

Л. У. САФАРОВА

НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА



МОНОГРАФИЯ

САФАРОВА ЛОЛА УЛМАСОВНА

**НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

монография

Ташкент – 2023

Издательство “Fan ziyosi”

УДК: 614.729.548.20
ББК: 40.48(Nem)
С-14

616.07:54
С 217

**НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
БОЛЕЗНЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА.** Сафарова Лола
Улмасовна. Монография / - Ташкент, Издательство "Fan ziyosi", 2023,
108 стр.

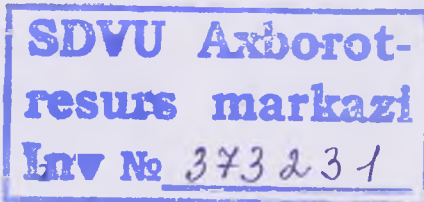
В данной монографии проведен аналитический обзор математических методов, методов мягких вычислений и нейтрософских нечетких множеств для решения задач классификации. Анализ показал, что применение этих методов в диагностике болезней крупного рогатого скота позволяет получить эффективные результаты. На основе клинических признаков болезней разработан алгоритм построения базы знаний диагностирования болезней крупного рогатого скота. В результате анализа разработано схема построения нечеткого логического вывода для диагностирования болезни крупного рогатого скота. Это позволило разработать алгоритмы построения нечетко логических и нечетко нейтрософских моделей с использованием результатов экспериментальных испытаний, проведенных на крупно-рогатом скоте. Усовершенствован алгоритм построения нечеткой модели Сугено для диагностирования болезни крупного рогатого скота. Изучены нейтрософские нечеткие множества и на основе этих методов усовершенствован алгоритм решения задач классификации. На основе предложенных методов и алгоритмов разработана программа диагностирования болезней крупного рогатого скота. Описаны структура, цель, задачи и инструкция пользователя созданной программы. Рассмотрены процессы решения ряда существующих (модельных) задач классификации и оценки и сравнение результатов по нескольким алгоритмам.

Монография рассчитана для студентов, магистров и старших научных сотрудников-исследователей, также лицам занимающие в области нечетких множеств и прогнозирование.

Рецензенты:

1. **Х.А. Примова**- профессор кафедры "Информационных технологий" ТУИТ Сам филиала
2. **Урдушев Х**- доцент кафедры "Информационных технологий" СГУВМЖБ
3. **С.Б.Эшбурниев**-профессор кафедры "Болезни птиц, рыб, пчёл и пушных зверей" СГУВМЖБ

ISBN: 978-9910-743-5-3-5



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НЕЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ	6
1.1. Аналитический обзор математических методов оценки состояния крупного рогатого скота.....	6
1.2. Аналитический обзор математических методов мягких вычислений	13
1.3. Аналитический обзор нейтрософских нечётких множеств	27
2. РАЗРАБОТКА НЕЧЁТКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ	31
2.1. Интеллектуальный подход к решению проблемы диагностирования болезней крупного рогатого скота	31
2.2. Определение оптимальных условий принятия решений для диагностирования болезней крупного рогатого скота	37
2.3. Схема построения нечёткого логического вывода	44
3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЁТКО ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.....	49
3.1. Формирование информативных признаков в прогнозировании болезней крупного рогатого скота	49
3.2. Совершенствование алгоритма построения нечёткой модели Сугено.....	61
3.3. Совершенствование алгоритма диагностирования на основе нейтрософского нечёткого множества	62
4. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	78
4.1. Разработка программы диагностирования болезни крупного рогатого скота на основе нечёткой модели Сугено	78
4.2. Построение модели Сугено для диагностирования болезни крупного рогатого скота.....	81
4.3. Вычислительный эксперимент программы диагностирования болезней крупного рогатого скота	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	97

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире во многих странах мира животные страдают разными болезнями. Улучшение и внедрение систем, позволяющих проводить раннюю диагностику болезней животных на основе современных информационных технологий является одной из наиболее важных задач. Кроме того, в США, Российской Федерации, Германии, Нидерландах, Австралии, Украине, Казахстане большое внимание уделяется диагностике, лечению и профилактике болезней животных с помощью интеллектуального анализа данных сложных процессов, когда данные объекта характеризуются нечёткостью и неполнотой.

В мире на основе математического моделирования, которое поддерживает нечеткую логику в нечетких множествах, в частности, в нейтрософских нечетких множествах ведутся научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование, разработку и создание компьютерных диагностических систем с целью выявления видов заболеваний и их причин на ранней стадии, а также улучшению методов лечения в области ветеринарии. В связи с этим построение моделей диагностирования болезней животных на основе нечеткой логики и нейтрософских нечетких множеств, разработка алгоритмов и программ для прогнозирования и диагностирования болезней крупного рогатого скота является одной из важных задач.

В нашей республике уделяется особое внимание внедрению информационных и коммуникационных технологий в ветеринарию и всех отраслей животноводства, координации селекционной работы, а также разработке и реализации целевых государственных программ в этих направлениях. Создание базы знаний на основе симптомов болезней крупного рогатого скота, усовершенствование алгоритмов, моделей диагностирования и создание программ диагностирования болезней крупного рогатого скота является одной из актуальных задач. В частности, это позволяет автоматизировать процесс диагностики, лечения и профилактики болезней животных в условиях нечетких сред.

Л.А.Заде, Э.Х. Мамдани, М. Сугено, Я.Цукамото разработали модели нечеткого вывода. В.И.Юнкеров, К.А.Лайшев, Г.Родриго, Л.Феррейра, Т.Я.Хуниорс разработали прогностические модели, которые позволяют дополнительно охарактеризовать генетический уровень животного путем классификации в нечетких условиях. Алгоритмы нечеткого вывода различаются в основном разнообразием используемых правил, типом логических операций и методами дефазификации.

Теорию развития интеллектуального анализа данных, нечетко-стохастического математического моделирования и ее применение изучали узбекские ученые М.М. Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ф.Б.Абуталиев, Х.З.Игамбердиев, Ш.Х.Фозилов, Р.Х.Хамдамов, М.А.Рахматуллаев, Н.А.Игнатьев, Р.Н.Усманов, Д. Т. Мухамедиева, Н.С.Маматов и другие.

На сегодняшний день построение моделей диагностирования на основе теории нечетко-логических алгоритмов и нейтрософских нечетких множеств, классификация плохо сформулированных процессов является развивающимися направлениями. Однако, диагностика и анализ причин распространения болезней животных с внедрением современных информационных технологий требуют дальнейшего совершенствования.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НЕЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

1.1. Аналитический обзор математических методов оценки состояния крупного рогатого скота

В Постановление Президента Республики Узбекистан особое внимание уделяется дальнейшему увеличению продуктивности крупного рогатого скота, повышению рентабельности отрасли и обеспечению возрастающего спроса населения в продуктах животноводства¹.

Существенным препятствием в решении поставленных задач являются внутренние незаразные болезни, среди которых значительное место занимают вторичная остеодистрофия, кетоз, гипомикроэлементоз и остеодистрофия у крупного рогатого скота. Одна из основных проблем – это разработка математических моделей на основе диагностики заболевания и анализа экспериментальных данных.

В стране принимаются усиленные меры по снижению заболеваемости, лечению, профилактике и борьбе с незаразными заболеваниями крупного рогатого скота.

В развитии и повышении эффективности животноводства, которое является основной отраслью сельского хозяйства, важным является увеличение поголовья скота в государственных, фермерских и частных хозяйствах, повышение продуктивности, правильный уход, защита от различных заболеваний.

Научные исследования по разработке ветеринарных биопрепаратов для быстрой диагностики, лечения и профилактики болезней животных проводятся ведущими мировыми исследовательскими центрами и высшими учебными заведениями, это Civilian Research & Development Foundation Laboratory of Microbiology (США), Department of Pathology, Bacteriology and Poultry Diseases, Faculty of Veterinary Medicine (Германия), РААМ Laboratory for Medical Microbiology (Голландия), Division of

¹ Об утверждении программы развития сферы животноводства и ее отраслей в республике Узбекистан на 2022 — 2026 годы

Microbiology of Infections Diseases, Western Australian Centre for Pathology and Medical Research (Австралия), Всероссийский институт вакцин и сывороток (Россия), Украинский научно-исследовательский медицинский ветеринарный институт (Украина), Казахстанский научно-исследовательский ветеринарный институт (Казахстан), Научно-исследовательский ветеринарный институт (Узбекистан) [1; с. 3-5].

Сегодня проводятся многочисленные исследования по профилактике и лечению болезней животных по важным направлениям: развитие метода экспресс-диагностики смешанных бактериальных болезней сельскохозяйственных животных; создание местного биопрепарата для комбинированного лечения кетоза, гипомикроэлементоза, остеодистрофии и вторичной остеодистрофии у крупного рогатого скота; разработка местных вакцинных препаратов для одновременной профилактики смешанных бактериальных заболеваний.

Большинство учёных [1; с. 3-5] посвятили свои исследования изучению кетоза, алиментарной и вторичной остеодистрофии, нарушению витаминного и минерального обмена, однако, при изучении этиологии, механизма развития, диагностики методов профилактики и лечения, остеодистрофии, вторичной остеодистрофии авторы пришли к различным противоречивым выводам [1; с. 3-5].

Выявлено, что характерное течение вторичной остеодистрофии у крупного рогатого скота сопровождается уменьшением в крови количества эритроцитов, гемоглобина, повышением кислотности содержимого и уменьшением количества и активности микрофлоры рубца.

Хотя литературы о распространённости, причинах, особенностях развития, клинических признаках, диагностике, лечении и мерах групповой профилактики вторичной остеодистрофии, остеодистрофии, микроэлементоз, кетоз у крупного рогатого скота достаточно, по этим перечисленным факторам у черно-пестрых коров, выращенных за рубежом, в

условиях новых хозяйств страны болезни, связанные с нарушением обмена веществ, условно делятся на следующие группы:

1. Нарушение углеводно-жирового и белкового обмена.
2. Нарушение минерального обмена (алиментарная, энзоотическая и вторичная остеодистрофия).
3. Заболевания, вызванные дефицитом или избытком микронутриентов (гипокобальтоз, гипокупроз, кариес, флюороз, дефицит цинка и марганца, избыток бария, молибдена и селена).
4. Заболевания (гипо и авитаминозы) преимущественно в основном с преобладающими нарушениями обмена витаминов [2; с. 22-25]. Недостаток белка, кальция, железа, каротина и микроэлементов (йода, кобальта, меди, цинка) в рационе коров зимой, низкое соотношение сахара и белка (0,32: 0,4: 1), отсутствие активных матов, секретируемого белка, вызывает нарушения витаминно-минерального обмена [3; с. 76-78, 44; с. 1-5].

В работе [4; с. 1-5] классифицируются факторы, вызывающие нарушение обмена веществ и снижение естественной сопротивляемости и продуктивности организма, на следующие группы:

а) длительное кормление животных продуктами питания, выраженными на почвах с повышенной кислотностью, недостатком в рационе минералов (макро- и микроэлементов) и факторов, вызывающих ацидоз;

б) нарушение функции синтеза гликогена в печени в результате длительной односторонней и малопитательной диеты (менее 90-20 г белка на 1 кг пищи и соотношение сахара-белка менее 0,8:1), уменьшение количества гиперкетонемии, кетонурии, кетонолактрии, снижения гемоглобина, эритроцитов, общего белка, азота и мочевины в крови;

в) поступление в кровь серной и фосфорной кислот (интоксикация) при чрезмерном кормлении концентратного типа, увеличение количества кетонных тел в крови, нарушение выработки желчи и выделительной функции печени, уменьшение запасов гликогена;

г) развитие скрытого кетоза и вторичной остеодистрофии из-за наличия в силосе более 13 % жирных кислот;

д) ультрафиолетовые лучи и недостаток кислорода зимой и ранней весной, гиподинамика, использование большого количества минеральных удобрений в местах выращивания продуктов питания и т.д.

Превышение белкового и сахаро-белкового соотношения в рационе коров ниже 0,7-0,79, развитие дистрофических изменений печени животных при отсутствии таких микроэлементов, как медь, кобальт, цинк, марганец, а также минералы, такие как эндогенный рахит, вторичная остеодистрофия, послеродовая гипокальциемия, приводят к метаболическим нарушениям.

Дефицит микроэлементов приводит к прекращению развития микрофлоры крупной брюшной полости, повышению кислотности, промежуточных продуктов, образующихся в результате неполного расщепления белков и всасывания аммиака в кровь, ацидозу и хроническую интоксикацию [5; с. 14-15, 6; с. 363-404].

Вторичная остеодистрофия, остеодистрофия, микроэлементоз, кетоз у крупно рогатого скота вызвана факторами, вызывающими кетоз, а также кальцием, фосфором и другими веществами в рационе, низким соотношением сахара и белка в рационе (0,2: 1-0,3: 1), уксусом в силосе, происхождением субклинического кетоза у дойных коров из-за чрезмерного удержания кислоты уровень рН ниже-4.

Симптомы дефицита йода, кобальта, витаминов А и D у коров, содержащихся на радиоактивно загрязнённых территориях, включают сухость и паракератоз кожи у 86,7% животных, энтрофтальм у 26,7% животных, побеление конъюнктивы у 90% животных, брадикардию у 57,8% животных и у 3,35% животных выявлено увеличение щитовидной железы и признаки мексидемы. Также наблюдается анемия у 92,6% дойных коров, гипокальциемия у 93,8-100% животных, гипофосфатемия у 50-92,6% и снижение содержания меди, кобальта и цинка в сыворотке крови у 90% животных [7; с. 1-17].

Клинические признаки, показатели крови и содержимое рубца при вторичной остеодистрофии у дойных коров.

Симптомы дефицита йода, кобальта, витаминов А и D у коров, содержащихся на радиоактивно загрязненных территориях, включают сухость и паракератоз кожи у 86,7 % животных, энрофтальм у 26,7 % животных, побеление конъюнктивы у 90 % животных, брадикардию у 57,8 % животных и у 3,35 % животных выявлено увеличение щитовидной железы и признаки мексидемы. Также наблюдается анемия у 92,6 % дойных коров, гипокальциемия у 93,8-100 % животных, гипофосфатемия у 50-92,6 % и снижение содержания меди, кобальта и цинка в сыворотке крови у 90 % животных [7; с. 1-17].

Морфобioхимические показатели крови.

Уровень общего белка сыворотки крови находился в пределах физиологической нормы в начале исследования (в среднем $73,3 \pm 5,3$ г / л) и составил $84,1 \pm 6,2$ г / л в конце исследования ($R < 0,05$).

В ходе проверок щелочной резерв в сыворотке дойных коров был намного ниже нормы (норма 46-66 объёмных % CO_2), Если показатели исследования в начале проверок в среднем составляли $43,5 \pm 3,02$ объёмных % CO_2 , то по окончании исследования отмечено уменьшение содержания до $39,8 \pm 2,73$ объёмных % CO_2 на ($R < 0,05$). Снижение запасов щелочных веществ в крови свидетельствует об изменении кислотности среды в организме дойных коров, т.е. об усилении ацидоза [8; с 25-35].

Активность фермента щелочной фосфатазы в сыворотке крови была в пределах нормы в начале исследования (в среднем $1,27 \pm 0,31$ мкмоль.с / л) и наблюдалась в период лактации, а к концу исследования в среднем составила $1,80 \pm 0,27$ мкмоль.с / л ($R < 0,05$).

Уровень каротина в сыворотке крови был ниже физиологической нормы, т.е. отмечено, что в начале исследования составлял в среднем $0,431 \pm 0,38$ мг%, а в конце снизился в среднем до $0,212 \pm 0,39$ мг% (норма – 0,4-1,0 мг%).

Метаболизм макроэлементов у дойных коров характеризовался снижением уровня общего кальция и неорганического фосфора в крови во время лактации. В начале исследования уровень общего кальция в сыворотке крови составлял в среднем $2,32 \pm 0,23$ ммоль / л (норма 2,5–3,13 ммоль / л), но в конце он снизился до $2,19 \pm 0,24$ ммоль / л. Неорганический фосфор составлял в среднем $1,44 \pm 0,3$ и $1,24 \pm 0,31$ ммоль / л соответственно ($R < 0,05$).

В начале исследования количество меди в крови коров составляло в среднем $11,2 \pm 0,47$ мкмоль / л, а к концу снизилось в среднем до $10,32 \pm 0,40$ мкмоль / л, а количество кобальта соответственно снизилось от $0,38 \pm 0,03$ мкмоль / л до $0,18 \pm 0,03$ мкмоль / л, марганца от $2,64 \pm 0,2$ мкмоль / л до $2,27 \pm 0,23$ мкмоль / л и цинка от $35,8 \pm 2,4$ мкмоль / л до $26,6 \pm 1,7$ мкмоль / л ($R < 0,05$) [8; с 25 -35].

В начале исследований количество инфузорий в содержимом рубца составляло в среднем $566,6 \pm 44,3$ тыс./мл, а в конце наблюдалось уменьшение в среднем $336,8 \pm 26,2$ тыс./мл ($P < 0,05$). Также, в конце исследований, отмечено снижение активности инфузорий.

Групповая профилактика вторичной остеодистрофии у коров. Исходя из этиопатогенетического принципа, при профилактике этой патологии поставили цель использовать препараты и местные средства, которые нормализуют и стимулируют обмен макро- и микроэлементов, улучшают гемопоэз, повышают резистентность организма, активизируют деятельность микрофлоры рубца и повышают переваривание корма в рубце [1; с. 50-56].

В работе [9; с. 1-20] представлены данные, что в органах с клиническими признаками остеодистрофии снизились эритроциты и гемоглобин в крови на 6,5 % и 4,6 %, лейкоциты на 6,5 % и содержание кальция у больных животных на $2,21 \pm 0,04$ ммоль / л, у здоровых животных $2,33 \pm 0,073$ ммоль / л, неорганический фосфор соответственно $1,98 \pm 0,088$ ммоль / л и $1,91 \pm 0,101$ ммоль / л

л, магний $1,11 \pm 0,065$ ммоль / л и $0,89 \pm 0,067$ ммоль / л, цинк $51,82 \pm 4,019$ и $50,62 \pm 1,345$ мкмоль / л, кобальт $0,61 \pm 0,078$ и $0,88 \pm 0,063$ ммоль / л, марганец $1,53 \pm 0,083$ и $2,04 \pm 0,107$ мкмоль / л.

При вторичной остеодистрофии коров количество сокращений передних отделов брюшной полости за 5 минут снизилось в среднем в $7,0 \pm 0,4$ раза ($9,3 \pm 0,2$ раза у клинически здоровых животных), рН в крупной брюшной полости – до $6,30 \pm 0,09$ единиц, количество инфузорий снизилось до 295 тыс / мл по сравнению со здоровыми животными [10; с. 16-17].

Энзоотическая остеодистрофия крупного рогатого скота характеризуется снижением плотности костной ткани, гибелью остеоцитов на 20-25 %, нарушением адгезии костной пластинки, полным лизисом некоторых трабекул и образованием полостей из-за агрегации клеток [11; с. 17-20, 12; 41-43].

Нарушение минерального обмена в зимний период приводит к снижению количества липидов, мочевины, глюкозы, кальция в крови дойных коров и повышению активности щелочной фосфатазы, аланина и аспаратаминотрансфераз (АлАТ, АсАТ), меди в крови – 47, цинка – 50, марганца – 34 и уменьшению протеин-йода на 12 процентов, т.е. к хроническим нарушениям минерального обмена у коров [13; с. 44-45, 14; с. 153-169].

При вторичной остеодистрофии высокопродуктивных коров количество паратироидного гормона в сыворотке крови ($254 \pm 24,4$ - $261 \pm 46,2$ мг / мл) и витамина D3 -25ОНD3 ($7,4 \pm 1,4$ - $8,2 \pm 2,9$ мг / мл), снижается и гипофункция щитовидной железы [15; с. 1-9].

Во время вторичной остеодистрофии нарушаются функции печени по синтезу белка и мочевины. В результате уменьшаются сывороточные альбумины, увеличивается фракция глобулинов, снижается содержание мочевины [16; с. 19-22, 17; с. 55-57].

Остеодистрофия у быков характеризуется снижением гемоглобина в крови на 13-15 %, эритроцитов на 16-33 %, увеличением лейкоцитов на 14,9 % и сопровождается нарушениями синтеза гемоглобина и эритропоэза в организме, гипопроteinемией, гипоальбуминемией, гипергаммаглобулинемией [18; с. 47-49, 19; с. 74-77].

При вторичной остеодистрофии содержание гемоглобина в крови коров снижается до 90 г / л, щелочной резерв составляет 46 % CO_2 , общий кальций менее 2,5 ммоль / л, а общий белок в сыворотке крови больных животных составляет более 86 г / л., характерно повышение концентрации кетоновых тел в моче и молоке [20; с. 44-46].

Для ранней диагностики вторичной остеодистрофии у молочных коров рекомендуется в первую половину лактационного периода исследовать синдроматику стада, провести анализ состава рациона, у 10 % животных проводить клинические исследования, у 5-10 % – лабораторные исследования крови и содержимого рубца [8; с. -233]. Аналитический обзор состояния крупного рогатого скота показал для диагностирования болезни необходимость внедрения математических методов мягких вычислений.

1.2. Аналитический обзор математических методов мягких вычислений

Анализ полученных исследований показал необходимость решения следующих задач:

- разработка и реализация целевых государственных программ в области ветеринарии и всех отраслей животноводства, включая развитие животноводства, координация селекционной работы;
- диагностика болезней животных, их лечение и контроль проведением профилактических мероприятий;
- внедрение информационно-коммуникационных технологий в районных (городских) отделениях и подведомственных организациях.

Для решения этих задач целесообразно использование теории мягких вычислений.

Достиженные результаты в области искусственного интеллекта позволяют ставить и решать проблемы, связанные с построением интеллектуальных систем обработки сложноструктурной информации и распознавания [21; с. 338-353, 22; с. -394]. Одной из важных теоретико-прикладных проблем построения

интеллектуальных систем является развитие формального аппарата построения диагностических моделей интеллектуального поведения, а также прикладных средств построения интеллектуальных систем, в которых реализуются диагностические модели, и проверяется их адекватность [23; с. 54-55, 24; с. 1182-1191].

При построении математической модели исследователи часто встречаются с проблемой разработки моделей сложных процессов, характеризующихся неопределённостями различного типа. В таких случаях им приходится выбирать одно из двух: либо считать влияние неопределённостей незначительными, что приводило к потере информации и снижению адекватности модели реальному процессу, либо усложнять математические модели. На практике часто приходится иметь дело с данными, которые не согласуются с предположениями, лежащими в основе классических методов.

Компоненты мягких вычислений могут быть применены самостоятельно, например, как в нечетких вычислениях (fuzzy computing), нейронных вычислениях (neural computing), эволюционных вычислениях.

На данный момент основным компонентом мягких вычислений является нечёткая логика.

Нечеткая логика обеспечивает словесную вырождаемость и интерпретируемость вычислений [23; с. 54-55]. Нечёткая логика с успехом применялась к многим промышленным сферам. В робототехнике, в стабилизации обращённой маятниковой системы (inverted pendulum system), в сложных системах принятия решений и диагностики, сжатии данных, TV и других областях.

Компоненты мягких вычислений – нечёткая логика, нейронная обработка и вероятностные рассуждения скорее дополняют друг друга, нежели соревнуются. Все больше и больше становится ясно, что целесообразно нечёткую логику, нейронные сети, вероятностные рассуждения с генетическими алгоритмами применять в комбинации, а не автономно. Как отметил Л.Заде «ныне термин Гибридные Интеллектуальные Системы становится привычным в отношении систем, в которых нечеткой логики,

нейронные сети, вероятностные рассуждения используются в комбинации. С нашей точки зрения, Гибридные Интеллектуальные системы являются быстроразвивающимися системами будущего» [25; с. 310-314].

Мы видим, что плохая интерпретационная способность нейронных сетей, с одной стороны, и трудности приобретения знаний в нечётких системах с другой, являются причинами гибридизации нечёткой логики и нейронной сети.

Использование принципа нейронного обучения для оптимизации форм кривых функций принадлежности в нечётких правилах, а также минимизация числа используемых правил, достаточного для достижения требуемой точности - суть нейро-нечёткого подхода.

Комбинация нечётких систем, основанных на правилах (rule-based) которые моделируют эмпирическую, интуитивную стратегию, используемую человеком при принятии решений и генетических алгоритмов, позволяющих осуществить глобальный поиск оптимума широкого спектра функций (поверхности отклика), даёт возможность создать эффективную, робастную адаптивную систему управления.

Часто функции принадлежности в нечётких правилах баз знаний нечётких систем представляются в виде нечётких чисел LR (о разновидность нечётких чисел специального вида) - типа, например, в виде трапеции, треугольников и др. Использование градиентных методов для корректировки нечётких баз знаний, т.е. для определения значений центров и видов функций принадлежности не оправдывает себя. Эффективным средством при этом выступает генетический алгоритм.

