существующих моделей прогнозирования производства молока (удоя).

Требованием заказчика было проанализировать модели и разобраться в данной теме.

Таблица 1 – сравнение моделей прогнозирования производства молока

Модель	Техническая реализуемость	Экономическая целесообразность	Масштабируемость	Учет физиологии, почв и климата
Временные ряды (ARIMA, SARIMA и др.)	Высокая. Требуется исторических данных, несложна в реализации при наличии статистических пакетов.	Низкие затраты на внедрение, так как используются доступные данные.	Легко масштабируется на разные периоды и регионы при наличии данных.	Не учитывает физиологию животных, почвы и климат напрямую. Фокус на сезонности и трендах.
Физиологические/биологические модели	Средняя. Необходим сбор и обработка биологических данных, интеграция с сенсорами и системами мониторинга.	Высокая для крупных хозяйств с автоматизацией, окупаемость за счет повышения продуктивности.	Хорошо масштабируется на автоматизированных фермах. Для малых хозяйств - ограничено высокой стоимостью внедрения.	Прямой учет физиологии животных. Почвы и климат - через влияние на кормовую базу и здоровье при наличии модулей.
Регрессионные и многомерные модели	Высокая. Требуется сбор разносторонних данных (экономика, агроэкология, продуктивность).	Средние/высокие затраты на сбор и поддержание актуальности данных.	Масштабируется на региональном и национальном уровне, требует адаптации под новые условия.	Частичный учет физиологии и природных условий через прокси-переменные (например, качество кормов).
Модели с учетом кормления и условий среды	Средняя. Необходимы базы данных по кормам, условиям содержания, ветеринарии, интеграция с	Высокая. Позволяет оптимизировать затраты на корма и обслуживание, повышая эффективность.	Масштабируется на крупных хозяйствах, требует автоматизации сбора данных для регионального уровня.	Прямой учет физиологии, почв и климата через параметры кормления и содержания.

	агрометеосистемами.			
--	---------------------	--	--	--

## приложение А

### 1. Статистические модели временных рядов (ARIMA, SARIMA и др.)

#### Описание

Модели временных рядов - один из классических подходов к прогнозированию производства молока. Они анализируют исторические данные по удоям с целью выявления трендов, сезонных колебаний и случайных флуктуаций.

- **ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average)** - модель, учитывающая авторегрессию, интегрирование (устранение тренда) и скользящее среднее.
- **SARIMA** - расширение ARIMA с учетом сезонности.

#### Техническая реализуемость

- Высокая. Модели реализуются в популярных статистических пакетах (R, Python, SAS).
- Требуют наличия больших объемов исторических данных.
- Автоматизация прогнозирования возможна, но модели чувствительны к качеству и полноте данных.

#### Экономическая целесообразность

- Позволяют эффективно планировать производство и сбыт молочной продукции.
- Снижают риски перепроизводства или дефицита.
- Однако не учитывают биологические и экологические факторы напрямую, что ограничивает точность долгосрочных прогнозов.

#### Масштабируемость

- Хорошо масштабируются на уровне хозяйств и регионов.
- Менее эффективны для прогнозирования на уровне отдельных животных или микроклиматических условий.

#### Учет физиологии животных, почв и климата

- Отсутствует прямой учет.
- Влияние физиологии и природных условий отражается лишь косвенно через исторические данные.

- Не подходят для моделирования влияния изменений в кормлении, здоровье животных или климатических аномалий.

## **2. Биологические и физиологические модели**

### **Описание**

Эти модели строятся на основе знаний о физиологии коров, включая циклы лактации, возраст, генетические особенности, рацион питания и состояние здоровья. Часто используются для прогнозирования индивидуальных удоев.

- Пример: модели, учитывающие фазу лактации, температуру тела, активность и другие биомаркеры.
- Могут интегрироваться с системами мониторинга здоровья животных (биосенсоры, RFID).

