

Программные системы и вычислительные методы*Правильная ссылка на статью:*

Староверова Н.А., Чмиль Д.А., Мухамадиев Р.Р. — Разработка ветеринарной экспертной системы // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 3. DOI: 10.7256/2454-0714.2023.3.43762 EDN: YZAROA URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=43762

Разработка ветеринарной экспертной системы**Староверова Наталья Александровна**

ORCID: 0000-0002-5524-1325

кандидат технических наук

доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации Казанского национального исследовательского технического университета

420015, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68



nata-staroverova@yandex.ru

Чмиль Дмитрий Андреевич

студент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации Казанского национального исследовательского технического университета

420015, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68

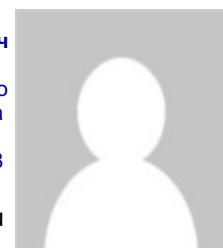
chmildmitrii@gmail.com

**Мухамадиев Руслан Рустамович**

аспирант кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации Казанского национального исследовательского технического университета

420015, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68

rusel6991@yandex.ru



[Статья из рубрики "Базы знаний, интеллектуальные системы, экспертные системы, системы поддержки принятия решений"](#)

DOI:

10.7256/2454-0714.2023.3.43762

EDN:

YZAROA

Дата направления статьи в редакцию:

10-08-2023

Аннотация: Ветеринарная медицина является сферой, где современные технологии

могут оказать значительное влияние. Применение экспертных систем в данной области ещё не полностью исследовано. Экспертные системы могут обрабатывать большой объём данных, включая симптомы, историю заболеваний и другие параметры, чтобы предоставить точные и быстрые диагнозы. Это особенно ценно в ситуациях, где быстрое вмешательство может спасти жизнь животного. Эти системы могут служить вспомогательным инструментом для ветеринаров, особенно в сложных или редких случаях заболеваний. Они могут предоставлять рекомендации на основе последних исследований и клинических практик. В сельском хозяйстве экспертные системы могут анализировать данные о здоровье всего стада и выявлять возможные проблемы или тренды, помогая фермерам и ветеринарам принимать своевременные меры. Статья посвящена разработке ветеринарной экспертной системы, отражающей современные потребности в сфере здравоохранения животных. Авторы осуществляют детальный анализ существующих ветеринарных систем, выделяя ключевые функциональные возможности, необходимые ветеринарным и сельскохозяйственным специалистам. Одним из уникальных аспектов работы является использование весовых коэффициентов симптомо-комплексов и расчёта вероятности диагностируемых заболеваний, что может внести значительный вклад в точность и эффективность диагностики заболеваний животных. Статья может служить полезным ресурсом для специалистов в области ветеринарии, а также разработчиков программного обеспечения, занимающихся созданием интеллектуальных систем в медицинских и сельскохозяйственных приложениях.

Ключевые слова:

экспертная система, экспертный модуль, диагностика, ветеринарные диагностические системы, ветеринарное программное обеспечение, база знаний, реляционные базы данных, искусственный интеллект, программные системы, вычислительные методы

Введение

В области ветеринарной медицины наблюдается тенденция роста объема данных, которые необходимо хранить, обрабатывать и анализировать соответствующим образом. Для эффективной организации и обработки данных ветеринары и специалисты по диагностике животных используют различные информационные и экспертные системы, базы данных, электронные медицинские записи и различные программные обеспечения (ПО) [\[1,2\]](#).

Ветеринарная экспертная система – это компьютерная программа, разработанная для поддержки ветеринарных специалистов в процессе диагностики и принятия решений по лечению животных. Она использует базу знаний, которая содержит информацию о различных заболеваниях, симптомах, методах диагностики и лечения, а также опыт и экспертизу ветеринарных специалистов. Основная цель ветеринарной экспертной системы состоит в том, чтобы помочь ветеринарам в постановке правильного диагноза и выборе оптимального лечения для животного. Система анализирует предоставленные данные о состоянии животного, его симптомах и лабораторных исследованиях, затем сравнивает их с имеющейся базой знаний и предлагает ветеринару возможные диагнозы и рекомендации по лечению. Ветеринарная экспертная система может быть полезной в случаях, когда требуется экспертное мнение или при консультациях в ситуациях, где ветеринарный специалист может столкнуться с редкими или сложными случаями заболеваний. Она может помочь ускорить процесс диагностики, уменьшить вероятность

ошибок и повысить качество ветеринарного обслуживания. Ветеринарные экспертные системы могут быть использованы как независимые программы на компьютере или встроены в другие ветеринарные информационные системы для улучшения и расширения функциональности [1].