Комбинация нечёткой логики и генетического алгоритма позволяет оптимизировать нечёткую базу знаний нечёткого контроллера путём определения оптимального количества правил в базу знаний и оптимальных значений центров и видов функций принадлежности. При этом генетический алгоритм используется

для построения матрицы отношений и функций принадлежности проектируемой нечёткой системы.

В свою очередь, в интеграции нечёткой логики и генетического алгоритма теория нечётких множеств может быть использована для улучшения поведения генетических операторов и генетических алгоритмов в целом, т.е. возможно создание нечётких средств (tools) для улучшения эффективности генетического алгоритма, другими словами, разработка нечётких генетических алгоритмов.

Интеграция генетического алгоритма с нейронной сетью тоже даёт эффективные результаты. Известно, что одной из главных задач разработки искусственных нейронных систем является выбор подходящего метода обучения для настройки параметров нейросети (весов, порогов и др.). Наиболее известный из этих методов – алгоритм «backpropagation». К сожалению, имеются некоторые трудности с backpropagation. Во-первых, это связано с тем, что эффективность обучения значительно зависит от начального набора весов нейронной сети, который определяется случайным образом. Во-вторых, backpropagation, как и любой градиентный метод, не позволяет избегать локальные минимумы. В-третьих, если скорость обучения слишком мала, требуется много времени для нахождения решения. В-четвертых, backpropagation требует, чтобы функции активации были дифференцируемы. Это условие не выполняется для многих типов нейронных сетей. Генетические алгоритмы, применяемые для оптимизации многих задач, когда «сильные» методы не могут найти хорошего решения успешно используются для обучения нейронных сетей, будучи свободными от вышеуказанных недостатков [26; с. 404-409, 27; с. 400-404].

Развитие теории нечётких множеств и его применения в различных областях знаний связаны с такими известными учёными как Р. Беллман, А. Кофман, а также с самим Л.А. Заде [28; с. -440]. Свое второе рождение теория нечётких множеств и нечёткой логики пережила в начале восьмидесятых годов XX века, когда сразу несколько групп исследователей (в основном в США и Японии) всерьёз занялись созданием компьютерных систем

различного применения, использующих нечёткие управляющие алгоритмы. Теоретические основы для таких разработок были заложены в трудах Д. Дюбуа и А. Прада по теории возможностей [29; с. 500-552], Р. Ягера по теории нечетких операторов [30; с.250-301], М. Сугено по теории нечеткой меры и нечетких интегралов, Е. Мамдани и Е.Санчеса по теории нечетких отношений, Т.Саати и других математиков [31; с. 1-9, 32; с. 400-420]. Особо выделяется монография А. Кофмана, являющаяся систематизацией результатов всех областей нечеткой математики.

Среди последних исследований выделяются концептуальные работы: Л.Заде - по переходу от числовых вычислений к словесным вычислениям и роли естественного языка в обработке информации, принятия решений и управлении; М.Джамшиди - по приложению софтверного инжиниринга, нейронных сетей и эволюционных вычислений в промышленных системах; Б.Фазлоллахи - по системам поддержки принятия решений в маркетинговых исследованиях, Р.Алиева по интеллектуальным гибридным системам [28; с. 400-440, 32; с.400-420]; С. Ульянова по робастным интеллектуальным системам управления в непредсказуемых ситуациях, основанных на нечетко-квантовых моделях и алгоритмах самоорганизации баз знаний [28; с. 400-440, 29; с. 500-552].

В настоящее время использование математических методов с применением новых информационных и коммуникационных технологий имеет огромную значимость в прогнозировании и оптимальной диагностике. Значительные результаты были достигнуты улучшением компьютерных диагностических систем для повышения качества оптимального лечения, раннего выявления видов и причин заболеваний, а также целевых методов лечения. В то же время существует необходимость в модернизации этих систем, позволяющих проводить раннюю диагностику болезней животных.

Кроме того, хотя имеется достаточное количество научных публикаций о распространённости, причинах, особенностях

resurs markazi

Inv No 373231

развития, клинических признаках, диагностике, лечении и групповой профилактике первичной и вторичной остеодистрофии, кетоза, микроэлементоза у крупного рогатого скота, информация о заболеваниях у завозных черно-пестрых пород крупного рогатого скота, разводимых в условиях новых хозяйств страны, встречается редко [1; с. 100-102].

Многие учёные проводили исследования и других болезней в области ветеринарии. Одним из важных вопросов, касающихся здоровья человека, является здоровье животных и качество домашних продуктов, они являются основными факторами здоровья. Хотя есть полная и правильная информация о болезнях животных с неврологическим поражением, однако, как правило, определить неврологические заболевания только на основе клинических симптомов не так просто, как по близким неврологическим признакам, и в большинстве случаев ветеринары сомневаются в диагнозе.

В работе [33; с.1-12] используется подход нечеткой логики для определения и расчёта отсутствия или вовлечения каждого возможного заболевания с неврологическими признаками и достаточно сниженной естественной неопределённости в отношении диагноза заболевания.

В работе [34; с. 301-307] применили нечеткий классификатор «к-ближайшего соседа», теорию распознавания образов, чтобы понять ненормальный способ дыхания, возникающий в результате паралича диафрагмы, и выделили доминирующий компонент, приливный или частотный, модели дыхания, на которой выполняется вентиляция легких. Рассмотрена эта проблема на экспериментальной модели паралича диафрагмы в результате двусторонней френикотомии у наркозависимых, спонтанно дышащих кошек. Из нескольких записанных переменных выбрали две характеристики, минутную вентиляцию и CO_2 артериального давления, которые использовались для анализа «к-ближайшего соседа». Результаты показывают, что способность поддерживать вентиляцию в решающей степени зависит от увеличения частоты дыхания. Другие стратегии дыхания оказались неэффективными.

Оценка «k-ближайшего соседа» по двум выбранным признакам позволила с достаточной вероятностью определить преобладающий паттерн дыхания. Такая оценка может быть полезным инструментом для прогнозирования развития компенсаторных стратегий при нарушениях дыхания.

В [35; с. 5-6] выполнены три математические процедуры для оценки параметров взаимосвязи между весом и длиной цикла монокулюса: обычная регрессия методом наименьших квадратов для данных с логарифмическим преобразованием, нелинейная оценка с использованием необработанных данных и сочетание многомерного анализа и нечёткой логики. Цель данной работы состояла в том, чтобы найти альтернативный подход, учитывающий неопределенности, присущие этой биологической модели. Обнаружено, что нелинейная оценка даёт более согласованные оценки, чем регрессия наименьших квадратов. Данная работа также показывает, что согласованные оценки параметров могут быть получены непосредственно из центров масс каждого кластера. Однако, наиболее важным результатом являются интервалы, полученные с помощью системы нечеткого вывода.

В [36; с. 241-253] подтверждена важность взаимосвязи длины и веса и интерпретации параметров, которые ее определяют. Параметр α называется фактором состояния и используется для оценки относительного здоровья отдельной рыбы, то есть благополучия рыбы.

Однако в работе [37; с. -344] указаны проблемы, которые вызваны коэффициентом относительной обусловленности для компенсации изменений формы или состояния в результате увеличения длины рыбы. Тем не менее, такой подход не решает критического вопроса об изменчивости этого индекса. Различия в средних условиях для двух популяций можно объяснить по крайней мере тремя факторами, включая условия окружающей среды (например, сезон гидрологического цикла в больших реках с прилегающими поймами) и текущие стадии развития гонад. Фактически, существует консенсус в отношении того, что условия

окружающей среды, включая доступность продуктов питания, сильно влияют на фактор состояния. Однако, несмотря на то, что аппроксимация нелинейных моделей должна приводить к более надежным оценкам параметров a и b , это изменение в процедуре оценки не учитывает присущую изменчивость этих параметров.

В [38; с. 1-18] классифицируются четыре походки лошади (шаг, сидячая рысь, восходящая рысь, галоп) трех пород лошадей (чеджу, теплокровная и чистокровная) с использованием нейро-нечеткого классификатора Такаги-Сугено-Канга из информации данных, преобразованной вейвлет-пакетом. Конструкция нейро-нечеткого классификатора выполняется с использованием алгоритма кластеризации нечетких s -средних, который может решить проблему увеличения размерности за счет гибкого разбиения по разбросу. С этой целью используется движение бедра всадника на основе информации, собранной инерционными датчиками, в качестве репрезентативных данных для классификации походки лошади. Кроме того, разработана система обучения, как для реальных условий верховой езды, так и для симуляторов, а также предлагается метод анализа движений всадника. Используя результаты анализа всадника, можно обучить правильному движению, соответствующему классифицированной походке. Для создания базы данных о движении использовались данные, собранные с 16 инерциальных датчиков, прикрепленных к костюму захвата движения, который носил один из ведущих экспертов страны по верховой езде. Эксперименты с использованием исходных данных о движении и преобразованных данных о движении были проведены для оценки эффективности классификации с использованием различных классификаторов. Данная работа показала, что представленный метод показал более высокую точность (97,5 %), чем нейросетевой классификатор, простой байесовский классификатор и сетевой классификатор с радиальной базисной функцией для преобразованных данных движения.

Разработка систем контроля и автоматических систем важна для обеспечения стабильной анестезии, без недозагрузки или

передозировки, а также без эпизодов осведомленности. В работе [39; с. 1-7] был разработан контроллер для индекса состояния мозга животных. В этой работе исследование было имитационным, CSI моделировался с использованием нечеткой логической модели с двумя входными данными: концентрация пропофола в месте воздействия и электромиография. Контроллер был протестирован с использованием постоянных и переменных ссылок в исчерпывающем наборе моделирования. Разработанный контроллер демонстрирует хорошие характеристики во всех симуляциях, и на контролируемую переменную, похоже, влияет уровень электромиографии. Ветеринарный контроллер анестезии пропофолом – важный шаг на пути к улучшению условий содержания животных. Общая цель – повысить безопасность и комфорт животных.

Из-за важности определения течки для репродуктивной функции работа [40; с. 1-16] была посвящена разработке алгоритма с использованием нечетких множеств для прогнозирования течки у дойных коров. Использовались три входные переменные: а) поведение дойных коров (садненные, выделения из гениталий, отек половых органов, частое мочеиспускание и беспокойство); б) попытка сесть на других коров; в) время с момента последней течки. В качестве выходной переменной использовалась частота обнаружения течки, которая представляет собой процент правильного обнаружения течки. Анализ проводился с использованием множества инструментов нечеткой логики MATLAB 6.5. Результаты показали, что нечеткая логика является многообещающим способом прогнозирования течки у дойных коров и может помочь в процессе принятия решений, связанных с осеменением животных.

Эффективное обнаружение течки у коров и телок глубоко влияет на репродуктивную способность животных и прибыльность животноводческих ферм. Неспособность обнаружить течку создает экономические проблемы для фермера, главным образом, при использовании искусственного или контролируемого

оплодотворения. Даже если корова находится в хороших условиях воспроизводства, важно правильно определить течку, чтобы избежать чрезмерного использования гормонов, так как продуктивность стада считается адекватной, если дойные коровы опоросятся один раз в год [41; с. 1-5]. Согласно [41; с. 63] эффективное обнаружение течки напрямую связано с репродуктивной эффективностью. Для адекватного определения течки необходимо оценить поведение животного, взяв в качестве отправной точки репродуктивный цикл животного. Течка определяется как период, когда у сухостойных коров или телок повышается уровень репродуктивных гормонов, и это происходит каждые 18-24 дня. Основная характеристика течки – это когда самка соглашается на установку, за ней следуют другие сигналы, помогающие выявить течку, называемые вторичными сигналами. Наблюдалось сексуальное поведение, такое как распознавание (обоняние вульвы, рефлекс Флемена, аккомодация-сопровождение, преследование), предварительное матирование (прижимание подбородка к крупу, удары головой, облизывание других частей тела, попытка сесть), матирование (попытка монтирования, попытка обнажения, попытка монтирования с положительной неподвижностью, обслуживание или полный монтаж) и период отдыха.

Эта новая методология – одна из новейших специальностей в области искусственного интеллекта, которая направлена на создание методов для решения проблем в нескольких областях знаний, приближая вычислительное решение к решению человека. Нечёткая логика использует приблизительную, а не точную информацию, имитируя человеческое мышление.

В настоящее время нечёткая логика используется в системах управления и в системах поддержки принятия решений, где подход описания проблемы не может быть точным. Нечёткая система состоит из выходных и входных переменных. Для каждой переменной сформулированы нечёткие множества, которые характеризуют эти переменные, и для каждого нечёткого множества построена функция принадлежности. После этого

определяются правила, которые связывают выходные и входные переменные с соответствующими нечёткими множествами. Вычислительная оценка нечёткой системы состоит из фаззификации (построения выходных переменных, которые определяют исследование), вывода (применения нечётких рассуждений на нечётких выходных данных) и дефаззификации (перевода лингвистического значения в числовое значение). Нечёткие рассуждения могут быть реализованы прямым или косвенным методом.

В [42; с. 97-103] использовали метод нечёткой логики, чтобы показать преимущества сочетания активности коров и периода после последней охоты, чтобы определить, находится ли корова в периоде охоты или нет, сообщая об улучшении прогноза осеменения по сравнению с другими методами.

Модели генетической оценки часто включают генетические группы для учёта неодинакового генетического уровня животных с неизвестным происхождением. Определение фантомных родительских групп обычно включает временной компонент (например, годы). Объединение нескольких периодов времени для обеспечения достаточно больших групп может создать проблемы, поскольку все фантомные родители в группе считаются современниками. Чтобы избежать обратной стороны такой чёткой классификации, в [43; с. 1-8] предлагается подход нечёткой логики. Фантомного родителя можно отнести к нескольким генетическим группам с пропорциями от нуля до единицы, сумма которых равна единице. Были представлены правила для присвоения коэффициентов обратной матрице отношений для нечётко классифицированных генетических групп. Этот подход был проиллюстрирован смоделированными данными десяти поколений массового отбора. Записи наблюдений и родословные удалялись случайным образом. Фантомные родительские группы определялись по полу и количеству поколений. В одном неопределённости рождения была смоделирована для некоторых животных с неизвестными родителями. В отдельной

классификации одно из двух возможных при рождении поколений было случайным образом выбрано для отнесения фантомных родителей к генетическим группам для животных с смоделированной неопределённостью, в то время как фантомные родители были отнесены к обоим возможным генетическим группам в нечёткой классификации.

Результат данной работы показывает, что нечёткая классификация позволяет описать генетический уровень неизвестных родителей более экономичным и структурированным способом и, таким образом, повышает точность предсказанных значений отбора.

В [44; с. 1-18] исследована модель нечёткой логики для мониторинга состояния здоровья вымени коз. Модель оценивала в качестве входных переменных сигнал электрической проводимости молока, полученный в режиме онлайн для каждой железы специальным датчиком, длину полосы пропускания, а также частоту и амплитуду первого основного пика частотного спектра Фурье, регистрируемого сигнала электрической проводимости молока. Два образца молочной железы были взяты у восьми Зааненских коз в течение шести месяцев при утренней дойке (стадии лактации: 0–60 дней доения; 61–120 дней доения; 121–180 дней доения), всего 5592 образца. Результаты работы показали, что производительность модели с нечёткой логикой при мониторинге вымени коз молочной железы может быть улучшена за счет использования индексов электрической проводимости молока, полученных из частотных спектров Фурье сигналов электрической проводимости молока железы, записанных с помощью онлайн-датчиков электрической проводимости.

В [45; с. 7563-7574] разработана нечёткая экспертная система для прогнозирования живой массы волосяных коз. В качестве материала использовались 81 коза, выращенные в провинции Сиирт, Турция. Была разработана нечёткая экспертная система с использованием измерений обхвата сердца, глубины и длины тела животных. Для разработки нечёткой экспертной системы использовался инструментарий нечёткой логики программного

обеспечения MATLAB. В качестве метода вывода использовался метод вывода Мамдани, а в качестве метода дефаззификации был выбран метод центроидов. Была обнаружена корреляция $r = 0,95$ между живой массой, прогнозируемой разработанной системой, и данными живой массы, полученными при фактическом взвешивании. Коэффициент детерминации модели был рассчитан как 0,90. Результаты данной работы показывают, что нечёткие экспертные системы дают лучшие результаты в животноводстве с неопределённостями и неполными данными, и рекомендуется разработка таких систем в будущем.

В [46; с.1-12] показано, что клинически ранняя диагностика хромоты когтей возможна только при визуальном наблюдении за нарушением двигательной активности (т.е. хромотой походки). К сожалению, самые ранние патологические признаки походки обычно характеризуются лёгкой и тяжёлой степенью хромоты, когда ветеринарное вмешательство уже необходимо, что приводит к экономическим потерям и опасениям по поводу благополучия животных.

С помощью системы, основанной на тонкой плёнке для измерения давления, было зарегистрировано распределение давления под копытами 32 коров молочной голштейнской породы в динамических условиях (фаза опоры), чтобы оценить влияние обрезки на восстановление баланса под копытом. Полученные результаты [46; с.1-12] позволили создать предварительную базу данных по распределению давления когтей, которая была сопоставлена с длиной когтей и факторами питания. Предварительная база знаний, после перевода на лингвистические термины, была использована для системы нечёткого вывода, которая обеспечивает метод, помогающий предотвратить хромоту когтей. Результат дефаззификации правил дал информацию о возможностях увеличения или уменьшения шансов развития проблем хромоты на основе информации о питании и измерениях когтей, введённой пользователем в программное обеспечение. Результаты можно увидеть на поверхностных диаграммах,

полученных с помощью любой комбинации двух входных переменных. Это нейтральная пищеварительная клетчатка, неструктурный углевод, негибридный углевод, и измеримая величина. Длина дает безразмерный качественный результат вероятности возникновения хромоты. Система успешно прошла лабораторные испытания. Значения варьировались от 4,4 до 26,6 %, от 78 до 98,7 % и от 42 до 78 % для лучшего, среднего и худшего прогноза питания в диапазоне от 60 до 115 мм длины пальца стопы.

Нечёткая модель может имитировать характер клинического диагноза для ветеринарии. В [47; с. 364-368] обсуждались нечёткая модель заболевания, методы классификации болезней, группа дифференциальной диагностики и модель нечёткой диагностики. Знания о диагностике болезней животных нечёткие, и создание модели представления и рассуждений для знаний о диагнозах животных на основе нечёткой теории может в некоторой степени отражать природу медицинского диагноза. Модель нечёткого вывода для диагностики опухолей костей, основанная на теории нечётких множеств и знаниях медицинской статистики, может не только имитировать диагностику опухолей костей, но также может регулировать параметры для повышения точности диагностики с накоплением случаев.

Кроме того, разработана математическая модель для диагностики рака желудка, основанная на методе нечёткой кластеризации и пошагового дискриминирующего анализа [48; с. 499-502], экспертная система для диагностики заболеваний печени на основе нечётких выводов [49; с. 1-12], экспертная система прогнозирования молочных продуктов, основанная на нечеткой логике [50; с. 369-390] и т.д.

В перечисленных работах мы не нашли разработок нечётко логических алгоритмов диагностирования заболеваний крупного рогатого скота.

Целью нашего исследования является изучение возможности прогнозирования состояния болезней остеодистрофии, вторичной остеодистрофии, кетоза и гипомикроэлементоза и построение модели для прогнозирования этих болезней у крупного рогатого

скота с использованием теории нечётких множеств и новой теории нейтрософских нечётких множеств.

1.3. Аналитический обзор нейтрософских нечётких множеств

В нашей стране диагностика остеодистрофии, вторичной остеодистрофии, гипомикроэлементоза и кетоза у крупного рогатого скота проводится с ошибками в определении типа болезней из-за близких симптомов. Поскольку симптомы этих заболеваний взаимосвязаны и один из них может вызывать другой, решение этой проблемы с помощью нейтрософских нечётких множеств и методов принятия решений помогают уменьшить ошибку при определении вида заболевания.

Актуальными являются вопросы изучения структуры классов крупного рогатого скота на основе технологий нечеткого множества, выявления заболеваний на основе нейтрософских нечетких множеств и методов принятия решений.

Нейтрософские нечеткие множества и однозначные нейтрософские нечеткие множества были впервые введены в работах [51; с. -157; 52; с. -100]. Там же были введены интервальные нейтрософские нечеткие множества. Тем не менее однозначные нейтрософские нечеткие множества и интервальные нейтрософские нечеткие множества являются подклассами нейтрософских нечётких множеств и обобщением интуитивных нечётких множеств и интервальных интуитивных нечётких множеств. Свойства однозначных нейтрософских нечетких множеств и интервальных нейтрософских нечетких множеств независимо описываются степенями истинности, неопределенности и ложности. Основное достоинство нейтрософского нечеткого множества состоит в том, что оно представляет собой мощную общую формальную основу для выражения и обработки неполной, неопределённой, противоречивой информации, которая существует в реальных состояниях, в то время как интуитивные нечеткие множества и интервальные интуитивные нечеткие множества не

могут выражать и обрабатывать неопределённую и противоречивую информацию [53; с. 1].

В последнее время во многих работах предложены различные алгоритмы и методы для однозначных нейтрософских нечетких множеств и интервальных нейтрософских нечётких множеств [54; с. 175-186, 55; с. 311-324]. В указанных работах введены некоторые базовые операции над однозначным и интервальным нейтрософскими нечёткими множествами, такие как сложение, умножение, а также некоторые соответствующие операторы агрегирования. Определены некоторые основные операционные законы элементарных нейтрософских нечётких множеств, которые включают однозначные нейтрософские нечёткие множества и интервальные нейтрософские нечёткие множества. Предложены операторы агрегирования взвешенного смешения для агрегирования элементарной нейтрософской нечёткой информации, а затем эти операторы агрегирования применены к множеству принятия решения по признакам [52; с. 100, 56; с. 410-413].

В работе [57; с. 1-16] указаны недостатки некоторых законов работы однозначных нейтрософских нечётких множеств, улучшены некоторые законы работы интервальных нейтрософских нечётких множеств для некоторых операторов агрегации интервальных нейтрософских нечётких множеств, а затем показано их применение к множеству принятия решения по признакам с интервальной нейтрософской нечёткой информацией.

В [58; с. 681-697] разработан оператор элементарного средневзвешенного значения интервального нейтрософского нечёткого преимущества и его применение к множеству принятия решения по признакам. Следует отметить, что в существующих работах учёных основными элементами однозначных и интервальных нейтрософских нечётких взвешенных геометрических операторов являются чёткие значения (веса) однозначных нейтрософских нечётких множеств или интервальных нейтрософских нечетких множеств.

Кроме того, в [59; с. 681-697] предложены однозначные нейтрософские нечёткие множества, нормированные взвешенные

средние операторы Бонферрони и применение их к задачам множества принятия решения по признакам.

В [60; с. 242-255] представлены некоторые обобщённые операторы агрегации Хамахера нейтрософского нечёткого числа и их применение к множественной группе принадлежности.

В [61; с. 817-825] предложены интервальные нейтрософские нечёткие элементарные взвешенные арифметические и геометрические операторы, метод распределённой степени вероятности, их применения к задачам множества принятия решения по признакам в интервальной нейтрософской нечёткой среде. Кроме того, в данной работе представлено предисловие к интервальным нейтрософско-взвешенным арифметическим и геометрическим операторам, смешанным с достоверной информацией, а также их применение к интервальным нейтрософским задачам множества принятия решения по признакам с достоверной информацией.

В [62; с. 2697-2106] для множества принятия решения по признакам разработан обобщённый взвешенный оператор агрегации интервального нейтрософского нечёткого множества.

В [63; с. 379-389] представлен метод для множества принятия решения по признакам, основанный на некоторых нормальных нейтрософских нечётких средних операторах Бонферрони.

Предложен также метод для множества принятия решения по признакам, основанный на нейтрософском обобщённом операторе смешанно-взвешенной мощности [64; с. 1-22].

В [65; с. 2517-2528] представлены некоторые мощные обобщённые операторы агрегации интервальных нейтрософских чисел для принятия решений.

Определены показательные операционные законы интуитивных нечётких множеств, где основания являются чёткими значениями, показатели интуитивных нечётких множеств. Представлен интуитивный оператор нечёткого показательного агрегирования с чёткими параметрами и его применение в задачах множества принятия решения по признакам. Определены

показательные законы работы интервальных интуитивных нечётких множеств, в которых в основе лежат чёткие значения или интервальные числа. Показатели – интервальные интуитивные нечёткие множества, представлены соответствующие операторы показательного агрегирования и их применение в задачах множества принятия решения по признакам с однозначной нейтрософской информацией и интервальной нейтрософской информацией. При этом показательные значения (веса) всех существующих показательных законов работы однозначных нейтрософских нечётких множеств и интервальных нейтрософских нечётких множеств соответствующих операторов агрегации являются положительными действительными числами в единичном интервале $[0, 1]$ [66; с. 1-15].