### **Техническая реализуемость**

- Требуют сбора и обработки большого объема биологических данных.
- Необходимы специализированные программные решения и оборудование.
- Современные IT-технологии и IoT позволяют реализовать такие модели на фермах с высокой автоматизацией.

### **Экономическая целесообразность**

- Высокая при наличии автоматизированных систем сбора данных.
- Повышают продуктивность и качество молока за счет оптимизации кормления и ухода.
- Инвестиции в технологии окупаются за счет роста удоев и снижения затрат на ветеринарное обслуживание.

### **Масштабируемость**

- Хорошо масштабируются на уровне крупных ферм с автоматизированным мониторингом.
- Ограничены для мелких хозяйств из-за затрат на оборудование и обучение персонала.

### **Учет физиологии, почв и климата**

- Прямой учет физиологии животных.
- Почвы и природно-климатические условия учитываются через влияние на кормовую базу и здоровье животных, если интегрировать дополнительные модули.
- Возможна интеграция с системами агрометеорологии.



### **3. Регрессионные и многомерные статистические модели**

#### **Описание**

Используют множественные регрессии и машинное обучение для анализа влияния различных факторов на производство молока:

- Плотность коров на 100 га сельхозугодий
- Расход кормов (концентратов, грубых кормов)
- Доля сельского хозяйства в экономике региона
- Уровень механизации и технологии производства

#### **Техническая реализуемость**

- Реализуются с помощью стандартных статистических и ML-платформ.
- Требуют качественных и разносторонних данных.
- Могут быть интегрированы в информационные системы управления сельским хозяйством.

#### **Экономическая целесообразность**

- Позволяют оптимизировать ресурсы и прогнозировать экономические показатели.
- Подходят для регионального и национального планирования.
- Могут выявлять скрытые зависимости и факторы, влияющие на удои.

#### **Масштабируемость**

- Высокая. Могут применяться как на уровне хозяйств, так и на уровне регионов и стран.
- Гибкость в адаптации под разные условия.

#### **Учет физиологии, почв и климата**

- Частичный. Физиология животных и природные условия включаются через прокси-переменные.
- Требуют расширения модели новыми параметрами для более точного учета биологических и экологических факторов.

### **4. Модели с учетом кормления, условий содержания и ветеринарного обслуживания**

#### **Описание**

Фокусируются на оптимизации кормления с учетом биологической полноценности рационов, условий содержания, а также ветеринарно-зоотехнических мероприятий.

- Учет качества и количества кормов, их влияния на продуктивность.
- Влияние условий содержания (температура, влажность, вентиляция).
- Влияние ветеринарного обслуживания на здоровье и продуктивность.

#### **Техническая реализуемость**

- Требуют интеграции с системами мониторинга кормления и здоровья.
- Возможна автоматизация на крупных фермах.
- Необходимы базы данных по кормам, ветеринарии и условиям содержания.

#### **Экономическая целесообразность**

- Повышают эффективность производства за счет снижения потерь и повышения удоев.
- Инвестиции в системы окупаются за счет улучшения качества продукции и снижения затрат.

#### **Масштабируемость**

- Средняя. Хорошо подходят для крупных хозяйств.
- Могут быть адаптированы для региональных агроэкологических условий.

#### **Учет физиологии, почв и климата**

- Прямой учет физиологии животных.
- Почвы и климат учитываются через влияние на кормовую базу и условия содержания.
- Важна интеграция с агрометеорологическими системами.

#### **Перспектива: создание комплексного симулятора прогнозирования производства молока**

##### **Основные требования к симулятору**

##### **1. Многофакторность**

Интеграция биологических, экологических, экономических и технических параметров.

##### **2. Модульность**

Возможность добавлять и обновлять модули: физиология животных, кормление, почвенно-климатические условия, экономические показатели.

### **3. Адаптивность и масштабируемость**

Поддержка различных масштабов - от отдельной фермы до регионального уровня.

### **4. Интерактивность и визуализация**

Удобный интерфейс для анализа сценариев и принятия решений.