Одним из примеров подобной системы, является «Коралл» – совокупность целого ряда программ, разработанных для решения задач экономической и зоотехнической оптимизации кормления сельскохозяйственных животных, планированию кормовой базы и управлению содержанием животных на ферме.

В этом комплекте есть отдельные программы «КОРАЛЛ – Болезни» для каждого вида животного (крупнорогатого скота, свиней, птиц, собак), предназначенные для диагностики болезней определенного животного и определения мер борьбы с болезнями.

Каждая программа представляет собой экспертную систему, разработанную для автоматизации диагностики заболеваний животных и предоставления рекомендаций по их профилактике, лечению и оздоровлению. Она также формирует информационные справки, содержащие данные о болезнях, признаках, возбудителях, распространении и поражаемых системах, а также справочную литературу.

Экспертная система разработана для экспертов и пользователей. Эксперт определяет правила диагностики, устанавливая связи между болезнями и признаками, а также определяя влияние конкретных признаков на определение конкретной болезни. Он также описывает методы и схемы борьбы с болезнью, ее лечение и меры профилактики. Пользователь, работая с программой, самостоятельно диагностирует болезнь на основе заданных признаков и получает необходимую информацию о лечении и профилактике. Он имеет возможность последовательно уточнять диагноз, используя все связи и знания, заложенные в программу экспертом [3].

Экспертная система диагностики заболеваний лошадей [4], разработанная в КНР интеллектуальная система оценки заболеваний лошадей, представляет собой комплексный инструмент для диагностики и оценки состояния здоровья лошадей. Она основана на принципах искусственного интеллекта и экспертных знаний ветеринарных специалистов. Эта экспертная система обладает широким спектром функций, позволяющих ветеринарным врачам и специалистам по лошадям производить точную диагностику заболеваний и оценивать их тяжесть.

Основная цель системы – предоставить ветеринарам надежный инструмент для определения правильного диагноза и принятия эффективных мер по лечению и уходу за больными лошадьми. Она использует экспертные правила, логические алгоритмы и базу знаний. Пользователи могут вводить информацию о лошади и ее состоянии в систему, после чего она проводит анализ данных и предоставляет некоторый отчет о возможных диагнозах. Эта система пригодна для использования ветеринарами и фермерами, занимающимися разведением лошадей, и способна надежно диагностировать различные наиболее распространенные заболевания лошадей (около 40 видов) [4].

Экспертная система диагностики заболеваний свиней [5] была разработана в Таиланде с целью предоставить свиноводам и животноводам усовершенствованный инструмент для диагностики заболеваний. В данной системе постановка диагноза происходит в три этапа, каждый из которых имеет свою специализированную функцию.

Первый этап – это скрининг заболевания. На этом этапе создается модель, которая учитывает пол и возраст свиней для представления знаний.

Второй этап – диагноз, основанный на симптомах заболевания. На этом этапе создается новая модель для представления неопределенных знаний. Эта модель использует числовые значения для каждого симптома, определенные ветеринаром, и учитывает степень достоверности возникших симптомов.

Третий этап – диагноз заболевания с учетом степени его вредоносности. На этом этапе также используется метод диагностики заболеваний на основе проведения аутопсии свиней.

База данных экспертной системы для диагностики заболеваний свиней состоит из 16 компонентов, включая пол, возрастной диапазон, заболевание, фотографии заболеваний, группы симптомов, описание симптомов, степень поражения, фотографии поражений, информацию о связи поражений с заболеваниями, информацию о больницах, панель вопросов и панель ответов [\[5\]](#).

