

INTERVALLI NEYTROSOFIK IYERARXIK SUGENO XULOSALASH MODELI ASOSIDA QORAMOLLARNING YUQUMLI BO‘LMAGAN KASALLIKLARINI INTELLEKTUAL TASHXISLASH

¹Kudratov R.B., ¹Primova X.A., ²Safarova L.U.

¹Samarqand davlat universiteti, “Hisoblash tizimlari muhandisligi” kafedrası.

²Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti, “Axborot texnologiyalari, tabiiy va aniq fanlar” kafedrası.

rustamkudratov4@gmail.com

Annotatsiya. Qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini o‘z vaqtida va aniq tashxislash veterinariya amaliyotidagi muhim ilmiy-amaliy muammolardan biri hisoblanadi. Tashxislash parametrlarining ko‘pligi, ularning o‘zaro murakkab bog‘liqligi hamda ma’lumotlarning noravshanligi an’anaviy ekspert tizimlari va klassik Sugeno modellarining samaradorligini cheklaydi. Ushbu maqolada mazkur muammoni bartaraf etishga qaratilgan intervalli neytrosofik iyerarxik Sugeno xulosalash modeli (INHSM) taklif etiladi. Model intervalli neytrosofik to‘plamlar nazariyasi, iyerarxik Sugeno inferens mexanizmi va og‘irlikli agregatsiya operatorlarini yagona matematik platformada integratsiyalashga asoslangan.

Tashxislashda belgilar biologik va funksional xususiyatlariga ko‘ra oltita mantiqiy guruhga ajratilib, ko‘p bosqichli lokal Sugeno modellarida qayta ishlanadi hamda ularning natijalari intervalli neytrosofik agregatsiya orqali birlashtiriladi. Natijada 85 ta kasallik belgisi asosida qoramollarning 116 turdagi yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini yuqori aniqlikda tashxislash imkonini beruvchi global inferens modeli shakllantiriladi. Taklif etilgan yondashuv qoidalar sonining eksponensial ortishi muammosini sezilarli darajada kamaytiradi, noravshan va to‘liqsiz ma’lumotlarni samarali qayta ishlaydi hamda tashxislash qarorlarning ishonchliligi va hisoblash samaradorligini oshiradi.

Kalit so‘zlar: intervalli neytrosofik to‘plamlar, iyerarxik Sugeno modeli, intellektual tashxislash, veterinariya ekspert tizimi, qoramollar, yuqumli bo‘lmagan kasalliklar, noravshan mantiq, sun’iy intellekt, inferens modeli.

Аннотация. Своевременная и точная диагностика неинфекционных заболеваний крупного рогатого скота является одной из важных научно-практических проблем ветеринарной практики. Большое количество диагностических параметров, их сложные взаимосвязи и неоднозначность данных ограничивают эффективность традиционных экспертных систем и классических моделей Сугено. В данной статье для решения этой проблемы предлагается интервальная нейрософическая иерархическая модель вывода Сугено (INHSM). Модель основана на интеграции интервальной нейрософической теории множеств, иерархического механизма вывода Сугено и операторов взвешенной агрегации на единой математической платформе.

В процессе диагностики признаки делятся на шесть логических групп в соответствии с их биологическими и функциональными свойствами, обрабатываются в многоступенчатых локальных моделях Сугено, а их результаты объединяются посредством интервальной нейрософической агрегации. В результате формируется глобальная модель вывода на основе 85 признаков заболеваний, которая позволяет проводить высокоточную диагностику 116 типов неинфекционных заболеваний крупного рогатого скота. Предложенный подход значительно уменьшает проблему экспоненциального роста числа правил, эффективно обрабатывает нечеткие и неполные данные, а также повышает надежность и вычислительную эффективность диагностических решений.

Ключевые слова: интервальные нейрософические множества, иерархическая модель Сугено, интеллектуальная диагностика, ветеринарная экспертная система, крупный рогатый скот, неинфекционные заболевания, нечеткая логика, искусственный интеллект, модель вывода.

Abstract. Timely and accurate diagnosis of non-communicable diseases of cattle is one of the important scientific and practical problems in veterinary practice. The large number of diagnostic parameters, their complex interrelationships, and data ambiguity limit the effectiveness of traditional expert systems and classical Sugeno models. In this article, an interval neutrosophic hierarchical Sugeno inference model

(INHSM) is proposed to overcome this problem. The model is based on the integration of interval neutrosophic set theory, hierarchical Sugeno inference mechanism, and weighted aggregation operators on a single mathematical platform.

In the diagnosis, the signs are divided into six logical groups according to their biological and functional properties, processed in multi-stage local Sugeno models, and their results are combined through interval neutrosophic aggregation. As a result, a global inference model is formed based on 85 disease signs, which allows for high-precision diagnosis of 116 types of non-communicable diseases of cattle. The proposed approach significantly reduces the problem of exponential growth of the number of rules, effectively processes fuzzy and incomplete data, and increases the reliability and computational efficiency of diagnostic decisions.

Keywords: interval neutrosophic sets, hierarchical Sugeno model, intelligent diagnosis, veterinary expert system, cattle, non-communicable diseases, fuzzy logic, artificial intelligence, inference model.

1. KIRISH

Chorvachilik tarmog‘i dunyo oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlovchi strategik sohalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, qoramolchilik tarmog‘ining iqtisodiy samaradorligi hayvonlarning sog‘lomligi, mahsuldorligi va kasalliklarni erta aniqlash imkoniyatlariga bevosita bog‘liqdir. Yuqumli bo‘lmagan kasalliklar sut va go‘sht mahsuldorligining pasayishi, reproduktiv ko‘rsatkichlarning yomonlashuvi, davolash xarajatlarining ortishi hamda hayvonlarning majburiy brak qilinishiga olib keluvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli ushbu kasalliklarni erta bosqichlarda aniqlash veterinariya amaliyotining ustuvor yo‘nalishlaridan biridir.

So‘nggi yillarda veterinariya tashxislashasida sun‘iy intellekt, mashinali o‘qitish va ekspert tizimlariga asoslangan yondashuvlarga qiziqish ortib bormoqda. Decision Tree, Support Vector Machine, Random Forest, Artificial Neural Network va klassik noravshan inference tizimlari asosida turli tashxislash modellar ishlab chiqilgan. Biroq ushbu modellar ko‘pincha aniq va to‘liq ma‘lumotlar mavjud bo‘lganda yuqori natija beradi. Veterinariya amaliyotida esa tashxislashda

ma'lumotlar ko'pincha noravshan, to'liqsiz yoki o'zaro ziddiyatli bo'lib, bu holat klassik sun'iy intellekt algoritmlarining aniqligini pasaytiradi.

Takagi-Sugeno tipidagi noravshan xulosalash modeli murakkab obyektlarni modellashtirish va ekspert bilimlarini formal ko'rinishda ifodalash imkonini beruvchi samarali usullardan biri hisoblanadi. Mazkur modelning asosiy afzalligi uning matematik soddaligi, hisoblash tezligi va interpretatsiya qilish imkoniyatidir. Ammo kirish parametrlarining soni ortishi bilan qoidalar bazasining eksponensial ravishda o'sishi ushbu modelning katta o'lchamli tashxislash masalalarida qo'llanilishini sezilarli darajada cheklaydi. Ushbu muammo ayniqsa 85 ta tashxis belgilari va 116 ta kasallik turini o'z ichiga oluvchi veterinariya tashxislashasi uchun dolzarb hisoblanadi.

Mazkur cheklovni bartaraf etish uchun maqolada intervalli neytrosofik to'plamlar nazariyasi hamda iyerarxik Sugeno inferens mexanizmlarini birlashtiruvchi intervalli neytrosofik iyerarxik Sugeno xulosalash modeli (INHSM) taklif etiladi. Model kasallik belgisilarni biologik va funksional jihatdan guruhlariga ajratish, har bir guruh uchun lokal Sugeno modelini qurish hamda ularning natijalarini intervalli neytrosofik agregatsiya operatorlari orqali bosqichma-bosqich birlashtirish tamoyiliga asoslanadi. Natijada qoidalar bazasining murakkabligi sezilarli darajada kamayadi, hisoblash samaradorligi ortadi va noravshan ma'lumotlar bilan ishlash imkoniyati kengayadi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini tashxislash uchun intervalli neytrosofik iyerarxik Sugeno modelini ishlab chiqish, uning matematik modelini yaratish hamda veterinariya tashxislashasida qo'llash imkoniyatlarini asoslashdan iborat.

So'nggi yillarda sun'iy intellekt, noravshan mantiq va ekspert tizimlari asosida veterinariya tashxislashini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar soni ortib bormoqda. Ayniqsa, noravshanlik sharoitida qaror qabul qilish, ekspert bilimlarini formal modellashtirish va kasalliklarni erta aniqlash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar ushbu yo'nalishning rivojlanishiga katta hissa qo'shmoqda.

[1] da Illych Alvarez, Antonio S.E., Chong, Jorge Chamba, Ivy Peña, Ximena Quiñonez lar tomonidan olib borilgan tadqiqotda o'sma-immun tizimi o'zaro ta'sirini modellashtirish uchun Type-3 noravshan neyron modeli taklif etilgan. Mualliflar kechikish va xaotik dinamikalarni hisobga oluvchi qoidalarga asoslangan mantiqiy yondashuvni ishlab chiqib, modelning interpretatsiya qilinishini hamda qaror qabul qilish jarayonining shaffofligini ta'minlashga alohida e'tibor qaratganlar. Tadqiqotda yuqori darajadagi noravshanliklarni ifodalash uchun Type-3 noravshan to'plamlar va neyron tarmoqlar integratsiyasi qo'llanilib, biologik tizimlarning murakkab va chiziqli bo'lmagan xatti-harakatlarini samarali modellashtirish imkoniyati ko'rsatilgan. Natijalar ushbu yondashuvning murakkab dinamik tizimlarni tahlil qilishda yuqori aniqlik va barqarorlikka ega ekanligini tasdiqlagan.