### **5. Использование современных технологий**

Искусственный интеллект, машинное обучение, IoT для сбора и обработки данных в реальном времени.

## **Преимущества симулятора**

- Позволит прогнозировать удои с учетом физиологии животных, качества кормов, почвенно-климатических условий.
- Поможет оптимизировать кормление и условия содержания.
- Снизит экономические риски и повысит устойчивость производства.
- Будет полезен как для фермеров, так и для аграрных менеджеров и исследователей.

## **Рекомендации по разработке**

- Начать с создания базовой модели с использованием статистических и биологических данных.
- Интегрировать модули агрометеорологии и почвоведения.
- Разработать систему сбора данных с ферм (сенсоры, мобильные приложения).
- Внедрить алгоритмы машинного обучения для повышения точности прогнозов.
- Обеспечить пользовательский интерфейс для анализа и визуализации данных.

### 3 База знаний

```
const база_знаний_предметной_области = {
  ОсновнаяПредметнаяОбласть: "Управление животноводством",
  Агрегаты: {
    Животное: {
      атрибуты: ["ид", "вид", "порода", "возраст", "пол",
        "состояниеЗдоровья", "показателиПродуктивности"],
      связи: ["ПланКормления", "ВетеринарныйОсмотр",
        "ГенетическийПрофиль"]
    },
    Ферма: {
      атрибуты: ["ид", "название", "расположение",
        "типыЖивотных", "системаКормления"],
      связи: ["Животное", "СотрудникФермы"]
    },
    ПланКормления: {
      атрибуты: ["ид", "тип", "компоненты", "калорийность",
        "балансПитания", "типКормления"],
      связи: ["Животное"]
    },
    ВетеринарныйОсмотр: {
      атрибуты: ["ид", "идЖивотного", "дата", "диагноз",
        "лечения"],
      связи: ["МедКарта"]
    },
    ГенетическийПрофиль: {
      атрибуты: ["ид", "идЖивотного", "черты",
        "генетическийИндекс", "рекомендацииПоРазведению"],
      связи: ["ПрограммаРазведения"]
    }
  },
  Сущности: {
    Животное: ["КРС", "Овцы", "Козы", "Свиньи", "Птица"],
    КомпонентКорма: ["Сено", "Зерно", "Добавки"],
    СотрудникФермы: ["Ветеринар", "Кормильщик",
      "Селекционер"],
    ДанныеСенсора: ["Температура", "Движение", "Жвачка"]
  },
  ОбъектыЗначения: {
    ПоказателиПродуктивности: ["Удой",
      "МяснаяПродуктивность", "ЯичнаяПродуктивность"],
    СистемаКормления: ["Выпас",
      "КонцентрированноеКормление", "СмешаннаяСистема"],
    ПротоколЗдоровья: ["Вакцинация", "КонтрольБолезней",
      "МониторингПитания"],
    МетодРазведения: ["ГеномнаяСелекция", "Скрещивание",
      "ОптимизацияЧерты"],
```

```

    Технология: ["ТочноеЖивотноводство", "АИМониторинг",
"Автокормление"]
},
ДоменныеСервисы: {
    СервисОптимизацииКорма: "Рассчитывает оптимальный план
кормления по виду и целевой продуктивности",
    СервисМониторингаЗдоровья: "Отслеживает данные сенсоров
и уведомляет о рисках",
    СервисАнализаПродуктивности: "Сравнивает фактические
показатели с ожидаемыми",
    СервисГенетическогоОтбора: "Подбирает пары для
разведения по генетическому индексу",
    СервисАИНаблюдения: "Использует ИИ для выявления
болезней и отклонений в поведении"
},
ДоменныеСобытия: {
    ЖивотноеПривито: "Животное получило прививку",
    НазначенПланКормления: "Назначен или обновлён план
кормления",
    ПревышенаПродуктивность: "Животное превысило целевые
показатели",
    ОбнаруженоОтклонениеЗдоровья: "АИ или сенсор обнаружили
проблему",
    ПодобранаПараДляРазведения: "Найдена генетически
подходящая пара"
},
Поддомены: {
    Основные: ["УправлениеЖивотными", "Кормление",
"Ветеринария", "Разведение"],
    Поддерживающие: ["УправлениеПерсоналом", "Логистика",
"Снабжение"],
    Общие: ["Аутентификация", "РолиПользователей",
"ХранениеДанных"]
},
Организация: {
    Статистика: "Отслеживание количества животных по видам,
породам и стоимости содержания на фермах и
подразделениях"
},
Функционал: {
    Описание: "Определяет функции и задачи системы:
управление животными, кормлением, здоровьем, разведением,
мониторинг и оптимизация"
},
Технологии: {
    Используемые: ["Искусственный интеллект (ИИ)",
"Машинное обучение (МЛ)", "Интернет вещей (IoT)",
"Обработка больших данных (Big Data)"]
},