Проведенный обзор существующих ветеринарных систем и программ позволяет выделить следующие основные функциональные возможности, необходимые ветеринарным и сельскохозяйственным специалистам, работающим с животными [\[6,7,8\]](#):

- База знаний: экспертные системы основаны на обширных знаниях и опыте ветеринарных экспертов. Они содержат базы данных с медицинской информацией, стандартными протоколами и знаниями о заболеваниях животных.
- Диагностика и прогнозирование: экспертные системы способны проводить диагностику заболеваний на основе симптомов, анализов и истории болезней животного. Они могут также предсказывать развитие болезней и прогнозировать эффективность различных методов лечения.
- Рекомендации по лечению: экспертные системы предоставляют ветеринарам рекомендации по лечению на основе текущих клинических данных и лучших практик. Они могут помочь определить оптимальные лекарственные средства, дозировку и схему лечения.
- Интеграция с другими системами: многие программные обеспечения способны интегрироваться с другими системами. Это позволяет обмениваться данными и получать полную картину о состоянии и лечении животного.
- Обучение и совместное использование знаний: экспертные системы могут быть обучены на основе новых данных и опыта ветеринарных специалистов. Они могут также использоваться совместно ветеринарной командой, что позволяет обмениваться знаниями и опытом для более точных диагнозов и лечения.

Также были обнаружены некоторые общие ограничения и недостатки существующих систем:

- Ограниченность знаний: экспертные системы базируются на знаниях и опыте экспертов, которые могут быть ограничены. В некоторых случаях, особенно при редких или сложных заболеваниях, может быть недостаточно достаточного объема данных и экспертных знаний для точной диагностики и лечения.
- Зависимость от качества данных: результаты экспертных систем сильно зависят от

качества и достоверности входных данных. Если данные неполные, неточные или искаженные, это может привести к неверным выводам и рекомендациям.

- Ограниченнность алгоритмов и методов: существующие системы могут использовать ограниченный набор алгоритмов и методов для анализа данных и принятия решений. В некоторых случаях, особенно при сложных или нестандартных ситуациях, требуется более гибкий и адаптивный подход.

- Недостаточная интеграция с другими системами или полное её отсутствие.

- Ограниченнность пользовательского интерфейса: некоторые существующие решения могут иметь сложный или неудобный пользовательский интерфейс, что затрудняет их использование в повседневной практике ветеринаров. Простота использования и интуитивно понятный интерфейс являются важными аспектами для успешной реализации экспертных систем.

- Стоимость: практически все рассмотренные программные обеспечения являются платными, что накладывает свои некоторые ограничения по использованию всех возможностей продукта.

Подавляющее большинство качественного и функционального программного обеспечения было создано за пределами нашей страны. Однако использование такого зарубежного ПО влечет за собой определенные ограничения и минусы, которые следует учитывать:

- Языковые и культурные различия: зарубежное ПО часто разрабатывается на основе местных потребностей и нормативных требований. Это может привести к языковым барьерам и несоответствию некоторых функций или понятий, что может затруднить взаимодействие и понимание для пользователей в других странах.

- Региональные законодательные требования: каждая страна имеет свои специфические правила и требования в области ветеринарии. Зарубежное ПО может не полностью соответствовать местным стандартам и требованиям, что может потребовать дополнительных настроек или адаптаций для соответствия местному законодательству.

- Техническая поддержка и обновления: иностранные разработчики могут предоставлять техническую поддержку и обновления соответствующие своей стране. В случае использования зарубежного ПО, доступность технической поддержки и обновлений может быть ограничена или неадекватна для конкретной страны или региона.

- Валютные и финансовые вопросы: использование зарубежного ПО может быть связано с затратами на лицензирование, обновления и поддержку, которые могут быть зависимыми от валютных курсов и финансовой ситуации. Это может создать финансовые неудобства и нестабильность при использовании зарубежного ПО.

- Данные и конфиденциальность: при использовании иностранного ПО, особенно облачных решениях, существует потенциальный риск относительно хранения и обработки данных, так как они могут находиться в другой юрисдикции. Это может вызвать проблемы с конфиденциальностью и соответствием местным правилам о защите данных.

Ознакомление с подобными программными обеспечениями и экспертными системами позволило получить полное представление о текущем состоянии и развитии данной области, а также выделить потенциальные преимущества и возможности для улучшения и оптимизации процессов ветеринарной медицины и диагностики животных.

