РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Лола Улмасовна САФАРОВА
Доцент
Доктор философии (PhD) по технических наук
Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий
Самарканд, Узбекистан

Аннотация

В данной работе исследуется определение оптимальных условий для принятия решений в диагностике заболеваний крупного рогатого скота. Это обусловлено тем, что системы принятия решений при обработке слабоструктурированных данных в условиях различных типов неопределённости, включая нечёткую неопределённость, представляют собой важный класс интеллектуальных систем. Одним из ключевых аспектов при проектировании системы нечёткой логики является выбор рациональной базы знаний, включая оптимальное количество правил и эффективные значения их функций принадлежности. В связи с этим в работе рассматриваются основные проблемы и задачи интеллектуализации систем обработки информации, а также предлагаются пути их решения.

Ключевые слова: принятие решений, диагноз, нечёткое множество, модель, алгоритм, база знаний, крупный рогатый скот.

NORAVSHAN MANTIQ USULLARIDAN FOYDALANGAN HOLDA QORAMOL KASALLIKLARINI TASHXISLASHNING INTELLEKTUAL TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Lola Ulmasovna SAFAROVA
dotsent
Texnika fanlari bo‘yicha (PhD) falsafa doktori,
Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti
Samarqand, O‘zbekiston

Annotatsiya

Ushbu maqolada qoramollar kasalliklarini tashxislashda qaror qabul qilish uchun maqbul shart-sharoitlarni aniqlash ko'rib chiqiladi. Buning sababi shundaki, har xil turdagi noaniqlik sharoitida sust shaklangan ma'lumotlarni qayta ishlash bo'yicha qaror qabul qilish tizimlari, shu jumladan noravshan noaniqlik, intellektual tizimlarning muhim sinfini ifodalaydi. Noravshan mantiqiy tizimni loyihalashda asosiy jihatlardan biri bu ratsional bilimlar bazasini tanlash, shu jumladan optimal qoidalar soni va ularning tegishlilik funktsiyalarining samarali qiymatlari. Shu munosabat bilan ishda axborotni qayta ishlash tizimlarini intellektuallashtirishning asosiy muammolari va vazifalari ko'rib chiqiladi, shuningdek ularni hal qilish yo'llari taklif etiladi.

Tayanch so'zlar: qaror qabul qilish, diagnostika, loyqa to'plam, model, algoritm, bilimlar bazasi, qoramol.

Интеллектуальные информационные технологии разрабатываются параллельно с формализацией профессиональных знаний и опыта специалистов в области управления, накоплением и обновлением профессиональных знаний, разработкой математических моделей, обработкой эмпирических данных, а также построением механизма логического вывода для анализа результатов [1].

Интеллектуализация систем принятия решений позволяет создавать различные варианты решений, распространять знания и опыт высококвалифицированных специалистов и формулировать логическую аргументацию для обоснования каждого из этих вариантов [2].

В условиях, когда лицу, принимающему решение (эксперту, конструктору, руководителю), приходится оперировать множеством параметров и условий, которые требуется учесть в процессе принятия решений, неоценимую помощь 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.

Процесс принятия решений в управлении усложняется из-за возникновения нечёткости. В таких случаях теория нечётких множеств, нечёткой логики и нечёткого логического вывода позволяет оценить состояние сложных ситуаций. С помощью этих методов успешно решаются проблемы, связанные с поведением человека в определённых ситуациях. Если лицо, принимающее решение, знает, что может произойти в процессе функционирования системы, то оно сможет принять более обоснованное решение [3].

Процесс принятия решений лежит в основе любой человеческой деятельности и представляет собой выбор одного из нескольких возможных вариантов. Многие решения мы принимаем автоматически, опираясь на практический опыт. Однако бывают случаи, когда требуется глубокий и длительный анализ ситуации. В таких условиях человек сталкивается с необходимостью выбора новых объектов или работы в новой среде, требующей тщательного обдумывания [4-6].