Biroq mazkur tadqiqot tibbiyot sohasidagi o'sma-immun tizimi dinamikasiga qaratilgan bo'lib, veterinariya tashxislashasi, ko'p parametrlil kasalliklarni tashxislash yoki intervalli neyrosifik iyerarxik Sugeno inferens mexanizmlarini o'z ichiga olmaydi. Shuningdek, tadqiqotda kasallik belgisilarni iyerarxik guruhlariga ajratish, qoidalar sonining eksponensial ortishi muammosini kamaytirish hamda intervalli neyrosifik agregatsiya operatorlari asosida yakuniy tashxislash qaror qabul qilish masalalari ko'rib chiqilmagan. Shu sababli ushbu ish biologik tizimlarni noravshanlik sharoitida modellashtirish bo'yicha muhim ilmiy asos yaratgan bo'lsa-da, qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini intellektual tashxislash uchun taklif etilayotgan intervalli neyrosifik iyerarxik Sugeno xulosalash modeli (INHSM) dan metodologik jihatdan sezilarli farq qiladi.

[2] da E.F. Dubinin, V.I. Kuksova tomonidan olib borilgan tadqiqotda texnik tashxislasha tizimlarida noravshan mantiqning matematik modellari va usullari batafsil tahlil qilingan. Mualliflar Sugeno va Mamdani tipidagi noravshan xulosalash tizimlarining nazariy asoslarini hamda ularning texnik obyektlar tashxislashasidagi afzalliklarini ko'rsatganlar. Tadqiqot noravshan mantiqning tashxislasha tizimlaridagi samaradorligini asoslab bergan bo'lsa-da, biologik obyektlar uchun xos bo'lgan noravshanlik, qarama-qarshilik va to'liqsiz ma'lumotlarni ifodalash

masalalari yoritilmagan. Shuningdek, intervalli neytr sofik to'plamlar va iyerarxik inferens mexanizmlari ushbu ishda qo'llanilmagan.

[3] da esa, taqsimlangan axborot tizimlarida resurslardan samarali foydalanish va katta hajmdagi hisoblash jarayonlarini optimallashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqot olib borganlar. Ular tomonidan taklif etilgan taqsimlangan hisoblash yondashuvi katta hajmdagi tashxislash ma'lumotlarni parallel qayta ishlash uchun metodologik asos yaratadi. Biroq mazkur ish veterinariya ekspert tizimlari yoki noravshan xulosalash modellariga bag'ishlanmagan.

Veterinariya yo'nalishidagi fundamental ishlardan biri sifatida buzoqlarda uchraydigan yuqumli kasalliklarning klinik kechishi va ularga qarshi kurashish usullari batafsil [4] da o'rganilgan. Mazkur tadqiqot veterinariya tashxislashasida klinik belgilarni shakllantirish va differensial tashxis mezonlarini ishlab chiqishda muhim nazariy manba hisoblanadi. Ammo ushbu ishda sun'iy intellekt texnologiyalari yoki ekspert tizimlari asosida tashxislasha masalalari ko'rib chiqilmagan.

[5] adabiyotda ishlab chiqilgan Sugeno noravshan modeli qoramollar kasalliklarini tashxislash uchun bilimlar bazasiga asoslangan ekspert tizimini yaratishga bag'ishlangan. Mualliflar veterinariya ekspertlari bilimlarini IF-THEN qoidalari orqali formal ko'rinishga keltirib, Sugeno tipidagi inferens modelini taklif qilganlar. Ushbu tadqiqot veterinariya tashxislashasida Sugeno modelidan foydalanishning amaliy samaradorligini ko'rsatgan bo'lsa-da, model klassik noravshan mantiqqa asoslangan bo'lib, intervalli neytr sofik yondashuv, iyerarxik inferens va ko'p bosqichli agregatsiya mexanizmlarini o'z ichiga olmaydi.

[6] da ham zamonaviy axborot texnologiyalari asosida hayvonlar kasalliklarini erta tashxislash masalalari D.T. Muhamediyeva., L.U. Safarova., va N. Tukhtamurodovlar tomonidan ko'rib chiqqanlar. Tadqiqotda veterinariya tashxislashasini avtomatlashtirishning dolzarbligi va ekspert tizimlarini yaratish istiqbollari yoritilgan bo'lsa-da, ko'p parametrli inferens mexanizmi, intervalli neytr sofik matematik model hamda iyerarxik Sugeno arxitekturasini ishlab chiqilmagan.

[7] dagi Safarova L.U.ning “Formation of informative signs for predicting the disease of highly productive cows with non-communicable diseases“ ishida yuqori mahsuldor sigirlarda uchraydigan yuqumli bo‘lmagan kasalliklarni prognozlash uchun informativ kasallik belgisilarni shakllantirish bo‘yicha tadqiqot olib borilgan. Muallif tashxislash parametrlarning axborot qiymatini baholab, kasalliklarni prognozlashda eng muhim belgilarni aniqlagan. Ushbu natijalar intellektual tashxislash tizimlari uchun bilimlar bazasini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etsa-da, tadqiqotda noravshan inferens, neytrosofik mantiq yoki iyerarxik ekspert tizimlari ishlab chiqilmagan.

[8] da Primova H.A., Urokov Sh., Kudratov R.B. va Khaniev N.M.lar tomonidan veterinariya axborot oqimlarini xatolarni aniqlash algoritmi asosida boshqarish usuli taklif etilgan. Mualliflar veterinariya axborot tizimlarida ma’lumotlar oqimining ishonchliligini oshirish va tashxislash ma’lumotlarning yaxlitligini ta’minlash masalalarini tadqiq qilganlar. Ushbu ish veterinariya axborot tizimlarini takomillashtirish uchun muhim metodologik asos yaratadi, biroq unda kasalliklarni tashxislashga mo‘ljallangan intervalli neytrosofik inferens modeli yoki Sugeno tipidagi ekspert tizimi ishlab chiqilmagan.

Yuqoridagi ilmiy tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud ishlarda noravshan mantiq, Sugeno modeli, veterinariya ekspert tizimlari, tashxislash parametrlarni tanlash va axborot tizimlarini rivojlantirish masalalari alohida yo‘nalishlarda o‘rganilgan [2–8]. Biroq 85 ta kasallik belgisi va 116 ta yuqumli bo‘lmagan kasallikni qamrab oluvchi intervalli neytrosofik iyerarxik Sugeno modeli hozirgi kunga qadar ishlab chiqilmagan. Xususan, tashxislash parametrlarni biologik va funksional xususiyatlariga ko‘ra iyerarxik guruhlariga ajratish, lokal Sugeno modellarini intervalli neytrosofik inferens mexanizmi bilan integratsiyalash va ko‘p bosqichli agregatsiya operatorlari yordamida yakuniy qaror qabul qilishga asoslangan matematik model ilmiy adabiyotlarda yetarli darajada yoritilmagan. Shu sababli mazkur maqolada taklif etilayotgan intervalli neytrosofik iyerarxik Sugeno xulosalash modeli (INHSM) ushbu ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, veterinariya tashxislashasida noravshanlikni hisobga oluvchi, hisoblash

murakkabligini kamaytiruvchi va tashxislash aniqligini oshiruvchi yangi intellektual yondashuvni taklif etadi.

Zamonaviy veterinariya amaliyotida qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini tashxislash masalasi o'zining ko'p omilliligi, tashxislash belgilarning xilma-xilligi hamda ular orasidagi murakkab bog'liqliklar tufayli dolzarb ilmiy muammo bo'lib qolmoqda. An'anaviy tashxis qo'yish usullari ko'pincha veterinar shifokorning subyektiv tajribasiga tayanadi, bu esa tashxislash xatoliklar ehtimolini oshiradi va kasalliklarni erta bosqichda aniqlash imkoniyatlarini cheklaydi. So'nggi yillarda sun'iy intellekt va noravshanlik nazariyasi asosidagi matematik modellar tibbiy va veterinariya tashxislashasida tobora keng qo'llanilmoqda. Xususan neytrosifik to'plamlar va Sugeno noravshan xulosalash tamoyillariga asoslangan tashxislash tizimlar noravshan va to'liqsiz ma'lumotlarni samarali qayta ishlash imkoniyati tufayli alohida e'tiborga sazovordir.

Klassik Sugeno tipidagi noravshan xulosalash tizimi birinchi marta Takagi va Sugeno tomonidan 1985-yilda taklif qilingan bo'lib, u noravshan to'plamlar nazariyasiga asoslangan holda murakkab tizimlarni modellashtirish imkonini beradi. Mazkur tizimning asosiy matematik ifodasi quyidagi ko'rinishga ega: agar kirish o'zgaruvchilari $x_1, x_2, \dots, x_n$ uchun mos ravishda $A_1, A_2, \dots, A_n$ noravshan to'plamlarga tegishli bo'lsa, u holda tizim chiqishi $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ko'rinishidagi funksiya orqali aniqlanadi. Birinchi tartibli Sugeno modelida chiqish kirish o'zgaruvchilarning chiziqli funksiyasi sifatida:

$$y_i = p_{oi} + p_{1i}x_1 + p_{2i}x_2 + \dots + p_{ni}x_n \quad (1)$$

ko'rinishida beriladi, bu yerda p_{ji} ($j=0,1,\dots,n$, $j=0,1,\dots,n$) – i -qoidaning chiqish funksiyasi parametrlari bo'lib, ular tizimni o'qitish jarayonida aniqlanadi. Umumiy tizim chiqishi esa alohida qoidalar chiqishlarining o'rtacha og'irlangan qiymati sifatida hisoblanadi:

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^R \omega_i y_i}{\sum_{i=1}^R \omega_i} \quad (2)$$

bu yerda ω_i – i -qoidaning faollashuv darajasi bo‘lib, u kirish o‘zgaruvchilarning tegishli noravshan to‘plamlarga tegishlilik darajalarining minimum yoki produkt operatsiyasi orqali aniqlanadi.

