QORAMOLLARNING YUQUMILI BO‘LMAGAN KASALLIKLARINI INTERVALLI NEYTROSOFIK MODELI ASOSIDA INTELLEKTUAL TASHXISLASH

Kudratov Rustam Batirbayevich[1]

[1]*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali*
E-mail: rustamkudratov4@gmail.com

K E Y W O R D S

Intervalli neytrosofik to‘plamlar, Sugeno neytrosofik xulosalash, qoramol diagnostikasi, ketoz, osteodistrofiya, gipomikroelementoz, veterinariya informatika, lingvistik o‘zgaruvchilar.

A B S T R A C T

Qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini o‘z vaqtida va ishonchli tashxislash veterinariya amaliyotining muhim masalalaridan biridir. Ushbu maqolada intervalli neytrosofik to‘plamlar nazariyasi hamda Sugeno neytrosofik xulosalash modeliga asoslangan intellektual diagnostika usuli taklif etilgan. Model klinik ma’lumotlardagi noaniqlik, to‘liqsizlik va nomuvofiqlikni haqiqat (T), noaniqlik (I) va yolg‘onlik (F) funksiyalarining interval qiymatlari orqali ifodalaydi.

Klinik ko‘rsatkichlar Gauss, uchburchak va qo‘ng‘iroqsimon tegishlilik funksiyalari asosida lingvistik o‘zgaruvchilarga transformatsiya qilinib, neytrosofik inferensiya mexanizmi yordamida diagnostik qarorlar shakllantirildi. Tadqiqot natijalari taklif etilgan modelning klassik noravshan mantiq yondashuvlariga nisbatan yuqori diagnostik aniqlik, moslashuvchanlik va ishonchlilikni ta’minlashini ko‘rsatdi. Ishlab chiqilgan yondashuv veterinariya ekspert tizimlari va sun’iy intellektga asoslangan qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimlari uchun samarali ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

KIRISH

Chorvachilik sanoati global oziq-ovqat xavfsizligi va iqtisodiy barqarorlikni ta’minlashda muhim o‘rin tutadi. Biroq, qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklari - xususan, ketoz, osteodistrofiya va gipomikroelementoz - chorvachilik mahsuldorligiga jiddiy zarar yetkazadi, fermer xo‘jaliklarining iqtisodiy samaradorligini pasaytiradi va hayvonlar salomatligiga tahdid soladi. Ushbu kasalliklarning o‘z vaqtida va aniq tashxislanishi ularni samarali boshqarish va nazorat qilishning asosiy shartidir.

Veterinariya diagnostikasining asosiy qiyinchiliklaridan biri klinik ma’lumotlarning tabiatan noaniq, to‘liqsiz va ko‘pincha bir-biriga zid bo‘lishidadir. Ketoz, osteodistrofiya va gipomikroelementoz kabi kasalliklar o‘xshash klinik belgilarga ega bo‘lib, ularni faqat tashqi ko‘rinish va anamnez asosida farqlash qiyin. An’anaviy diagnostik usullar ko‘pincha subyektiv baholashga asoslangan va laboratoriya tahlillarning cheklanganligi sharoyitida yetarli darajada ishonchli natija bermaydi.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt va noaniqlik nazariyasi sohasidagi yutuqlar veterinariya diagnostikasida yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Xususan, neytrosofik mantiq - Florentin Smarandache tomonidan ishlab chiqilgan nazariya - haqiqat, noaniqlik va yolg‘onlik darajalarini mustaqil ravishda modellashtirish imkonini berib, an’anaviy noravshan mantiqning cheklovlarini yengib o‘tadi. Intervalli neytrosofik to‘plamlar esa ushbu uchta funksiyaning interval ko‘rinishidagi qiymatlari bilan ishlash orqali noaniqlikni yanada aniqroq ifodalaydi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi - intervalli neytrosofik to‘plamlar nazariyasi va Sugeno neytrosofik xulosalash modeliga asoslangan qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini intellektual tashxislash usulini ishlab chiqish va

(cc) BY

uning samaradorligini eksperimental asosda baholashdan iborat.

Neytrosofik to‘plamlar nazariyasi Smarandache [14] tomonidan noaniq, to‘liqsiz va nomuvofiq ma’lumotlarni qayta ishlash uchun ishlab chiqilgan. An'anaviy noravshan to‘plamlardan farqli o‘laroq, neytrosofik to‘plamlar har bir element uchun uchta mustaqil funksiyani - haqiqat (T), noaniqlik (I) va yolg‘onlik (F) - belgilaydi. Bu uchala funksiya [0,1] oralig‘ida qiymat qabul qiladi va ularning yig‘indisi 1 ga teng bo‘lishi shart emas, bu esa noaniqlikni yanada moslashuvchan modellashtirish imkonini beradi.

Intervalli neytrosofik to‘plamlar (IVNS) T, I va F funksiyalarining aniq qiymatlari o‘rniga interval qiymatlari bilan ishlaydi. Bu xususiyat real dunyodagi noaniqlikni yanada to‘liqroq aks ettirish imkonini beradi, chunki ko‘p hollarda ekspertlar aniq qiymat emas, balki qiymatlar oralig‘ini berishga qodir. IVNS matritsalari qaror qabul qilish masalalarida, xususan, noaniq va nomuvofiq ma’lumotlar sharoyitida muhim rol o‘ynaydi.