Целью работы является реализация модуля экспертной системы с учетом сформулированных выше функциональных возможностей, ограничений и недостатков. К разрабатываемой системе были сформулированы следующие требования:

- 1) использование современных стандартов программирования;
- 2) возможность применения современных подходов и архитектур в создании информационных систем;
- 3) возможность создания информационных систем с использованием web-технологий;
- 4) поддержка и развитие языка программирования со стороны разработчиков данного языка программирования;
- 5) среда разработки должна отвечать всем современным стандартам по информационной безопасности;
- 6) поддержка open-source решений.

Основная часть

Разрабатываемый экспертный модуль использует многоуровневую архитектуру. Основные компоненты модуля:

- 1) база знаний;
- 2) администрирование;
- 3) база данных;
- 4) механизм определения предварительного диагноза.

На рисунке 1 представлены возможности пользователя, возможно выполнение таких действий как просмотр реестра заболеваний, проведение диагностики заболеваний по симптомам. Исходя из этого, определив диагноз по начальным симптомам, система предложит описание, методы лечения и профилактики данного заболевания [\[8\]](#).



Рисунок 1. Основные сценарии использования экспертной системы

В разработке любого экспертного модуля важным этапом является приобретение знаний от экспертов в соответствующей области. Структура системы диагностики представлена на рисунке 2.