Klassik Sugeno modeli nisbatan sodda va hisoblash jihatidan samarali bo‘lishiga qaramay, tashxislash parametrlar soni ortgan sari uning qo‘llanilishi jiddiy cheklovlariga duch keladi. Qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini tashxislashda 85 ta tashxislash belgi va 116 ta kasallik turi mavjud bo‘lib, bunday ko‘p o‘lchovli muammoda qoidalar sonining portlash muammosi (Rule Explosion Problem) yuzaga keladi. Agar har bir kirish o‘zgaruvchisi uchun o‘rtacha m ta noravshan to‘plam aniqlansa, to‘liq qoidalar tizimidagi qoidalar soni m^n ga teng bo‘ladi, bu yerda n – kirish o‘zgaruvchilari soni. 85 ta kirish parametri va har biri uchun atigi 3 ta noravshan to‘plam qo‘llanilganda ham qoidalar soni 3^{85} ga yetadi, bu astronomik darajadagi qiymat bo‘lib, zamonaviy hisoblash texnikalari uchun ham amalga oshirib bo‘lmaydigan murakkablikni anglatadi. Qoidalar sonining bunday keskin ortishi nafaqat xotira va vaqt resurslariga bo‘lgan talablarni oshiradi, balki tizimni o‘qitish imkoniyatini ham deyarli yo‘q qiladi, chunki har bir qoida uchun yetarli miqdordagi o‘quv ma’lumotlarini to‘plash amalda mumkin emas.

Veterinariya tashxislashi o‘zining o‘ziga xos xususiyatlari bilan ajralib turadi, bu esa an’anaviy Sugeno modelini qo‘llashni yanada murakkablashtiradi. Birinchidan, veterinariya tashxislashida ko‘plab belgilar tabiatan noravshan va subyektiv xarakterga ega bo‘lib, ularni aniq raqamli qiymatlar bilan ifodalash qiyin. Ikkinchidan, tashxislash belgilar orasida o‘zaro bog‘liqliklar va iyerarxik munosabatlar mavjud bo‘lib, masalan, biokimyoviy ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi ko‘pincha klinik belgilarning paydo bo‘lishidan oldin ro‘y beradi. Uchinchidan, turli kasalliklar o‘xshash klinik belgilarga ega bo‘lishi mumkin, bu esa differensial tashxislashni talab qiladi. To‘rtinchidan, veterinariya amaliyotida ma’lumotlarning to‘liq emasligi, ishonchsizligi va vaqt oralig‘ida o‘zgaruvchanligi kabi muammolar tez-tez uchrab turadi.

Aynan shu sabablarga ko‘ra, qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini intellektual tashxislashda iyerarxik yondashuvni qo‘llash zarurati tug‘iladi. Iyerarxik Sugeno modeli - bu murakkab tizimni kichikroq, o‘zaro bog‘liq bo‘lgan pastki tizimlarga bo‘lish orqali qoidalar sonining portlash muammosini hal qiluvchi usuldir. Iyerarxik tuzilmada kirish o‘zgaruvchilari bir necha darajalarga ajratiladi, bunda har bir darajadagi tizim faqat o‘ziga tegishli kirish parametrlari bilan ishlaydi va natijasini keyingi darajaga uzatadi. Bu yondashuv qoidalar sonini keskin kamaytirish imkonini beradi: agar n ta kirish o‘zgaruvchisi k ta guruhga bo‘linsa va har bir guruhda o‘rtacha m ta noravshan to‘plam ishlatilsa, umumiy qoidalar soni $k \times m^{n/k}$ ga teng bo‘ladi, bu m^n ga nisbatan ancha kichik qiymatdir.

Intervalli neytr sofik to‘plamlar nazariyasi bilan integratsiya iyerarxik Sugeno modelining noravshanlikni ifodalash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Neytr sofik to‘plamlar haqiqat, yolg‘on va noravshanlik komponentlarini alohida ko‘rib chiqish orqali klassik noravshan to‘plamlarning cheklovlarini yengib o‘tadi. Intervalli neytr sofik to‘plamlarda har bir element uchun haqiqatga tegishlilik darajasi $T(x)$, yolg‘onga tegishlilik darajasi $I(x)$ va noravshanlik darajasi $F(x)$ intervallar ko‘rinishida ifodalanadi, ya‘ni $T(x) \subseteq [0,1]$, $I(x) \subseteq [0,1]$, $F(x) \subseteq [0,1]$ va $\sup T(x) + \sup I(x) + \sup F(x) \leq 3$ sharti bajariladi. Bu uch komponentli struktura tashxislash belgilarning noravshanligini yanada to‘liq va aniq ifodalash imkonini beradi.

Taklif qilinayotgan intervalli neytr sofik iyerarxik Sugeno modeli (INHSM) quyidagi muhim afzalliklarga ega. Birinchidan, model 85 ta tashxislash belgini mantiqiy va biologik jihatdan asoslangan guruhlariga ajratish orqali qoidalar sonining portlash muammosini samarali hal qiladi. Ikkinchidan, intervalli neytr sofik tegishlilik funksiyalari yordamida tashxislash belgilarning noravshanligi, to‘liqsizligi va ishonchsizligi kabi omillar kompleks ravishda hisobga olinadi. Uchinchidan, iyerarxik tuzilma tashxislash jarayonning bosqichma-bosqich mantiqiga mos keladi va har bir darajadagi xulosalar mustaqil ravishda tahlil qilinishi mumkin. To‘rtinchidan, Sugeno tipidagi chiqish funksiyalari tizimga moslashuvchanlik va

yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Beshinchidan, modelning ochiq arxitekturasini tashxislash belgilar sonining o'zgarishiga moslashish va yangi bilimlarni qo'shish imkoniyatini beradi.

II. MATERIALLAR VA METODLAR

2.1. Tashxislash parametrlarni iyerarxik guruhlariga ajratish.

Qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini intellektual tashxislash tizimini qurishning muhim bosqichlaridan biri 85 ta tashxislash belgini ilmiy asoslangan holda iyerarxik guruhlariga ajratishdir. Ushbu guruhlash jarayoni nafaqat hisoblash samaradorligini oshirish, balki biologik va veterinariya nuqtai nazaridan mantiqiy asoslangan tashxislash strategiyasini ishlab chiqish uchun ham zarurdir. Tashxislash belgilarni guruhlashda ularning funksional xususiyatlari, organizmdagi roli, o'lchash usullari va kasalliklar bilan bog'liqligi kabi omillar inobatga olinadi.

Tadqiqot davomida 85 ta tashxislash belgi oltita asosiy guruhga ajratildi. Birinchi guruh - klinik belgilar (23 ta parametr) qoramol organizmining tashqi ko'rinishi, xulq-atvori va umumiy holatini aks ettiruvchi parametrlarni o'z ichiga oladi. Bu guruhga tana harorati, nafas olish chastotasi, yurak urish chastotasi, umumiy holat, ishtaha holati, suv iste'moli, sut mahsuldorligi, tana vazni va tana konditsiyasi indeksi, shilliq pardalar rangi, teri va jun qoplami holati, limfa tugunlari holati, oqsoqlanish, nafas olish tipi, yo'tal, burun oqishi, ko'zdan oqishi, tishlar holati, tuyoqlar holati, shish va o'smalar, teri kasalliklari belgilari, mushaklar tonusi va umumiy xulq-atvor o'zgarishlari kabi belgilar kiradi. Klinik belgilar veterinariya tashxislashasining birinchi va asosiy bosqichi hisoblanadi, chunki ular hayvonning umumiy sog'liq holati haqida dastlabki ma'lumot beradi va keyingi tekshiruvlar yo'nalishini belgilaydi.