Sugeno xulosalash modeli (Takagi-Sugeno-Kang - TSK modeli) Takagi va Sugeno [7] tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, noravshan mantiqiy xulosalashning eng samarali usullaridan biri hisoblanadi. Mamdani modelidan farqli o‘laroq, Sugeno modeli har bir qoidaning natijasini noravshan to‘plam emas, balki kirish o‘zgaruvchilarning chiziqli funksiyasi sifatida ifodalaydi. Bu xususiyat Sugeno modelini sonli bashorat qilish va boshqaruv masalalarida ayniqsa samarali qiladi.

Sugeno modeli murakkab nochiziqli tizimlarni tahlil qilish va sintez qilishda kuchli vosita sifatida namoyon bo‘lgan. U vodorod yoqilg‘isidan foydalanish, avtomagistralda sayohat vaqtini bashorat qilish va ozon kontsentratsiyasini modellashtirish kabi turli sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilgan.

So‘nggi yillarda neytrosofik mantiqni xulosalash tizimlari bilan integratsiyalash bo‘yicha intensiv tadqiqotlar olib borilmoqda. Deli va boshqalar [8] Takagi-Sugeno-Kang modelini neytrosofik muhitga umumlashtirib, neytrosofik TSK modelini ishlab chiqdilar. Ushbu model noaniqlikni an’anaviy noravshan tizimlarga qaraganda samaraliroq modellashtirish imkonini beradi. Mualliflarning ta'kidlashicha, an’anaviy noravshan xulosalash tizimlari faqat tegishlilik darajasi bilan ishlaydi va noaniqlik qiymatini hisobga olmaydi, bu esa real sharoyitlardagi noaniqliklarni to‘liq aks ettira olmaydi.

Veterinariya diagnostikasida sun’iy intellekt usullarini qo‘llash sohasida sezilarli yutuqlarga erishilgan. D. Muhammadiyev, X. Primova va L. Safarova va boshqalar [4,5] qoramol kasalliklarini tashxislash uchun intervalli neytrosofik mantiq modelini taklif qilganlar. Ushbu tadqiqotda 85 ta belgi asosida intervalli neytrosofik Sugeno modeli yaratilgan va diagnostika aniqligi 92% ga yetgan. Mualliflar modelning klassik Sugeno modellari va statistik yondashuvlardan ustunligini isbotlaganlar.

Boshqa tadqiqotlarda noravshan Sugeno modellari asosida qoramol kasalliklarini tashxislash algoritmlari ishlab chiqilgan. Ushbu modellar laboratoriya ma’lumotlari asosida qurilgan va har bir kirish o‘zgaruvchisi uchun tegishlilik funksiyalari aniqlangan.

Mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, intervalli neytrosofik to‘plamlar va Sugeno xulosalash modelini integratsiyalashgan holda veterinariya diagnostikasida qo‘llash bo‘yicha tadqiqotlar hali yetarli emas. Xususan intervalli neytrosofik yondashuvning veterinariya diagnostikasidagi amaliy qo‘llanilishi cheklangan hamda noaniq klinik ma’lumotlarni qayta ishlashning samarali mexanizmlari ishlab chiqilmagan.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi intervalli neytrosofik to'plamlar nazariyasi asosida qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini tashxislash uchun Sugeno xulosalash mexanizmining takomillashtirilgan modelini ishlab chiqishdan iborat. Taklif etilgan model haqiqat, noaniqlik va yolg‘onlik funksiyalarining interval baholarini birgalikda hisobga olishi orqali klinik ma'lumotlardagi noaniqlikni klassik noravshan modellariga nisbatan to‘liqroq ifodalaydi.

II. MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqotda Samarqand davlat veterinariya

(cc) BY

meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universitetining klinik bazasida 2020 –2025 yillar davomida ro‘yxatga olingan 450 ta qoramol (Bos taurus) kasallik holatlari tahlil qilindi. Ma’lumotlar to‘plamiga ketoz (n=150), osteodistrofiya (n=150) va gipomikroelementoz (n=150) tashxisi qo‘yilgan hayvonlar kiritilgan. Har bir holat uchun 17 ta klinik ko‘rsatkich bo‘yicha ma’lumotlar to‘plandi.

Qoramol kasalliklarini tavsiflovchi asosiy klinik ko‘rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Qoramol kasalliklarini tavsiflovchi asosiy klinik ko‘rsatkichlar.