Анализ научных работ показывает, что до сегодняшнего времени недостаточно изученными остаются вопросы применения моделей и алгоритмов, основанных на нечёткой логике и нейтрософских нечётких множествах для диагностирования болезней крупного рогатого скота, таких как вторичная остеодистрофии, кетоза, гипомикроэлементоза и остеодистрофия, а также моделирование статистического анализа ветеринарных данных. Одна из основных целей диссертационного исследования это усовершенствование алгоритмов и моделей диагностирования и прогнозирования болезней крупного рогатого скота на основе нечёткой логики.

2. РАЗРАБОТКА НЕЧЁТКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ

2.1. Интеллектуальный подход к решению проблемы диагностирования болезней крупного рогатого скота

Основной задачей считается решение задачи оценки состояния моделей диагностики и к какому классу классификации относятся множества признаков. Такие задачи рассматриваются как вступительные квалификационные задачи диагностики.

Сложность структуры классов, нечёткость определённых границ и значительные пересекающиеся области приводят к сомнению анализа экспертных данных в области ветеринарии. Недостаточность лабораторных данных значительно затрудняют решение задачи сложных систем диагностирования крупного рогатого скота.

Исследования показали, что принятие решения нечетко-логического вывода технологии нечеткого множества хорошо себя проявили в задачах диагностирования [67; с. 9-65, 68; с. 100-110].

Основная проблема практического применения задачи модели диагностирования крупного рогатого скота – это сложность в выборе структурного типа и параметров нечетких решающих правил.

Основную часть этой проблемы можно решить с помощью синтеза множества нечётких решающих правил и обучения при использовании интеллектуального анализа данных [69; с. 33-35, 70; с. 20-26,].

Использование математических моделей в условиях слабо формализованных систем при недостаточных данных выбора признаков решающих правил, объединяемых в множества, решить задачу диагностирования крупного рогатого скота считается нашей основной целью. Актуальным считается использование теории принятия решения, нечеткой логики, теории измерения латентных переменных и модели анализа данных Вальда и Шортлифа [71; с. - 432, 72; с. 18-24].

В настоящее время в современных моделях агрегации используются функции принадлежности нечеткого множества:

$$UGN_e = \min_i [\mu_{\omega}(x_i)], UGN_e = \min_j [\mu_{\omega i}(Y_j)], UGN_e = \min_{ij} [\mu_{\omega e}(x_e), \mu_{\omega e}(Y_j)], \quad (2.1)$$

$$UGN_e = \max_i [\mu_{ye}(x_i)], UGN_e = \max_j [\mu_{yi}(Y_j)], UGN_e = \max_{ij} [\mu_{ye}(x_e), \mu_{ye}(Y_j)], \quad (2.2)$$

$$UGN_e = \max_q \min_i [\mu_{yeq}(x_i)], UGN_e = \max_q \min_j [\mu_{yiq}(Y_j)], \quad (2.3)$$

$$UGN_e = \max_q \min_{ij} [\mu_{yiq}(Y_j)],$$

где q – номер эталонных объектов, «покрывающих» класс y_e .

Очевидно при интеллектуальном анализе между анализируемыми классами возможна операция линейных, кусочно-линейных или нелинейных разделяющих плоскостей по формуле:

$$Z_e = F_e(A_{ei}, x_i).$$

В этих условиях предлагается использовать решающие правила вида:

$$UGN_e = \mu_{\omega e}[D_e(Z_e)],$$

где F_e – функция, определяющая вид разделяющей поверхности Z_e , (линейная, кусочно-линейная, квадратичная и т.д.); $D_e(Z_e)$ – функция расстояния от исследуемых объектов до разделяющей поверхности Z_e [73; с. 20-26, 74; с. 166-187].

В работе [75; с. 96-106] было рассмотрено сочетание нечеткой модели типа Song и Chissom с Марковской моделью для оценки и прогнозирования уровня усвоения обучаемого (студента) в учебном процессе.

В [76; с. 9-12] были представлены результаты по прогнозу потока туристов в Турцию, которые получены с использованием модели нечеткой регрессии и модели ARIMA. Нечеткая модель показала свою устойчивость в прогнозировании притока туристов в Турцию в разное время сезона.

В [77; с. 159-167] исследована задача прогноза уровня воды в реках Италии. Используются искусственные нейронные сети, а также нечеткие логические выводы Мамдани и Такаги-Сугено для решения данной задачи.

В [78; с.108-114] предложены модели в виде продукционных правил для объектов, чьи состояния в временном порядке не могут быть представлены процессами Маркова. В этой работе прогнозные оценки формируются на основе экспертных заключений.

Исследование показало, что в перечисленных работах не рассмотрен процесс уменьшения объема правил нечеткого вывода и, на основании правил нечеткого вывода, построения нечетко-логической модели. Это может привести к опасному увеличению объема базы знаний – «комбинаторному взрыву». Чтобы решить задачу диагностирования, предложен алгоритм построения модели диагностирования с использованием системы правил нечеткого вывода. На первом этапе формируются кластеры временных рядов, объем которых намного меньше объема исходных данных. На втором этапе осуществляется процесс построения нечетких моделей диагностирования.

Необходимую информацию для задач класса прогнозирования (диагностирования), построения системы вывода нечетких правил для практических задач можно представить в числовой и лингвистической форме.

Для решения задач диагностирования заболеваний крупного рогатого скота необходимо построить систему взаимосвязанных нечетких моделей.

Взаимосвязанная система моделей позволяет дать оценку состояний слабоформализованных процессов и алгоритм интеллектуальных систем, поддерживающих решение процесса

слабоструктурирования, разработки программных моделей. Взаимосвязанная система моделей развивает практическое применение теоретических и методологических задач «мягких» вычислительных технологий в слабоформализуемых процессах.

Важной задачей считается построение нечеткой модели на основе экспериментальных данных, улучшение построения нечеткой логической модели Сугено с симптомами болезней крупного рогатого скота и использование нечеткого алгоритма Сугено для прогнозирования причин, особенностей развития и клинических признаков заболеваний у крупного рогатого скота.

В процессе исследований возникают проблемы в решении модельных задач в области ветеринарии и в решении реальных задач жизни, а также диагностирования на основе экспертных данных ветеринарии. Решение задач интеллектуального анализа характеризуется недостаточностью числовых вычислений и неполнотой важной информации об условиях задачи.

Для построения модели диагностирования болезней крупного рогатого скота от экспертов получена выборка (X_r, y_r) , $r = \overline{1, M}$, где $X_r = (x_{r,1}, x_{r,2}, \dots, x_{r,n})$ - входной вектор r -пары и y_r - соответствующий вектор выхода.

Нашей задачей является построение нечеткой модели следующим образом:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left(\bigcap_{i=1}^n x_i = a_{i,jp} - w_{jp} \text{ с весом} \right) \rightarrow y_j = b_{j,0} + b_{j,1}x_1 + \dots + b_{j,n}x_n + b_{j,n+1}x_1^2 + \dots + b_{j,2n}x_n^2 + \dots + b_{j,n+l-1}x_1^l + \dots + b_{j,n}x_n^l. \quad (2.4)$$

При построении этой модели, если $l=0$, случай рассматривается как модель формы Сингилтона [79; с. 22-28, 80; 1-10]. Линейная модель в представлении Сугено, состоящая из выводов нечетких правил в случае $l=1$, изучена в работах [81; с. - 352, 82; -272]. Случай с $l=2$ рассмотрен в работе [83; с. -352].

В процессе построения модели необходимо найти значения коэффициентов нечетких правила вывода так

$$B = (b_{1,0}, b_{2,0}, \dots, b_{m,0}, b_{1,1}, b_{2,1}, \dots, b_{m,1}, \dots, b_{1,n}, b_{2,n}, \dots, b_{m,n}, \dots, b_{1,m}, b_{2,m}, \dots, b_{m,m}),$$

$$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$$

и минимизировать следующую функцию:

$$\sum_{r=1, M} (y_r - y_r^f)^2 \rightarrow \min, \quad (2.5)$$

где y_r^f - выход входных данных в r -строке выборки (X_r) в нечёткой базе знаний - b -параметром.

Решение задачи (2.4) соответствует решению следующего уравнения $Y = A \cdot B$,

где

$$A = \begin{bmatrix} \beta_{1,1}, \dots, \beta_{1,m}, & x_{1,1} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x_{1,1} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x_{1,n} \cdot \\ \cdot \beta_{1,1}, \dots, x_{1,n} \cdot \beta_{1,m}, \dots, & x'_{1,1} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x'_{1,1} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x'_{1,n} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x'_{1,n} \cdot \beta_{1,m} \\ \vdots & & & \\ \beta_{M,1}, \dots, \beta_{M,m}, & x_{M,1} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x_{M,1} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x_{M,n} \cdot \\ \cdot \beta_{M,1}, \dots, x_{M,n} \cdot \beta_{M,m}, \dots, & x'_{M,1} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x'_{M,1} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x'_{M,n} \cdot \beta_{M,1}, \dots, x'_{M,n} \cdot \beta_{M,m} \end{bmatrix},$$

в дискретном случае $\beta_{j,r} = \frac{\mu_{f_j}(X_r) \cdot f_j}{\sum_{k=1}^m \mu_{f_j}(X_r)}$, а в непрерывном случае

$$\beta_{j,r} = \frac{\mu_{f_j}(X_r) \cdot f_j}{\int_{f_j} \mu_{f_j}(X_r) df_j},$$

$$f_j = b_{j,0} + b_{j,1}x_{r,1} + b_{j,2}x_{r,2} + \dots + b_{j,n}x_{r,n} + b_{j,n+1}x_{r,1}^2 + b_{j,n+2}x_{r,2}^2 + \dots + b_{j,2n}x_{r,n}^2 +$$

$$\dots + b_{j,n+i-1}x_{r,1}^i + b_{j,n+i}x_{r,2}^i + \dots + b_{j,jn}x_{r,n}^i + \dots \text{ - выход } j \text{ - правила,}$$

$\mu_{f_j}(x_r)$ -функция принадлежности, соответствующая каждому экспериментальным данным по каждому случаю:

$$\begin{aligned}\mu_{f_j}(X_r) = & \mu_{j,1}(x_{r,1}) \cdot \mu_{j,1}(x_{r,2}) \cdot \mu_{j,1}(x_{r,3}) \cdot \dots \cdot \mu_{j,1}(x_{r,n}) \vee \\ & \vee \mu_{j,2}(x_{r,1}) \cdot \mu_{j,2}(x_{r,2}) \cdot \mu_{j,2}(x_{r,3}) \cdot \dots \cdot \mu_{j,2}(x_{r,n}) \vee \\ & \dots \dots \dots \vee \mu_{j,k_j}(x_{r,1}) \cdot \mu_{j,k_j}(x_{r,2}) \cdot \mu_{j,k_j}(x_{r,3}) \cdot \dots \cdot \mu_{j,k_j}(x_{r,n}) \\ r = \overline{1, n}.\end{aligned}$$

В процессе решения реальных задач $m(n+1) < M$. В этом случае решение системы уравнений $Y = A \cdot B$ сводится к решению задачи $A^T Y = A^T A \cdot B$ [84; с. 158-165, 85; с. 1-5].

Функции принадлежности нечётких термов, используемых в этой базе знаний, выбирались экспертом.

При построении нечёткой логической модели Сугено для диагностирования болезней крупного рогатого скота произведён выбор рационального количество правил и эффективные значения их функций принадлежности.

Изначально параметры функции принадлежности были получены от экспертов ветеринарной области. В дальнейшем необходимо произвести настройки параметров функции принадлежности с использованием нейронных сетей и эволюционных алгоритмов для получения минимального количества нечётких правил.

Предлагаемый подход является универсальным для решения слабо формализуемых задач принятия решений в различных объектах, где есть возможность привлечения высококвалифицированных специалистов - экспертов конкретной предметной области для накопления знаний. Система сможет работать с разными базами знаний, созданными для разных предметных областей.

Реализация системы обеспечивает:

- повышение качества принятия групповых решений в условиях возникновения различных ситуаций за счёт компьютерного принятия решений и машинного эксперимента с имитацией соответствующей ситуации;

- возможность выработки управленческих решений и рекомендаций, позволяющих снизить людские и материальные потери;

- экономию ресурсов (материальных, трудовых) за счет моделирования принятия коллективных решений на компьютере, многовариантности получаемых решений и эффективного использования в реальных условиях заранее подготовленных решений;

- повышение эффективности обучения на основе применения современных средств вычислительной техники и программного обеспечения, математических методов и программных комплексов.

Используемый математический аппарат достаточно трудоемкий в части вычислительных процедур. Поэтому эффективность его использования достигается при наличии специальных компьютерных разработок.

2.2. Определение оптимальных условий принятия решений для диагностирования болезней крупного рогатого скота

Системы принятия слабоструктурированных решений в условиях неопределённости различного типа и, в частности, нечёткой неопределённости, представляют собой важный класс интеллектуальных систем. В проектировании нечёткой логической системы доминирующим вопросом является выбор рациональной базы знаний, вернее, рационального количества правил и эффективных значений их функций принадлежности. В связи с этим в работе рассматриваются основные проблемы и задачи интеллектуализации систем обработки информации и пути их решения.

Интеллектуальные информационные технологии создаются одновременно с формализацией профессиональных знаний и опыта специалистов в области управления, накоплением и обновлением профессиональных знаний в данной области, разработкой математических моделей, обработкой эмпирических знаний и

данных, построением механизма логического вывода результатов анализа.

Интеллектуализация систем принятия решений предоставляет возможность формирования вариантных решений, распространения знаний и опыта специалистов наиболее высокой квалификации и формулирования логической аргументации обоснованности каждого варианта решения.

Процесс принятия решения в управлении осложняется возникновением нечёткости. В этих случаях аппарат теории нечётких множеств, нечёткой логики и нечёткого логического вывода позволяет оценить состояния таких сложных ситуаций. С помощью этого аппарата с успехом решаются проблемы поведения человека в определённых ситуациях. Если лицо принимающее решение известно, что может произойти в процессе функционирования системы, то он сможет более обоснованно принять решение.

В условиях, когда лицо принимающее решение (эксперту, конструктору, руководителю), приходится оперировать множеством параметров и условий, которые требуется учесть в процессе принятия решений, неоценимую помощь в качестве поддержки могут оказать системы, предназначенные для поддержки принятия решений в условиях неопределённости, в частности, нечёткости. К ним относятся экспертные и советующие системы поддержки принятия решений, представляющие важный класс прикладных интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Основу всякой человеческой деятельности составляет процесс принятия решений, представляющий собой выбор одного из нескольких выборов. Многие решения мы принимаем не задумываясь, потому что у нас есть автоматизированный взгляд на управление нашими действиями, которое сформировано на практике. Однако бывают случаи, когда человеку приходится глубоко и долго размышлять над данной ситуацией. В таких случаях человек сталкивается с выбором новых видов объектов или средой.

Принятие решения обычно выражается следующим образом.

$D = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_m\}$ – это множества выборов. Для всех $d_i \in D$ дана функция $w(d_i)$ индикатора эффективности варианта.

Требуется лучший вариант $d_{i_0} \in D$, соответствующий значениям функции $w(d_{i_0})$, т.е.

$$d_{i_0} = \arg \max w(d_i) \quad d_i \in D.$$

Функция $w(d_i)$ может иметь разные значения и математические выражения. Например, это можно выразить в следующем виде:

$$W(d) = (q(d), c(d), t(d))^l,$$

где $d \in D$ – решение (действия, управление), сформированное в соответствии с любым оператором (X – множества параметров, отражающих проблемную ситуацию); $q(d)$ – функция эффективности полезности реализации d ; $c(d)$ – функция ресурса, используемая для реализации d ; $t(d)$ – затраченное время на реализацию d .

Эти функции имеют как количественную, так и качественную ценность. Все или некоторые из этих функций учитываются в зависимости от цели и условий задачи принятия решений.

Чёткое представление функций $d = F(X)$, $q(d)$, $c(d)$ и $t(d)$, где сама функция $W(d)$, а также все или все факторы для нахождения значения, превышающего $W(d)$, определяют выбор подходящего метода решения, и это приводит к многообразию решений для задачи принятия решений.

Решения делятся на политические, экономические, технические и т.д.; по продолжительности деятельности и масштабам будущего – оперативные, тактические, стратегические; по внешнему виду принимающего решения лица – индивидуальные и коллективные (институциональные); по степени не повторения – жёсткие, нетворческие и неповторяющиеся, творческие; по степени

неопределённости (полноты информации) – могут быть в виде решений по точности, риску (с точки зрения вероятной точности) и по неопределённости [86; с.51-55].

Статическая модель определяется в виде статуса принятия решения. На основе критерия Вальда оптимально выбирается такая альтернатива выбора, чтобы в этом случае нормализованное значение было максимальным

$$f_{i_0} = \max_{\phi_i \in \Phi} \min_{\theta_j \in \Theta} \overline{f_{jk}}.$$

В процессе применения критерия Вальда сначала выбираются индикаторы с наименьшим значением, а затем – с наибольшим значением.

Если задана $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)$ функция принадлежности, можно посмотреть размеры в следующем представлении:

$$\{\mu_j / \sum_{s=1}^n \mu_s\}_{j=1}^n \text{ и } \{f_{jk} / \sum_{s=1}^n f_{sk}\}_{j=1}^n,$$

где μ – это функция принадлежности субъективного распределения значений вероятности, а F – функция оценки для решения $\phi_i \in \Phi$.

Оптимальное решение $\phi_{k_0} \in \Phi$ критерия типа Вальда в нечёткой среде находится из следующего условия

$$V(\mu, \phi_{k_0}) = \max_{\phi_i \in \Phi} \min_{\theta_j \in \Theta} \sum_{j=1}^m f_{jk} \mu_j / \sum_{r=1}^m \mu_r.$$

Оптимальная стратегия динамического процесса принятия решения для критерия Вальда находится с помощью следующего рекуррентного уравнения:

$$f_N^0(\phi_{k_N}^N(a_r^{N-1}), a_r^{N-1}) = \min_{\phi_k^N \in \Phi^N} \max_{j=1, \dots, n_N} f_{jk}^N(a_r^{N-1}),$$

$$f_l^0(\phi_{k_l}^l(a_r^{l-1})) = \min_{\phi_k^l \in \Phi^l} [\max_{j=1, \dots, n_l} f_{jk}^l(a_r^{l-1}) + \sum_{\eta=1}^{m_l} f_{l+1}^0(\phi_{k_{l+1}}^{l+1}(a_r^l), a_r^l) g_{\eta}^l(a_r^{l-1}, \phi_k^l)].$$

Сформирована характерная модель среды S на основе концепций нечётких множеств, применение которых позволило сформировать видимое состояние принятия решения типа $\{\Phi, A_0, F\}$, где A_0 - нечёткое множество или нечёткое случайное состояние S , определяемое μ_A - функцией принадлежности и распределённой по вероятности P .

При решении задачи используем критерий Байеса и рекуррентные уравнения для математического ожидания байесова значения оценочного функционала.

Пусть задано некоторое решение

$$\phi = (\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_l}^l) \in \Phi = \{\Phi^1, \dots, \Phi^l, \Phi^{l+1}, \dots, \Phi^N\},$$

тогда математическое ожидание байесова значения оценочного

функционала на этапах $1, 2, \dots, l$ равно

$$U(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_l}^l) = \sum_{s=1}^l M_{\{a_v^{s-1}\}_{v=1}^{n_{s-1}}} B^s(\phi_{k_s}^s | a_v^{s-1}).$$

Пусть $f_l(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_l}^l)$ - суммарное математическое ожидание байесова значения оценочного функционала на решении $\phi_{k_l}^l \in \Phi^l$ при использовании решений $\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{l-1}}^{l-1}$ на $1, 2, \dots, (l-1)$ -м этапах и оптимальных решений на $(l+1), \dots, N$ -м этапах, равно

$$f_l(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_l}^l) = f_{l+1}(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_l}^l, \phi_{k_{l+1}}^{l+1}) + \sum_{v=1}^{m_{l+1}} B^l(\phi_{k_l}^l | a_v^{l-1}) \mathfrak{R}(a_v^{l-1} | \phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{l-1}}^{l-1}),$$

где $B^l(\phi_{k_l}^l | a_v^{l-1}) = \sum_{j=1}^{n_l} p_j^l f_{j k_l}^l(a_v^{l-1})$ - байесово значение оценочного функционала; $f_N(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_N}^N)$ - математическое ожидание байесова значения оценочного функционала на множестве решений $\phi_{k_N}^N \in \Phi^N$ при использовании $\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}$:

$$f_N(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_N}^N) = \sum_{v=1}^{m_{N+1}} B^N(\phi_{k_N}^N | a_v^{N-1}) \mathfrak{R}(a_v^{N-1} | \phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}).$$

здесь

$$B^l(\phi_{jk}^l, a_r^{l-1}) = \sum_{j=1}^{N_l} P_j^l f_{jk}^l(a_r^{l-1}),$$

$$f_{jk}^l(a_r^{l-1}) = \sum_{s=1}^k \mu_{jk}^s f_{jk}^{l_s}(a_r^{l-1}) / \sum_{j=1}^m \mu_j,$$

$$\mu_j = \sum_{s=1}^k \mu_{ji}^s.$$

Решение $\phi^0 = (\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_N}^N)$ называется оптимальным по критерию Байеса решением (в случае отсутствия источника информации по объекту) и может быть найдено, начиная с последнего N -го этапа и кончая l -м этапом, следующим образом.

Для N -го этапа оптимальная стратегия решений $\phi_{k_0}^{N-1} = (\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}) \in \Phi_0^N$ для всех возможных комбинаций решений $(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}) \in \{\Phi^1, \dots, \Phi^{N-1}\}$ находится из условия

$$f_l(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}, \phi_{k_N}^N) = \min_{\substack{\phi_{k_N}^N \in \Phi^N \\ T_N(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_N}^N)^l_{\text{зад}}}} \sum_{v=1}^{m_{N-1}} B^N(\phi_{k_N}^N | a_v^{N-1}) \mathcal{R}(a_v^{N-1} | \phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}).$$

Для любого l -го этапа ($l = N-1, \dots, 1$) оптимальная стратегия $\phi_{k_0}^l = (\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{l-1}}^{l-1})$ для всех возможных комбинаций решений $(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{l-1}}^{l-1}) \in \{\Phi^1, \dots, \Phi^{l-1}\}$ находится из условия

$$f_l(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{l-1}}^{l-1}, \phi_{k_l}^l) = \min_{\phi_{k_l}^l \in \Phi^l} \left[f_{l+1}(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{l-1}}^{l-1}, \phi_{k_{l+1}}^{l+1}) + \sum_{v=1}^{m_{N-1}} B^N(\phi_{k_N}^N | a_v^{N-1}) \mathcal{R}(a_v^{N-1} | \phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_{N-1}}^{N-1}) \right],$$

$$T_l(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_l}^l | \phi_{k_0}^{l+1}, \dots, \phi_{k_N}^N, \phi_{k_l}^l) = t_{\text{зад}}$$

где $T_N(\phi_{k_1}^1, \dots, \phi_{k_N}^N)$ — математическое ожидание времени перехода объекта из начального состояния в одно из конечных состояний при использовании решений

$\varphi_{k_1}^1, \dots, \varphi_{k_N}^N$; $T_l = (\varphi_{k_0}^1, \dots, \varphi_{k_l}^l | \varphi_{k_{l+1}}^{l+1}, \dots, \varphi_{k_N}^N)$ - математическое ожидание времени перехода объекта из a^0 в a^N при использовании на этапах 1, 2, ..., l решений $\varphi_{k_1}^1, \dots, \varphi_{k_l}^l$, а на последующих этапах $(l+1), \dots, N$ оптимальных решений $\varphi_{k_{l+1}}^{l+1}, \dots, \varphi_{k_N}^N$.

Можно выделить главное свойство характеристики диагностической задачи болезней крупного рогатого скота – то есть окончательную точку принятия решения ставит ветеринарный врач. Диагностика болезней крупного рогатого скота производится на основании 17 признаков болезней, так как вопросы принятия решений – одни из самых актуальных в современной науке за последнее десятилетие. Известно, что правильная работа той или иной системы может быть достигнута в результате работы этой системы по сбору, анализу, выбору правильной обработки, а также развитию на них правильного управленческого воздействия.

База знаний является отражением интеллектуальной деятельности ветеринарного врача: размышлений, умозаключений, обобщений абстрагирования, которые базируются на различных знаниях - фундаментальных по научным исследованиям, субъективных, полученных в результате практической деятельности и опыта работы в ветеринарии.