Принятие решения обычно выражается следующим образом:

$D = \{d_1, ..., d_i, ..., d_m\}$ – это множества выборов. Для всех $d_i \in D$ дана функция $w(d_i)$ индикатора эффективности варианта [3].

Требуется лучший вариант $d_{i0} \in D$, соответствующий значениям функции $w(d_{i0})$, т.е.

$$d_{i0} = \arg\max w(d_i)_{\, d_i \in D}.$$

Функция $w(d_i)$ может иметь разные значения и математические выражения. Например, это можно выразить в следующем виде [7]:

$$W(d) = (q(d), c(d), t(d))^1,$$

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 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 [8].

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. [3]

$$f_{k_0} = \max_{\phi_k \in \Phi} \min_{\theta_j \in \Theta} \overline{f_{jk}} .$$

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

Если задана $\mu = (\mu_1, ..., \mu_n)$ функция принадлежности, можно посмотреть размеры в следующем представлении [9-12]:

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

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

Оптимальное решение $\phi_{k0} \in \Phi$ критерия типа Вальда в нечёткой среде находится из следующего условия [10]:

$$V(\mu, \phi_{k0}) = \max_{\phi_k \in \Phi} \min_{\theta_j \in \Theta} \sum_{s=1}^{m} f_{jk}^{s} \mu_s / \sum_{r=1}^{m} \mu_r .$$

Оптимальная стратегия динамического процесса принятия решения для критерия Вальда находится с помощью следующего рекуррентного уравнения [3]:

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

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

Сформирована характерная модель среды C 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 С, определяемое μ_A – функцией принадлежности и распределённой по вероятности Р.

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

Пусть задано некоторое решение [9-12]:

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

тогда математическое ожидание байесова значения оценочного функционала на этапах 1, 2, ..., l равно

$$U(\varphi_{k_1}^1, \ldots, \varphi_{k_l}^l) = \sum_{s=1}^{l} M_{\{a_\nu^{s=1}\}_{\nu=1}^{m_{s-1}}} B^s(\varphi_{k_s}^s \left| a_\nu^{s-1} \right.) .$$

Пусть $f_l(\varphi_{k_1}^1, \ldots, \varphi_{k_l}^l)$ – суммарное математическое ожидание байесова значения оценочного функционала на решении $\varphi_{k_l}^l \in \Phi^l$ при использовании решений $\varphi_{k_1}^1, \ldots, \varphi_{k_{-1l}}^{l-1})$ на 1, 2, ..., (l – 1)-м этапах и оптимальных решений на (l+ 1), ... , N-м этапах, равное [7-8]:

$$f_l(\phi^1_{k_1},....,\phi^l_{k_l}) = f_{l+1}(\phi^1_{k_1},....,\phi^l_{k_l},\phi^{l+1}_{k^0_{l+1}}) +$$
$$\sum_{\nu=1}^{m_{l-1}} B^l(\phi^l_{k_l}\left|a^{l-1}_\nu\right.)\Re(a^{l-1}_\nu\left|\phi^1_{k_1},....,\phi^{l-1}_{k_{l-1}}\right.),$$

где $B^l(\varphi^l_{k_l}\left|a^{l-1}_\nu\right.) = \sum_{j=1}^{n_l} p^l_j f^l_{jk_l}(a^{l-1}_\nu)$ – байесово значение оценочного функционала; $f_N(\varphi^1_{k_1},....,\varphi^N_{k_N})$– математическое ожидание байесова значения оценочного функционала на множестве решений $\varphi^N_{k_N}\in\Phi^N$ при использовании $\varphi^1_{k_1},....,\varphi^{N-1}_{k_{N-1}}$ [9]:

$$f_N(\varphi^1_{k_1},...,\varphi^N_{k_N}) = \sum_{\nu=1}^{m_{N-1}} B^N(\varphi^N_{k_N}\left|a^{N-1}_\nu\right.)\Re(a^{N-1}_\nu\left|\varphi^1_{k_1},...,\varphi^{N-1}_{k_{N-1}}\right.).$$