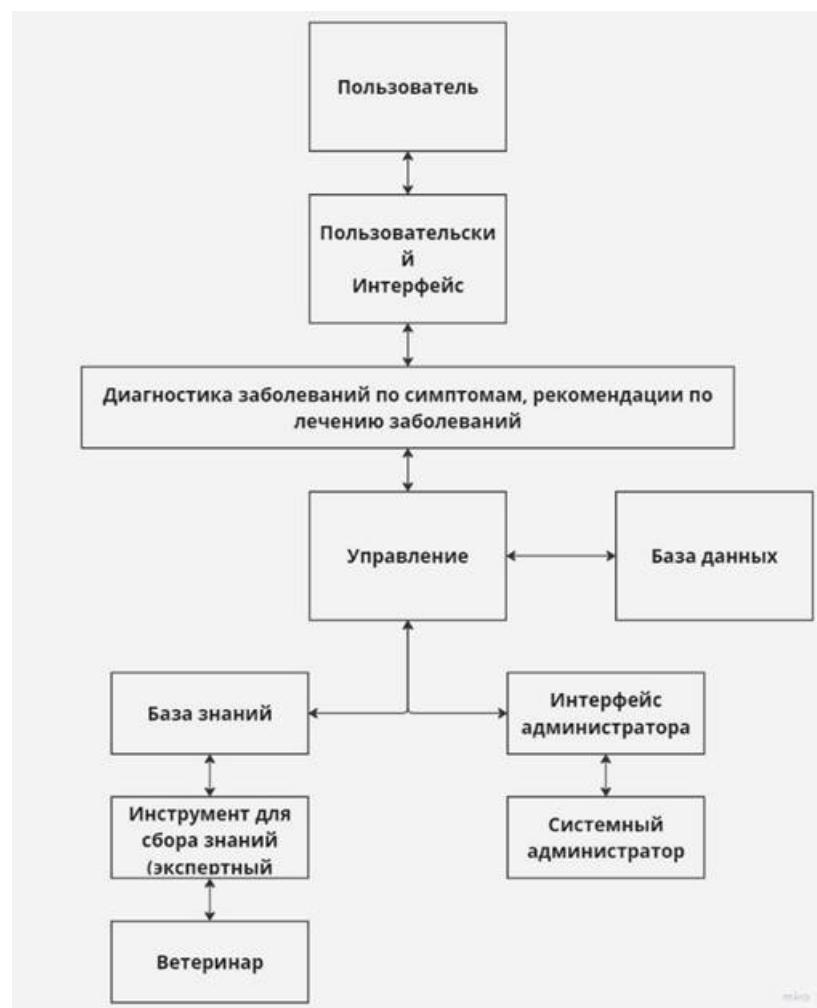


Рисунок 2. Структура системы диагностики заболеваний коров

База знаний была заполнена на основе опроса экспертов. Были рассмотрены 16 заболеваний крупного рогатого скота, описаны симптомы, связанные с этими заболеваниями (симптомы, связанные с заболеваниями кожи, симптомы, связанные с костно-мышечной системой, симптомы, связанные с пищеварительной системой, симптомы, связанные с дыхательной системой, симптомы, связанные с центральной нервной системой, симптомы, связанные с сердечно-сосудистой системой, симптомы, связанные с мочеполовой системой, симптомы, связанные с органами зрения, симптомы, связанные с лактозной железой, симптомы, связанные с лимфоидной системой. От экспертов были получены весовые коэффициенты для каждого симптома (w). Для группы симптомов использовалось понятие «симптомо-комплекса», которое обозначалось своим весом [9].

Для определения наиболее вероятных заболеваний система вычисляет сумму весовых значений, наблюдаемых симптомо-комплексов и отдельных симптомов. Затем рассчитанные значения сортируются в порядке убывания, чтобы определить соответствующие заболевания, наиболее вероятные для данного случая.

В процессе анализа каждого случая применяется метод расчета весов. Рассмотрим заболевание вирусная диарея, которое имеет определенное количество симптомов и симптомо-комплексов [10,11]. Согласно базе знаний и анкете, полученной от ветеринарных экспертов для данного заболевания можно использовать 14 симптомов с их весовыми значениями:

- 1) $C01$ (Лихорадка) $W(d,s)=1\%$,
- 2) $M01$ (Поражение конечностей) $W(d,s)=1\%$,
- 3) $M04$ (Хромота) $W(d,s)=1\%$,
- 4) $F01$ (Потеря аппетита) $W(d,s)=10\%$,
- 5) $F03$ (Слюнотечение) $W(d,s)=10\%$,
- 6) $F04$ (Стоматит) $W(d,s)=10\%$,
- 7) $F06$ (Поражения полости рта) $W(d,s)=10\%$,
- 8) $F07$ (Афты, язвы полости рта) $W(d,s)=8\%$,
- 9) $F10$ (Атония желудка) $W(d,s)=10\%$;
- 10) $F11$ (Заболевание брюшной стенки) $W(d,s)=10\%$,
- 11) $F14$ (Экскременты с примесью крови, слизи, пузырьков газа) $W(d,s)=10\%$,
- 12) $N01$ (Травма ЦНС) $W(d,s)=6\%$,
- 13) $N03$ (торможение) $W(d,s)=2\%$,
- 14) $N08$ (атаксия) $W(d,s)=1\%$,

где $C01$ – код симптома, $W(d,s)$ – значение веса симптома s для заболевания d .

В результате вычисляется общая сумма весовых коэффициентов симптомов для определенного заболевания с использованием формулы (1).

$$W(d, S^0) = \sum_{s \in S^0} W(d, s), \quad (1)$$

где d – болезнь, S^0 – наблюдаемый набор симптомов, $W(d,s)$ – весовое значение симптома s для болезни d .

Для приведенного выше примера с заболеванием «вирусная диарея» значения аргументов будут равны:

При $S^0 = 14$:

$$\begin{aligned} W(d, S^0) &= W(C01) + W(M01) + W(M04) + W(F01) + W(F03) + W(F04) + W(F06) + \\ &+ W(F07) + W(F10) + W(F11) + W(F12) + W(F14) + W(N01) + W(N03) + W(N08) = 100\% \end{aligned}$$

Поскольку для заболевания d возможно наличие нескольких симптомо-комплексов k с различными весами w , учитывается симптомо-комплекс с наибольшим весом, включающий наблюдаемые симптомы. Каждый симптомо-комплекс представляет собой группу симптомов, характеризующих определенное состояние заболевания:

$$k_{\max} \in K(d), \text{ где } S(k) \in S^0, \text{ и } W(d, k), \quad (2)$$

$$\text{т.е. } W(d, k) \geq W(d, k_j) \text{ для } \forall k_j \in k(d), \quad (3)$$

где $K(d)$ – симптомо-комплексы заболевания d , $S(k)$ – множество симптомов симптомо-комплекса k , $W(d,k)$ – коэффициент веса симптомо-комплекса k для заболевания d .

Например, при вирусной диарее симптомо-комплекс с наибольшим весовым коэффициентом k_{max} включает 5 симптомов ($F01, F03, F04, F06, F07$), т.е. $S(k_{max}) = 5$.