Основой формирования базы знаний является следующая информация:

- комплекс сведений о возможных признаках ситуаций и их классификация. Признаками могут быть, например, температура, пульс в одну минуту, дыхание в одну минуту, руминация в две минуты, число эритроцитов, гемоглобин, общий белок, общий кальций, органический фосфор, глюкоза, резервная щелочь, медь, кобальт, марганец, цинк, количество инфузории, состояние рубцового жидкости

- информация о причинах возникновения тех или иных признаков ситуаций, их классификация и систематизация;

- сведения о действиях (или комплекс действий) по устранению ситуаций, возникших по соответствующим причинам.

Одной из основных задач настоящего исследования является попытка разработки и реализации моделей слабоформализуемых процессов, таких как диагностирование болезней крупного рогатого скота при нечеткой исходной информации, выраженных в форме логически обоснованных лингвистических высказываний.

2.3. Схема построения нечёткого логического вывода

Изучение процессов и событий, изменения (динамика) которых во многом зависят от человека, принимаемых им решений, и которые сами влияют на человеческое общество, привело к появлению новой концепции – концепции модели диагностирования. Модели диагностирования обычно характеризуются большим количеством параметров и таким большим количеством взаимодействий, что такие типы проблем не могут быть решены аналитически. На практике такие задачи не могут быть упрощены для экспериментов, т.к. время эксперимента сравнимо со временем работы системы.

На сегодняшний день использование математических методов с использованием новых информационно-коммуникационных технологий является чрезвычайно важным в прогнозировании и оптимальной диагностике. Значительные результаты были достигнуты в улучшении компьютерных диагностических систем, улучшении качества совершенствования лечения, улучшении раннего выявления типов и причин заболеваний, а также целевых методов лечения. Кроме того, существует необходимость в улучшении этих систем, позволяющих производить раннюю диагностику болезней крупного рогатого скота.

Основная задача построения модели диагностирования – изучить специфические аспекты деятельности отдельных

элементов, получить их специфические особенности и разработать методы, позволяющие определять общие особенности системы на основе анализа взаимодействий между элементами.

При анализе модели диагностирования часто встречается иерархическая структура, позволяющая сократить объем данных, передаваемых от этапа к этапу. В этом случае возможно создание промежуточных нелинейных решений, на основе которых через стандартные операторы агрегации данных строится окончательное нечёткое решение модели диагностирования, что упрощает процесс построения математической модели [86; с. 300-301].

Оценка и прогнозирование модели с использованием теории нечетких множеств осуществляется путём опроса системы экспертов, каждый из которых проводится путём выработки нечёткого правила «если ... то ...». В этом случае эксперту предоставляются множества известных значений входных лингвистических параметров, т.к. в некоторых случаях он подходит для диагностики.

Такой подход позволяет учитывать количественные и качественные (вербальные) переменные и не требует знания конкретных разделов математики, позволяя эксперту оценивать ситуацию только на своем профессиональном языке. Кроме того, на основе экспериментальных данных ортогональность обеспечивает независимость и вариативность переменных (столбцов матрицы) – неопределённость эксперта по всем переменным составляет «подобие», что соответствует интуитивным знаниям эксперта и позволяет их формализовать в виде нечёткой модели.

В базе знаний есть m правил, которые выглядят так:

$R1$: ЕСЛИ x_1 , это A_{11} ... И ... x_n это A_{1n} , ТО y это B_1

...

$R1$: ЕСЛИ x_1 , это A_{11} ... И ... x_n это A_{1n} , ТО y это B_i

R_m : ЕСЛИ x_1 , это A_{i1} ... И... x_n это A_{in} , ТО y это B_m ,

где $x_k, k=1 \dots n$, - входные переменные; y - исходящая переменная; A_{ik} - нечеткие множества с функциями принадлежности.

Алгоритмы нечёткого вывода различаются в основном разнообразием используемых правил, типом логических операций и методом дефаззификации. Мамдани, Сугено, Ларсен, Цукамото разработали нечёткие модели вывода [88; с. 300-305, 89; с. 200-272, 90; с. 160-165].

Построения нечётких логических выводов предназначена для перехода входных переменных в выходные с помощью нечёткой базы знаний по следующей схеме:

1. Фаззификация входных переменных.
3. Обобщение условий в выводах нечеткого правила с использованием t -нормы.
4. Активация и композиция выводов нечетких правил.
5. Обобщение выводов нечётких правил с помощью использованием t -конормы.
6. Дефаззификация входных переменных.

Элементы модели диагностирования описываются в виде многоуровневой структуры, взаимодействующей между собой и с внешней средой.

Разработанная функциональная схема диагностирование болезней крупного рогатого скота, представляется на рисунке 2.1.

В первом блоке вводятся данные признаков по болезням крупного рогатого скота, которые разделены на классы. На втором блоке данные с признаками болезней крупного рогатого скота нормализуются и масштабируются.

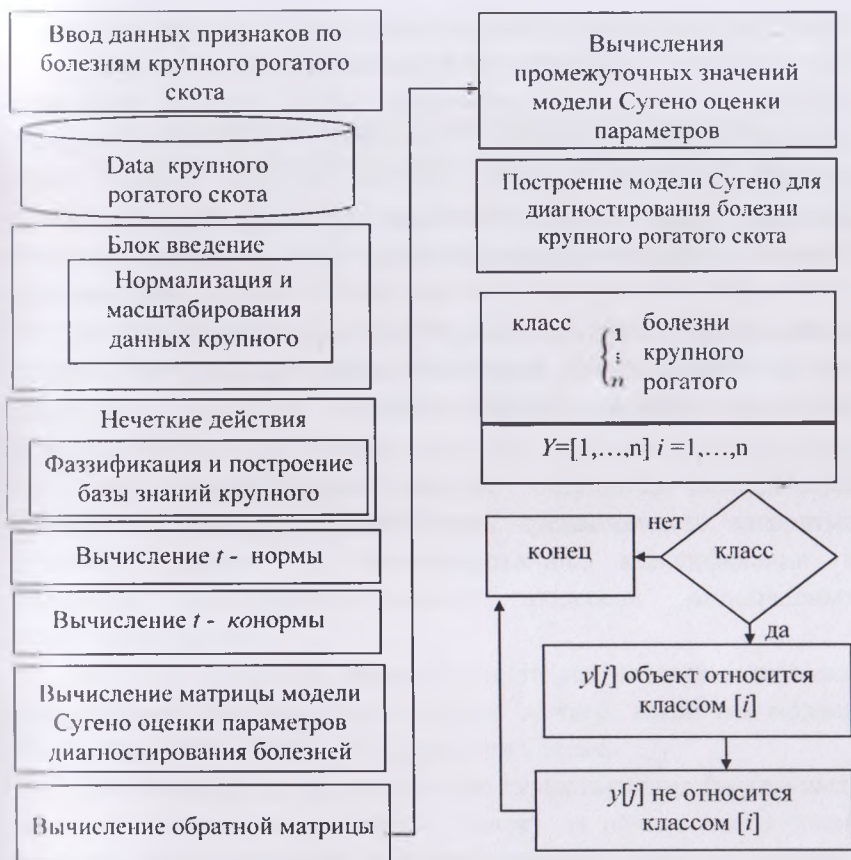


Рис. 2.1 – Функциональная схема диагностирования болезней крупного рогатого скота

На третьем блоке осуществляется нечеткие действие фаззификация и построение базы знаний нечеткой логики. На четвертом блоке вычисление k-нормы. На пятом блоке вычисления матрицы Сугено модели оценки параметров диагностирования болезней крупного рогатого скота. На шестом блоке вычисления промежуточных значений модели Сугено диагностирования болезней крупного рогатого скота. На седьмом блоке построения модели Сугено для диагностирования болезней крупного рогатого

скота. На последнем блоке идет цикл классификация к какому классу относится объекты. На основе возможностей ветеринарных диагностических и прогностических задач, уместно решающие правила создать в качестве стандартных решающих модулей, которые имеются в узлах сетевой системы. Размер задач, решающих одним механизмом, хорошо если их связывать с технологическим процессом единого решения. Например, процессы постановки неточного диагноза по данным осмотра ветеринарного врача; процесс определения диагноза с оценкой стандартных исследований; процесс определения диагноза с оценкой данных особых компьютерных исследований и т.д.

3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЁТКО ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

3.1. Формирование информативных признаков в прогнозировании болезней крупного рогатого скота

В данной главе разработаны функции принадлежности нечеткого множества для прогнозирования болезней крупного рогатого скота.

В разработке функции принадлежности использованы клинические признаки (морфохимические и содержимого рубца) незаразных болезней: кетоза, остеодистрофии, вторичной остеодистрофии и гипомикроэлементоза крупного рогатого скота при диагностировании этих болезней. Результаты исследования показывают высокую эффективность предложенного алгоритма принятия решений по прогнозированию, классификации и измерения слабиформализованных процессов, описываемых нечеткими моделями.

Результат нечеткого правила представлен нечеткими термами или линейной зависимостью и зависит от того, какой тип модели был использован – модель Мамдани или Сугено.

Это позволяет решать несколько существующих (модельных) задач классификации, произвести оценку на основе построенной функции принадлежности крупного рогатого скота и сравнить процессы с результатами нескольких алгоритмов [91; с. 1-10].

Построены функции принадлежности параметров оценки состояния незаразных болезней крупного рогатого скота. В этом случае задачи оценки, классификации и прогноза заболевания решаются на основании 17 признаков. Согласно принятой ветеринарной клинической практике результаты диагностики крупного рогатого скота можно классифицировать следующим образом:

y_1 -кетоз;

y_2 -остеодистрофия;

y_3 - вторичная остеодистрофия;

y_4 - гипомикроэлементоз.

Диагностируются перечисленные виды болезней, которые необходимо распознать. При постановке диагнозов остеодистрофии, кетоза, вторичной остеодистрофии, гипомикроэлементоза у крупного рогатого скота учитываются приведённые ниже основные параметры (в скобках указаны возможные значения, в том числе $x_1 - x_{17} \in \{0,1\}$) [92; с. 135-146, 93; с. 45-48]:

Основное заболевание диагностируется в соответствии с принятой клинической практикой ветеринарии. На основании предоставленной информации составляется список диагнозов, и каждому диагнозу предоставляется числовое значение. При установлении диагнозов вторичной остеодистрофии, кетоза и гипомикроэлементоза мы принимаем во внимание следующие основные признаки:

- x_1 - Температура $^{\circ}\text{C}$;
- x_2 - Пульс, в одну минуту;
- x_3 - Дыхание, в одну минуту;
- x_4 - Руминация, в две минуты;
- x_5 - Число эритроцитов млн/мкл;
- x_6 - Гемоглобин, г/л методом (Гемометром Сали);
- x_7 - Общий белок, г/л (методом Рефрактометрии);
- x_8 - Общий кальций, ммоль/л (метод Вигев. Каракашова);
- x_9 - Органический фосфор ммоль/л (метод Пульса В.Ф. Кромыслова, в модификации Л. А. Кудряцева);
- x_{10} - Глюкоза, ммоль/л (цветная реакция с ортотолуидином);
- x_{11} - Резервная щелочь (CO_2) об % (методом И.П Кондрахина);
- x_{12} - Медь ммоль/л;
- x_{13} - Кобальт ммоль/л;
- x_{14} - Марганец ммоль/л;
- x_{15} - Цинк ммоль/л;

x_{16} - Количества инфузории в рубце 1000/мл;

x_{17} - Состояние рубцового жидкости (Раметром) [1 с. 50-52].

Задача классификации диагностики состоит в том, чтобы сравнить одно из решений каждой комбинации значений параметров $y_j (j = \overline{1,4})$.

а) Клинический статус

Пульс в одну минуту. Пульс крупного рогатого скота в одну минуту до 50 раз в одну минуту – 0, от 50 раз в одну минуту до 65 раз в одну минуту – $\frac{x-50}{60-50}$ от 65 раз в одну минуту до 80 раз в одну минуту – $\frac{80-x}{80-65}$, выше 80 раз в одну минуту – 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

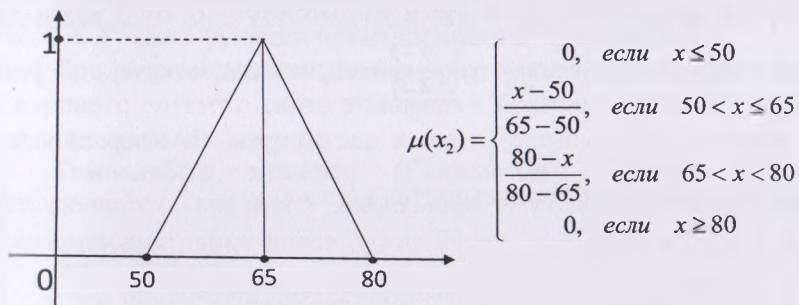


Рис. 3.1- График функции принадлежности “Пульс в одну минуту”

Важным моментом в диагностике заболевания вторичной остеодистрофии крупного рогатого скота это является признак повешения пульса в одну минуту.

Дыхание в одну минуту. Дыхание крупного рогатого скота в одну минуту x_3 : до 12 раз в одну минуту – 0, от 12 раз в одну минуту до 18.5 раз в одну минуту – $\frac{x-12}{18,5-12}$ от 18.5 раз в одну минуту до 25 раз в одну минуту – $\frac{25-x}{25-18,5}$, выше 25 раз в одну минуту – 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

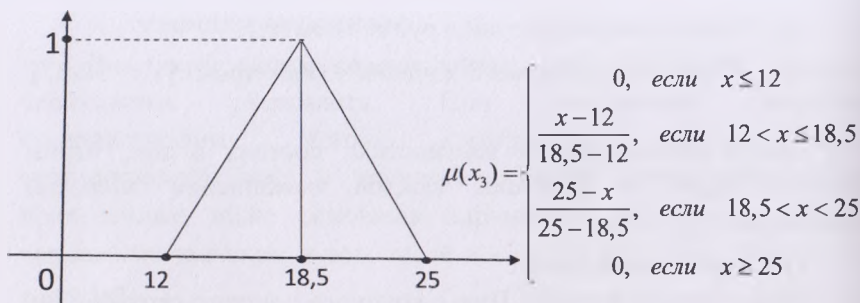


Рис. 3.2- График функции принадлежности “Дыхание в одну минуту”

В диагностике заболевания вторичной остеодистрофии крупного рогатого скота выявляется болезнь кетоз и его признак повышение дыхания в одну минуту.

Руминация в две минуты. Руминация крупного рогатого скота две минуты x_4 : до 3 раз в две минуты – 0, от 3 раз в две минуты до 4 раз в две минуты – $\frac{x-3}{4-3}$ от 4 раз в две минуты до 5 раз в две минуты – $\frac{5-x}{5-4}$ выше 5 раз в две минуты – 1. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

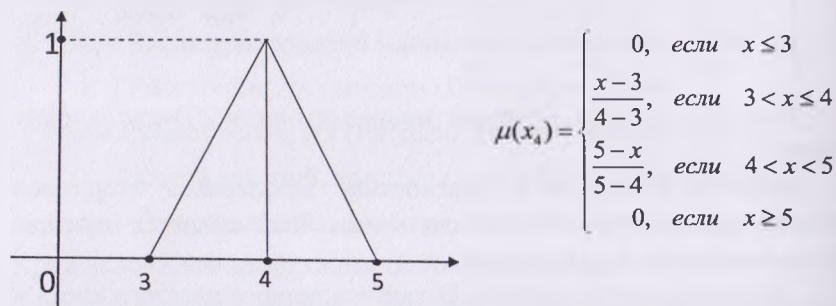


Рис. 3.3- График функции принадлежности “Руминация в две минуты”

В диагностике заболевания вторичной остеодистрофии крупного рогатого скота выявляется болезнь кетоз и его признак повышение дыхания в одну минуту.

б) Морфобиохимические факторы

Эритроцит. Анализ крови показателя эритроцита у крупного рогатого скота x_3 : до 5 млн/мкл – 0, от 5 млн/мкл до 6,2 млн/мкл – $\frac{x-5}{6,2-5}$ от 6,2 млн/мкл до 7,5 млн/мкл – $\frac{7,5-x}{7,5-6,2}$, выше 7,5 млн/мкл – 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

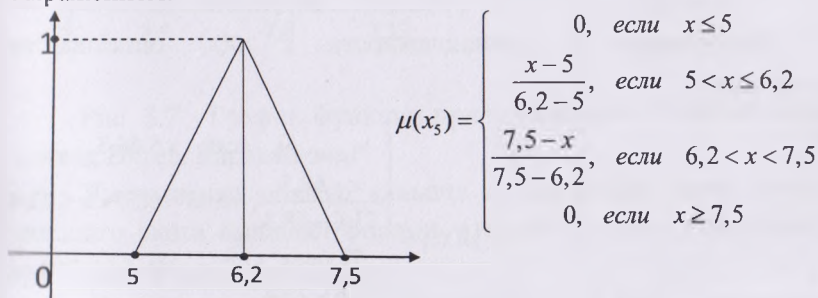


Рис. 3.4- График функции принадлежности “Эритроцит”

При уменьшении показателя эритроцитов в крови на 16-33 % у крупного рогатого скота выявляется болезнь остеодистрофии и гипомикроэлементоза.

Гемоглобин методом (Гемометром Сали). В ходе разведочного анализа выявлялось снижения гемоглобина высокопродуктивных коров x_6 : до 99 г/л – 0, от 99 г/л до 114 г/л – $\frac{x-99}{114-99}$ от 114 г/л до 129 г/л – $\frac{114-x}{129-114}$, выше 129 г/л – 0.

Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

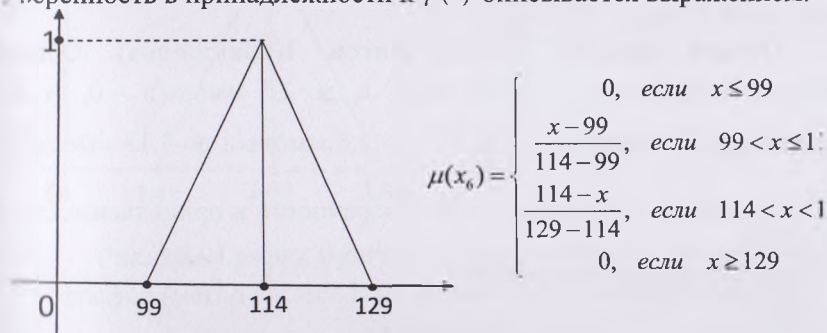


Рис. 3.5-График функции принадлежности “Гемоглобин методом (Гемометром Сали)”

При снижении концентрации гемоглобина на 13-15% крупного рогатого скота выявляются болезни кетоз и вторичная остеодистрофия.

Общий белок г/л (методом Рефрактометрии) Общий белок мочи у крупного рогатого скота x_7 : до 68,3 г/л - 0, от 68,8 г/л до 73,4 г/л - $\frac{x-68,3}{73,4-68,3}$ от 73,4 г/л до 78,6 г/л - $\frac{78,6-x}{78,6-73,4}$, выше 78,6 г/л - 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

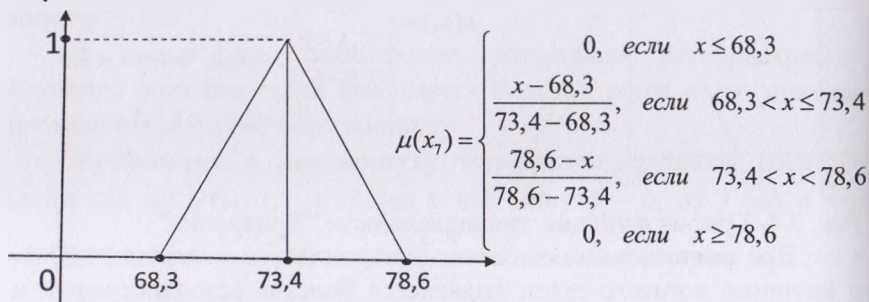


Рис. 3.6 - График функции принадлежности “Общий белок г/л (методом Рефрактометрии)”

При уменьшении показателя общего белка на 21-75% у крупного рогатого скота выявляется болезнь вторичной остеодистрофии. Повышение показателя общего белка на 86 г/л выявляется болезнь кетоз.

Общий кальций (метод Вигев. Каракашова). Общий кальций у крупного рогатого скота x_8 : до 2,5 ммоль/л - 0, от 2,5 ммоль/л до 2,8 ммоль/л - $\frac{x-2,5}{2,8-2,5}$ от 2,8 ммоль/л до 3,13 ммоль/л - $\frac{3,13-x}{3,13-2,8}$, выше 3,13 ммоль/л - 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

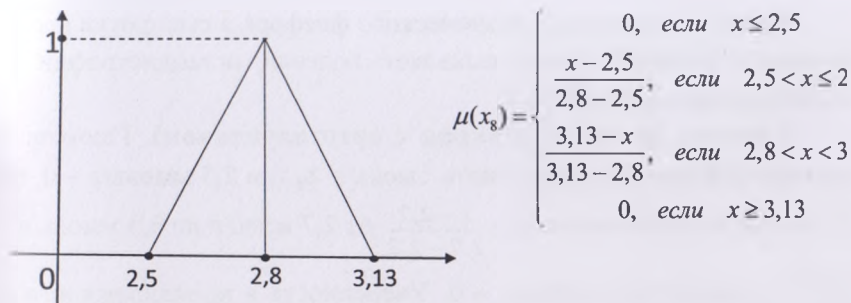


Рис. 3.7 - График функции принадлежности “Общий кальций (метод Вигев. Каракашова)”

Уменьшение общего кальция в сыворотке крови крупного рогатого скота выявляет болезнь вторичной остеодистрофии [94; с.107-111, 95; с. 274-285].

Органический фосфор (метод Пульса В.Ф. Кромыслов и модификация Л.А Кудряцева). Органический фосфор крупного рогатого скота x_9 : до 1,45 ммоль/л – 0, от 1,45 ммоль/л до 1,60 ммоль/л – $\frac{x-1,45}{1,60-1,45}$ от 1,60 ммоль/л до 1,94 ммоль/л – $\frac{1,94-x}{1,94-1,60}$, выше 1,94 ммоль/л – 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

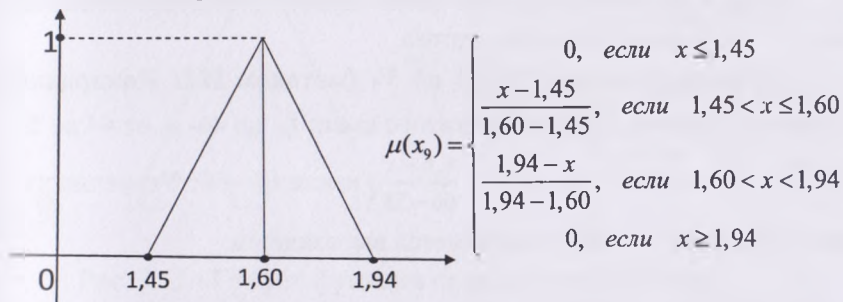
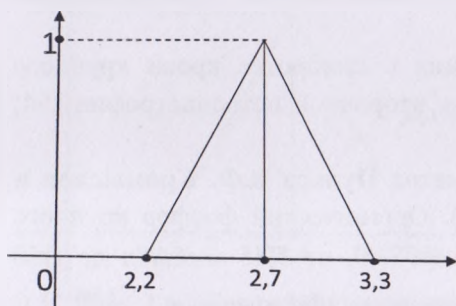


Рис. 3.8 - График функции принадлежности “Органический фосфор (метод Пульса В.Ф. Кромыслов и модификация Л.А Кудряцева)”

Низкое количество органического фосфора в сыворотке крови крупного рогатого скота выявляет болезни остеодистрофии и вторичной остеодистрофии.

Глюкоза (цветная реакция с ортотолуидином). Глюкоза в крови у крупного рогатого скота x_{10} : до 2,5 ммоль/л – 0, от 2,5 ммоль/л до 2,7 ммоль/л – $\frac{x-2,2}{2,7-2,2}$ от 2,7 ммоль/л до 3,3 ммоль/л – $\frac{3,3-x}{3,3-2,7}$, выше 3,3 ммоль/л – 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:



$$\mu(x_{10}) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq 2,2 \\ \frac{x-2,2}{2,7-2,2}, & \text{если } 2,2 < x \leq 2,7 \\ \frac{3,3-x}{3,3-2,7}, & \text{если } 2,7 < x < 3,3 \\ 0, & \text{если } x \geq 3,3 \end{cases}$$

Рис. 3.9 - График функции принадлежности “Глюкоза (цветная реакция с ортотолуидином)”

Если у крупного рогатого скота низкое количество глюкозы в крови это выявляет болезнь кетоза.