Здесь

$$B^l(\varphi^l_{k_j},a^{l-1}_r) = \sum_{j=1}^{n_l} p^l_j f^l_{jk}(a^{l-1}_r),$$

$$f^i_{jk}(a^{i-1}_r) = \sum_{s=1}^{k}\mu^s_{jk} f^{i_s}_{jk}(a^{i-1}_r)/\sum_{j=1}^{n}\mu_j,$$

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

Решение $\varphi^0 = (\varphi^1_{k^0_1},...,\varphi^N_{k^0_N})$ 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 $\varphi^{N^0}_{k^0_k} = (\varphi^1_{k_1},...,\varphi^{N-1}_{k_{N-1}})\in\Phi^N_0$ для всех возможных комбинаций решений $(\varphi^1_{k_1},...,\varphi^{N-1}_{k_{N-1}})\in\{\Phi^1,....,\Phi^{N-1}\}$ находится из условия [11]:

$$f_l(\phi^1_{k_1},...,\phi^{N-1}_{k_{N-1}},\phi^N_{k^0_N}) = \min_{\substack{\phi^N_{k_N}\in\Phi^N \\ T_N(\phi^1_{k_1},...,\phi^N_{k_N})t_{зад}}} \sum_{\nu=1}^{m_{N-1}} B^N(\phi^N_{k_N}\left|a^{N-1}_\nu\right.)\Re(a^{N-1}_\nu\left|\phi^1_{k_1},...,\phi^{N-1}_{k_{N-1}}\right.).$$

Для любого *l*-го этапа (*l*= N-1, ... , 1) оптимальная стратегия $\varphi^{l}_{k_l^0} = (\varphi^{1}_{k_1},...,\varphi^{l-1}_{k_{l-1}})$. Для всех возможных комбинаций решений $(\varphi^{1}_{k_1},...,\varphi^{l-1}_{k_l}) \in \{\Phi^1,....,\Phi^{l-1}\}$ находится из условия [3,12]:

$$f_l(\phi^1_{k_1},...,\phi^{l-1}_{k_{l-1}},\phi^{l}_{k_l^0}) = \min_{\phi^l_{k_l}\in\Phi^l} \Big[f_{l+1}(\phi^1_{k_1},...,\phi^{l-1}_{k_{l-1}},\phi^{l+1}_{k_{l+1}^0}) + \\ T_l\,(\phi^1_{k_1},....,\phi^l_{k_l}\left|\phi^{l+1}_{k_{l+1}^0},...,\phi^N_{k_N^0}\phi^l_{k_l}\right.)=t_{зад} \\ + \sum_{\nu=1}^{m_{N-1}} B^N(\phi^N_{k_N}\left|a^{N-1}_{\nu}\right.)\Re(a^{N-1}_{\nu}\left|\phi^1_{k_1},...,\phi^{N-1}_{k_{N-1}}\right.)\Big],$$

где $T_N = (\varphi^1_{k_1},...,\varphi^N_{k_N})$ – математическое ожидание времени перехода объекта из начального состояния в одно из конечных состояний при использовании решений $\varphi^1_{k_1},...,\varphi^N_{k_N}$; $T_l = (\varphi^1_{k_1},....,\varphi^l_{k_l}\left|\varphi^{l+1}_{k_{l+1}^0},....,\varphi^N_{k_N^0}\right.)$ – математическое ожидание времени перехода объекта из a^0 в a^N при использовании на этапах 1, 2, ..., *l* решений $\varphi^1_{k_1},...,\varphi^l_{k_l}$, а на последующих этапах (*l* + 1),..., N оптимальных решений $\varphi^{l+1}_{k_{l+1}^0},....,\varphi^N_{k_N^0}$.

Диагностирование является важной задачей современных информационно-коммуникационных технологий и принятия решений при построении модели диагностирования и управления ими в условиях неопределённости [2].