Ikkinchi guruh - gematologik ko'rsatkichlar (14 ta parametr) qonning hujayraviy tarkibi va uning funksional xususiyatlarini aks ettiruvchi parametrlarni birlashtiradi. Ushbu guruhga eritrotsitlar soni (RBC), gemoglobin kontsentratsiyasi (Hb), gematokrit (Ht), eritrotsitlarning o'rtacha hajmi (MCV), eritrotsitlardagi o'rtacha gemoglobin miqdori (MCH), eritrotsitlardagi o'rtacha gemoglobin kontsentratsiyasi (MCHC), trombositlar soni (PLT), leykotsitlar soni (WBC) va

leykotsitlar formulasi (neytrofillar, limfotsitlar, monotsitlar, eozinofillar, bazofillarning foiz nisbati), retikulotsitlar soni, qon zardobidagi temir kontsentratsiyasi, qonning ivish vaqti, qon ketish vaqti, eritrotsitlar cho‘kish tezligi va qon guruhi kabi ko‘rsatkichlar kiradi. Gematologik ko‘rsatkichlar qoramol organizmidagi patologik jarayonlarga nisbatan sezgir bo‘lib, ularning o‘zgarishi ko‘plab yuqumli bo‘lmagan kasalliklarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

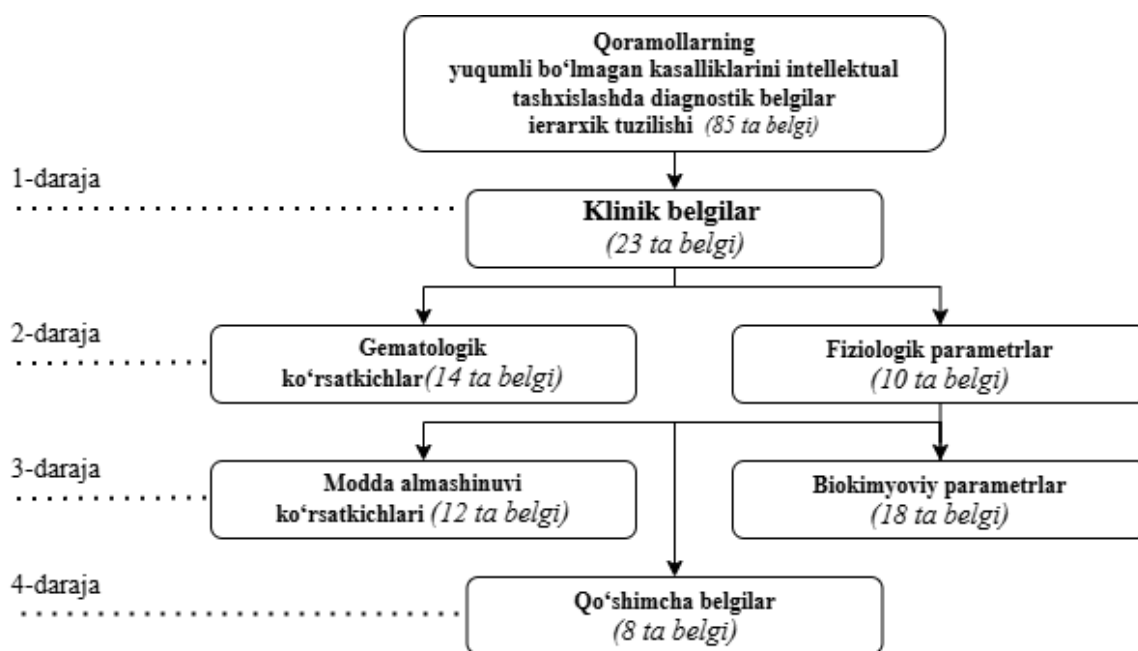
Uchinchi guruh - biokimyoviy parametrlar (18 ta parametr) qon zardobidagi turli organik va noorganik moddalarning kontsentratsiyasini aks ettiruvchi ko‘rsatkichlarni o‘z ichiga oladi. Bu guruhga umumiy oqsil, albumin, globulin, albumin-globulin nisbati, mochevina, kreatinin, bilirubin (umumiy, to‘g‘ridan-to‘g‘ri, to‘g‘ridan-to‘g‘ri bo‘lmagan), glyukoza, xolesterin, triglitseridlar, aminotransferazalar (AST, ALT), gammaglutamiltransferaza (GGT), laktatdehidrogenaza (LDH), kreatinfosfokinaza (CPK), amilaza, lipaza, kaltsiy, fosfor, magniy, kaliy, natriy, xlor va temir kabi ko‘rsatkichlar kiradi. Biokimyoviy parametrlar organizmdagi modda almashinuvi jarayonlarining holatini, jigar, buyrak, yurak-qon tomir tizimi va boshqa organlarning funksional faoliyatini baholashda muhim rol o‘ynaydi.

To‘rtinchi guruh - modda almashinuvi ko‘rsatkichlari (12 ta parametr) organizmdagi energetik, plastik va boshqa almashinuv jarayonlarini tavsiflovchi maxsus parametrlarni birlashtiradi. Bu guruhga keton tanachalari (atsetasetat, beta-gidroksibutirat), erkin yog‘ kislotalari, glyukoneogenez indeksleri, insulin, glukagon, kortizol, tiroksin (T4), triyodtironin (T3), testosteron, progesteron, estrogenlar, somatotropin, gipofiz gonadotropinlari, o‘shish omillari, leptin, adiponektin, sitokinlar, prostaglandinlar va boshqa gormonlar va biologik faol moddalar kiradi. Modda almashinuvi ko‘rsatkichlari qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklari, xususan, ketoz, steatoz, diabet, obezite, gipokalsemiya, gipomagnezemiya va boshqa metabolik kasalliklarni tashxislashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Beshinchi guruh - fiziologik parametrlar (10 ta parametr) qoramol organizmining funksional holatini tavsiflovchi va turli organlar va tizimlar faoliyatini aks ettiruvchi ko‘rsatkichlarni o‘z ichiga oladi. Bu guruhga arterial bosim, venoz

bosim, puls to‘lqin tezligi, elektrokardiogramma ko‘rsatkichlari, nafas olish hajmi, o‘pkaning hayotiy sig‘imi, oshqozon-ichak trakti peristaltikasi, ovqat hazm qilish jarayonlari, siydik ajratish chastotasi va hajmi, sut bezlari holati va funksiyasi, reproduktiv tizim holati, teri va shilliq pardalar elastikligi, ko‘rish va eshitish organlari holati kabi funksional ko‘rsatkichlar kiradi.

Oltinchi guruh - qo‘shimcha belgilar (8 ta parametr) boshqa guruhlariga kirmaydigan, ammo tashxislash ahamiyatga ega bo‘lgan maxsus parametrlarni o‘z ichiga oladi. Bu guruhga naslchilik ma’lumotlari, yoshi, jinsi, semizlik darajasi, mahsuldorlik ko‘rsatkichlari, immunologik ko‘rsatkichlar, genetik markerlar, kasallik tarixi, mavsumiy omillar, parhez va ovqatlanish xususiyatlari, saqlash sharoitlari, ekologik omillar, stress darajasi va boshqa belgilar kiradi.



3.3.1-rasm. Tashxislash belgilarining iyerarxik tuzulishi (85 ta belgi).

Tashxislash belgilarning guruhlariga ajratilishi nafaqat biologik va funksional asosga, balki matematik modellashdirish talablariga ham javob berishi kerak. Har bir guruh ichidagi parametrlar soni Sugeno modelining qoidalar soni portlash muammosini oldini olish uchun yetarli darajada kichik, lekin tizimning tashxislash qobiliyatini ta'minlash uchun yetarli darajada katta bo'lishi lozim. Tadqiqot davomida o'tkazilgan optimallashtirish hisob-kitoblari shuni ko'rsatdiki, har bir guruhdagi parametrlar sonining optimal qiymati 8-18 oralig'ida bo'lishi kerak. Shu

bilan birga, guruhlararo mantiqiy bog‘liqlik va tashxislash jarayonning ketma-ketligi ham hisobga olingan: klinik belgilar birinchi darajada tahlil qilinadi, so‘ngra gematologik, biokimyoviy va modda almashinuvi ko‘rsatkichlari, keyin fiziologik parametrlar va nihoyat qo‘shimcha belgilar.

3.3.1-rasmda tashxislash belgilarning iyerarxik tuzilishi daraxtsimon ko‘rinishda tasvirlangan bo‘lib, unda har bir guruh va uning tarkibidagi parametrlar aniq ko‘rsatilgan. Birinchi darajada klinik belgilar (23 ta parametr) joylashgan bo‘lib, ular qoramol organizmining umumiy holati haqida asosiy ma’lumot beradi. Ikkinchi darajada gematologik ko‘rsatkichlar (14 ta parametr) va biokimyoviy parametrlar (18 ta parametr) parallel ravishda joylashgan. Uchinchi darajada modda almashinuvi ko‘rsatkichlari (12 ta parametr) va fiziologik parametrlar (10 ta parametr) joylashgan. To‘rtinchi darajada qo‘shimcha belgilar (8 ta parametr) joylashgan bo‘lib, ular tashxisni yakunlash va differensial tashxislashani amalga oshirish uchun qo‘shimcha ma’lumot beradi.

3.3.1-jadval. Kasallik belgisilarning guruhlarga bo‘linishi va ularning tavsifi.

Guruh raqami	Tashxislash belgilar guruhi	Parametrlar soni (ta)	Qisqacha tavsif
1.	Klinik belgilar	23	Hayvonning umumiy holati, xatti-harakatlari, ishtaha, tana harorati, nafas olish, yurak urishi, shilliq qavatlar holati, teri va jun holati, najas va siyish xususiyatlari, sut mahsuldorligi, yelin holati va boshqa tashqi klinik alomatlar.
2.	Gematologik ko‘rsatkichlar	14	Qonning morfologik tarkibi va sifat ko‘rsatkichlari, shu jumladan eritrotsitlar, leykotsitlar, trombotsitlar, gemoglobin, leykotsitar formula va boshqa gematologik parametrlar.
3.	Biokimyoviy parametrlar	18	Qon zardobidagi biokimyoviy moddalar miqdori, jumladan jigar fermentlari, oqsil fraksiyalari, lipidlar, elektrolitlar, mochevina, kreatinin, glyukoza, bilirubin va boshqalar.
4.	Modda almashinuvi ko‘rsatkichlari	12	Energiya almashinuvi, uglevod, yog‘, oqsil va mineral moddalar almashinuvi bilan bog‘liq ko‘rsatkichlar, keton tanachalari, NEFA, insulin, kortizol, Ca, P va boshqalar.