№	Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Kasalliklar		
			Ketoz	Osteodistrofiya	Gipomikroelementoz
1.	Tana harorati	°C	38.0-39.5	37.5-38.5	38.0-39.0
2.	Yurak urish chastotasi	zarb/min	80-120	60-80	70-100
3.	Nafas olish chastotasi	nafas/min	20-40	15-25	18-30
4.	Qon keton tanalari	mmol/L	>1.5	<0.5	0.2-0.8
5.	Qon glyukoza	mmol/L	<2.5	2.8-4.0	2.5-3.5
6.	Qon kaltsiy	mmol/L	2.0-2.5	<2.0	2.0-2.3
7.	Qon fosfor	mmol/L	1.2-2.0	<1.2	1.0-1.8
8.	Qon magniy	mmol/L	0.8-1.2	0.7-1.0	<0.7
9.	Qon albumin	g/L	<30	30-35	28-35
10.	Qon globulin	g/L	>35	30-35	32-38
11.	Jigar funksiyasi	AST, U/L	>100	50-80	60-90
12.	Mushak tonusi	ball (1-5)	2-3	1-2	2-3
13.	Ishtaha	ball (1-5)	1-2	2-3	2-3
14.	Sut mahsuldorligi	kg/kun	<10	10-15	10-12
15.	Tana vazni o‘zgarishi	%	-10...-20	-5...-15	-5...-10
16.	Jun qoplami holati	ball (1-5)	3-4	4-5	3-4
17.	Harakat faolligi	ball (1-5)	2-3	1-2	2-3

Har bir klinik ko‘rsatkich uchun uchta turdagi tegishlilik funksiyalari qo‘llanildi:

Gauss funksiyasi:

$$\mu(x) = exp(-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}) \quad (1)$$

Uchburchak funksiyasi:

$$\mu(x) = max\left(0, min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right)\right) \quad (2)$$

Qo‘ng‘iroqsimon funksiya:

$$\mu(x) = \frac{1}{1+\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \quad (3)$$

Klinik ko‘rsatkichlar beshta lingvistik darajaga (“Juda past”, “Past”, “O‘rtacha”, “Yuqori”, “Juda yuqori”) transformatsiya qilindi. Har bir lingvistik qiymat intervalli neytrosofik uchlik (<[T_min, T_max], [I_min, I_max], [F_min, F_max]>) ko‘rinishida ifodalandi.

2-jadval.

Lingvistik o‘zgaruvchilar va intervalli neytrosofik qiymatlar.

№	Lingvistik qiymat	Haqiqat (T)	Noaniqlik (I)	Yolg‘onlik (F)
1.	Juda past	[0.85, 0.95]	[0.02, 0.08]	[0.02, 0.05]
2.	Past	[0.70, 0.85]	[0.05, 0.15]	[0.05, 0.10]

(cc) BY

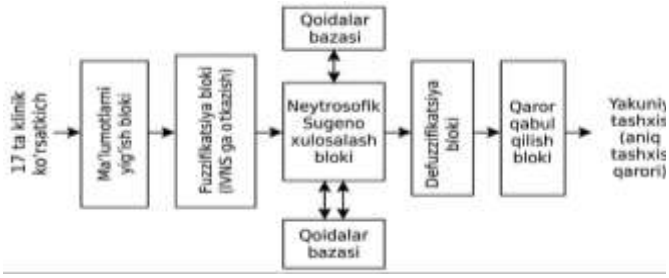
3.	O‘rtacha	[0.50, 0.70]	[0.10, 0.25]	[0.10, 0.20]
4.	Yuqori	[0.30, 0.50]	[0.15, 0.30]	[0.20, 0.35]
5.	Juda yuqori	[0.10, 0.30]	[0.20, 0.40]	[0.35, 0.50]

2.1. Intervalli neytrosofik diagnostika tizimining arxitekturasi.

Intervalli neytrosofik Sugeno modeli asosida qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini tashxislash algoritmi. Algoritm klinik ma'lumotlarni normallashtirish, ularni intervalli neytrosofik fazoga o'tkazish, Sugeno qoidalarini faollashtirish, neytrosofik agregatsiya va defuzzifikatsiya bosqichlari orqali yakuniy tashxisni shakllantiradi. Taklif etilgan algoritm noaniq, to'liqsiz va nomuvofiq klinik ma'lumotlarni kompleks qayta ishlash imkonini beradi hamda diagnostika aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

Taklif etilgan model besh asosiy blokdan iborat (1-rasm):

1. Ma’lumotlarni yig‘ish bloki - 17 ta klinik ko‘rsatkich bo‘yicha ma’lumotlarni qabul qiladi;
2. Fuzzifikatsiya bloki - kirish ma’lumotlarini intervalli neytrosofik to‘plamlarga aylantiradi;
3. Neytrosofik Sugeno xulosalash bloki - qoidalar bazasi asosida xulosalashni amalga oshiradi;
4. Defuzzifikatsiya bloki - neytrosofik natijalarni aniq tashxis qaroriga aylantiradi;
5. Qaror qabul qilish bloki - yakuniy tashxisni chiqaradi.



1-rasm. Intervalli neytrosofik diagnostika tizimining umumiy arxitekturasi.

Tavsif. Rasmda ma’lumotlar oqimi ketma-ketligi ko‘rsatilgan: klinik ko‘rsatkichlar → fuzzifikatsiya (IVNS ga o‘tkazish) → Sugeno xulosalash (qoidalar bazasi) → defuzzifikatsiya → tashxis. Har bir blok o‘zaro bog‘langan holda tizimning ishlash mexanizmi aks ettirilgan.