Применение признаков или уровень уверенности можно показать, используя следующую нечётко логическую базу знаний диагностирования болезней крупного рогатого скота [12]:

$\exp(-\frac{1}{10}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-5(x-1)^2)$	$\exp(-\frac{2}{5}(x-0)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-0)^2)$	$\exp(-15\frac{7}{38}(x-1)^2)$	$\exp(-25(x-2)^2)$	$\exp(-9\frac{1}{11}(x-1)^2)$	

$\exp(-\frac{4}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{3}(x-1)^2)$	$\exp(-2\frac{16}{17}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{5}{9}(x-2)^2)$	$\exp(-\frac{1}{31}(x-2)^2)$	
$\exp(-\frac{1}{8}(x-1)^2)$	$\exp(-1(x-2)^2)$				

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 [13].

База знаний является отражением интеллектуальной деятельности ветеринарного врача: размышлений, умозаключений, обобщений, абстрагирования, которые основываются 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 [14]:

– 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 рубцовой 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 нечёткой исходной информации, выраженных в форме логически обоснованных лингвистических высказываний [15].

Таким образом, данная система повышает качество групповых решений в условиях различных ситуаций за счёт компьютерного принятия решений и проведения машинных экспериментов с имитацией соответствующих ситуаций. Предоставляет возможность разрабатывать управленческие решения и рекомендации, направленные на снижение людских и материальных потерь, экономит ресурсы (материальные и трудовые) благодаря моделированию принятия коллективных решений на компьютере, вариативности получаемых решений и эффективному использованию заранее подготовленных решений в реальных условиях. Повышает эффективность обучения путем применения современных вычислительных средств и программного обеспечения, математических методов и программных комплексов. Используемый математический аппарат достаточно трудоёмкий в части вычислительных процедур, поэтому эффективность его применения достигается при наличии специальных компьютерных разработок.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Петрова Ю.И. Статистические методы принятия решений по стабилизации стратегических позиций иностранной кредитной организации на российском кредитном рынке / Ю.И. Петрова, В.Е. Рассказов, В.Т. Севрук. – Москва: КноРус, 2018. – 112 с.

2. Семенов С.С. Методы и модели принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем / С.С. Семенов, Е.М. Воронов, А.В. Полтавский, А.В. Крянев. – М: Ленанд, 2019. – 516 с.

3. Орлов А.И. Методы принятия управленческих решений (для бакалавров) / А.И. Орлов. – Москва: КноРус, 2018. – 317 с.

4. Лукьянов Б.В. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений / Б.В. Лукьянов, П.Б. Лукьянов. – Москва: Русайнс, 2014. – 94 с.

5. Катулев А.Н. Математические методы в системах поддержки принятия решений. / А.Н. Катулев. – Москва: Высшая школа, 2005. – 311 с.

6. Баллод Б.А. Методы и алгоритмы принятия решений в экономике / Б.А. Баллод. – Москва: Финансы и статистика, 2009. – 224 с.

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

8. Ротштейн А.П. Нечёткий многокритериальный выбор альтернатив: метод наихудшего случая // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2009. – № 3. – С. 51-55.

9. 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.

10. Кореневский Н.А. Использование нечёткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем / Н.А. Кореневский // Медицинская техника, 2015, №1(289) с 33-35.

11. 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.

12. Ameen A. A., Mikail N. Live body weight prediction in hair goats by application of fuzzy logic / Applied ecology and environmental research

16(6):7563-7574. http://www.aloki.hu ISSN 1589 1623 (Print) ISSN 1785 0037 (Online) DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1606_75637574, 2018, ALÖKI Kft., Budapest, Hungary // p 7563-7574.

13. Muhamedieva D.T., Mirzaraxmedova A.H., Hasanov U. Multi-Agent system for assessing the status of weakly formalized systems // International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020, 2020, 9351510. 4-6 november.

DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351510

14. Muhamediyeva D., Sotvoldiyev D., Mirzaraxmedova S., Fozilova M. Approaches to handwriting recognition // International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020, 2020, 9351505. 4-6 november.

DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351505

15. Arifjanov A.Sh., Muhamediyeva D.T. and Khasanov U.U. Identification of causal relationships of risk assessment// IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series, 1901 (2021) 012029.

DOI https://doi.org/10.1088/1742-6596/1901/1/012029