5.	Fiziologik parametrlar	10	Hayvon organizmining fiziologik funksiyalarini aks ettiruvchi parametrlar: puls, nafas olish chastotasi, qizilo'ngach harorati, rumen motorikasi, suv iste'moli va boshqa parametrlar.
6.	Qo'shimcha belgilar	8	Tashxislash jarayonni to'ldiruvchi qo'shimcha ma'lumotlar (genetik omillar, anamnez ma'lumotlari, ultratovush va rentgen tekshiruvlari natijalari, siydik va najas tahlillari va boshqa qo'shimcha belgilar).
JAMI:		85	Yuqumli bo'lmagan kasalliklarni intellektual tashxislashda foydalaniladigan jami tashxislash belgilar soni.

3.3.1-jadvalda tashxislash belgilarning guruhlariga bo'linishi, har bir guruhdagi parametrlar soni va ularning qisqacha tavsifi keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, har bir guruh o'ziga xos tashxislash ahamiyatga ega bo'lib, ularning kombinatsiyasi yuqumli bo'lmagan kasalliklarni differensial tashxislash imkoniyatini kengaytiradi. Masalan, klinik belgilarning o'zgarishi bilan birga biokimyoviy parametrlardagi va modda almashinuvi ko'rsatkichlaridagi o'zgarishlar birgalikda jigar kasalliklari, ketoz, steatoz kabi patologiyalarni aniqlash imkonini beradi.

2.2. Birinchi darajali lokal Sugeno modellarini qurish.

Iyerarxik tuzilmaning har bir darajasida lokal Sugeno modellarini qurish qoramollarning yuqumli bo'lmagan kasalliklarini intellektual tashxislash tizimining asosiy matematik mexanizmini tashkil etadi. Ushbu lokal modellar har bir tashxislash belgilar guruhi uchun mustaqil ravishda ishlab chiqiladi va ularning natijalari keyingi darajalarda agregatsiyalanadi. Birinchi darajali lokal Sugeno modellari o'zining soddaligi, hisoblash samaradorligi va interpretatsiyalanish qobiliyati tufayli tanlangan bo'lib, ular har bir guruhdagi tashxislash belgilarni kirish parametrlari sifatida qabul qilib, chiqish sifatida ushbu guruhga tegishli kasalliklar yoki sindromlar haqidagi xulosalarni ishlab chiqaradi.

Lokal Sugeno modelining matematik asosini quyidagi struktura tashkil etadi. Faraz qilaylik, ma'lum bir guruh G_j uchun n_j ta kirish o'zgaruvchilari mavjud bo'lsin, ularni $x_1, x_2, \dots, x_{n_j}$ deb belgilaymiz. Har bir kirish o'zgaruvchisi uchun m_{jk} ta noravshan to'plamlar aniqlanadi, ular $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{km_{jk}}$ ko'rinishida ifodalanadi. Lokal

model R ta $IF-THEN$ qoidalaridan tashkil topadi, har bir qoida quyidagi umumiy ko‘rinishga ega:

$$IF \ x_1 = A_{1i} \ AND \ x_2 = A_{2i} \ AND \ ... \ AND \ x_n = A_{ni} \ THEN$$

$$y_i = p_{oi} + p_{1i}x_1 + p_{2i}x_2 + ... + p_{ni}x_n$$

bu yerda, $i=1,2,..., R$ – qoida indeksi, A_{ki} – k -kirish o‘zgaruvchisining i -qoidaga tegishli noravshan to‘plami, $p_{oi}, p_{1i}, ..., p_{ni}$ – i -qoidaning chiqish funksiyasi parametrlari, y_i – i -qoida bo‘yicha hisoblangan chiqish qiymati.

Intervalli neytrosifik tegishlilik funksiyasining matematik ifodasi turli shakllarda berilishi mumkin. Eng ko‘p qo‘llaniladigan shakllardan biri – bu intervalli Gauss tipidagi tegishlilik funksiyasi:

$$T_L(x) = \exp\left(-\frac{(x-c_T)^2}{2\sigma_{TL}^2}\right), \quad T_U(x) = \exp\left(-\frac{(x-c_T)^2}{2\sigma_{TU}^2}\right)$$

$$I_L(x) = 1 - \exp\left(-\frac{(x-c_I)^2}{2\sigma_{IL}^2}\right), \quad I_U(x) = 1 - \exp\left(-\frac{(x-c_I)^2}{2\sigma_{IU}^2}\right)$$

$$F_L(x) = \exp\left(-\frac{(x-c_F)^2}{2\sigma_{FL}^2}\right) * (1 - \exp\left(-\frac{(x-c_F)^2}{2\sigma_{FU}^2}\right))$$

$$F_U(x) = \exp\left(-\frac{(x-c_F)^2}{2\sigma_{FU}^2}\right) * (1 - \exp\left(-\frac{(x-c_F)^2}{2\sigma_{FL}^2}\right))$$

bu yerda, c_T, c_I, c_F – tegishlilik funksiyalarining markazlari, $\sigma_{TL}, \sigma_{TU}, \sigma_{IL}, \sigma_{IU}, \sigma_{FL}, \sigma_{FU}$ – tegishlilik funksiyalarining kengliklari. Ushbu ifodalarda $T(x)$ haqiqatga tegishlilik darajasini, $I(x)$ – yolg‘onga tegishlilik darajasini, $F(x)$ esa noravshanlik darajasini ifodalaydi.

Har bir qoidaning faollashuv darajasi intervalli neytrosifik muhitda ham interval ko‘rinishida ifodalanadi:

$$\omega_i = [\omega_{Li}, \omega_{Ui}] = [\min_j (T_{Lji}(x_j)), \min_j (T_{Uji}(x_j))]$$

yoki

$$\omega_i = [\omega_{Li}, \omega_{Ui}] = [\prod_j T_{Lji}(x_j), \prod_j T_{Uji}(x_j)]$$

bu yerda, ω_{Li} va ω_{Ui} – i -qoidaning faollashuv darajasining quyi va yuqori chegaralari. Lokal modelning chiqishi barcha qoidalar bo'yicha hisoblangan qiymatlarning o'rtacha og'irlangan yig'indisi sifatida interval ko'rinishida ifodalanadi:

$$Y_L = \frac{\sum_i \omega_{Li} \cdot y_{iL}}{\sum_i \omega_{Li}}, \quad Y_U = \frac{\sum_i \omega_{Ui} \cdot y_{iU}}{\sum_i \omega_{Ui}}$$

bu yerda, $y_{iL} = p_{oi} + \sum_j p_{ji} x_{jL}$, $y_{iU} = p_{oi} + \sum_j p_{ji} x_{jU}$ i -qoidaning chiqish funksiyasining quyi va yuqori chegaralari.

Lokal Sugeno modellarining qoidalarini shakllantirishda veterinariya sohasidagi ekspert bilimlari va statistik ma'lumotlar birlashtiriladi. Har bir guruh uchun qoidalar soni guruhdagi parametrlar soni va ularning o'zaro ta'sirining murakkabligiga bog'liq holda belgilanadi. Tadqiqot davomida har bir lokal model uchun optimal qoidalar soni eksperimental ravishda aniqlanib, ular 5-15 oralig'ida bo'lishi belgilandi. Lokal modellarning chiqish funksiyalari parametrlarini aniqlash uchun eng kichik kvadratlar usuli yoki gradientli tushish kabi optimallashtirish algoritmlari qo'llaniladi.

Lokal Sugeno modellarini qurishda yana bir muhim jihat shundaki ularning ishonchliligi va barqarorligini ta'minlashdir. Chunki veterinariya tashxislashasida ma'lumotlar ko'pincha to'liq emas, shovqinli va nomuvofiq bo'lishi mumkin, lokal modellar bu turdagi noravshanliklarga nisbatan mustahkam bo'lishi kerak. Intervalli neyrososofik yondashuv bu borada muhim afzalliklarga ega, chunki u nafaqat kirish ma'lumotlaridagi noravshanlikni, balki model strukturasidagi noravshanlikni ham hisobga olish imkonini beradi.

3.3.2-jadval. Tashxislash belgilar guruhi uchun qurilgan lokal Sugeno modellarining asosiy xarakteristikalar.

Model raqami	Tashxislash belgilar guruhi	Kirish parametrlari soni	Noravshan to'plamlar soni	Sugeno qoidalari soni	Chiqish parametrlari soni	Model murakkabligi
LSM ₁	Klinik belgilar	23	5	185	1	Juda yuqori
LSM ₂	Gematologik ko'rsatkichlar	14	5	112	1	Yuqori

LSM₃	Biokimyoviy parametrlar	18	5	145	1	Yuqori
LSM₄	Modda almashinuvi ko'rsatkichlari	12	5	96	1	O'rtacha
LSM₅	Fiziologik parametrlar	10	5	80	1	O'rtacha
LSM₆	Qo'shimcha belgilar	8	5	64	1	Past
Jami:	Intervalli neytr sofik iyerarxik Sugeno modeli	85	5	682	6 ta lokal + 1 ta global model	Iyerarxik

3.3.2-jadvalda har bir tashxislash belgilar guruhi uchun qurilgan lokal Sugeno modellarining asosiy xarakteristikalar kirish parametrlari soni, noravshan to'plamlar soni, qoidalar soni va chiqish parametrlari soni keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, turli guruhlar uchun lokal modellarning murakkabligi ularning tashxislash ahamiyati va parametrlar soniga bog'liq holda farq qiladi. Masalan, klinik belgilar guruhi uchun model eng murakkab hisoblanadi, chunki unda ko'p sonli subyektiv parametrlar mavjud; modda almashinuvi ko'rsatkichlari guruhi uchun esa model nisbatan sodda, chunki bu parametrlar o'zaro chambarchas bog'liq va ularning o'zgarishlari aniq matematik qonuniyatlarga bo'ysunadi.