```

```

Модели: {
    Конкретные: [
        {название: "МодельПрогнозированияПродуктивности",
        описание: "Прогнозирует продуктивность животных на
        основе исторических данных и сенсорных
        показателей"},
        {название: "МодельДиагностикиЗаболеваний",
        описание: "Использует ИИ для раннего выявления
        заболеваний по поведению и биометрии"},
        {название: "ГенетическаяМодельОтбора", описание:
        "Определяет оптимальные пары для разведения с учётом
        генетических индексов и характеристик"}
    ]
}
};

```

### 1. ОсновнаяПредметнаяОбласть

- Управление животноводством — главная сфера, которой посвящена база знаний. Включает управление животными, кормлением, здоровьем, разведением и сопутствующими процессами.

### 2. Агрегаты

Агрегаты — ключевые сущности с атрибутами и связями, отражающие основные объекты и процессы в системе.

- Животное
- Атрибуты: ид (идентификатор), вид, порода, возраст, пол, состояние здоровья, показатели продуктивности.
- Связи: ПланКормления, ВетеринарныйОсмотр, ГенетическийПрофиль.
- Ферма
- Атрибуты: ид, название, расположение, типы животных, система кормления.
- Связи: Животное, СотрудникФермы.
- ПланКормления
- Атрибуты: ид, тип, компоненты, калорийность, баланс питания, тип кормления.
- Связи: Животное.
- ВетеринарныйОсмотр
- Атрибуты: ид, идЖивотного, дата, диагноз, лечения.
- Связи: МедКарта (медицинская карта).
- ГенетическийПрофиль
- Атрибуты: ид, идЖивотного, черты, генетический индекс, рекомендации по разведению.
- Связи: ПрограммаРазведения.

### 3. Сущности

Категории объектов, которые используются в системе:

- Животное: КРС (крупный рогатый скот), Овцы, Козы, Свиньи, Птица.
- КомпонентКорма: Сено, Зерно, Добавки.
- СотрудникФермы: Ветеринар, Кормильщик, Селекционер.
- ДанныеСенсора: Температура, Движение, Жвачка (биометрические показатели).

#### **4. ОбъектыЗначения**

Перечисления, описывающие конкретные значения атрибутов:

- ПоказателиПродуктивности: Удой, МяснаяПродуктивность, ЯичнаяПродуктивность.
- СистемаКормления: Выпас, КонцентрированноеКормление, СмешаннаяСистема.
- ПротоколЗдоровья: Вакцинация, КонтрольБолезней, МониторингПитания.
- МетодРазведения: ГеномнаяСелекция, Скрещивание, ОптимизацияЧерты.
- Технология: ТочноеЖивотноводство, АИМониторинг, Автокормление.