Резервная щелочь (CO_2) об % (методом И.П Кондрахин). Резервная щелочь крупного рогатого скота x_{11} : до 44 – 0, от 44 до 55 – $\frac{x-44}{55-44}$ от 55 до 66 ммоль/л – $\frac{6,6-x}{66-55}$, выше 66 – 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

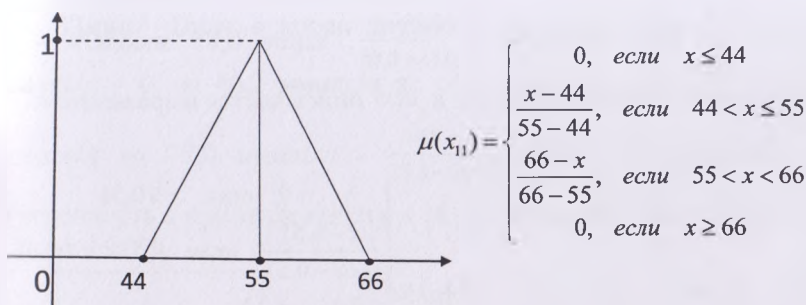


Рис. 3.10 - График функции принадлежности "Резервная щелочь об %" (методом И.П Кондрахин)"

В сыворотке крови крупного рогатого скота количество щелочного резерва если намного меньше показателей это выявляет болезнь вторичной остеодистрофии и кетоза.

Медь. Медь в крови крупного рогатого скота x_{12} : до 14,1 ммоль/л – 0, от 14,1 ммоль/л до 15,7 ммоль/л – $\frac{x-14,1}{15,7-14,1}$ от 15,7 ммоль/л до 17,3 ммоль/л – $\frac{17,3-x}{17,3-15,7}$ выше 17,3 ммоль/л – 0.

Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

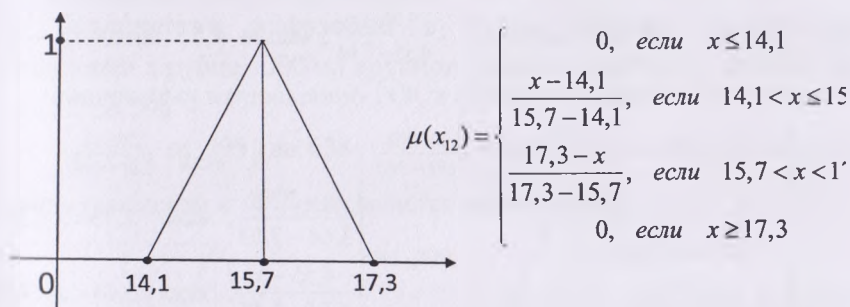


Рис. 3.11 - График функции принадлежности "Медь"

Снижение количества меди в крови крупного рогатого скота выявляет болезни остеодистрофии и гипомикроэлементоза

Кобальт. Кобальт в крови крупного рогатого скота x_{13} : до 0,51 ммоль/л – 0, от 0,51 ммоль/л до 0,68 ммоль/л – $\frac{x-0,51}{0,68-0,51}$ от 0,68

ммоль/л до 0,85 ммоль/л - $\frac{0,85-x}{0,85-0,68}$, выше 0,85 ммоль/л - 0.

Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

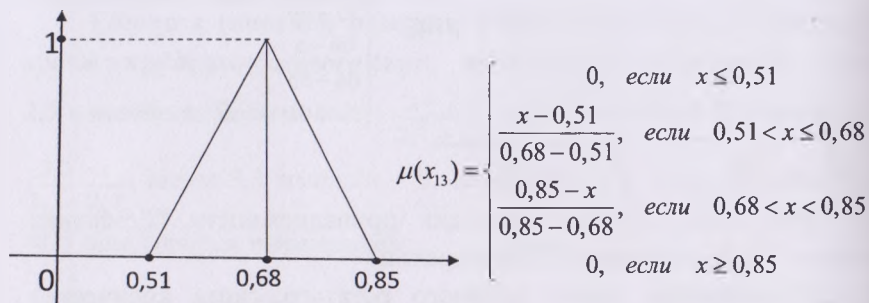


Рис. 3.12 - График функции принадлежности "Кобальт"

Уменьшение количества кобальта на 12% в крови крупного рогатого скота приводит к болезни остеодистрофии и гипомикроэлементоза.

Марганец. Марганец в крови у крупного рогатого скота x_{14} : до 2,73 ммоль/л - 0, от 2,73 ммоль/л до 3,64 ммоль/л - $\frac{x-2,73}{3,64-2,73}$ от 3,64 ммоль/л до 4,55 ммоль/л - $\frac{4,55-x}{4,55-3,64}$, выше 4,55 ммоль/л - 0.

Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

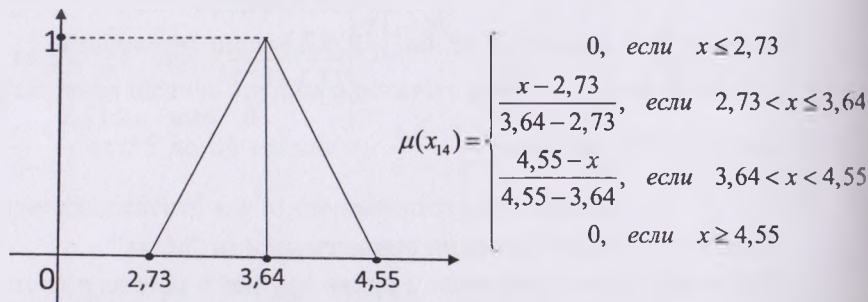


Рис. 3.13 - График функции принадлежности "Марганец"

Снижение количество марганца в крови высокопродуктивных коров приводит к болезни остеодистрофии и гипомикроэлементоза.

Цинк. Цинк в крови крупного рогатого скота x_{15} : до 46,2 ммоль/л – 0, от 46,2 ммоль/л до 61,6 ммоль/л – $\frac{x-46,2}{61,6-46,2}$ от 61,6 ммоль/л до 77,0 ммоль/л – $\frac{77,0-x}{77,0-61,6}$, выше 77,0 ммоль/л – 0.

Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

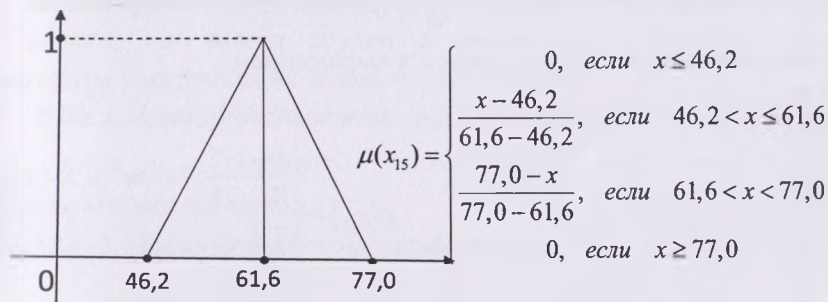


Рис. 3.14 - График функции принадлежности "Цинк"

Снижение количества цинка на 25-33% в крови приводит к болезни остеодистрофии и гипомикроэлементоза у крупного рогатого скота.

с) Сфера содержимого рубца

Количества инфузории в рубце 1000/мл. Количества инфузории в рубце 1000/мл крупного рогатого скота x_{16} : до 552 – 0, от 552 до 595 –

$\frac{x-552}{595-552}$ от 595 до 638 – $\frac{638-x}{638-595}$, выше 638 – 0. Уверенность в

принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

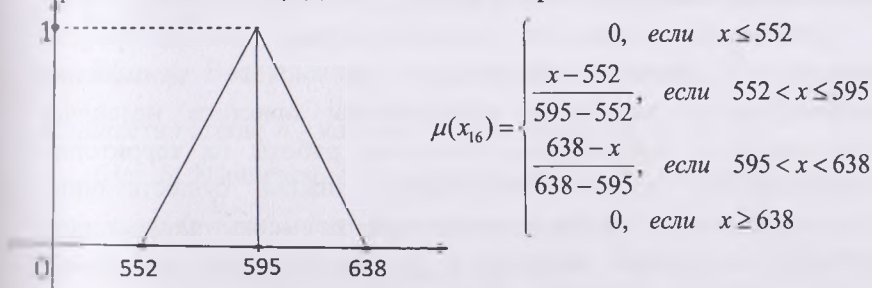


Рис. 3.15 - График функции принадлежности "Количества инфузории в рубце"

Снижение количества инфузории в рубце на 300 ± 45 приводит к болезни кетоза и гипомикроэлементоза у крупного рогатого скота.

Среда рубцовой жидкости (Раметром). Состояние рубцовой жидкости у крупного рогатого скота x_{17} : до 6,5 - 0, от 6,5 до 7 - $\frac{x-6,5}{7-6,5}$ от 7 до 7,5 ммоль/л - $\frac{7,5-x}{7,5-7}$, выше 7,5- 0. Уверенность в принадлежности к $\mu(x)$ описывается выражением:

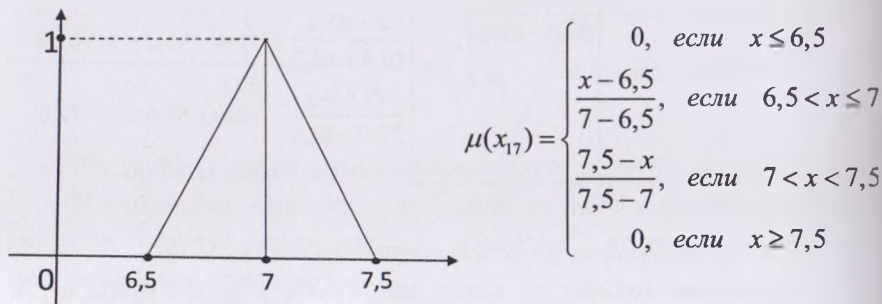


Рис. 3.16 - График функции принадлежности "Среда рубцовой жидкости"

Уменьшение состояния рубцовой жидкости приводит к болезни кетоза и вторичной остеодистрофии у крупного рогатого скота.

Результаты исследований показали высокую эффективность предложенного алгоритма принятия решений по прогнозированию, классификации и измерению слабоформализованных процессов, описываемых нечеткими моделями [96; с. 143-145, 97; с.1-7].

Этиология вторичной остеодистрофии, остеодистрофии, кетоза и гипомикроэлементоза за счет применения прогностической модели в ветеринарной практике позволяет оптимизировать ветеринарно-санитарные работы на территории Самаркандской области. Имеющиеся знания существующих экспериментальных данных позволяют повысить адекватность нечёткой экспертной системы и рассматриванием разработки алгоритма построения нечёткой модели Сугено.

3.2. Совершенствование алгоритма построения нечёткой модели Сугено

Данный алгоритм отличается от других алгоритмов тем, что в удостоверяющей части правил используются не лингвистические переменные, а линейные выражения. Из-за этого для алгоритма подходят не все методы дефазификации. Алгоритм Сугено точнее Мамдани, он иногда труден в реализации. Представляется алгоритм построения нечёткой модели Сугено:

Шаг 1. Выбор экспериментальных данных, $(X_r, y_r), r = \overline{1, M}$, где $X_r = (x_{r,1}, x_{r,2}, \dots, x_{r,n})$ – входной вектор в r -ой паре y_r – соответствующий выход.

Шаг 2. Нормализация и масштабирование $U_{i,j}$,

$$U_{i,j} = l \frac{x_{i,j} - \min(x_{i,j})}{\max_j(x_{i,j}) - \min_j(x_{i,j})} \quad \text{где } l \text{ это число термов.}$$

Шаг 3. Проведение фазификации, $\mu^k(U_{i,j}) = \frac{1}{1 + \left(\frac{U_{i,j} - C_k}{\sigma_k}\right)^2}$, где

$$C_k = \overline{0, l}, k = \overline{1, l+1}, P_{i,j} = \left\{ \text{коэффициенты от } \max = \mu^k(U_{i,j}) \right\}.$$

$$\mu^*(U_{i,j}) = \max \mu^k(U_{i,j}) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_{i,j} - P_{i,j}}{\sigma_k}\right)^2}$$

где M – количество строк, n – количество столбцов, $i = \overline{1, M}, j = \overline{1, n}$

Шаг 4. Вычисление t -нормы $\mins = \left\{ \min(\mu(U_{i,j})) \right\}$ где M – количество строк, n – количество столбцов, $i = \overline{1, M}, j = \overline{1, n}$

Шаг 5. Вычисление t -конорма, $\mu_d_j(X_r) = \left\{ \max(\mins) \right\}$ где M – количество строк, m – количество болезней, $r = \overline{1, m}, j = \overline{1, M}$

Шаг 6. Вычисление матрицы $\beta_{j,r}$,

$$\beta_{jr} = \frac{\mu d_j(X_r)}{\sum_{k=1,m} \mu d_k(X_r)}$$

Шаг 7. Составление матрицы A ,

$$A = \begin{bmatrix} \beta_{1,1}, \dots, \beta_{1,m}; X_{1,1} \beta_{1,1}, \dots, X_{1,1} \beta_{1,m}, \dots, X_{1,n} \beta_{1,1}, \dots, X_{1,n} \beta_{1,m} \\ \beta_{M,1}, \dots, \beta_{M,m}; X_{M,1} \beta_{1,1}, \dots, X_{M,1} \beta_{1,m}, \dots, X_{M,n} \beta_{M,1}, \dots, X_{M,n} \beta_{M,m} \end{bmatrix}$$

Шаг 8. Транспонирование матрицы A .

Шаг 9. Расчет $A^T A$.

Шаг 10. Вычисление обратной матрицы $(A^T A)^{-1}$.

Шаг 11. Вычисление вектора B .

$$B = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot Y$$

Шаг 12. Построение модели Сугено.

Шаг 13. Проверка адекватности модели.

$$Y = A \cdot B.$$

Шаг 14. Конец алгоритма.

На основе предложенного нечёткого алгоритма Сугено создана программа диагностирования и разработана модель диагностирования болезней крупного рогатого скота [98; с. 232-233].

Рассмотрим разработку алгоритма диагностирования на основе нейтрософского нечёткого множества.

3.3. Совершенствование алгоритма диагностирования на основе нейтрософского нечёткого множества

Нейтрософское нечёткое множество, введённое с философской точки зрения, трудно применять в практических задачах, поскольку его функции истинности, неопределённости и ложности лежат в нестандартном единичном интервале $]^{-0,1^{+}}[$. В качестве упрощённой формы нейтрософского множества определили интервальные нейтрософское множество, когда ее три функции ограничены в реальном стандартном интервале $[0, 1]$ [52; с. -100].

Допустим X будет универсальным множеством. Интервальные нейтрософские множества N в X независимо характеризуется функцией принадлежности истинности $T_N(x)$, функцией принадлежности неопределенности $I_N(x)$, и функцией принадлежности ложности $F_N(x)$ для каждого $x \in X$,

$$T_N(x) = [T_N^L(x), T_N^U(x)] \subseteq [0, 1], I_N(x) = [I_N^L(x), I_N^U(x)] \subseteq [0, 1],$$

а также

$$F_N(x) = [F_N^L(x), F_N^U(x)] \subseteq [0, 1],$$

то они удовлетворяют условию

$$0 \leq T_N^U(x) + I_N^U(x) + F_N^U(x) \leq 3 \quad [23; \text{с. } -100].$$

Таким образом, можно обозначить как

$$N = \left\{ \left\langle x, [T_N^L(x), T_N^U(x)], [I_N^L(x), I_N^U(x)], [F_N^L(x), F_N^U(x)] \right\rangle \mid x \in X \right\}.$$

Для удобства базовых элементов

$$\left\langle x, [T_N^L(x), T_N^U(x)], [I_N^L(x), I_N^U(x)], [F_N^L(x), F_N^U(x)] \right\rangle$$

в интервальное нейтрософское нечеткое множества N обозначается как

$$a = \left\langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \right\rangle$$

краткости, что называется интервальное нейтрософское нечеткое число [53; с. 1].

Допустим

$$a = \left\langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \right\rangle \text{ и } b = \left\langle [T_b^L, T_b^U], [I_b^L, I_b^U], [F_b^L, F_b^U] \right\rangle$$

обозначить двух интервальные нейтрософские нечёткие числа, то существуют следующие отношения:

$$a^c = \left\langle [F_a^L, F_a^U], [1 - I_a^U, 1 - I_a^L], [T_a^L, T_a^U] \right\rangle \text{ (дополнение).}$$

$a \subseteq b$ если и только если

$$T_a^L \leq T_b^L, T_a^U \leq T_b^U, I_a^L \geq I_b^L, I_a^U \geq I_b^U, F_a^L \geq F_b^L,$$

а также;

$a = b$ если и только если $a \subseteq b$ а также $b \subseteq a$;

$$a \oplus b = \left\langle [T_a^L + T_b^L - T_a^L T_b^L, T_a^U + T_b^U - T_a^U T_b^U], [I_a^L I_b^L, I_a^U I_b^U], [F_a^L F_b^L, F_a^U F_b^U] \right\rangle;$$

$$a \oplus b = \left\langle [T_a^L T_b^L, T_a^U T_b^U], [I_a^L + I_b^L - I_a^L I_b^L, I_a^U + I_b^U - I_a^U I_b^U], [F_a^L + F_b^L - F_a^L F_b^L, F_a^U + F_b^U - F_a^U F_b^U] \right\rangle;$$

$$\mu(a) = \left\langle [1 - (1 - T_a^L)^\mu, 1 - (1 - T_a^U)^\mu], [(I_a^L)^\mu, (I_a^U)^\mu], [(F_a^L)^\mu, (F_a^U)^\mu] \right\rangle \text{ если } \mu > 0;$$

$$a^\mu = \left\langle [(T_a^L)^\mu, (T_a^U)^\mu], [1 - (1 - I_a^L)^\mu, 1 - (1 - I_a^U)^\mu], [1 - (1 - F_a^L)^\mu, 1 - (1 - F_a^U)^\mu] \right\rangle$$

если $\mu > 0$ [52; с. 4, 57; с. 2].

Пусть

$$a_j = \left\langle [T_{a_j}^L, T_{a_j}^U], [I_{a_j}^L, I_{a_j}^U], [F_{a_j}^L, F_{a_j}^U] \right\rangle (j = 1, 2, \dots, n)$$

будет совокупностью множества интервальных нейтрософских нечетких чисел. Основываясь на операторах взвешенной агрегации множества нейтрософских чисел, можно ввести следующие интервальные нейтрософские взвешенные арифметические и средние геометрические операторы [57; с. 9-11]:

$$INWAA(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j a_j \left\langle \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_{a_j}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_{a_j}^U)^{w_j} \right], \left[\prod_{j=1}^n (I_{a_j}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (I_{a_j}^U)^{w_j} \right], \left[\prod_{j=1}^n (F_{a_j}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (F_{a_j}^U)^{w_j} \right] \right\rangle,$$

$$INWGA(a_1, a_2, \dots, a_n) = \prod_{j=1}^n a_j^{w_j} \left\langle \begin{array}{c} \left[\prod_{j=1}^n (T_{a_j}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (T_{a_j}^U)^{w_j} \right], \\ \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - I_{a_j}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - I_{a_j}^U)^{w_j} \right], \\ \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - F_{a_j}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - F_{a_j}^U)^{w_j} \right] \end{array} \right\rangle,$$

где $w_j (j=1, 2, \dots, n)$ это вес $a_j (j=1, 2, \dots, n)$ с $w_j \in [0, 1]$ а также $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

Рассматриваем экспоненциальные законы работы интервальных нейтрософских нечетких множеств. Экспоненциальные операторы интервальных нейтрософских нечетких множеств с нечёткими параметрами.

Расширения существующих законов работы интервальных нейтрософских нечетких множеств, определяется новым показательным законом работы интервальных нейтрософских нечетких множеств, в котором основанием являются четкие значения показателя интервальных нейтрософских нечетких множеств.

Допустим, X универсальное множества

$$N = \left\{ \left\langle x, [T_N^L(x), T_N^U(x)], [I_N^L(x), I_N^U(x)], [F_N^L(x), F_N^U(x)] \right\rangle \mid x \in X \right\}$$

интервальное нейтрософское нечеткое множества [53; с. 5].

В этом случае показательный закон работы интервального нейтрософского нечеткого множества N четким параметром μ определяется следующим образом:

$$\mu^N = \left\{ \left\langle x, [\mu^{1-T_N^L(x)}, \mu^{1-T_N^U(x)}], [1 - \mu^{I_N^L(x)}, 1 - \mu^{I_N^U(x)}], [1 - \mu^{F_N^L(x)}, 1 - \mu^{F_N^U(x)}] \right\rangle \mid x \in X \right\}, \mu \in [0, 1]$$

$$\left\{ \left\langle x, [(1/\mu)^{1-T_N^L(x)}, (1/\mu)^{1-T_N^U(x)}], [1 - (1/\mu)^{I_N^L(x)}, 1 - (1/\mu)^{I_N^U(x)}], [1 - (1/\mu)^{F_N^L(x)}, 1 - (1/\mu)^{F_N^U(x)}] \right\rangle \mid x \in X \right\}, \mu > 1$$

μ^N также является интервальное нейтрософское нечеткое множество и для него обсуждаются следующие два случая:

Если $\mu \in [0,1]$, функции истинности, неопределенности и ложности являются

$$\left[\mu^{1-T_N^L(x)}, \mu^{1-T_N^U(x)} \right] \subseteq [0,1], \left[\mu^{I_N^L(x)}, \mu^{I_N^U(x)} \right] \subseteq [0,1] \text{ и } \left[\mu^{F_N^L(x)}, \mu^{F_N^U(x)} \right] \subseteq [0,1]$$

для любой $x \in X$, соответственно [53; с. 5].

Таким образом

$$\left\{ \left\langle x, \left[\mu^{1-T_N^L(x)}, \mu^{1-T_N^U(x)} \right], \left[1 - \mu^{I_N^L(x)}, 1 - \mu^{I_N^U(x)} \right], \left[1 - \mu^{F_N^L(x)}, 1 - \mu^{F_N^U(x)} \right] \right\rangle \mid x \in X \right\}$$

является интервальное нейтрософское нечеткое множества [53; с. 5].

Если $\mu > 1$, тогда есть $0 < 1/\mu < 1$.
тогда,

$$\left\{ \left\langle x, \left[(1/\mu)^{1-T_N^L(x)}, (1/\mu)^{1-T_N^U(x)} \right], \left[1 - (1/\mu)^{I_N^L(x)}, 1 - (1/\mu)^{I_N^U(x)} \right], \left[1 - (1/\mu)^{F_N^L(x)}, 1 - (1/\mu)^{F_N^U(x)} \right] \right\rangle \mid x \in X \right\}$$

также интервальное нейтрософское нечеткое множества [53; с. 6].

Точно так же можно предложить закон действия интервального нейтрософского нечеткого числа работа [53; с. 6].

Пусть $a = \langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \rangle$ будет интервальное нейтрософское нечеткое число, который является базовым элементом интервального нейтрософского нечеткого множества. Тогда показательный закон действия интервального нейтрософского нечеткого числа a с четким параметром

μ обозначается следующим образом:

$$\mu^a = \begin{cases} \left\langle x, \left[\mu^{1-T_a^L}, \mu^{1-T_a^U} \right], \left[1 - \mu^{I_a^L}, 1 - \mu^{I_a^U} \right], \left[1 - \mu^{F_a^L}, 1 - \mu^{F_a^U} \right] \right\rangle, \mu \in [0, 1] \\ \left\langle x, \left[(1/\mu)^{1-T_a^L}, (1/\mu)^{1-T_a^U} \right], \left[1 - (1/\mu)^{I_a^L}, 1 - (1/\mu)^{I_a^U} \right], \left[1 - (1/\mu)^{F_a^L}, 1 - (1/\mu)^{F_a^U} \right] \right\rangle, \mu > 1 \end{cases} \quad (3.2)$$

Очевидно, что μ^a интервальное нейтрософское нечеткое число [57; с. 5].

Допустим

$$a = \langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \rangle$$

любое интервальное нейтрософское нечеткое число,

$$a^* = \langle [1, 1], [0, 0], [0, 0] \rangle.$$

Тогда функция меры косинуса, основанная на расстоянии Хэмминга между a и a^* , может быть определена как [53; с. 6]

$$C(a) = \cos \left[\frac{\pi}{12} (1 - T_a^L + 1 - T_a^U + I_a^L + I_a^U + F_a^L + F_a^U) \right]$$

также

$$C(a) \in [0, 1].$$

$$(3.3)$$

Очевидно, смысл функции число косинуса $C(a)$ интервального нейтрософского числа a можно объяснить следующим образом: чем ближе: интервальное нейтрософское число a находится к максимальному интервальному нейтрософскому числу $a^* = \langle [1, 1], [0, 0], [0, 0] \rangle$, тем больше значение a . Тогда можно дать сравнительный метод для интервального нейтрософского множества в соответствии с функцией измерения косинуса $C(a)$ [53; с. 6].

Допустим

$$a = \langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \rangle, b = \langle [T_b^L, T_b^U], [I_b^L, I_b^U], [F_b^L, F_b^U] \rangle$$

два двух интервальное нейтрософское число, тогда сравнительный метод, основанный, на функции число косинуса $C(a)$ может быть определен следующим образом:

Если $C(a) > C(b)$, то $a > b$, если $C(a) = C(b)$, то $a = b$ [53; с. 6].