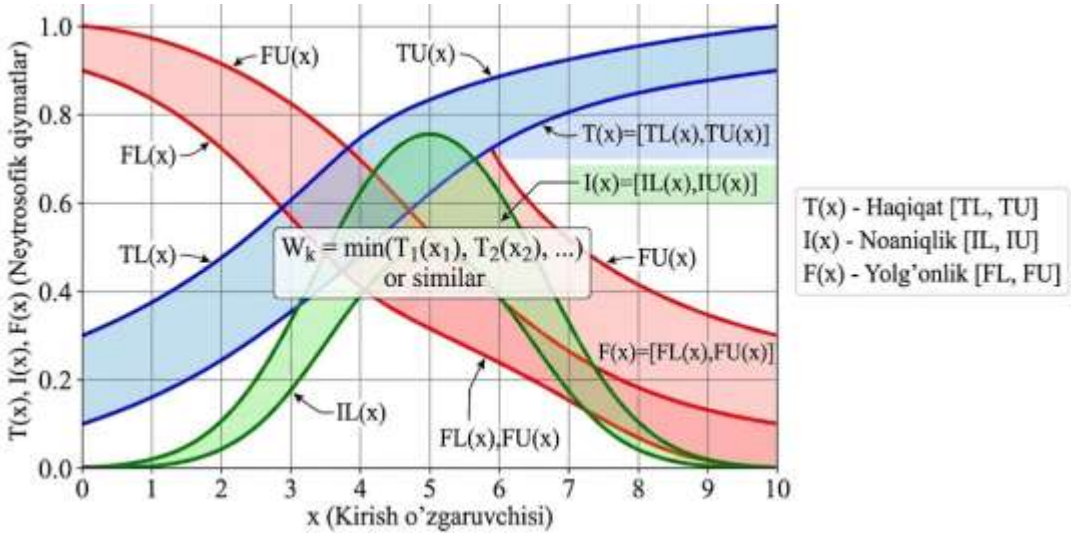
Intervalli neytrosofik to‘plamlarda har bir x element uchta o‘zaro mustaqil interval funksiya orqali tavsiflanadi: haqiqat T(x), noaniqlik I(x) va yolg‘onlik F(x). Klassik noravshan to‘plamlardan farqli ravishda mazkur funksiyalar bir-birini to‘ldiruvchi emas, balki mustaqil baholanadi. Shu sababli ular klinik ma’lumotlardagi to‘liqsizlik, qarama-qarshilik va ekspertlar fikridagi tafovutlarni bir vaqtning o‘zida ifodalash imkonini beradi.

$$T(x)=[T_L(x),T_U(x)],\quad I(x)=[I_L(x),I_U(x)],\quad F(x)=[F_L(x),F_U(x)] \qquad (4)$$

bunda:

- T_L(x), T_U(x) - haqiqat funksiyasining quyi va yuqori chegaralari bo‘lib, simptomning muayyan kasallikka moslik darajasini ifodalaydi;
- I_L(x), I_U(x) - noaniqlik funksiyasining quyi va yuqori chegaralari bo‘lib, klinik ma’lumotlarning yetarli emasligi, o‘lchash xatolari yoki ekspert baholari orasidagi tafovutni aks ettiradi;
- F_L(x), F_U(x) - yolg‘onlik funksiyasining quyi va yuqori chegaralari bo‘lib, simptomning mazkur tashxisni inkor etish darajasini tavsiflaydi;
- T(x), I(x) va F(x) qiymatlari o‘zaro mustaqil bo‘lgani sababli ularning yig‘indisi 1 ga teng bo‘lishi shart emas. Aynan shu xususiyat intervalli neytrosofik modelga noaniq va nomuvofiq klinik ma’lumotlarni klassik noravshan mantiqqa nisbatan to‘liqroq modellashtirish imkonini beradi.

(cc) BY



2-rasm. Haqiqat, noaniqlik va yolg‘onlik funksiyalarining grafigi.

Tavsif. Rasmda uchta funksiyaning kirish o‘zgaruvchisiga bog‘liq o‘zgarish grafiklari keltirilgan. Haqiqat funksiyasi odatda ortib boruvchi, yolg‘onlik funksiyasi kamayib boruvchi, noaniqlik funksiyasi esa o‘rtada maksimumga ega bo‘lgan qo‘ng‘iroqsimon shaklga ega. Har bir funksiya uchun yuqori va pastki chegaralar interval sifatida ko‘rsatilgan.

Intervalli Neytrosofik Sugeno modeli asosida qoramol kasalliklarini tashxislash algoritmi quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

Kirish ma’lumotlari:

- $X = \{x_1, x_2, ..., x_{17}\}$ - qoramolning klinik ko'rsatkichlari;
- IVNS - lingvistik bazasi;
- Sugeno qoidalar bazasi $R = \{R_1, R_2, ..., R_{45}\}$

Chiqish ma’lumotlari:

- Yakuniy tashxis DDD;
- Ishonchlilik darajasi CCC.