#### **5. ДоменныеСервисы**

Функциональные сервисы системы, обеспечивающие ключевые бизнес-процессы:

- СервисОптимизацииКорма — рассчитывает оптимальный план кормления по виду животного и целевой продуктивности.
- СервисМониторингаЗдоровья — отслеживает данные сенсоров и уведомляет о рисках для здоровья.
- СервисАнализаПродуктивности — сравнивает фактические показатели продуктивности с ожидаемыми.
- СервисГенетическогоОтбора — подбирает пары для разведения по генетическому индексу.
- СервисАИНаблюдения — использует искусственный интеллект для выявления болезней и отклонений в поведении животных.

#### **6. ДоменныеСобытия**

Ключевые события, которые фиксируются в системе и могут запускать бизнес-логику:

- ЖивотноеПривито — животное получило прививку.
- НазначенПланКормления — назначен или обновлён план кормления.
- ПревышенаПродуктивность — животное превысило целевые показатели продуктивности.
- ОбнаруженоОтклонениеЗдоровья — АИ или сенсор обнаружили проблему со здоровьем.
- ПодобранаПараДляРазведения — найдена генетически подходящая пара для разведения.

#### **7. Поддомены**

Области предметной области, разделённые по функциональному признаку:

- Основные поддомены:
- Управление Животными
- Кормление
- Ветеринария
- Разведение
- Поддерживающие поддомены:
- Управление Персоналом
- Логистика
- Снабжение
- Общие поддомены:
- Аутентификация
- Роли Пользователей
- Хранение Данных

## **8. Организация**

- Статистика — отслеживание количества животных по видам, породам и стоимости содержания на фермах и подразделениях.

## **9. Функционал**

- Описание функций и задач системы: управление животными, кормлением, здоровьем, разведением, мониторинг и оптимизация процессов.

## **10. Технологии**

Используемые технологии для реализации системы:

- Искусственный интеллект (ИИ)
- Машинное обучение (МЛ)
- Интернет вещей (IoT)
- Обработка больших данных (Big Data)

## **11. Модели**

Конкретные модели, применяемые для анализа и прогнозирования:

- Модель Прогнозирования Продуктивности — прогнозирует продуктивность животных на основе исторических данных и сенсорных показателей.
- Модель Диагностики Заболеваний — использует ИИ для раннего выявления заболеваний по поведению и биометрии.
- Генетическая Модель Отбора — определяет оптимальные пары для разведения с учётом генетических индексов и характеристик.

## **1. Основные категории базы знаний (приложение Б)**

База знаний структурирована по следующим ключевым направлениям:

### **1. Типы животноводства (Livestock Types):**

- Крупный рогатый скот (Cattle)



- Овцы (Sheep)
- Козы (Goats)
- Свины (Pigs)
- Птицеводство (Poultry)

## **2. Системы кормления (Feeding Systems):**

- Пастбищное кормление (Pasture-based)
- Концентрированное кормление (Concentrate feeding)
- Смешанные системы (Mixed systems)

## **3. Здоровье и ветеринария (Health and Veterinary):**

- Протоколы вакцинации (Vaccination protocols)
- Управление заболеваниями (Disease management)
- Питательное здоровье (Nutritional health)

## **4. Метрики продуктивности (Productivity Metrics):**

- Удой молока (Milk yield)
- Производство мяса (Meat production)
- Производство яиц (Egg production)

## **5. Разведение и генетика (Breeding and Genetics):**

- Геномная селекция (Genomic selection)
- Скрещивание пород (Crossbreeding)
- Оптимизация признаков (Trait optimization)

## **6. Инновационные технологии (Innovative Technologies):**

- Точное животноводство (Precision livestock farming)
- Мониторинг на основе ИИ (AI-based monitoring)
- Автоматизированные системы кормления (Automated feeding systems)

## **2. Визуализация онтологии**

Для отображения взаимосвязей между категориями была построена онтология, представленная в виде графа. На графе показаны основные категории и их подкатегории, а также связи между ними.