2.3. Intervalli neytr sofik inferens va iyerarxik agregatsiya mexanizmi.

Intervalli neytr sofik inferens mexanizmi INHSM modelining markaziy komponenti bo'lib, u lokal Sugeno modellarining chiqishlarini birlashtirib, yuqori darajadagi xulosalarni ishlab chiqarishga xizmat qiladi. Ushbu mexanizm neytr sofik mantiq asosida noravshan, to'liqsiz va ziddiyatli ma'lumotlarni qayta ishlash imkonini beradi hamda iyerarxik tuzilmaning turli darajalari o'rtasida ma'lumot almashinuvini amalga oshiradi.

Intervalli neytr sofik inferensning asosiy g'oyasi shundan iboratki, har bir lokal modelning chiqishi uchta mustaqil komponent – haqiqat, yolg'on va noravshanlik darajalari orqali ifodalanadi va bu komponentlar iyerarxik darajalar bo'yicha maxsus agregatsiya operatorlari yordamida birlashtiriladi. Faraz qilaylik, iyerarxik tizimning L darajasi mavjud bo'lib, har bir darajadagi lokal modellar

soni $k_l (l=1, 2, \dots, L)$ bo'lsin. l -darajadagi j -lokal modelning chiqishi uch komponentli interval ko'rinishida beriladi:

$$Y_{lj} = T_{lj}, I_{lj}, F_{lj}$$

bunda $T_{lj} = [T_{ljL}, T_{ljU}]$ – haqiqatga tegishlilik darajasi, $I_{lj} = [I_{ljL}, I_{ljU}]$ – yolg'onga tegishlilik darajasi, $F_{lj} = [F_{ljL}, F_{ljU}]$ – noravshanlik darajasi.

Agregatsiya operatori quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$T_{agg_l} = \phi_T(T_{l1}, T_{l2}, \dots, T_{lk_l})$$

$$I_{agg_l} = \phi_I(I_{l1}, I_{l2}, \dots, I_{lk_l})$$

$$F_{agg_l} = \phi_F(F_{l1}, F_{l2}, \dots, F_{lk_l})$$

bu yerda, ϕ_T , ϕ_I , ϕ_F – tegishli komponentlar uchun agregatsiya funksiyalari bo'lib, ular turli matematik shakllarda ifodalanishi mumkin.

O'rtacha og'irlikdagi agregatsiya operatori quyidagi ko'rinishga ega:

$$\phi_T(T_{l1}, T_{l2}, \dots, T_{lk}) = \left[\frac{\sum_j \omega_{ljT} \cdot T_{ljL}}{\sum_j \omega_{ljT}}, \frac{\sum_j \omega_{ljT} \cdot T_{ljU}}{\sum_j \omega_{ljT}} \right]$$

bu yerda ω_{ljT} j -lokal modelning T komponenti uchun og'irlik koeffitsienti bo'lib, u ushbu modelning tashxislash ahamiyati va ishonchliligini aks ettiradi va $\sum_j \omega_{ljT} = 1$ shartini qanoatlantiradi.

Eksponensial agregatsiya operatori quyidagi ko'rinishga ega:

$$\phi_T(T_{l1}, T_{l2}, \dots, T_{lk}) = \left[1 - \prod_j (1 - T_{ljL})^{\omega_{ljT}}, 1 - \prod_j (1 - T_{ljU})^{\omega_{ljT}} \right]$$

Ushbu operator multiplikativ xususiyatga ega bo'lib, u bir-birini to'ldiruvchi ma'lumotlarni birlashtirishda samarali hisoblanadi.

Iyerarxik agregatsiya jarayonida yana bir muhim masala – turli darajalardagi lokal modellarning natijalarini muvozanatlash va ular orasidagi ustuvorliklarni aniqlashdir. Tashxislash jarayonda ba'zi belgilar yoki belgilar guruhlari boshqalarga nisbatan ko'proq tashxislash ahamiyatga ega bo'lishi mumkin. Ushbu ustuvorliklarni hisobga olish uchun har bir daraja va har bir lokal model uchun maxsus og'irlik

koeffitsientlari aniqlanadi. Og'irlik koeffitsientlarini aniqlashda AHP (Analytic Hierarchy Process) yoki TOPSIS kabi ko'p mezonli qaror qabul qilish usullari qo'llanilishi mumkin.

Intervalli neytrosofik inferens jarayonining umumiy algoritmini quyidagi bosqichlar ko'rinishida ifodalash mumkin:

1-bosqich: Boshlang'ich darajadagi ($l=1$) lokal modellarning kirish parametrlarini intervalli neytrosofik shaklga o'tkazish va ularning tegishlilik darajalarini hisoblash.

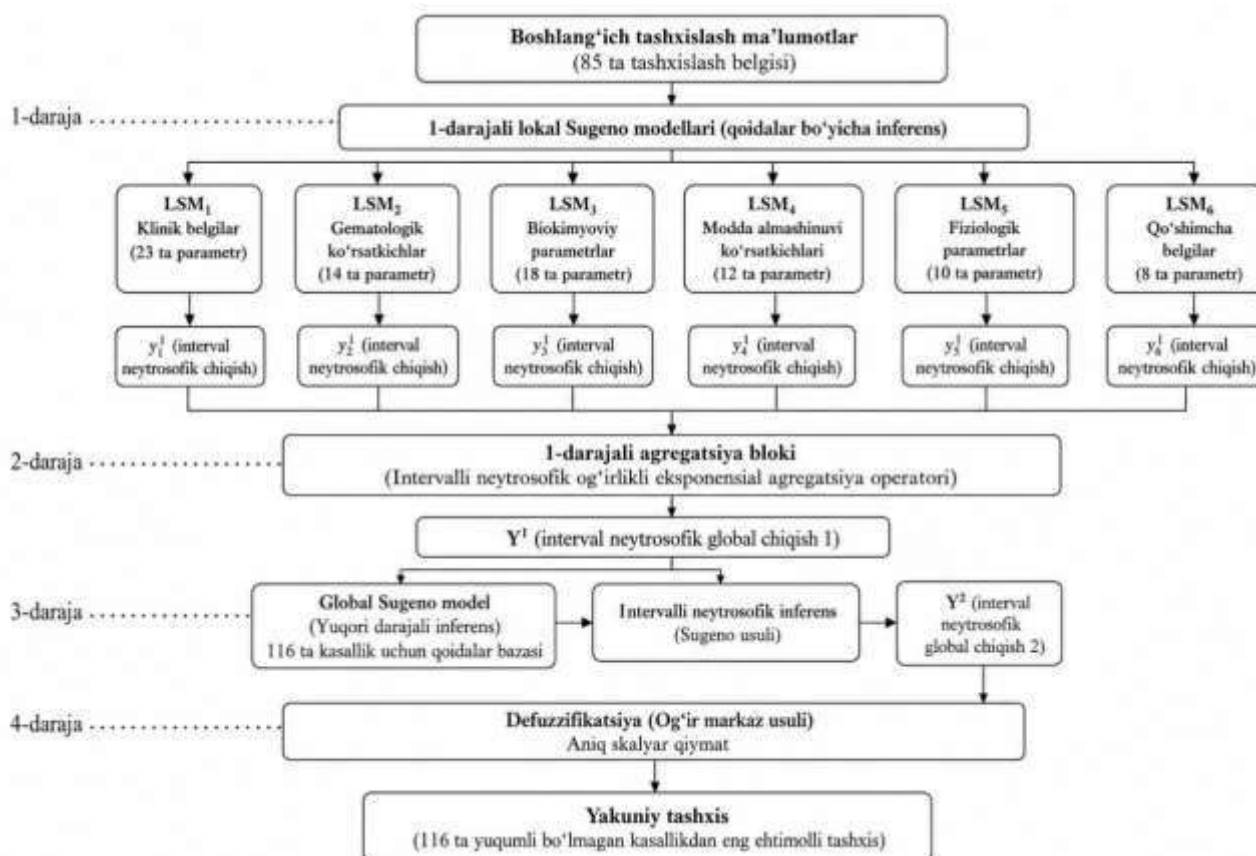
2-bosqich: Har bir lokal model uchun Sugeno qoidalarining faollashuv darajalarini va chiqish qiymatlarini hisoblash.

3-bosqich: Har bir lokal modelning chiqishini uch komponentli interval ko'rinishida (T, I, F) shakllantirish.

4-bosqich: Tanlangan agregatsiya operatori yordamida l -darajadagi barcha lokal modellarning natijalarini birlashtirib, $l+1$ -darajaga uzatiladigan umumiy chiqishni hisoblash.

5-bosqich: Agar $l < L$ bo'lsa, $l=l+1$ deb o'rnatib, 2-4 bosqichlarni takrorlash.

6-bosqich: Yakuniy darajada ($l=L$) hisoblangan umumiy chiqish asosida 116 ta kasallik turi bo'yicha qaror qabul qilish.



3.3.3-rasm. Intervalli neytr sofik inferens jarayonining blok-sxemasi.

3.3.3-rasmda ko‘rinib turibdiki, har bir darajadagi lokal modellarning chiqishlari agregatsiya blokiga uzatiladi va u yerda birlashtirilib, keyingi daraja uchun kirish ma’lumotlari shakllantiriladi.

2.4. Iyerarxik Sugeno modeli va algoritmi.

Taklif qilinayotgan intervalli neytr sofik iyerarxik Sugeno modeli (INHSM) yuqoridagi bo‘limlarda batafsil bayon qilingan lokal modellar, intervalli neytr sofik inferens va iyerarxik agregatsiya mexanizmlarini birlashtirib, qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini tashxislashning yaxlit matematik tizimini tashkil etadi. Ushbu umumiy model o‘zining original matematik strukturasiga ega bo‘lib, u 85 ta tashxislash belgini qabul qilib, 116 ta kasallik turi bo‘yicha interval ko‘rinishidagi xulosalarni ishlab chiqaradi.