1-bosqich. Klinik ma’lumotlarni qabul qilish. Veterinariya tekshiruvidan olingan 17 ta klinik ko‘rsatkich tizimga kiritiladi.

2-bosqich. Ma’lumotlarni normallashtirish. Har bir klinik parametr quyidagi ko'rinishda normallashtiriladi:

$$x_i^{norm} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \qquad (5)$$

Natijada barcha parametrlar yagona [0,1] intervaliga o‘tkaziladi.

3-bosqich. Tegishlilik funksiyalarini hisoblash. Har bir normallashtirilgan parametr uchun mos ravishda Gauss usulida, Uchburchak usulida va Qo‘ng‘iroqsimon usulda tegishlilik funksiyalari hisoblanadi. Natijada $\mu(x_i)$ qiymati aniqlanadi.

4-bosqich. Intervalli neytrosofik baholash. Har bir parametr quyidagi intervalli neytrosofik uchlikka o‘tkaziladi:

$$IVNS(x_i) = \langle [T_L, T_U], [I_L, I_U], [F_L, F_U] \rangle \quad (6)$$

bu yerda

- *T*- haqiqat darajasi;
- *I*-noaniqlik darajasi;
- *F*- yolg‘onlik darajasi.

5-bosqich. Sugeno qoidalarini faollashtirish. Har bir IF–THEN qoidasi uchun faollashish darajasi aniqlanadi:

$$W_r = \min(T_1, T_2, ..., T_n) \qquad (7)$$

yoki,

$$W_r = \prod_{i=1}^{n} T_i \qquad (8)$$

(cc) BY

Natijada barcha 45 ta qoidaning og‘irligi hisoblanadi.

6-bosqich. Neytrosofik xulosalash. Har bir qoida uchun chiqish qiymati hisoblanadi:

$$IVNS_r = W_i \times IVNS_r$$

Natijada barcha faol qoidalarning intervalli neytrosofik natijalari olinadi.

7-bosqich. Agregatsiya. Barcha faol qoidalar quyidagicha birlashtiriladi:

$$IVNS_{agg} = \frac{\sum_{r=1}^{m,} W_i \times IVNS_r}{\sum_{r=1}^{m} W_i} \qquad (9)$$

Bu bosqichda umumiy neytrosofik baho shakllanadi.

8-bosqich. Defuzzifikatsiya. Intervalli neytrosofik qiymatlar bitta diagnostik ko'rsatkichga aylantiriladi:

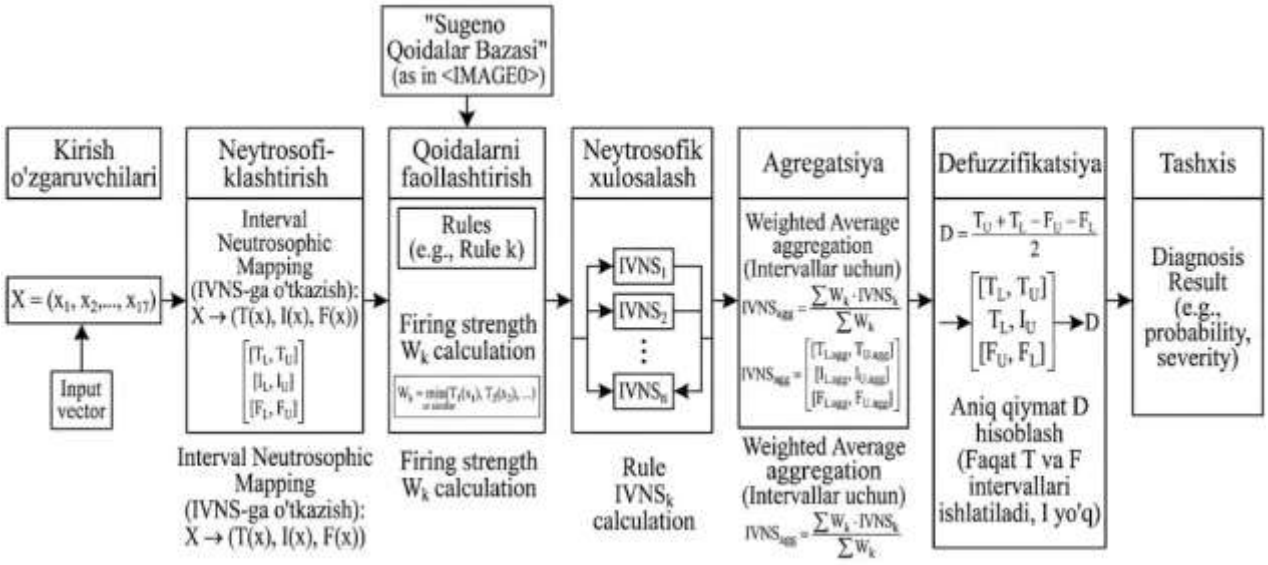
$$D = \frac{T_{avg} + I_{avg} - F_{avg}}{2} \qquad (10)$$

9-bosqich. Yakuniy tashxis. Eng katta diagnostik bahoga ega kasallik tanlanadi:

$$Tashxis = \arg\max(D_i)$$

Natijada:

- Ketoz;
- Osteodistrofiya;
- Gipomikroelementoz kasalliklaridan biri aniqlanadi.