Рассматриваются экспоненциальные операции интервального нейтрософского числа с интервальными параметрами. Определяются двухинтервальное нейтрософское числа чтобы дать экспоненциальный закон работы интервального нейтрософского числа с интервальными параметрами

Допустим

$$a = \langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \rangle \text{ и } b = \langle [T_b^L, T_b^U], [I_b^L, I_b^U], [F_b^L, F_b^U] \rangle,$$

два нейтрософские числа.

Если $[T_a^L, T_a^U] \leq [T_b^L, T_b^U]$, $[I_a^L, I_a^U] \geq [I_b^L, I_b^U]$, и $[F_a^L, F_a^U] \geq [F_b^L, F_b^U]$,

есть $a \leq b$. Тогда $d = [a, b]$ двух интервальное нейтрософское число [53; с. 7].

Если экспоненциальные степени представлены в виде интервального нейтрософского числа и используется номером интервала тогда можно дать следующий экспоненциальный закон действия интервального нейтрософского числа.

Допустим

$$a = \langle [T_a^L, T_a^U], [I_a^L, I_a^U], [F_a^L, F_a^U] \rangle$$

интервальное нейтрософское число и $\mu = [\mu^L, \mu^U]$ интервал число, то экспоненциальный закон действия интервального нейтрософского числа a определяется как [53; с. 8]

$$\mu^* = \begin{cases} \left[\begin{aligned} &\left[\left[(\mu^L)^{1-r_s^L}, (\mu^L)^{1-r_s^U} \right], \left[1 - (\mu^L)^{r_s^L}, 1 - (\mu^L)^{r_s^U} \right] \right] \\ &\left[1 - (\mu^L)^{r_s^L}, 1 - (\mu^L)^{r_s^U} \right] \end{aligned} \right], & 0 \leq \mu^L \leq \mu^U \leq 1 \\ \left[\begin{aligned} &\left[(\mu^U)^{1-r_s^L}, (\mu^U)^{1-r_s^U} \right], \left[1 - (\mu^U)^{r_s^L}, 1 - (\mu^U)^{r_s^U} \right] \right] \\ &\left[1 - (\mu^U)^{r_s^L}, 1 - (\mu^U)^{r_s^U} \right] \end{aligned} \right], & 1 < \mu^L \leq \mu^U \end{cases} \quad (3.4)$$

Очевидно, что значение μ^* является двух интервальным нейтрософским числом поскольку это сходно экспоненциальным законам работы интервального нейтрософского числа работа.

Допустим $d_j = [a_j^L, a_j^U]$ ($j=1,2$) двух интервальное нейтрософское число и μ действительное число. Тогда определяются следующие операции [53; с. 8]:

$$\begin{aligned} d_1 \oplus d_2 &= [a_1^L, a_1^U] \oplus [a_2^L, a_2^U] = [a_1^L \oplus a_2^L, a_1^U \oplus a_2^U]; \\ d_1 \otimes d_2 &= [a_1^L, a_1^U] \otimes [a_2^L, a_2^U] = [a_1^L \otimes a_2^L, a_1^U \otimes a_2^U]; \\ \mu d_1 &= \mu [a_1^L, a_1^U] = [\mu a_1^L, \mu a_1^U]; \\ (d_1)^\mu &= [a_1^L, a_1^U]^\mu = [(a_1^L)^\mu, (a_1^U)^\mu]. \end{aligned}$$

В начале исследования используются интервальное операционные законы, в конце исследования вычисляются интервальные нейтрософские числа или действительные числа. Они не только обеспечивают рациональность интервальных операций, но и соответствуют законам работы интервальных

нейтрософских чисел. Точно так же экспоненциальным законам действует интервальных нейтрософских чисел с интервальными параметрами и они удовлетворяют некоторые свойства.

Функции измерения косинуса и соответствующего сравнительного метода для интервальных нейтрософских чисел также можно предложить следующую функцию измерения косинуса и соответствующий метод сравнения для двух интервальных нейтрософских чисел.

Допустим

$$d = \langle [T_{a^L}^L, T_{a^L}^U], [I_{a^L}^L, I_{a^L}^U], [F_{a^L}^L, F_{a^L}^U] \rangle, \langle [T_{a^U}^L, T_{a^U}^U], [I_{a^U}^L, I_{a^U}^U], [F_{a^U}^L, F_{a^U}^U] \rangle$$

должен быть DINN и

$$d^* = \{ \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle, \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle \}$$

максимальное двухинтервальное нейтрософское число. Функция меры косинуса, основанная на расстоянии Хэмминга между d и может быть определена как [55; с. 9]

$$C(d) = \cos \left\{ \frac{\pi}{24} \left(1 - T_{a^L}^L + 1 - T_{a^L}^U + I_{a^L}^L + I_{a^L}^U + F_{a^L}^L + F_{a^L}^U \right) \right. \\ \left. + 1 - T_{a^U}^L + 1 - T_{a^U}^U + I_{a^U}^L + I_{a^U}^U + F_{a^U}^L + F_{a^U}^U \right\}$$

для

$$C(d) \in [0,1]. \quad (3.5)$$

Точно так же смысл функции числа косинуса $C(d)$ принадлежащий двух интервальному нейтрософскому числу d можно объяснить следующим образом: чем ближе к двух интервальным нейтрософским числам d к максимальному двух интервальному нейтрософскому числу

$$d^* = \{ \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle, \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle \},$$

тем больше значение d . Следовательно, мы можем дать сравнительный метод для двух интервального нейтрософского числа [53; с. 1-18].

Пусть

$$d_1 = \left\{ \left\langle \left[T_{a_1^L}^L, T_{a_1^L}^U \right], \left[I_{a_1^L}^L, I_{a_1^L}^U \right], \left[F_{a_1^L}^L, F_{a_1^L}^U \right] \right\rangle, \left\langle \left[T_{a_1^U}^L, T_{a_1^U}^U \right], \left[I_{a_1^U}^L, I_{a_1^U}^U \right], \left[F_{a_1^U}^L, F_{a_1^U}^U \right] \right\rangle \right\};$$

и

$$d_2 = \left\{ \left\langle \left[T_{a_2^L}^L, T_{a_2^L}^U \right], \left[I_{a_2^L}^L, I_{a_2^L}^U \right], \left[F_{a_2^L}^L, F_{a_2^L}^U \right] \right\rangle, \left\langle \left[T_{a_2^U}^L, T_{a_2^U}^U \right], \left[I_{a_2^U}^L, I_{a_2^U}^U \right], \left[F_{a_2^U}^L, F_{a_2^U}^U \right] \right\rangle \right\},$$

будет двух интервальными нейтрософскими числами. Тогда сравнительный метод, основанный на функциях измерения косинуса для d_1 и d_2 может быть определен следующим образом [53; с. 9]:

если

$$C(d_1) > C(d_2), \text{ то } d_1 > d_2;$$

если

$$C(d_1) = C(d_2), \text{ то } d_1 = d_2.$$

Операторы экспоненциального агрегирования интервальных нейтрософских чисел.

Согласно экспоненциальным законам работы формул (3.2) и (3.4) предлагаются операторы интервальной нейтрософической экспоненциальной агрегации (INWEA) и двух интервальной нейтрософической экспоненциальной агрегации (DINWEA), где основания представляют собой совокупность действительных чисел или числа интервалов, а показатели степени представляют собой совокупность множества интервальных нейтрософских чисел.

Допустим

$$a_j = \left\langle \left[T_{a_j}^L, T_{a_j}^U \right], \left[I_{a_j}^L, I_{a_j}^U \right], \left[F_{a_j}^L, F_{a_j}^U \right] \right\rangle$$

$j=1,2,\dots,n$ совокупность множества интервальных нейтрософских чисел и μ_j для $j=1,2,\dots,n$ множество

действительных чисел, и пусть отображение INWEA: $\Omega^n \rightarrow \Omega$. Тогда оператор INWEA определяется как

$$INWEA(a_1, a_2, \dots, a_n) = \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{a_j}$$

тогда $a_j (j=1, 2, \dots, n)$ определенный вес $\mu_j (j=1, 2, \dots, n)$ [53; с. 10].

Пусть

$$a_j = \langle [T_{a_j}^L, T_{a_j}^U], [I_{a_j}^L, I_{a_j}^U], [F_{a_j}^L, F_{a_j}^U] \rangle$$

$j=1, 2, \dots, n$ совокупность множества интервальных нейтрософских чисел и $\mu_j, j=1, 2, \dots, n$ множество действительных чисел, тогда агрегированное значение оператора INWEA также является интервальным нейтрософским числом, где

$$INWEA(a_1, a_2, \dots, a_n) = \begin{cases} \left\langle \left[\prod_{j=1}^n (\mu_j)^{1-T_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{1-T_{a_j}^U} \right], \right. \\ \left. \left[1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{I_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{I_{a_j}^U} \right], \right. \\ \left. \left[1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{F_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{F_{a_j}^U} \right] \right\rangle, \text{ если } \mu \in [0, 1] \\ \\ \left\langle \left[\prod_{j=1}^n (1/\mu_j)^{1-T_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (1/\mu_j)^{1-T_{a_j}^U} \right], \right. \\ \left. \left[1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j)^{I_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (1/\mu_j)^{I_{a_j}^U} \right], \right. \\ \left. \left[1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j)^{F_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (1/\mu_j)^{F_{a_j}^U} \right] \right\rangle, \text{ если } \mu > 1 \end{cases} \quad (3.6)$$

и $a_j (j=1, 2, \dots, n)$ экспоненциальный вес $\mu_j (j=1, 2, \dots, n)$ [53; с. 11].

Допустим

$$a_j = \langle [T_{a_j}^L, T_{a_j}^U], [I_{a_j}^L, I_{a_j}^U], [F_{a_j}^L, F_{a_j}^U] \rangle$$

для $j=1,2,\dots,n$ будет совокупность множества интервальных нейтрософских чисел и $\mu_j = [\mu_j^L, \mu_j^U]$ ($j=1,2,\dots,n$) множество интервальных чисел, и пусть отображение DINWEA: $\Omega^n \rightarrow \Omega$. Тогда оператор DINWEA определяется как:

$$DINWEA(a_1, a_2, \dots, a_n) = \prod_{j=1}^n (\mu_j)^{a_j},$$

тогда a_j ($j=1,2,\dots,n$) экспоненциальный вес μ_j ($j=1,2,\dots,n$) [60; с. 242-255].

Пусть

$$a_j = \langle [T_{a_j}^L, T_{a_j}^U], [I_{a_j}^L, I_{a_j}^U], [F_{a_j}^L, F_{a_j}^U] \rangle$$

для $j=1,2,\dots,n$ совокупность множества интервальных нейтрософских чисел и $\mu_j = [\mu_j^L, \mu_j^U]$ ($j=1,2,\dots,n$) a_j ($j=1,2,\dots,n$) множество номерovaných интервалов, тогда агрегированное значение оператора DINWEA задается следующим образом [53; с. 13]

$$DINWEA(a_1, a_2, \dots, a_n) = \left\langle \left[\prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{1-T_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{1-T_{a_j}^U} \right], \left[\prod_{j=1}^n (1/\mu_j^L)^{1-I_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^L)^{1-I_{a_j}^U} \right], \right. \\ \left. \left\langle \left[1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{T_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{T_{a_j}^U} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^L)^{I_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^L)^{I_{a_j}^U} \right] \right\rangle, \right. \\ \left. \left[1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{F_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{F_{a_j}^U} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^L)^{F_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^L)^{F_{a_j}^U} \right] \right. \\ \left. \left[\prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{1-T_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{1-T_{a_j}^U} \right], \left[\prod_{j=1}^n (1/\mu_j^U)^{1-I_{a_j}^L}, \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^U)^{1-I_{a_j}^U} \right], \right. \\ \left. \left\langle \left[1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{T_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{T_{a_j}^U} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^U)^{I_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^U)^{I_{a_j}^U} \right] \right\rangle, \right. \\ \left. \left[1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{F_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{F_{a_j}^U} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^U)^{F_{a_j}^L}, 1 - \prod_{j=1}^n (1/\mu_j^U)^{F_{a_j}^U} \right] \right\rangle \quad (3.7)$$

$$\text{если } \mu_j^U \geq \mu_j^L \geq 1$$

$$\text{если } 0 \leq \mu_j^L \leq \mu_j^U \leq 1$$

Методы принятия решений на основе операторов INWEA и DINWEA.

На основе операторов INWEA и DINWEA можно решать некоторые проблемы принятия решений, когда веса принадлежности выражаются множеством интервальных нейтрософских чисел, а значения принадлежности представлены четкими значениями или числами интервалов. Таким образом, можно установить методы принятия решений [53; с. 14].

В множество принятие решения по признакам предположено, что $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ это множество выборов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ это множество принадлежности. Тогда оценка пригодности выборов $Y_i (i=1, 2, \dots, m)$ для принадлежности $X_j (j=1, 2, \dots, n)$ выражается четким значением $\mu_{i,j} \in [0, 1]$. Таким образом, можно указать номер интервала. $\mu_{i,j} = [\mu_{i,j}^L, \mu_{i,j}^U] \subseteq [0, 1] (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$. Принимая во внимание, что матрица решений $D = (\mu_{i,j})_{m \times n}$ или $D = (\mu_{i,j})_{m \times n}$ вес принадлежности $x_j (j=1, 2, \dots, n)$ предоставляется интервальных нейтрософских множеств

$$a_j = [T_{a_j}, I_{a_j}, F_{a_j}] \langle [T_{a_j}^L, T_{a_j}^U], [I_{a_j}^L, I_{a_j}^U], [F_{a_j}^L, F_{a_j}^U] \rangle,$$

тогда $T_{a_j} \subseteq [0, 1]$ показывает неопределённую степень, в которой лицо, принимающее решение, предпочитает принадлежность $I_{a_j} \subseteq [0, 1]$ указывает степень, в которой лицо, принимающее решение, предпочитает / не предпочитает принадлежность x_j , и $F_{a_j} \subseteq [0, 1]$ оказывает степень что лицо, принимающее решение, не предпочитает принадлежность x_j . Предоставляем алгоритм проблемы принятия решения на основе операторов INWEA и DINWEA [53; с. 15]:

Применяется метод принятия решений с четкими значениями или числами интервалов, интервальными нейтрософскими нечёткими весами для диагностирования болезней крупного рогатого скота. Рассматриваются перечисленные виды заболеваний крупного рогатого скота. При этом должно учитывать основные

параметры n -признаков болезни крупного рогатого скота, которые измеряются в лабораторных и экспериментальных условиях фермерских хозяйств. Используя эти признаки идет постановка диагноза крупному рогатому скоту. Перечисленные параметры измерены в лабораторных условиях и затем использованы в предложенном методе. Изложен алгоритм решения задач классификации на основе теории нейтрософских нечетких множеств.

Шаг 1. На основе экспериментальных данных строится интервальные нейтрософские числа и функции принадлежности.

Шаг 2. Используя оператор агрегации уравнения (3.6) или уравнение (3.7), получаем общее агрегированное значение для каждой принадлежности $d_i = INWEA(a_1, a_2, \dots, a_n)$ или $d_i = DINWEA(a_1, a_2, \dots, a_n) (i=1, 2, \dots, m)$, $y_i (i=1, 2, \dots, m)$ болезней крупного рогатого скота

Шаг 3. Согласно функции, веса уравнения (3.3) или уравнения (3.5), вычисляются значение $C(d_i) (i=1, 2, \dots, m)$.

Шаг 4. Выбор максимального значения из $C(d_1), C(d_2), \dots, C(d_m)$.

Шаг 5. Конец.

Отмечено, что метод принятия решения на основе оператора интервальной нейтрософской взвешенной экспоненциальной агрегация может быть применен для диагностирования болезней крупного рогатого скота.

Изложен алгоритм задач принятия решения диагностирования болезней крупного рогатого скота основе интервальных нейтрософских множеств.

Шаг 1. На основе 17-признаков смотрите параграф 3.1 болезней y_1 = болезнь остеодистрофии, y_2 = болезнь кетоза крупного рогатого скота строится интервальные нейтрософские числа и их функции принадлежности.

$$\begin{aligned}
INS = & (a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ a_5 \ a_6 \ a_7 \ a_8 \ a_9 \ a_{10} \ a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14} \ a_{15} \ a_{16} \ a_{17}) = \\
= & ([0.81, \ 0.96], [0.021, \ 0.04], [0.02, \ 0.04]), ([0.83, \ 0.94], [0.031, \ 0.06], [0.03, \ 0.06]), \\
& ([0.83 \ 0.98], [0.01, \ 0.02], [0.01, \ 0.02]), ([0.88, \ 0.93], [0.04, \ 0.07], [0.05, \ 0.07]), \\
& ([0.81, \ 0.98], [0.012, \ 0.01], [0.01, \ 0.02]), ([0.80, \ 0.99], [0.05, \ 0.01], [0.05, \ 0.01]), \\
& ([0.82 \ 0.93], [0.63, \ 0.71], [0.06, \ 0.07]), ([0.87, \ 0.91], [0.82, \ 0.091], [0.08, \ 0.09]), \\
& ([0.84, \ 0.89], [0.09, \ 0.10], [0.09, \ 0.11]), ([0.85, \ 0.96], [0.032, \ 0.043], [0.03, \ 0.04]), \\
& ([0.81 \ 0.93], [0.04, \ 0.03], [0.05, \ 0.07]), ([0.86, \ 0.92], [0.05, \ 0.07], [0.06, \ 0.08]), \\
& ([0.83, \ 0.95], [0.041, \ 0.05], [0.04, \ 0.05]), ([0.85, \ 0.96], [0.034, \ 0.045], [0.030, \ 0.04]), \\
& ([0.84 \ 0.92], [0.073, \ 0.081], [0.07, \ 0.08]), ([0.87, \ 0.94], [0.054, \ 0.062], [0.05, \ 0.06]), \\
& ([0.85, \ 0.97], [0.023, \ 0.031], [0.02, \ 0.03])
\end{aligned}$$

$$D = (\mu_{i,j})_{m \times n}^T = \begin{pmatrix} 0.964 & 0.965 \\ 0.809 & 0.865 \\ 0.978 & 0.987 \\ 0.999 & 0.999 \\ 0.998 & 0.999 \\ 0.822 & 0.858 \\ 0.838 & 0.872 \\ 0.999 & 0.999 \\ 0.999 & 0.999 \\ 0.999 & 0.999 \\ 0.965 & 0.922 \\ 0.995 & 0.997 \\ 0.999 & 0.999 \\ 0.999 & 0.999 \\ 0.957 & 0.975 \\ 0.966 & 0.941 \\ 0.998 & 0.980 \end{pmatrix}$$

Шаг 2. Используя оператор агрегации получаем общее агрегированное значение для каждой функции принадлежности y_i ($i=1,2$) получаем

$$d_1 = (0.740; 0.800; 0.504; 0.587; 0.506; 0.585);$$

$$d_2 = (0.775; 0.830; 0.555; 0.633; 0.559; 0.630).$$

Шаг 3. Вычисляются значения:

$$C(d_1) = 0.828;$$

$$C(d_2) = 0.864.$$

Шаг 4. Так как $C(d_1) < C(d_2)$, идет постановка диагноза y_2 - болезнь кетоз.

Предложены операторы интервальная нейрософская взвешенная экспоненциальная агрегация с чёткими параметрами и параметрами с интервалом, а также сравнительные методы, основанные на функциях косинуса для интервального нейтрософского числа. На основе оператора- интервальная нейтрософская взвешенная экспоненциальная агрегация-представлен практический пример диагностирования болезни крупного рогатого скота [99; с. 29-32, 100; с. 1-7].

4. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

4.1. Разработка программы диагностирования болезни крупного рогатого скота на основе нечёткой модели Сугено

Программа диагностирования болезней крупного рогатого скота разработана на языке программирования Python версии 3.6.7. При обработке данных загружаются из 2 библиотеки: `numpy == 1.20.3` `xlrd == 2.0.1`.

Экспериментальные исследования извлекают экспериментальные данные из DataFrame (Рис. 4.1). Учитывается ошибка, возникающая при оценке параметра. На основе нечеткого алгоритма Сугено настраивается параметр функции принадлежности. (Рис. 4.1).

Созданная программа диагностирования болезней крупного рогатого скота на основе нечеткой модели Сугено (Рис. 4.1) имеет следующие возможности [101; с.-1 102; с.-1].

1. Решение практических задач с помощью нечетких алгоритмов обеспечивает эффективность программного комплекса и экономит время и деньги.

2. Обучение данных с созданием модели и визуализация полученных результатов в виде электронной таблице Excel.

3. Простота использования программного комплекса заключается в том, что он не требует от пользователя глубоких знаний её структуры и операционной системы компьютера.

4. Тот факт, что части функциональных программ программного комплекса состоят из стандартных элементов, обеспечивает его единообразие и подобие.

5. Обеспечивает достоверность и точность в диагностировании на всех этапах использования программы.

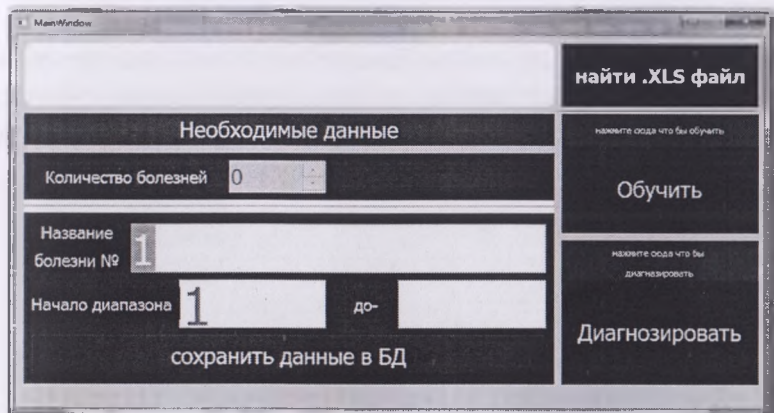


Рис. 4.1. Общий вид интерфейса программы.

Поиск данных. Файл XLS загружается из раздела "Скачать" с помощью кнопки. Данные должны быть в формате Excel и на первом листе Excel эталон объектов экспертных данных, которые разделены, следовательно, по классам болезням крупного рогатого скота. Потому что программа сначала обучается экспертными данными болезней крупного рогатого скота, а затем диагностирует их на основе этих заболеваний.

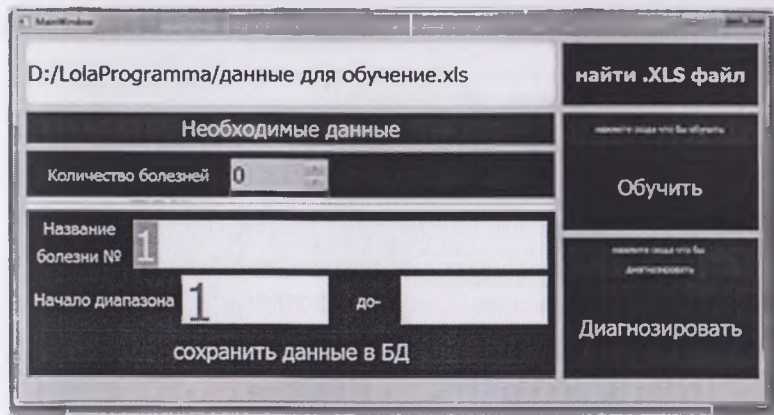


Рис. 4.2. Интерфейс для загрузки данных в программу.

Программа диагностирования болезней крупного рогатого скота универсальна для всех болезней, потому что программа может быть диагностирована путём обучения всех болезней. Программа работает для m - количества болезней и на n - объектов.

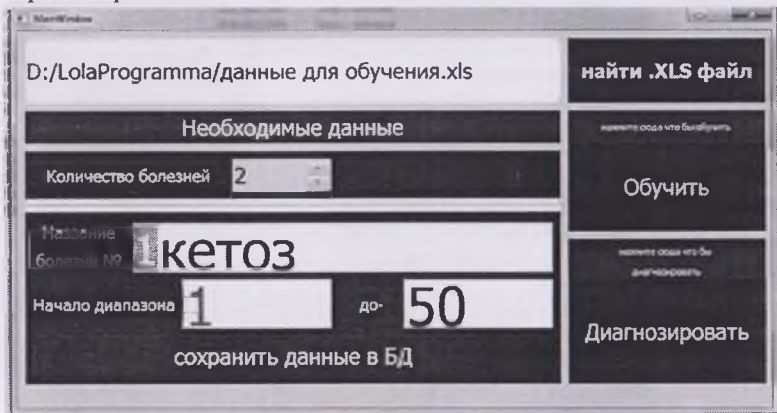


Рис. 4.3. Окно ввода количества болезней в режиме диагностики.

К

оличество заболеваний и названий болезней вводятся в программу, указывается диапазон и нажимается кнопка обучить.