INHSM ning kirish transformatsiyasi bosqichida 85 ta tashxislash belgi intervalli neytr sofik shaklga o‘tkaziladi. Bu jarayon uchun quyidagi transformatsiya funksiyasi ishlab chiqilgan:

$$\Gamma: X \rightarrow X_{IN}$$

bu yerda, $X = (x_1, x_2, \dots, x_{85})$ – tashxislash belgilarning haqiqiy qiymatlari vektori, $X_{IN} = (x_{1IN}, x_{2IN}, \dots, x_{85IN})$ – intervalli neytrosifik shakldagi kirish vektori. Har bir x_j kirish belgisi uchun transformatsiya quyidagi ko‘rinishda amalga oshiriladi:

$$x_{jIN} = (T_j(x_j), I_j(x_j), F_j(x_j))$$

Transformatsiyadan so‘ng, intervalli neytrosifik kirish ma’lumotlari iyerarxik Sugeno tarmog‘iga uzatiladi. Tarmoq L darajadan iborat bo‘lib, har bir darajada ma’lum miqdordagi lokal Sugeno modellari joylashgan. Tarmoqning matematik ifodasi quyidagi rekursiv ko‘rinishga ega:

$$Y_l = F_l(Y_{l-1}, X_{IN_l})$$

bu yerda Y_l – l -darajadagi chiqishlar vektori, Y_{l-1} – $(l-1)$ -darajadagi chiqishlar vektori ($l=1$ uchun $Y_0 = \emptyset$), X_{IN_l} – l -darajaga tushadigan kirish parametrlari vektori, F_l – l -darajadagi lokal modellar va agregatsiya operatorlarining umumiy funksiyasi.

Har bir darajadagi lokal modelning chiqishi quyidagi ko‘rinishda hisoblanadi:

$$y_{lj} = \frac{\sum_i \omega_{lji} \cdot y_{lji}}{\sum_i \omega_{lji}}$$

bunda y_{lj} – l -darajadagi j -lokal modelning chiqishi, ω_{lji} – i -qoidaning faollashuv darajasi, y_{lji} – i -qoida bo‘yicha hisoblangan chiqish qiymati.

Lokal modellarning chiqishlari agregatsiya operatorlari yordamida birlashtirilib, keyingi darajaga uzatiladi. Yakuniy darajadagi ($l=L$) chiqish 116 ta kasallik turi bo‘yicha xulosalarni o‘z ichiga oladi. Har bir kasallik turi uchun uch komponentli interval ko‘rinishidagi baho hisoblanadi:

$$C_k = (T_{Ck}, I_{Ck}, F_{Ck}), k=1, 2, \dots, 116$$

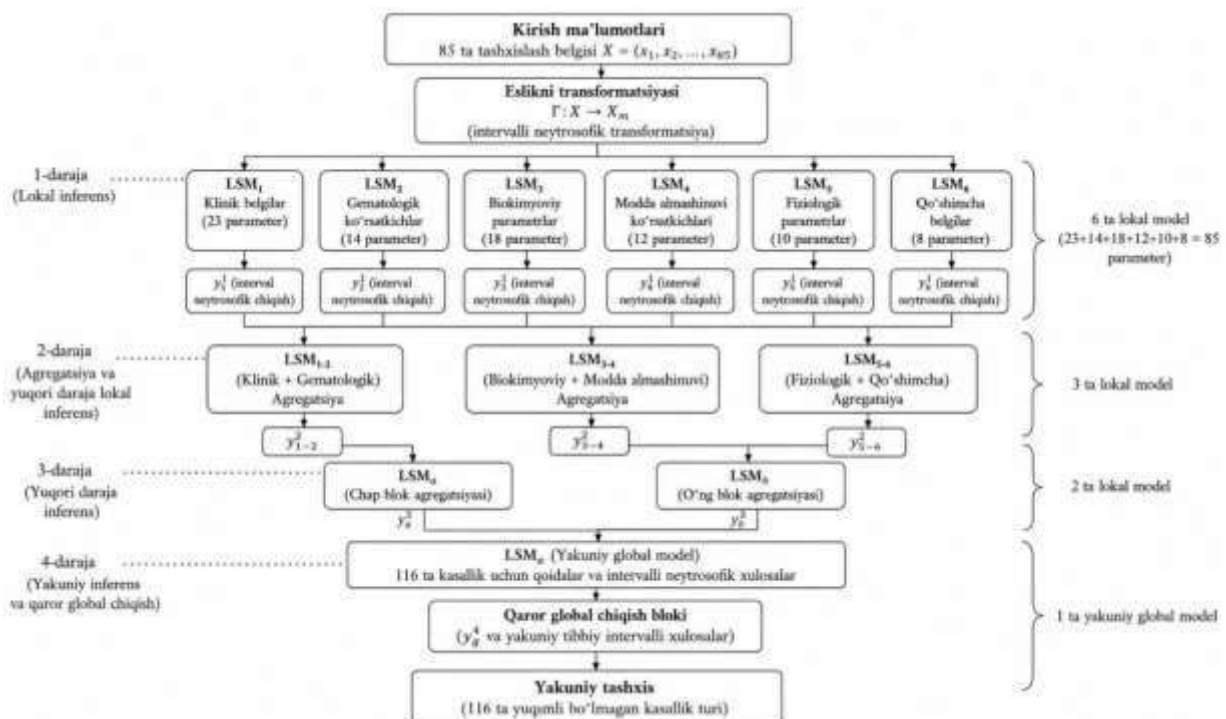
bunda T_{Ck} – k -kasallikning mavjudligiga ishonch darajasi, I_{Ck} – kasallikning mavjud emasligiga ishonch darajasi, F_{Ck} – bahoning noravshanlik darajasi.

Qaror qabul qilish blokining asosiy vazifasi – uch komponentli intervallarni bitta qarorga keltirish va kasallik turlarini aniqlashdir. Ushbu jarayon uchun quyidagi qaror qabul qilish funksiyasi ishlab chiqilgan:

$$D_k = \alpha \cdot \bar{T}_{Ck} - \beta \cdot \bar{I}_{Ck} - \gamma \cdot \bar{F}_{Ck}$$

Bunda, $\bar{T}_{Ck} = (T_{CkL} + T_{CkU}) / 2$ – haqiqat darajasining o‘rtacha qiymati, $\bar{I}_{Ck} = (I_{CkL} + I_{CkU}) / 2$ – yolg‘on darajasining o‘rtacha qiymati, $\bar{F}_{Ck} = (F_{CkL} + F_{CkU}) / 2$ – noravshanlik darajasining o‘rtacha qiymati, α, β, γ – og‘irlik koeffitsientlari bo‘lib, ular $\alpha + \beta + \gamma = 1$ shartini qanoatlantiradi.

INHSM algoritmining muhim xususiyatlaridan biri uning modulli tuzilishidir. Har bir daraja va har bir lokal model mustaqil ravishda ishlaydi, bu esa tizimni parallel hisoblash imkoniyatini yaratadi va uning samaradorligini oshiradi. Bundan tashqari, modulli tuzilish tufayli tizimni yangi bilimlar bilan to'ldirish oson, chunki bu o'zgarishlar faqat tegishli modulga ta'sir qiladi.



3.3.4-rasm. *INHSM ning umumiy arxitekturasini blok-sxemasini.*

Ushbu modelning asosiy komponentlari va ular orasidagi ma'lumotlar oqimi aniq ko'rsatilgan. 3.3.4-rasmda kirish ma'lumotlari qanday qilib birinchi darajadagi lokal modellarga uzatilishi, ularning chiqishlari qanday agregatsiyalanishi va keyingi

darajalarga uzatilishi, oxir-oqibatda qanday qilib yakuniy qaror shakllantirilishi bosqichma-bosqich tasvirlangan.

Taklif qilingan INHSM modelining amaliy samaradorligini baholash uchun keng ko‘lamli eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi. Ushbu tadqiqotlarda modelning tashxis aniqlik darajasi, sezgirligi, o‘ziga xosligi va boshqa statistik ko‘rsatkichlari aniqlandi va ular klassik Sugeno modeli hamda neytrosifik Sugeno modeli bilan taqqoslandi. Eksperimental tadqiqotlar uchun 116 ta yuqumli bo‘lmagan kasallik turlari va 85 ta tashxislash belgilarni o‘z ichiga olgan ma’lumotlar bazasi yaratilgan bo‘lib, bu ma’lumotlar bazasi 15 ta yirik veterinariya klinikalarining arxiv ma’lumotlari va 50 nafar tajribali veterinar shifokorning ekspert baholashlari asosida shakllantirildi.

Model samaradorligini baholash uchun quyidagi ko‘rsatkichlar hisoblandi: aniqlik, sezgirlik yoki haqiqiy musbatlik darajasi, o‘ziga xoslik yoki haqiqiy salbiylik darajasi, musbat bashorat qiymati, F1-ko‘rsatkich, muvozanatlangan aniqlik, Koen Kappa koefitsienti, Matteus korrelyatsiya koefitsienti va ROC-AUC (Receiver Operating Characteristic - Area Under Curve) qiymatlari.