В целом согласно базе знаний, предоставленной ветеринарными экспертами для этого заболевания симптомо-комплекс k_{max} даст $W(d, k_{max}) = 65\%$.

С учетом сказанного, количество симптомов, не вошедших в симптомо-комплекс, будет рассчитываться как разница $S^X = S^0 - S(k_{max})$, т.е. для вирусной диареи $S^X = 9$. Таким образом, легко рассчитать $W(d, S^X) = 52\%$.

Общая сумма весов R для наблюдаемых симптомов S^0 и симптомо-комплексов $S(k_{max})$ для заболевания d рассчитывается по формуле [12]:

$$W(d, s) = W(d, k_{max}) + W(s, S^0) \quad (4)$$

Для вирусной диареи общая сумма весов R для наблюдаемой группы симптомов $S^Y(F11, F14)$ и симптомо-комплексов $S(k_{max})$ одновременно составит $W(d, s) = 85\%$. Таким образом, можно заключить, что введение параметра симптомо-комплекса способствует более точному определению конкретного заболевания. Результаты, представленные в процентном соотношении, могут указывать на присутствие определенных симптомов при определенном диагнозе [13].

Для хранения центральной базы данных и ее локальной версии на пользовательском устройстве были использованы реляционные базы данных под управлением системы PostgreSQL. У пользователей имеется свободный доступ к базе знаний, в которой содержится информация о заболеваниях. Также имеется доступ к предварительному определению заболевания. Для этого необходимо указать симптомы и в результате выдаётся предварительный диагноз. Для экспертов предусмотрена панель администрации, позволяющая добавлять новые заболевания и симптомы в базу знаний, а также настраивать механизм вывода предварительного диагноза на основе симптомов.

Заключение

Разработанный экспертный модуль соответствует требованиям, сформулированным на основе анализа существующих диагностических систем и представленным ранее. Данный экспертный модуль в дальнейшем планируется как одна из частей разрабатываемой диагностической информационной системы. Проведенное тестирование экспертного модуля показывает его достаточную точность, возможность дополнения базы данных и расширения функционала. Важным аспектом является возможность интеграции с параллельными технологиями платформы .NET [14,15], что обещает усовершенствование работы модуля, улучшение его совместимости и расширение возможностей для дальнейшего развития и адаптации в различных ветеринарных и сельскохозяйственных приложениях. Такое взаимодействие технологий подчёркивает многофункциональность и гибкость разработанного решения, делая его актуальным и перспективным в современной ветеринарной практике.

Библиография

1. Введение в экспертные системы. Основные понятия и определения [Электронный ресурс]. URL: http://www.habarov.spb.ru/new_es/exp_sys/es01/es1.htm (дата обращения: 10.08.2023).

2. Staroverova N. A., Shustrova M. L., Staroverov S. A., Dykman L. A. Development of a Neurocomputer Modular Information System for Cancerous Diseases Diagnostics in Animals // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering. 2020. No. 2(131). Pp. 75-84.
3. Программы для сельского хозяйства «Коралл» [Электронный ресурс]. URL: https://www.korall-agro.ru/tree_diag_an.htm (дата обращения: 10.08.2023).
4. Шопагулов О. А., Третьяков И. И., Исмаилова А. А. Использование экспертных систем в ветеринарии // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. 2020. № 3(91). С. 96-102.
5. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Среда поддержки интеллектуальных систем // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2011. № 6 (37). С. 63-65.
6. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание. Издательский дом Вильямс, 2007.
7. Бердышев А. С., Калиева К. А., Кантуреева М. А. О методологии проектирования экспертных систем // Проблемы информатики. 2013. № 1(18). С. 56-62.
8. Частиков А. П., Гаврилова Т. А., Белов Д. Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. СПб: БХВПетербург, 2003.
9. Adeli A., Neshat M. A fuzzy expert system for heart disease diagnosis // Proceedings of international multi conference of engineers and computer scientists, Hong Kong. 2010. Vol. 1. Pp. 134-139.
10. Шопагулов О. А., Третьяков И. И., Исмаилова А. А. Экспертная система для диагностики заболевания коров // Сейфуллинские чтения – 16: Молодежная наука новой формации – будущее Казахстана. 2020. Т. 1. Ч. 3. С. 161-163.
11. Paolo L., Paolo Z. Improving the automated monitoring of dairy cows by integrating various data acquisition systems // Computers and electronics in agriculture. 2009. Vol. 68. Pp. 62-67.
12. Munirah M. Y., Suriawati S., Teresa P. P. Design and development of online dog diseases diagnosing system // International Journal of Information and Education Technology. 2016. Vol. 6. № 11. P. 913.
13. Tudorache T., Nyulas C., Noy N. F., Musen M. A. WebProte'ge': A collaborative ontology editor and knowledge acquisition tool for the web // Semant Web. 2013. Vol. 4. № 1. Pp. 89-99.
14. Гибадуллин Р. Ф. Потокобезопасные вызовы элементов управления в обогащенных клиентских приложениях // Программные системы и вычислительные методы. 2022. № 4. С. 1-19.
15. Гибадуллин Р. Ф., Викторов И. В. Неоднозначность результатов при использовании методов класса Parallel в рамках исполняющей среды .NET Framework // Программные системы и вычислительные методы. 2023. № 2. С. 1-14.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются исследование разработки компьютерной программы для помощи ветеринарам в постановке правильного диагноза и выборе оптимального