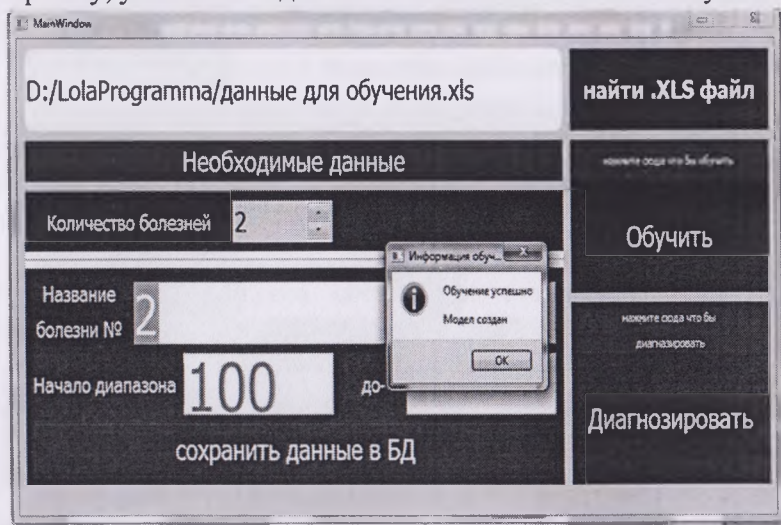


Рис. 4.4. Окно моделирования.

После обучения и создания модели нажимается кнопка диагностировать и при нажатии этой кнопки программа диагностирует болезнь крупного рогатого скота на ехе файле.

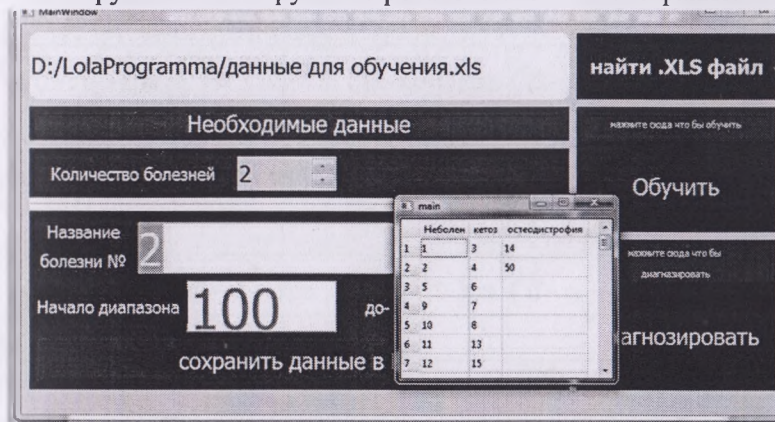


Рис. 4.5. Окно в режиме диагностирования.

Из рисунка 4.5 в режиме диагностировать болезнь крупного рогатого скота видно что программа разделила объекты на классы (болезней) пример (1,2 и т.д крупно рогатые скоты не болеют, 3,4,6 и т.д болеют кетозом и 14,15 и т.д болеют остеодистрофия) [103; с.-1,104; с.-1,105; с.-1].

Рассмотрим вычислительный эксперимент программы диагностирования болезней крупного рогатого скота.

4.2. Построение модели Сугено для диагностирования болезни крупного рогатого скота

Диагностирование является важной задачей современных информационно-коммуникационных технологий и принятия решений при построении модели диагностирования и управления ими в условиях неопределенности. Нечеткая концептуальная информация и образные представления различной степени «нечеткости» могут поступать в систему, а база знаний хранит множество нечетких изложений отдельных структурных единиц и целостных понятий [106; с. -123].

Применение признаков или уровень уверенности можно показать, используя следующую нечетко логическую базу знаний диагностирования болезней крупного рогатого скота [107; с. 166-169]:

$\exp(-\frac{1}{10}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-1)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-2)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-0)^2)$
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	или		
$\exp(-\frac{1}{10}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-2)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{1}{8}(x-2)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	или		
$\exp(-\frac{1}{10}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-2)^2)$
$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-2)^2)$	$\exp(-25(x-0)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-2)^2)$

$\exp(-\frac{1}{8}(x-2)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	или		
$\exp(-\frac{1}{10}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-5(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-2)^2)$
$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-2)^2)$	$\exp(-25(x-1)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{1}{8}(x-0)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	или		
$\exp(-\frac{1}{10}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-2)^2)$
$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-2)^2)$	$\exp(-25(x-2)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-2)^2)$
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$	или		
$\exp(-\frac{1}{10}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-2)^2)$	$\exp(-25(x-0)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$	или		

$\exp(-\frac{1}{10}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-2)^2)$	2
$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-1)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$	
$\exp(-\frac{4}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-0)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-1)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{8}(x-2)^2)$	$\exp(-1(x-1)^2)$	или			
$\exp(-\frac{1}{10}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-5(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-1)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-1)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$	
$\exp(-\frac{4}{9}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-2)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	или			
$\exp(-\frac{1}{10}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-5(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-1)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{3}(x-0)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-1)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$	
$\exp(-\frac{4}{9}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-2)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-2)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	или			
$\exp(-\frac{1}{10}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-0)^2)$	

$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-2)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$
$\exp(-\frac{4}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-2)^2)$
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$			

В данной работе построение и представление логико-лингвистических моделей в случае соответствующих параметров, позволяющих оценить вероятность первичной и вторичной остеодистрофии, кетоза, гипомикроэлементоза у крупного рогатого скота, завезённых из условий животноводческих хозяйств. Сугено модель исследования сравнивается с экспериментальными данными ветеринарии, проведёнными в Самаркандской области ветеринарным врачом Б. Эшбуриевым. В прогностических моделях используется теория нечетких множеств, учитывающие выявленные 17 признаков смотрите § 3.1 способствующие прогрессированию заболеваний крупного рогатого скота, на основе статистических отчетов о результатах, полученных в результате нескольких проведенных экспериментов.

Хорошие результаты были показаны в компьютерных диагностических системах, для улучшения качества оптимального лечения и т.д. В Узбекистане не разработана система диагностирования болезней крупного рогатого скота, которые могут диагностировать болезней крупного рогатого, и эта система нуждаются в модернизации.

Даже если есть достаточно литературы о распространенности, причинах, особенностях развития, клинических признаках, диагностике, лечении и мерах групповой профилактики у крупного рогатого скота, именно на основе экспериментальных данных диагностика, анализ, причины болезней у крупного рогатого скота, особенности развития, клинические признаки, модели прогноза, помогающие диагностировать и лечить, не разработаны.

Отсутствует система диагностики болезней и степени заболевания крупного рогатого скота, а также помощь ветеринарному врачу в принятии решений и оптимального диагностирования.

Построена нечеткая логическая модель Сугено для диагностирования болезней крупного рогатого скота из основных 17 признаков смотрите §3.1.

Для оценки лингвистических значений входных параметров использованы квантификаторы Н-низкий уровень, В- высокий уровень, С- средней уровень.

Построена нечеткая логическая модель Сугено для диагностирования болезней крупного рогатого скота из основных 17 факторов смотрите §3.1.

Нечеткая логическая модель диагностирования болезней крупного рогатого скота [108; с. 1-6].

Если $(x_1=C$ и $x_2=B$ и $x_3=C$ и $x_4=N$ и $x_5=C$ и $x_6=N$ и $x_7=C$ и $x_8=C$ и $x_9=C$ и $x_{10}=B$ и $x_{11}=B$ и $x_{12}=C$ и $x_{13}=C$ и $x_{14}=N$ и $x_{15}=N$ и $x_{16}=C$ и $x_{17}=N$)

или если $(x_1=N$ и $x_2=C$ и $x_3=C$ и $x_4=N$ и $x_5=C$ и $x_6=B$ и $x_7=C$ и $x_8=C$ и $x_9=B$ и $x_{10}=C$ и $x_{11}=C$ и $x_{12}=C$ и $x_{13}=C$ и $x_{14}=B$ и $x_{15}=C$ и $x_{16}=B$ и $x_{17}=C$)

или если $(x_1=B$ и $x_2=C$ и $x_3=C$ и $x_4=N$ и $x_5=B$ и $x_6=C$ и $x_7=B$ и $x_8=B$ и $x_9=N$ и $x_{10}=C$ и $x_{11}=C$ и $x_{12}=B$ и $x_{13}=B$ и $x_{14}=N$ и $x_{15}=B$ и $x_{16}=B$ и $x_{17}=C$)

или если $(x_1=B$ и $x_2=C$ и $x_3=B$ и $x_4=C$ и $x_5=B$ и $x_6=N$ и $x_7=N$ и $x_8=B$ и $x_9=C$ и $x_{10}=C$ и $x_{11}=N$ и $x_{12}=B$ и $x_{13}=B$ и $x_{14}=N$ и $x_{15}=C$ и $x_{16}=N$ и $x_{17}=C$)

или если $(x_1=C$ и $x_2=C$ и $x_3=C$ и $x_4=C$ и $x_5=B$ и $x_6=C$ и $x_7=B$ и $x_8=N$ и $x_9=B$ и $x_{10}=C$ и $x_{11}=N$ и $x_{12}=B$ и $x_{13}=C$ и $x_{14}=C$ и $x_{15}=B$ и $x_{16}=C$ и $x_{17}=B$)

тогда

$$y = 2,86 - 0,030x_1 - 0,009x_2 - 0,028x_3 - 0,019x_4 + 0,0049x_5 + 0,0095x_6 - 0,007x_7 + 0,052x_8 + 1,49x_9 + 0,46x_{10} + 0,049x_{11} + 0,126x_{12} - 0,94x_{13} - 1,60x_{14} - 0,045x_{15} + 0,009x_{16} - 0,317x_{17}$$

Если $(x_1=N$ и $x_2=B$ и $x_3=C$ и $x_4=N$ и $x_5=C$ и $x_6=N$ и $x_7=C$ и $x_8=B$ и $x_9=N$ и $x_{10}=C$ и $x_{11}=N$ и $x_{12}=C$ и $x_{13}=C$ и $x_{14}=N$ и $x_{15}=C$ и $x_{16}=C$ и $x_{17}=B$)

или если $(x_1=B$ и $x_2=C$ и $x_3=C$ и $x_4=B$ и $x_5=B$ и $x_6=B$ и $x_7=C$ и $x_8=C$ и $x_9=C$ и $x_{10}=C$ и $x_{11}=N$ и $x_{12}=B$ и $x_{13}=B$ и $x_{14}=N$ и $x_{15}=C$ и $x_{16}=B$ и $x_{17}=C$)

или если ($x_1 = В$ и $x_2 = С$ и $x_3 = Н$ и $x_4 = С$ и $x_5 = С$ и $x_6 = Н$ и $x_7 = В$ и $x_8 = С$ и $x_9 = С$ и $x_{10} = С$ и $x_{11} = С$ и $x_{12} = В$ и $x_{13} = С$ и $x_{14} = В$ и $x_{15} = В$ и $x_{16} = С$ и $x_{17} = Н$)

или если ($x_1 = С$ и $x_2 = Н$ и $x_3 = В$ и $x_4 = С$ и $x_5 = С$ и $x_6 = Н$ и $x_7 = В$ и $x_8 = С$ и $x_9 = С$ и $x_{10} = С$ и $x_{11} = С$ и $x_{12} = В$ и $x_{13} = С$ и $x_{14} = В$ и $x_{15} = В$ и $x_{16} = С$ и $x_{17} = Н$)

или если ($x_1 = В$ и $x_2 = С$ и $x_3 = С$ и $x_4 = С$ и $x_5 = Н$ и $x_6 = С$ и $x_7 = Н$ и $x_8 = С$ и $x_9 = В$ и $x_{10} = С$ и $x_{11} = В$ и $x_{12} = С$ и $x_{13} = В$ и $x_{14} = В$ и $x_{15} = В$ и $x_{16} = С$ и $x_{17} = В$)

тогда

$$y = 5,37 + 0,02x_1 + 0,006x_2 + 0,02x_3 + 0,01x_4 - 0,10x_5 - 0,002x_6 + 0,007x_7 - 0,02x_8 - \\ - 1,17x_9 - 0,35x_{10} - 0,03x_{11} - 0,20x_{12} + 0,03x_{13} + 0,99x_{14} + 0,015x_{15} - 0,01x_{16} + 0,21x_{17}$$

Представленная методология построения нечёткой модели Сугено и использование нейтрософских нечётких множеств при решениях задач диагностирования болезней крупного рогатого скота является одной из современных специализаций в области искусственного интеллекта и направлена на создание методов решения проблем во многих областях знаний, приближая вычислительные решения к решениям человека. При этом для каждой переменной будут построены нечёткие множества, описывающие эту переменную, и для каждого нечёткого множества построена функция принадлежности. После этого определяются правила, которые связывают выходные и входные переменные с соответствующими нечёткими множествами.

Разработан алгоритм нечётко логического вывода и рассмотрена зависимость параметров. Чтобы полностью ввести нечёткую информацию, мы поставили перед собой цель разработать нечёткий алгоритм, использующий нечёткую арифметику в нечетком логическом выводе, что приведёт к наименьшей потере информации, состоящей из неопределённостей, при вычислительном эксперименте [109; с. 6-8].

4.3. Вычислительный эксперимент программы диагностирования болезней крупного рогатого скота

Система может быть использована в ветеринарной практике для эффективной оценки ранней диагностики и лечения заболеваний крупного рогатого скота.

На основе разработанной программы рассмотрены процессы решения ряда существующих (модельных) задач классификации, оценки и сравнение с результатами нескольких алгоритмов. В этой части обсуждена проблема определения типов и причин болезней крупного рогатого скота. В этой проблеме решаются задачи оценки, классификации и прогноза заболеваний по семнадцати признакам. В соответствии с принятой клинической практикой виды заболеваний крупного рогатого скота и результаты их диагностики можно классифицировать следующим образом: y_1 – микроэлементозы; y_2 – остеодистрофия; y_3 – вторичная остеодистрофия; y_4 – кетозные заболевания.

Программа необходима распознать y_1, y_2, y_3, y_4 видов болезней. При диагностике в лабораторных условиях учитываются следующие основные параметры (в скобках указаны возможные значения, в том числе - $x_1 - x_{17} \in \{0,1\}$ смотрите §3.1 y_j ($j = \overline{1,4}$) для определения типа заболевания крупного рогатого скота. Ниже (см. Таблицу 4.1) для сравнения представлены модельные результаты исходных данных и результаты верификационных диагнозов.

y_1, y_2, y_3, y_4 - ветеринарная диагностика.

d_1, d_2, d_3, d_4 - компьютерное моделирование

Приведены результаты вычислительного эксперимента с помощью программы построения логической модели, основанной на нечетком правиле вывода классификации, оценки и прогнозирования состояний слабоформализуемых процессов.

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	$y_1 - y_4$	$d_1 - d_4$
1.	38.8	72	28	3	4.92	99	70.5	2.62	1.44	2.41	49.8	12.7	0.46	2.55	39.4	460	6.62	y_2	d_2
2.	38.5	75	25	3	5.80	102	64.0	2.70	1.54	2.26	44.5	14.5	0.50	2.60	36.9	420	6.58	y_4	d_2, d_4
3.	39.4	72	24	4	5.28	97.5	72.5	2.65	1.42	2.36	50.1	15.2	0.54	2.58	42.5	501	6.60	y_4	d_2, d_4
4.	39.2	80	18	3	5.32	89	68.2	2.56	1.30	2.32	46.3	13.6	0.52	2.52	40.8	456	6.50	y_4	d_2, d_4
5.	39.5	78	18	4	5.55	95	66.4	2.55	1.55	2.37	43.8	10.6	0.48	2.54	39.6	478	6.54	y_4	d_2, d_4
6.	38.9	76	25	3	5.59	98	72.4	2.85	1.52	2.28	48.7	14.2	0.56	2.58	42.3	458	6.75	y_4	d_2, d_4
7.	39.3	68	28	3	5.62	108	81.2	2.75	1.58	2.74	50.8	13.8	0.52	2.64	48.5	432	6.78	y_1	d_2
8.	38.7	74	19	3	5.68	111	64.3	2.68	1.55	2.64	42.5	16.5	0.58	2.66	49.7	482	6.65	y_1	d_2
9.	39.4	68	22	3	5.56	116	60.2	2.94	1.50	2.57	51.9	13.6	0.48	2.68	49.6	475	6.74	y_4	d_2, d_4
10.	38.5	76	28	3	4.68	84	68.2	2.24	1.28	1.75	42.9	10.1	0.40	2.29	28.5	320	6.20	y_1	d_2
11.	39.2	78	25	2	4.55	88	66.4	2.19	1.30	1.63	45.8	11.4	0.35	2.32	31.7	318	6.26	y_2	d_2, d_4
12.	39.5	76	22	3	4.62	86.5	58.9	2.48	1.34	1.64	47.3	12.0	0.42	2.35	29.8	344	6.35	y_4, y_2	d_2, d_4

Таблица 4.1 Сравнение фрагмента исходных данных и результатов модели, а также верификационных диагнозов.

Решены задачи классификации и оценки с помощью разработанной программы, проведён сравнительный анализ между результатами предлагаемых и известных алгоритмов.

Функции принадлежности нечётких термов, используемых в нечетко базе знаний, выбирались экспертным рис. 4.6, 4.7.

Функция принадлежности признака болезни крупного рогатого скота "пульс в одну минуту" видом Гаусса для термов (Низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий)

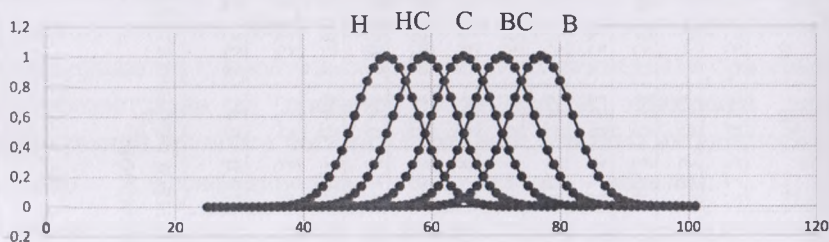


Рис. 4.6. Функция принадлежности выходных термов до обучения

Функция принадлежности признака болезни крупного рогатого скота "пульс в одну минуту" видом Колоколообразный для термов (Низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий)

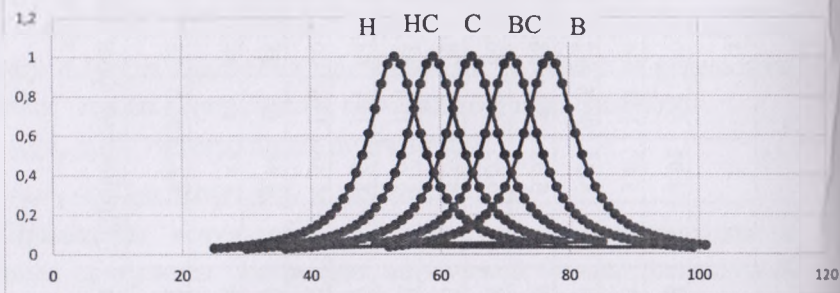


Рис. 4.7 Функция принадлежности выходных термов до обучения

Функции принадлежности нечетких термов после обучения приведены на рис. 4.8 и 4.9.

Функция принадлежности признака болезни крупного рогатого скота "пульс в одну минуту" видом Гаусса для термов (Низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий)

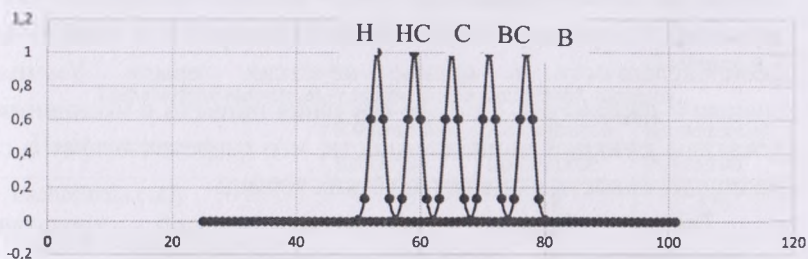


Рис. 4.8 Функции принадлежности входных термов после обучения

Функция принадлежности признака болезни крупного рогатого скота "пульс в одну минуту" видом Колоколообразный для термов (Низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий)

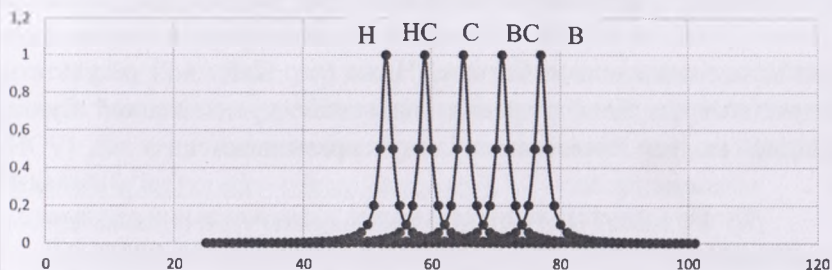


Рис.4.9. Функции принадлежности входных термов после обучения

Из 4.8, 4.9 можно видеть, что в результате обучения нейронечеткой сети наибольшим изменениям подверглись параметры с функции принадлежности

$$\mu(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - b}{\sigma_i}\right)^2}, \quad \mu(x_i) = e^{-\frac{(x-b)^2}{\sigma^2}}, \quad i = \overline{1, n}$$

тогда как остальные параметры практически не изменились. Это объясняется тем, что при формировании нечёткой базы знаний эксперт достаточно точно указал положения максимумов функций принадлежности (параметры b). Выбор экспертом больших значений параметров c свидетельствует о значительной неопределённости в оценке нечётких термов. Уменьшение значений параметров c в ходе обучения привело к «концентрации» (сжатию) функций принадлежности, что свидетельствует о снятии неопределённости в оценке нечётких термов.

Таким образом, рассмотрен способ представления лингвистических знаний об объекте идентификации.

Полученные результаты работы могут найти применение в прогнозировании, диагностике, ситуационном управлении, многофакторном анализе, автоматической классификации и других задачах обработки экспертной информации.

В результате в процессе классификации наблюдались ошибки классификации от 2 до 14%. Когда этот вопрос был решен на основе Сугено нечеткой логической модели, уровень погрешности в ней стал значительно больше. Ниже (см. Табл 4.2) результаты, полученные на разных уровнях на основе предложенной Сугено нечеткой модели, сведены в таблицу и сравниваются:

Таблица 4.2

Сугено – нечеткая логическая модель и сравнительный результат с методом группового учета аргументов и математическим моделью Е. Шортлифа.

Тип модели	Количество объектов	Количество классов	Результат
Нечеткая логическая модель Сугено	100	4	98,8%
МГУА (Метод групповой учет аргументов)	100	4	92,8%
Математическая модель Е.Шортлифа [106; с. 65-66]	100	4	86,4%

Для проведения сравнительного анализа взяты известные модельные задачи, расположенные по электронному адресу: <http://www.ics.uci.edu/~mlearn/databases/>. К ним относятся

следующие задачи: эколи задача (Ecoli Data Set), задача вирус гепатита С (HCV) для египетских пациентов (Hepatitis C Virus (HCV) for Egyptian patients), задача рак молочной железы Коимбра (Breast Cancer Coimbra). Ниже в таблице 4.3 приводятся параметры перечисленных задач и предлагаемой задачи

Таблица 4.3

Параметры модельных задач и предлагаемой модели.

Название задачи	Количество классов	Количество признаков	Количество объектов
E. coli (Escherichia coli)	7	8	336
Вирус гепатита С (HCV) для египетских пациентов (Hepatitis C Virus (HCV) for Egyptian patients)	4	19	1385
Рак молочной железы Коимбра (Breast Cancer Coimbra)	2	10	116
Крупно рогатый скот	4	17	100

В таблице 4.4 для сравнения приведены результаты решения некоторых модельных задач на основе различных известных и предлагаемого алгоритмов.

Чтобы продемонстрировать эффективность предложенной нами модели, мы сравнили проблему с алгоритмами E.coli, вирус гепатита С (HCV) для египетских пациентов и рак молочной железы Коимбра [<http://www.ics.uci.edu/~mlearn/databases/>], обсуждаемыми в исследовании, и полученными результатами (см. Табл 4.4 и 4.5).

Таблица 4.4

Сравнение результатов работы предлагаемого и существующих алгоритмов.

	Нечеткий алгоритм Мамдани			Сугено алгоритм			МГУА		
	Плохой	средний	Высокий	Плохой	Средний	Высокий	Плохой	Средний	Высокий
E.coli (Escherichia coli)	91.8	92.5	94.2	93.5	98.8	98.8	86.4	92.3	92.8

Таблица 4.5.

Сравнение результатов работы предлагаемого и существующих алгоритмов.

	Сугено алгоритм			МГУА		
	Плохой	Средний	Высокий	Плохой	Средний	Высокий
Вирус гепатита С (HCV) для египетских пациентов (Hepatitis C Virus (HCV) for Egyptian patients)	95.4	96.5	99.1	82.4	83.7	86.1
Рак молочной железы Коимбра (Breast Cancer Coimbra)	95.2	96.1	98.8	84.4	86.4	89.1

В результате предложенная нами Сугено модель дала лучший результат, чем другие методы в этих рассмотренных задачах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен аналитический обзор математических методов, методов мягких вычислений и нейтрософских нечетких множеств для решения задач классификации. Анализ показал, что применение этих методов в диагностике болезней крупного рогатого скота позволяет получить эффективные результаты.