**Описание графа:**

- Центральный узел: "Животноводство" ("Livestock Farming").
- Основные категории связаны с центральным узлом.
- Подкатегории связаны с соответствующими категориями.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Требования заказчика считаем выполненными, если не учитывать создание цифрового двойника. Для будущих команд сделали большой вклад по аналитике, с помощью которой можно быстро и понятно разобраться в данном проекте.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Профессиональные базы данных и другие интернет-ресурсы / <https://library.mgavm.ru/elektronnye-resursy/professionalnye-bazy-dannykh/> .
2. 1С:Цифровое животноводство. Оперативный учет и управление производством. КРС / <https://solutions.1c.ru/catalog/mes-krs/features> .
3. Автоматизация животноводства  
[https://www.1cbit.ru/blog/avtomatizatsiya-zhivotnovodstva/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.perplexity.ai%2F](https://www.1cbit.ru/blog/avtomatizatsiya-zhivotnovodstva/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.perplexity.ai%2F) .
4. Барс.Сельское хозяйство / <https://bars-tm.ru/животноводство/> .
5. Google Scholar/животноводство
6. Методические основы прогнозирования производства и потребления молока и молочных продуктов региона / <https://sciup.org/metodicheskie-osnovy-prognozirovaniya-proizvodstva-i-potrebleniya-moloka-i-142199294> .
7. Компьютерная модель прогнозирования производства молока на ферме и индивидуальных удоев коров  
<https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternaya-model-prognozirovaniya-proizvodstva-moloka-na-ferme-i-individualnyh-udoev-korov/viewer> .
8. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА НА ОСНОВЕ СЕЗОННОЙ АРИМА-МОДЕЛИ / [https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42487&utm\\_source=perplexity.ai&utm\\_medium=referral&utm\\_campaign=perplexity.ai&utm\\_referrer=perplexity.ai](https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42487&utm_source=perplexity.ai&utm_medium=referral&utm_campaign=perplexity.ai&utm_referrer=perplexity.ai) .
9. ИВР\_05\_2019\_Прогноз пр-ва молока в России\_2  
[http://www.viapi.ru/download/2019/ИВР\\_05\\_2019\\_Прогноз%20пр-ва%20молока%20в%20России\\_2.pdf](http://www.viapi.ru/download/2019/ИВР_05_2019_Прогноз%20пр-ва%20молока%20в%20России_2.pdf) .
10. Российский стартап создал систему для ускоренной оценки племенной ценности КРС / [Российский стартап создал систему для](#)

[ускоренной оценки племенной ценности КРС](#) .

11. 3 кейса применения IoT в животноводстве / [3 кейса применения IoT в животноводстве](#) .
12. Статистический анализ и моделирование производства молока на региональном уровне / [Статистический анализ и моделирование производства молока на региональном уровне](#) .
13. Методические основы прогнозирования производства и потребления молока и молочных продуктов региона / [Методические основы прогнозирования производства и потребления молока и молочных продуктов региона – тема научной статьи по животноводству и молочному делу читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка](#) .
14. Цифровые двойники в сельском хозяйстве / Хабр / [Цифровые двойники в сельском хозяйстве / Хабр](#) .
15. Исследовательская работа "Исследование качества коровьего молока" / [Исследовательская работа "Исследование качества коровьего молока"](#) .
- 16.

Приложение А

**«(справочное)»**

**Перечень данных.**

<b>Перечень данных</b>	<b>Название / Краткое описание модели</b>	<b>Эффект</b>
Исторические данные (надой, вес, прирост)	Временные ряды (ARIMA, SARIMA)	Выявление сезонных трендов и циклов, прогнозирование динамики продуктивности.
Биометрические данные (возраст, порода, здоровье)	Физиологические/биологические модели	Учет индивидуальных особенностей животных, оптимизация рационов и содержания.
Экономические показатели (затраты, доходы, цены)	Регрессионные и многомерные модели	Анализ зависимости продуктивности от экономических факторов, оценка рентабельности.
Данные о кормах (состав, качество, объемы)	Модели с учетом кормления и условий среды	Оптимизация рационов, снижение затрат на корма, повышение эффективности откорма.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**«(обязательное)»**

**Категории базы знаний.**