лечения для животного - ветеринарная экспертная система для поддержки в процессе диагностики и принятия решений по лечению животных, которая содержит и использует базу знаний и информацию о различных заболеваниях, симптомах, методах диагностики и лечения, а также опыт и экспертизу ветеринарных специалистов.

Методология исследования состояла в поиске и описании симптоматики болезней в литературных и интернет-источниках, а также визуальный осмотр признаков повреждений и составление на этой основе компьютерной программы, продукта систематизации и типизации заболеваний. Каждая из программ представляет собой экспертную систему, разработанную для автоматизации диагностики заболеваний животных и предоставления рекомендаций по их профилактике, лечению и оздоровлению, которая формирует информационные справки, содержащие данные о болезнях, признаках, возбудителях, распространении и поражаемых системах, а также справочную литературу.

Актуальность исследования состоит в систематизации заболеваний в области ветеринарной медицины в связи с наблюдаемой тенденцией роста объема данных, которые необходимо хранить, обрабатывать и анализировать соответствующим образом. Для эффективной организации и обработки данных ветеринары и специалисты по диагностике животных используют различные информационные и экспертные системы, базы данных, электронные медицинские записи и различные программные обеспечения.

Научная новизна в выявлении спектра заболеваний и разработке экспертного модуля соответствующим требованиям, сформулированным на основе анализа существующих диагностических систем и представленным ранее в литературных источниках. Практическая значимость состоит в том, что автором статьи предлагается данный экспертный модуль в дальнейшем использовать как одна из частей разрабатываемой диагностической информационной системы. Проведенное тестирование экспертного модуля показывает его достаточную точность, возможность дополнения базы данных и расширения функционала. У пользователей имеется свободный доступ к базе знаний, в которой содержится информация о заболеваниях, доступ к предварительному определению заболевания. Для экспертов предусмотрена панель администрации, позволяющая добавлять новые заболевания и симптомы в базу знаний, а также настраивать механизм вывода предварительного диагноза на основе симптомов.

Стиль, структура, содержание Стиль изложения - хороший, (не) требует правки, сокращения. Таблицы - информативны. Рисунки - приемлемы, не повторяют содержание таблиц. Резюме отражает содержание статьи. Автором статьи использовано многочисленной иллюстрации в виде структурированных схем интерфейса программного продукта, для хранения центральной базы данных и ее локальной версии на пользовательском устройстве были использованы реляционные базы данных под управлением системы PostgreSQL. Представлен математический аппарат.

Библиография обширна и исчерпывающа. Использован адекватный современный список литературы. Ссылки на литературные источники по тексту присутствуют.

Апелляция к оппонентам состоит в ссылках на использованные литературные источники. Выводы интересны читательской аудитории. Выводы достаточной степени аргументированы, обоснованы, исчерпывающи. Может быть полезна практикам для эффективной организации диагностики и лечения.