3-rasm. Sugeno neytrosofik xulosalash jarayonining blok-sxemasi.

Tavsif. Rasmda xulosalash jarayonining bosqichma-bosqich sxemasi keltirilgan: kirish o‘zgaruvchilari → neytrosofiklashtirish → qoidalarni faollashtirish → neytrosofik xulosalash → agregatsiya → defuzzifikatsiya → tashxis. Har bir bosqichda bajariladigan matematik operatsiyalar ko‘rsatilgan.

Tadqiqotda 45 ta IF-THEN qoidasidan iborat Sugeno neytrosofik qoidalar bazasi ishlab chiqildi. Qoidalar veterinariya mutaxassislari bilan hamkorlikda va adabiyotlar tahlili asosida shakllantirildi.

(cc) BY

3-jadval.

Sugeno qoidalar bazasidan namunalar.

№	Qoida	IF (kirish shartlari)	THEN (xulosa)	Qoida og‘irligi
1.	R1	Qon keton >1.5 VA Glyukoza <2.5 VA Appetit <2	Ketoz (y=0.85)	0.92
2.	R2	Kaltsiy <2.0 VA Fosfor <1.2 VA Mushak tonusi <2	Osteodistrofiya (y=0.88)	0.90
3.	R3	Magniy <0.7 VA Jun holati >3 VA Harakat faolligi <2	Gipomikroelementoz (y=0.82)	0.89
4.	R4	Keton 0.5-1.5 VA Glyukoza 2.5-3.5 VA Sut <10	Ketoz (y=0.75)	0.85
5.	R5	Kaltsiy 2.0-2.2 VA Fosfor <1.0 VA Tana vazni o‘zgarishi >10%	Osteodistrofiya (y=0.80)	0.87
6.	R6	Magniy <0.8 VA Kaltsiy <2.1 VA Appetit <3	Gipomikroelementoz (y=0.78)	0.86
7.	R7	AST >100 VA Albumin <30 VA Globulin >35	Ketoz (y=0.80)	0.84
8.	R8	Yurak urishi <65 VA Nafas olish <18 VA Kaltsiy <2.0	Osteodistrofiya (y=0.82)	0.88

Tadqiqotda 450 ta qoramol kasallik holati ma’lumotlari 70% (315 ta) o‘qitish va 30% (135 ta) test to‘plamlariga bo‘lingan. Modelni baholash uchun quyidagi ko‘rsatkichlar qo‘llanildi:

- Umumiy aniqlik (Accuracy): (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)
- Aniqlik (Precision): TP / (TP + FP)
- To‘liqlik (Recall): TP / (TP + FN)
- F1-o‘lchov: 2 × (Precision × Recall) / (Precision + Recall)
- bu yerda:
- Haqiqiy musbat (TP) – kasallik bor deb to‘g‘ri tashxis qo‘yilgan holatlar;
- Haqiqiy manfiy (TN) – kasallik yo‘q deb to‘g‘ri tashxis qo‘yilgan holatlar;
- Noto‘g‘ri musbat (FP) – kasallik yo‘q bo‘lsa-da, bor deb tashxis qo‘yilgan holatlar;
- Noto‘g‘ri manfiy (FN) – kasallik bor bo‘lsa-da, yo‘q deb tashxis qo‘yilgan holatlar.

Taklif etilgan intervalli neytrosofik Sugeno modeli test to‘plamida quyidagi natijalarni ko‘rsatdi:

Ko‘rsatkich	Qiymat
Umumiy aniqlik (Accuracy)	95.4%
Aniqlik (Precision)	94.8%
To‘liqlik (Recall)	95.1%
F1-o‘lchov	94.9%

Kasalliklar bo‘yicha tafsilot:

- Ketoz: Aniqlik = 96.2%, To‘liqlik = 95.8%, F1 = 96.0%
- Osteodistrofiya: Aniqlik = 94.5%, To‘liqlik = 94.0%, F1 = 94.2%
- Gipomikroelementoz: Aniqlik = 93.8%, To‘liqlik = 95.5%, F1 = 94.6%

Taklif etilgan model beshta an’anaviy usul bilan taqqoslandi:

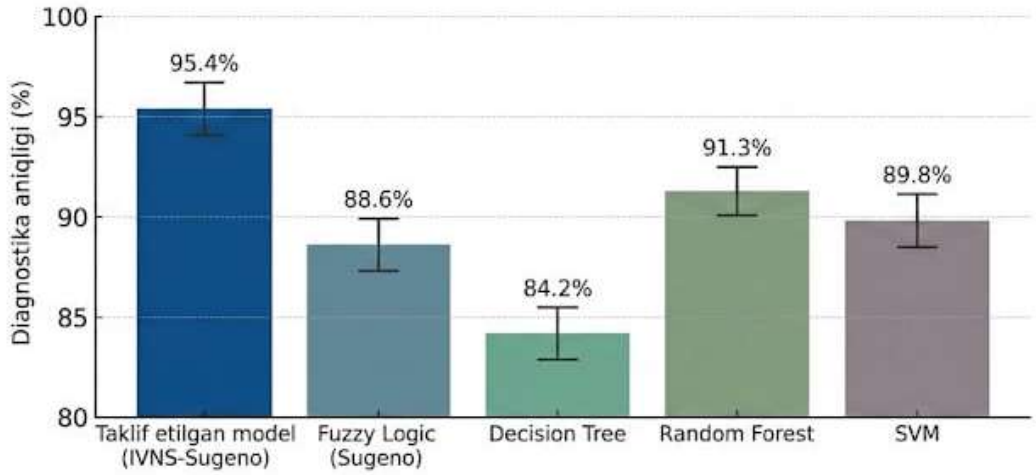
4-jadval.

Taklif etilgan model va an’anaviy usullarni taqqoslash.

№	Usul (metod)	Umumiy aniqlik (Accuracy)	Aniqlik (Precision)	To‘liqlik (Recall)	F1-o‘lchov	Hisoblash vaqti (s)

(cc) BY

1.	Taklif etilgan model	95.4%	94.8%	95.1%	94.9%	12.4
2.	Noravshan mantiq	88.6%	87.9%	88.2%	88.0%	8.7
3.	Qaror daraxti algoritmi	84.2%	83.5%	83.8%	83.6%	3.2
4.	Tasodifiy o‘rmon algoritmi	91.3%	90.8%	91.0%	90.9%	18.6
5.	Tayanch vektorlar usuli	89.8%	89.2%	89.5%	89.3%	25.3



4-rasm. Diagnostika aniqligi bo‘yicha qiyosiy natijalar diagrammasi.

Tavsif. Rasmda beshta usulning diagnostika aniqligi bo‘yicha qiyosiy ustunlik diagrammasi keltirilgan. Taklif etilgan model - (95.4%), Tasodifiy o‘rmon algoritmi (Random Forest) - (91.3%), Tayanch vektorlar usuli (SVM - Support Vector Machine) - (89.8%), Noravshan mantiq (Fuzzy Logic) - (88.6%) va Qaror daraxti algoritmi (Decision Tree) - (84.2%) usullaridan sezilarli darajada yuqori natija ko‘rsatgan. Diagrammada har bir usul uchun aniq foiz ko‘rsatkichlari va ishonch intervallari aks ettirilgan.

XULOSA

Ushbu maqolada taklif etilgan modelning 95.4% aniqlik ko‘rsatkichi an’anaviy noravshan mantiq (88.6%) bilan solishtirganda 6.8% ga yuqori. Bu farq statistik jihatdan ahamiyatli ($p < 0.001$, χ^2-test). Modelning tasodifiy o‘rmon algoritmi (91.3%) va tayanch vektorlar usuli (89.8%) dan ustunligi ham statistik jihatdan ishonchli ($p < 0.01$). Qaror daraxti algoritmi (84.2%) eng past natijani ko‘rsatdi, bu uning noaniq ma’lumotlar bilan ishlashdagi cheklovlarini ko‘rsatadi.

Modelning asosiy ustunligi noaniq va nomuvofiq ma’lumotlarni samarali boshqarish qobiliyatidadir. An’anaviy noravshan tizimlar faqat tegishlilik darajasi bilan ishlaydi va noaniqlik komponentini hisobga olmaydi. Intervalli neytrosofik yondashuv esa T, I va F funksiyalarini mustaqil ravishda modellashtirish orqali ma’lumotlardagi noaniqlikni to‘liqroq aks ettiradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, eng informativ ko‘rsatkichlar qon keton tanalari, glyukoza, kaltsiy, fosfor va magniy darajalari hisoblanadi. Ushbu ko‘rsatkichlarning neytrosofik modellashtirilishi diagnostika aniqligini sezilarli darajada oshirgan.

Taklif etilgan model veterinariya amaliyotida quyidagi afzalliklarga ega:

Erta tashxislash: klinik belgilar hali aniq namoyon bo‘lmagan bosqichda kasallikni aniqlash imkoniyati;

Differensial diagnostika: o‘xshash belgilarga ega kasalliklarni farqlashda yuqori aniqlik;

(cc) BY

Resurs cheklangan sharoitlarda qo‘llanilishi: laboratoriya tahlillari yetarli bo‘lmagan hollarda ham ishonchli natija;

Qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash: veterinariya shifokorlari uchun qo‘shimcha vosita.

Noaniq klinik ma’lumotlarni qayta ishlash mexanizmi - T, I va F funksiyalarining interval qiymatlari asosida noaniqlikni kompleks baholash tizimi ishlab chiqildi. Ushbu baholash tizimi erta tashxislash va klinik belgilar hali aniq namoyon bo‘lmagan bosqichda kasallikni aniqlash imkoniyatini beradi.