2. На основе клинических признаков болезней разработан алгоритм построения базы знаний диагностирования болезней крупного рогатого скота. Настоящий метод служит повышению достоверности информативных признаков.

3. В результате анализа разработано схема построения нечеткого логического вывода для диагностирования болезней крупного рогатого скота. Это позволило разработать алгоритмы построения нечетко логических и нечетко нейтрософских моделей с использованием результатов экспериментальных испытаний, проведенных на крупнорогатом скоте

4. Усовершенствован алгоритм построения нечеткой модели Сугено для диагностирования болезней крупного рогатого скота. Настоящий алгоритм служит повышению достоверности диагностирования заболевания крупного рогатого скота.

5. Изучены нейтрософские нечеткие множества и на основе этих методов усовершенствован алгоритм решения задач классификации. Эти методы позволили повысить степень достоверности диагностирования заболеваний крупного рогатого скота.

6. На основе предложенных методов и алгоритмов разработана программа диагностирования болезней крупного рогатого скота. Описаны структура, цель, задачи и инструкция пользователя созданной программы. Рассмотрены процессы решения ряда существующих (модельных) задач классификации и оценки и сравнение результатов по нескольким алгоритмам. Полученные результаты позволяют своевременно поставить диагноз и выполнить определенные лечебные мероприятия, а также сократить время анализа данных, повысить эффективность постановки диагноза крупного рогатого скота на 15-20 %.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С.Б.Эшбуриев, Этиопатогенез и профилактика вторичной остеодистрофии коров // PhD диссертация 2011, Самарканд, 122 с.
2. Норбоев Қ.Н., Бакиров Б.Б., Эшбўриев Б.М. Хайвонларда модда алмашинувларининг бузилишлари. Самарканд. 1996.-С 22-25.
3. Исмагилова Э.Р., Современные научные и практические проблемы животноводства, ветеринарной медицине и перспективы их решения. - Уфа, 1999.- С 76-78.
4. Зокиров И.Т., Диагностика и групповая профилактическая терапия витаминно-минеральной недостаточности у коров: Автореф. дис. канд. вет. наук. - Ленинград: 1988. 1- 5 с.
5. Кондрахин И.П., Причина выбраковки коров вторичная остеодистрофия/ Аграрная наука, 1999.- №11.- С.14-15.
6. Bell A.W., lipid metabolism in liver and selected tissues and the whole body of ruminant animals. In: W.W. Christie. Lipid metabolism in Ruminant Animals. -Oxford: Pergamon Press, 1981. - P.363 -404.
7. Лигомина И.П., Состояние минерального обмена и природной резистентности коров и их коррекция в хозяйствах житомирского полесья: Автореф. дис. канд. вет. наук. - Белая Церковь: 2003. 1- 17 с.
8. Эшбуриев Б.М., Эндемические микроэлементозы стельных коров, их последствия и меры профилактики// DSc диссертация 2016, Самарканд, 25-35 с.
9. Иванов В.Н., Особенности этиологии, патогенеза и терапии остеодистрофии у нетелей: Автореф. дис.... докт. вет. наук. - Витебск, 2003. 1- 20 с.
10. Хмельков Я.Т., Этиологическая структура, патогенез и лечение вторичных застойных дистонией преджелудков у коров: Автореф. дис.канд. вет. наук. - Белгород: 2006. - С. 16-17.
11. Борисевич Б.В., Эндогенная остеомалация у выбракованных коров// Ветеринария. -1995.- № 8.-С. 17-20.
12. Борисевич В.Б., Борисевич Ю.Б. Энзоотическая остеодистрофия крупного рогатого скота в Поселье // Журнал Ветеринария. - Москва, 2005. - №5. - С. 41-43.
13. Самохин В.Т., Ермолева Т.Г. Коррекция обмена энергии у молочных коров// Журнал Ветеринария. - Москва, 2004. - №9. - С. 44-45.

14. Russel J.B., Microbial rumen fermentation/ J.B. Russel, R.B. Hespel // J. Dairy sci- 1991.-Volj. 64. -P. 153-169.
15. Сапожников А.Ф., Применение минерально-витаминной добавки «Кетост» и 1 α оксиколекальциферола при вторичной остеодистрофии у высокопродуктивных коров: Автореф. дис. канд. вет. наук. - Саратов: 2005. С.1-9.
16. Влизло В.В., Поражения печени у коров, больных на кетоз // Вестник Белоцерковского держ. Аграр. унив.: - Белая Церковь, 1997. - С. 19-22.
17. Смирнов С.И., Лечение коров со скрытой формой кетоза // Журнал Ветеринария. 1984. - С. 55-57.
18. Кондрахин И.П., Вторичная остеодистрофия у бычков при интенсивном откорме // Журнал Ветеринария. 1983. - №1. - С. 47-49.
19. Самотин А.М., Вторичная остеодистрофия у бычков на откорме, профилактика и лечение // Науч. основы проф. и леч. незар. болезней с.-х. животных. Воронеж, 1991. - С. 74-77.
20. Кондрахин И.П., Изучение сочетанных внутренних болезней животных- приоритетное научное направление // Журнал Ветеринария. - 2005. - №11. - С. 44-46.
21. Zadeh L.A. Fuzzy sets: Inform. and Control. 1965, №8, pp. 338-353.
22. Dubois D., Prade H. Fuzzy sets and systems: Theory and applications. New York: Acad. Press, 1980,394p.
23. Kaufmann A., Gupta M.M. Introduction to fuzzy Arifmetic, New York: Van Hostrand, 1985.c.54-55.
24. Mamdani E.H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems: IEEE Transactions on Computer C-26, 1977. pp. 1182-1191.
25. Сафарова Л. Использование механизмов нечеткой логики в определения состояние болезни пиелонефрита// Ветеринария ва чорвачиликни ривожлантириш истикболлари: замонавий амалиёт ва инновацион технологиялар республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами 1 қисм 21-22 май, 2020 йил Самарқанд 362–С. 310-314.
26. Сафарова Л. Подходы к интеллектуализации систем принятия решений// Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении доклады республиканской

научно-технической конференции Ташкент, 5-6 сентября 2017 г.-С.404-409.

27. Сафарова Л. Экспертные системы поддержки принятия решений в нечеткой среде// Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении доклады республиканской научно-технической конференции Ташкент, 5-6 сентября 2017 г.-С.400-404

28. Yager R.R., Zadeh L.A. (Eds.), Fuzzy sets, neural networks and Soft Computing, VAN Nostrand Reinhold, New York, 1994, 440p.

29. Pearson D.W., Steel N.C., Albrecht R.F.. (Eds.), Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms: Proc. of the Inter Conference In Ales, France 1995.552p.

30. Aliev R.A., Barak D, Chew G.at all, SOFT COMPUTING: Fuzzy Logic. Neural Networks and Distributed Artificial Intelligence. F.Amin zadeh. Jamshidi M. (Eds.), PTR Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jer sey, 1994, 301p.

31. Алиев Р.Р. Soft Computing и повышение МИQ, Ученые записк АГНА № 1, 1997.

32. Aliev R.A. Kenarangui. R. (Eds.). Applications of Fuzzy Systems University press of Tabriz, Tabriz, 1994, 420p.

33. Mehmet S Theory and Applications of Mathematics & Computer Science 6 (1) (2016) 1–12 // An Application of Fuzzy Sets to Veterinary Medicine, Nev, sehir HBV University, Department of Mathematics, 2000 Evler. 50300 Nev, sehir, Turkey.

34. Beata Sokol, Adam J. W and Mieczys A, Fuzzy-Classifer System to Distinguish Respiratory Patterns Evolving after Diaphragm Paralysis in the Cat //Japanese Journal of Physiology, Department of Respiratory Research, Medical Research Center, Polish Academy of Sciences, Warsaw, 2003, No 53, pp. 301–307.

35. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos C. P. Camposb and C. E. C. Freitas Applying fuzzy logic to estimate the parameters of the length-weight relationship// Department of Mathematics, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. August 31, p. 5-6, jul 2016.

36. Froese, R., 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, vol. 22, no. 4, pp. 241-253. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805>.

37. Barros, L.C. and Bassanezi, R.C., 2010. Tópicos em lógica fuzzy e biomatemática. 2nd ed. Campinas: UNICAMP/ IMECC. 344 p.
38. Jae-Neung Lee, Myung-Won Lee, Yeong-Hyeon Byeon, Won-Sik Lee, and Keun-Chang Kwak Classification of Horse Gaits Using FCM-Based Neuro-Fuzzy Classifier from the Transformed Data Information of Inertial Sensor Department of Control and Instrumentation Engineering, Chosun University, 375 10 May 2016 Sensors 2016, 16, 664; doi:10.3390/s16050664.
39. Susana Brás, Lénio Ribeiro, David A. Ferreira, Luis Antunes, Catarina S Nunes Controlling the Hypnotic Drug (propofol) to maintain a stable depth of Anesthesia, in Dogs. 978-1-4799-2921-4/14/\$31.00 ©2014 IEEE.
40. Ferreira L., Yanagi-Jr T., Nãas I.A., and Lopes M. A., "Development of a Decision-Making System Using Fuzzy Logic to Predict Estrus in Dairy Cows", Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript IT 06 004. Vol. IX. September, 2007. 1-16.
41. Cardoso D. L., Métodos de Detecção de Cio em Bovinos. 2002. 63p. Undergraduate diss., Veterinary Medicine Department, Federal University of Lavras, Lavras.
42. Firk R., Stamer E., Junge W., and Krieter J., 2003. Improving oestrus detection by combination of activity measurements with information about previous oestrus cases. Livestock Production Science82: 97-103.
43. Freddy Fikse. Fuzzy classification of phantom parent groups in an animal model: Genetics Selection Evolution 2009, 41:42 doi:10.1186/1297-9686-41-42 Received: 20 August 2009 Accepted: 28 September 2009 This article is available from: Sweden p 1-8.
44. Mauro Zaninelli, Francesco Maria Tangorra, Annamaria Costa, Luciana Rossi Vittorio Dell'Orto, Giovanni Savoini Sensors. Improved Fuzzy Logic System to Evaluate Milk Electrical Conductivity Signals from On-Line Sensors to Monitor Dairy Goat Mastitis/ doi:10.3390/s16071079 www.mdpi.com/journal/sensors 2016 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. Published: 13 July 2016/ p 1-18.
45. Ameen A. A. Mikail N., Live body weight prediction in hair goats by application of fuzzy logic / Applied ecology and nvironmental research 16(6):7563-7574. <http://www.aloki.hu> ISSN 1589 1623 (Print) ISSN 1785 0037 (Online) DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aecer/1606_75637574, 2018, ALÖKI Kft., Budapest, Hungary // p 7563-7574.

46. V. Carvalho, I. Naas, M. Mollo and V. Massafra. "Prediction of the Occurrence of Lameness in Dairy Cows using a Fuzzy-Logic Based Expert System-Part I". *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. VII. Manuscript IT 05 002. June, 2005. P 1-12.

47. The Fuzzy Model for Diagnosis of Animal Disease Xiao Jianhua, Shi Luyi, Zhang Yu, Gao Li, Fan Honggang, Ma Haikun, and Wang Hongbin D. Li and C. Zhao (Eds.): CCTA 2009, IFIP AICT 317, pp. 364–368, 2010. © IFIP International Federation for Information Processing 2010.

48. Lu, X., Guo, J.: The auxiliary diagnostic model for medicine mathematics based on fuzzy and gradually analysis. *Journal of shanxi medical college* 34(6), 499–502 (2003).

49. Carvalho, V., Naas, I., Mollo, M., et al.: Prediction of the Occurrence of Lameness in Dairy Cows using a Fuzzy-Logic Based Expert System-Part I. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal* VII, Manuscript IT 05 002, June 1-12 (2005).

50. Pop, H.F., Pop, T.L., Sarbu, C.: Assessment of heart disease using fuzzy classification tech-niques. *Scientific World Journal* 17(1), 369–390 (2001)

51. Smarandache F (1998) Neutrosophy: neutrosophic probability, set, and logic. American Research Press, Rehoboth p-157.

52. Wang H, Smarandache F, Zhang YQ, Sunderraman R (2005) Interval neutrosophic sets and logic: Theory and applications in computing. Hexis, Phoenix p-100.

53. Jun Ye. Exponential operations and aggregation operators of interval neutrosophic sets and their decision-making methods SpringerPlus (2016) 5:1488 DOI 10.1186/s40064-016-3143-z p 1-18.

54. Guo Y, Sengur A, Ye J (2014) A novel image thresholding algorithm based on neutrosophic similarity score. *Measurement* 58: 175–186.

55. Ye J (2014a) Single valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method. *J Intell Syst* 23(3):311–324.

56. Wang H, Smarandache F, Zhang YQ, Sunderraman R (2010) Single valued neutrosophic sets. *Multispace Multistructure* 4:410–413.

57. Zhang HY, Wang JQ, Chen XH (2014) Interval neutrosophic sets and their application in multicriteria decision making problems. *Sci World J* 2014:15. doi:10.1155/2014/645953 p 1-16.

58. Liu PD, Wang YM (2016) Interval neutrosophic prioritized OWA operator and its application to multiple attribute decision making. *J Syst Sci Complex* 29(3):681–697.

59. Liu PD, Wang YM (2016) Interval neutrosophic prioritized OWA operator and its application to multiple attribute decision making. *J Syst Sci Complex* 29(3):681–697.

60. Liu PD, Chu YC, Li YW, Chen YB (2014) Some generalized neutrosophic number Hamacher aggregation operators and their application to group decision making. *J Intell Fuzzy Syst* 16(2):242–255.

61. Ye J (2015b) Single valued neutrosophic similarity measures based on cotangent function and their application in the fault diagnosis of steam turbine. *Soft Comput.* doi:10.1007/s00500-015-1818-y p 817-825.

62. Zhao AW, Du JG, Guan HJ (2015) Interval valued neutrosophic sets and multi-attribute decision-making based on generalized weighted aggregation operator. *J Intell Fuzzy Syst* 29(6):2697–2706.

63. Liu PD, Li HG (2015) Multiple attribute decision making method based on some normal neutrosophic Bonferroni mean operators. *Neural Comput Appl.* doi:10.1007/s00521-015-2048-z p 379-389.

64. Liu PD, Teng F (2015) Multiple attribute decision making method based on normal neutrosophic generalized weighted power averaging operator. *Int J Mach Learn Cybern.* doi:10.1007/s13042-015-0385-y p 1-22.

65. Liu PD, Tang GL (2016) Some power generalized aggregation operators based on the interval neutrosophic numbers and their application to decision making. *J Intell Fuzzy Syst* 30:2517–2528.

66. Gou XJ, Xu ZS, Liao HC (2015b) Exponential operations of interval-valued intuitionistic fuzzy numbers. *Int J Mach Learn Cybern.* doi:10.1007/s13042-015-0434 p 1-15.

67. Батыршин И.З., Методы представления и обработки нечеткой информации в интеллектуальных системах / И.З. Батыршин // *Новости искусственного интеллекта.* - 1996. - №2. - С.9-65.

68. Берштейн, Л.С., Нечеткие модели принятия решений: дедукция, индукция, аналогия / Л.С. Берштейн, А.В. Боженюк. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001.-110 с.

69. Корневский Н.А., Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем / Н.А. Корневский // *Медицинская техника*, 2015, №1(289) с 33-35.

70. Корневский Н.А., Геометрический подход к синтезу нечетких решающих правил для решения задач прогнозирования и медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.А. Филист, А.Г. Устинов, Е.Б. Рябкова // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2012. - №4. - С. 20-26.

71. Воронцов, И.М., Здоровье. Опыт разработки и обоснование применения автоматизированных систем для мониторинга и скринирующей диагностики нарушений здоровья / И.М. Воронцов, В.В. Шаповалов, Ю.М. Шерстюк. - СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2006. - 432 с.

72. Корневский Н.А., Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем / Н.А. Корневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. — 2008. - №2.-С. 18-24.

73. Воронцов, И.М., Здоровье. Опыт разработки и обоснование применения автоматизированных систем для мониторинга и скринирующей диагностики нарушений здоровья / И.М. Воронцов, В.В. Шаповалов, Ю.М. Шерстюк. - СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2006. - 432 с.

74. Корневский Н.А., Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем / Н.А. Корневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. — 2008. - №2.-С. 18-24.

75. Bekmuratov T.F., Poorly structured decision-making in problems of management of risks // WCIS-2008, Tashkent, Uzbekistan, November 25-27, 2008. -pp.96-106.

76. Kamilov M.M., Mingliqulov Z.B., Akbaraliev B.B. Using heuristic algorithms for solving the task of combinatorial optimization // In Proceeding of WCIS-2014, November 25-27, - Tashkent, Uzbekistan, -pp.9-12.

77. Aliev R.A., Jabbarova K.I., Huseynov O.H. T-norm, T-conorm and aggregation of Z-number // Eighth WORLD Conference on intelligent systems for industrial Automation November 25-27. 2014. Tashkent, - pp.159-167.

78. Bekmuratov T.F., Mukhamedieva D.T. A training algorithm of fuzzy inference system // International scientific and technical journal "Chemical technology. Control and management., № 3-4" and "Journal of Korea multimedia society" South Korea, Seoul – Uzbekistan, Tashkent. – 2015. -С.108-114.

79. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А., Хасанов У.У. Нейрончеткий алгоритм идентификации и настройки параметров систем нечеткого вывода // Узбекский журнал проблемы информатики и энергетики, –Ташкент. 2016. №3. С. 22-28.

80. Aliev R.A., Fundamentals of the Fuzzy Logic-Based Generalized Theory of Decisions, Studies in Fuzziness and Soft Computing // 293, Springer, Berlin Heidelberg, 2013.1-10 с.

81. Алтунин А.Е., Семухин М.В., Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях //-Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета. 2000. -352 с.

82. Жуковский В.И., Жуковская Л.В., Риск в многокритериальных и конфликтных системах при неопределенности // Под ред. В.С.Молостова. -М.: Едиторнал УРСС. 2004. -272 с.

83. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях //-Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета. 2000. -352 с.

84. Muhamediyeva D.T., Safarova L.U. Main Problems and Tasks of intellectualisation of Information Processing System // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). – Indiya, 2019. - Vol. 8, Issue 9S3. - P. 158-165.

85. Primova X.A., Sotvoldiev D.M., Safarova L.U. Approaches to solving the problem of risk assessment with fuzzy initial information // 2018 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – 2018, -P. 1-5, 2018.8601485. Rossiya.

86. Ротштейн А.П., Нечеткий многокритериальный выбор альтернатив: метод наилучшего случая // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2009. - № 3. - С. 51-55.

87. Aliev R. A., Alizadeh A., Huseynov O.H Aliyev R.R. Arithmetic Of Z-numbers, The: Theory and Applications //World Scientific, 2015. 301 p.

88. Алтунин А.Е., Семухин М.В., Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях //-Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета. 2000. -352 с.

89. Жуковский В.И., Жуковская Л.В., Риск в многокритериальных и конфликтных системах при неопределенности // Под ред. В.С.Молостова. -М.: Едиторнал УРСС. 2004. -272 с.

90. Заде Л.А., Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений // пер. с англ.-М.: Мир. 1976. -165с.

91. Safarova L.U. Formation of informative signs for predicting the disease of highly productive cows with non-communicable diseases//Journal of Physics: Conference Series. Bristol Том 1901, Изд. 1,—Rossiya, 2021. Vol. 1441. —Р. 1-10.

92. Сафарова Л.У., Построение параметров функции принадлежности для оценки состояния болезни высокопродуктивных коров//Проблемы вычислительной и прикладной математики. — Ташкент, 2021. — №2 (32). —С. 135-146.

93. Примова Х.А., Сотволдиев Д.М., Сафарова Л.У., Исроилов Ш.Ю. Турли хил тегишлилик функциялар ҳолатида норавшан сон вази даражасини ҳисоблаш // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. — Тошкент, 2019. — № 3(9). — С. 45-48.

94. Примова Х.А., Сафарова Л.У., Хусанов Б.К. Решение задач нелинейного программирования в нечеткой среде // Научно-технический журнал ФерПИ. — Фергана, 2018. — Спец. вып. 1. — С. 107-111.

95. Сафарова Л.У., Б.М.Эшбуриев. Разработка функции принадлежности для оценки болезни вторичной остеодистрофии у высокопродуктивных коров// Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги-ЎЗА Илм фан бўлими (электрон журнал).- Тошкент, 2021 март С. 274-285.

96. Примова Х.А., Сафарова Л.У. Прогностическая модель диагностики болезни остеодистрофии у коров с использованием нечеткое множество// Computational models and technologies: Abstracts of the Uzbekistan-Malaysia international online conference, August 24-15, 2020, Tashkent, Uzbekistan, С. 143-145.

97. Сафарова Л.У. Касаллик ҳолатни аниқлашда баҳолаш ва башоратлаш моделини қуриш// Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги-ЎЗА Илм фан бўлими (электрон журнал).- Тошкент, 2020 февраль С. 1-7.

98. Safarova Lola. The algorithm for solving sugen's problems// Theoretical approaches of fundamental sciences. theory, practice and prospects. 21-26 2021 Geneva, Switzerland Vol. 1546 P.232-233.

99. Примова Х.А., Сафарова Л.У. Норавашан тўпламлар назариясидан фойдаланиб сигирларда остеодинтрофия касаллик ҳолатини башоратлаш моделини куриш // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. – Тошкент, 2020. – № 2(12). – С.29-32.

100. Muhamediyeva D.T., Safarova L.U., Nozir Tukhtamurodov. Neutrosophic Sets and Their Decision-Making Methods on the Example of Diagnosing Cattle Disease// IEEE International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). –Tashkent, 2021. – P.1-7.

101. Мухамедиева Д.Т., Сафарова Л.У. Сугено норавашан мантикий модели ёрдамида қорамоллар касаллигини аниқлаш дастури. // ЎзР Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 11422. 19.04.2021.

102. Мухамедиева Д.Т., Сафарова Л.У. Программа создания нечеткой логической модели Мамдани слабоформализуемых процессов. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 07357. 18.11.2019.

103. Примова Х.А., Набиева С. С., Сафарова Л.У. Программа по определению степени заболевания в ветеринарии. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 09604. 20.10.2020.

104. Сафарова Л.У., Примова Х.А. Программа для прогнозирования незаразных болезней у высокопродуктивных коров с применением нечетко-логических правил. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 10800. 24.02.2021.

105. Сафарова Л.У. Программа диагностирования болезни крупного рогатого скота с использованием нечеткой модели. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 10800. 23.04.2021.

106. В.В. Серебровский, В.В. Федянин, С.Н. Корневская, А.В. Серебровский Использование механизмов нечеткой логики принятия решения для оценки состояния человека и животных (на примере прогнозирования и диагностики пиелонефритов) Курская ГСХА: Изд-во Курск, гос. с.-х. ак., 2015. - 123 с.

107. Х.А.Примова., Л.У.Сафарова., С.С.Набиева. Хайвонларда неврологик белгиларни норавашан тизим ёрдамида аниқлашнинг

мантикий моделини қуриш// “Инновацион ва замонавий ахборот технологияларини таълим, фан ва бошқарув соҳаларида қўллаш истикболлари” мавзусидаги халқаро илмий – амалий онлайн конференцияси материаллари. Самарқанд, СамДУ нашри, 2020 г. – 558 С. 166-169.

108. Primova X. A., Safarova L.U. The predictive model of disease diagnosis osteodystrophy cows using fuzzy logic mechanisms// AIP Conference Proceedings this. International uzbekistan-malaysia conference on “computational models and technologies (cmt2020)” - Tashkent, Uzbekistan 2020 Vol. 2365.

109. Muhamediyeva D.T. Safarova L. Tagbayev B. Decision model using z-numbers// Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference. Science and practice: Implementation to modern society.-P.484-488 Manchester, Great Britain. 6-8.05.2022.

САФАРОВА ЛОЛА УЛМАСОВНА

**НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА**

монография

Ташкент, Издательство “Fan ziyosi”, 2023, 108 стр

Издательство “Fan ziyosi”

Лицензия 3918. 18.02.2021.

Адрес: Ташкент, ул. Навои, 30

Директор издательство
Редактор
Технический редактор

И.Халилов
Н. Шахназарова
Л.Файзиев

Формат 60x84_{1/16}. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman.

Ус .п. л.: 6,75. Изд. п. л.: 6,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 12/30.

Отпечатано в ООО «Согдиана идеал принт»
г. Самарканд, ул. Тонг, 55

978-9910-743-5-3-5



9 789910 743535 >