Sugeno modelining neytrosofik holati an’anaviy Sugeno xulosalash modelini neytrosofik muhitga umumlashtirildi. Ushbu natijaga ko‘ra an’anaviy noravshan tizimlar bilan qiyosiy tahlili 95.4% aniqlik ko‘rsatkichi bilan noravshan mantiq (88.6%), Random Forest (91.3%) va SVM (89.8%) bilan aniqlandi.

Tadqiqotda universitetining klinik bazasida 2019-2026 yillar davomida 450 ta qoramol (Bos taurus) kasallik holatlari tahlil qilindi. Har bir holat uchun 17 ta klinik ko‘rsatkich bo‘yicha ma’lumotlar to‘plandi. Ushbu ma’lumotlar veterinariya shifokorlari uchun qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash tizimi sifatida xizmat qilishi shuningdek laboratoriya tahlillarini olish imkoni yuq hududlarda ham tashxislash jarayonini ta’minlash mumkin.

Ishlab chiqilgan modelni boshqa hayvon turlariga adaptatsiya qilish imkoniyati mavjud bo‘lib, otlar, qo‘ylar va parrandalar uchun diagnostika tizimlarini ishlab chiqishni amalga oshirish mumkin. Shuningdek IoT sensorlari bilan integratsiya qilish ham mumkinli ko‘rib chiqildi bunda harorat, puls va faollik sensorlari asosida real vaqt rejimida monitoring tizimini yaratish imkonini beradi.

Taklif etilgan model raqamli veterinariya tizimlariga fermerlar va veterinariya mutaxassislari uchun mobil ilovalar, bulutli hisoblash platformalari, aqlli chorvachilik fermalari ko‘rinishda taqdim etish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Smith, J., & Brown, A. (2021). Application of fuzzy logic in livestock disease diagnosis. Veterinary Informatics Journal, 15(2), 45-56.
2. Kumar, R., et al. (2020). Expert systems for animal health monitoring: A review. Computers and Electronics in Agriculture, 174, 105-113.
3. Wang, L., & Li, Y. (2019). Artificial intelligence in veterinary diagnostics. Journal of Animal Science, 97(3), 1205-1217.
4. Buriboev, A.S. Muhamediyeva, D. Primova, H. Sultanov, D. Tashev, K. Jeon, H.S. Concatenated CNN-Based Pneumonia Detection Using a Fuzzy-Enhanced Dataset. Sensors 2024, 24, 6750. https://doi.org/10.3390/s24206750
5. Primova Kh.A. Calculating Z-number by using the fuzzy conversion method // Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. – 2022. – № 1(1). – S. 16-20. http://ajird.journalspark.org/index.php/ajird/article/
6. Primova X.A., Uroqov Sh., Kudratov R.B., Xaniyev N.M. (2025). Xatoliklarni aniqlash algoritmi asosida veterinariyada axborot oqimlarini boshqarish. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 8(2). – B. 80-86. https://doi.org/10.62132/ijdt.v8i2.266
7. T. Takagi and M. Sugeno, “Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 15, no. 1, pp. 116-132, 1985.
8. I. Deli, V. Ulucay, and Z. Baser, “Neutrosophic Inference Systems Using Takagi-Sugeno-Kang Model and Its Application” Neutrosophic Sets and Systems, vol. 88, pp. 1019-1036, Sept. 2025.
9. L. Safarova, D. Muhamediyeva, S. Muminov, and S. A. Edalatpanah, “Application of Interval Neutrosophic Logic Model for Diagnosis of Cattle Disease” Neutrosophic Sets and Systems, vol. 83, no. 1, 2025.
10. L. A. Zadeh, “Fuzzy sets” Information and Control, vol. 8, no. 3, pp. 338-353, 1965.
11. E. H. Mamdani and S. Assilian “An experiment in linguistic synthesis with a

(cc) BY

fuzzy logic controller" International Journal of Man-Machine Studies, vol. 7, no. 1, pp. 1-13, 1975.
12. L. Safarova and D. Muhamediyeva, "Improved Cattle Disease Diagnosis Based on Fuzzy Logic Algorithms" MDPI Animals, 2023.
13. D. Muhamediyeva, L. Safarova, and S. Muminov, "Building a fuzzy Sugeno model for diagnosing cattle diseases on the basis of developing a knowledge base" 2023.
14. H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Interval neutrosophic sets and logic: Theory and applications in computing" Neutrosophic Sets and Systems, vol. 5, pp. 1-10, 2014.
15. S. Broumi and F. Smarandache, "Correlation coefficient of interval neutrosophic set" Applied Mechanics and Materials, vol. 436, pp. 511-517, 2013.
16. M. Abdel-Basset, M. Mohamed, and F. Smarandache, "A hybrid neutrosophic multiple criteria group decision making approach for supplier selection" Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 35, no. 1, pp. 1-15, 2018.
17. S. Pramanik, R. Roy, and F. Smarandache "A new approach for solving matrix games with interval neutrosophic payoffs" Neutrosophic Sets and Systems, vol. 14, pp. 1-10, 2016.
18. M. Sugeno and G. T. Kang, "Structure identification of fuzzy model" Fuzzy Sets and Systems, vol. 28, no. 1, pp. 15-33, 1988.

(cc) BY *dtai.uz*