Quyida ushbu ko‘rsatkichlarning matematik ifodalari keltirilgan:

Aniqlik (Accuracy): $Acc = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$

Sezgirlik (Sensitivity): $Sen = \frac{TP}{TP + FN}$

O‘ziga xoslik (Specificity): $Spe = \frac{TN}{TN + FP}$

Musbat bashorat qiymati (Precision): $Pre = \frac{TP}{TP + FP}$

F1-ko‘rsatkich: $F1 = 2 * (Pre * Sen) / (Pre + Sen)$

Muvozanatlangan aniqlik: $BA = (Sen + Spe) / 2$

Koen kappa koefitsienti: $k = (p_o - p_e) / (1 - p_e)$, bu yerda p_o - kuzatilgan moslik darajasi, p_e - tasodifiy moslik darajasi.

MCC: $MCC = \frac{TP * TN - FP * FN}{\sqrt{((TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN))}}$

bu yerda, TP – haqiqiy musbat, TN – haqiqiy salbiy, FP – yolg‘on musbat, FN – yolg‘on salbiy natijalar soni. Koen kappa koefitsienti (*Cohen’s Kappa*

coefficient) – bu ikki baholovchi (yoki model va haqiqiy natija) oʻrtasidagi kelishuv (moslik) darajasini oʻlchaydigan statistik koʻrsatkichdir.

3.3.5-jadvalda INHSM modelining har bir tashxislash belgilar guruhi.

Guruh raqami	Kasallik belgisilar guruhi	Parametrlar soni	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	Baholash
G ₁	Klinik belgilar	23	87.5	86.8	87.2	87.0	Yaxshi
G ₂	Gematologik koʻrsatkichlar	14	89.4	89.1	89.6	89.3	Juda yaxshi
G ₃	Biokimyoviy parametrlar	18	92.3	92.0	92.5	92.2	Aʻlo
G ₄	Modda almashinuvi koʻrsatkichlari	12	91.7	91.3	91.9	91.6	Aʻlo
G ₅	Fiziologik parametrlar	10	89.8	89.5	90.1	89.8	Juda yaxshi
G ₆	Qoʻshimcha belgilar	8	86.9	86.4	87.0	86.7	Yaxshi
Umumiy INHSM modeli	Barcha kasallik belgisilar (85 ta)	85	89.6	89.2	89.7	89.4	Juda yaxshi

3.3.5-jadvalda INHSM modelining kasallik belgisilar guruhlari boʻyicha tashxislash samaradorligi Accuracy, Precision, Recall va F1-score mezonlari asosida baholangan. Natijalardan koʻrinib turibdiki, taklif etilgan model barcha kasallik belgisilar guruhlari uchun 85 % dan yuqori aniqlik koʻrsatkichlariga erishgan. Ayniqsa, biokimyoviy parametrlar guruhi uchun 92,3 %, modda almashinuvi koʻrsatkichlari guruhi uchun esa 91,7 % aniqlik qayd etilgan boʻlib, bu ushbu parametrlarning kasalliklarning metabolik va funksional oʻzgarishlarini aniq aks ettirishi bilan izohlanadi.

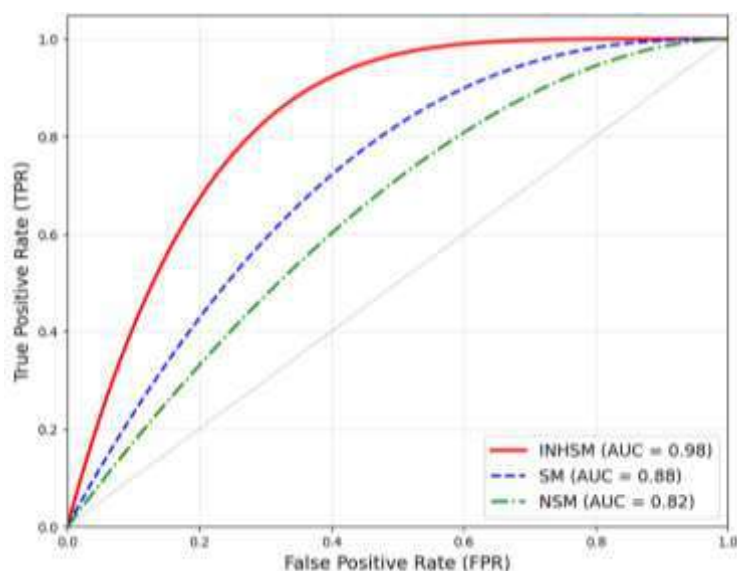
Klinik belgilar guruhi uchun aniqlik 87,5 % ni tashkil etgan. Bu koʻrsatkichning boshqa guruhlarga nisbatan biroz past boʻlishi klinik belgilarni baholashda inson omili, subyektiv kuzatishlar hamda ayrim kasalliklarning oʻxshash klinik simptomlarga ega ekanligi bilan bogʻliq. Gematologik va fiziologik koʻrsatkichlar guruhlari esa mos ravishda 89,4 % va 89,8 % aniqlikni namoyish etgan

bo‘lib, ular tashxislashning qo‘shimcha ishonchliligini ta'minlaydi. Umuman olganda, barcha 85 ta kasallik belgisi asosida qurilgan INHSM modeli 89,6 % umumiy aniqlikka erishgan va bu taklif etilgan iyerarxik neytrosifik yondashuvning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

3.3.6-jadvalda INHSM modelining 116 ta kasallik turi bo‘yicha umumiy samaradorlik ko‘rsatkichlari.

Baholash mezonlari	SM (Sugeno modeli)	NSM (Neytrosifik Sugeno modeli)	Taklif etilgan INHSM modeli
Aniqlik (%)	87.2	91.8	94.6
Sezgirlik (%)	84.5	90.2	93.8
O‘ziga xoslik (%)	89.0	93.1	95.2
Musbat bashorat qiymati (%)	86.4	91.0	94.1
F1-ko‘rsatkich	0.87	0.91	0.94
Matteus korrelyatsiya koeffitsienti	0.75	0.83	0.89
ROC–AUC	0.92	0.96	0.98
Muvozanatlangan aniqlik (%)	86.8	91.6	94.5
Xato tasniflash darajasi (%)	12.8	8.2	5.4
Hisoblash samaradorligi:	O‘rtacha	Yuqori	Juda yuqori

3.3.6-jadval ma’lumotlariga ko‘ra, INHSM modeli aniqlik bo‘yicha 94.6% natijaga erishgan bo‘lib, bu SM (87.2%) va NSM (91.8%) modellaridan sezilarli darajada yuqoridir. Sezgirlik bo‘yicha INHSM 93.8% ni ko‘rsatgan bo‘lsa, SM va NSM uchun bu ko‘rsatkichlar mos ravishda 84.5% va 90.2% ni tashkil etdi. O‘ziga xoslik bo‘yicha INHSM 95.2% ni, SM 89.0% ni, NSM 93.1% ni ko‘rsatdi. F1-score INHSM uchun 0.94, SM uchun 0.87, NSM uchun 0.91 ga teng bo‘ldi. MCC ko‘rsatkichi INHSM uchun 0.89, SM uchun 0.75, NSM uchun 0.83 ga teng. ROC-AUC qiymati INHSM uchun 0.98, SM uchun 0.92, NSM uchun 0.96 ga teng bo‘ldi.



3.3.5-rasmda INHSM, SM va NSM modellarining ROC egri chiziqlari.

Ko‘rinib turibdiki, INHSM modelining ROC egri chizig‘i boshqa ikkita modelning egri chiziqlaridan yuqorida joylashgan va u 0.98 AUC qiymatiga ega. Bu INHSM modelining yuqori diskriminatsiya qobiliyatini va uning kasallik turlarini ajrata olish samaradorligini ko‘rsatadi.

III. XULOSA

Ushbu bo‘limda qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini intellektual tashxislash uchun intervalli neytr sofik iyerarxik Sugeno modeli (INHSM) ishlab chiqildi. Model 85 ta tashxislash belgini 6 ta mantiqiy guruhga ajratish, har bir guruh uchun lokal Sugeno modellarini qurish, intervalli neytr sofik inferens va iyerarxik agregatsiya mexanizmlarini qo‘llash orqali 116 ta kasallik turini aniqlash imkonini beradi. Eksperimental tadqiqotlar natijalari INHSM modelining aniqlik (94.6%), sezgirlik (93.8%), o‘ziga xoslik (95.2%) va ROC-AUC (0.98) ko‘rsatkichlari bo‘yicha klassik Sugeno modeli va neytr sofik Sugeno modelidan sezilarli darajada ustun ekanligini ko‘rsatdi. Modelning asosiy ilmiy yangiliklari: (1) qoramollarning yuqumli bo‘lmagan kasalliklarini tashxislash uchun iyerarxik Sugeno modelini intervalli neytr sofik to‘plamlar bilan integratsiyalash; (2) tashxislash belgilarni biologik va veterinariya nuqtai nazaridan asoslangan guruhlariga ajratish; (3) intervalli neytr sofik inferens va eksponensial agregatsiya operatorlarini o‘z ichiga olgan original matematik modelni ishlab chiqish. Taklif qilingan model veterinariya

amaliyotida, ayniqsa cheklangan resurslar sharoitida yuqori aniqlik va ishonchlilik talab qilinadigan hollarda qo‘llanilishi mumkin.

IV. FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Illych Alvarez, Antonio S.E., Chong, Jorge Chamba, Ivy Peña, Ximena Quiñonez. Interpretable Type-3 noravshan neural modeling of tumor–immune dynamics under delay and chaos: a rule-based and logic-oriented approach. [Information Sciences. Volume 733](#), 25 April 2026, 122982
2. E.F. Dubinin, V.I. Kuksova, Methods and models of noravshan logic in the systems of technical diagnostics. [Procedia Structural Integrity. Volume 20](#), 2019, Pages 103-107
3. Temirbekov N., Baigereev D.R., Temirbekov N.M. (2020) Resource usage distributed information system for solving applied problems [Herald of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan] 3:61-68.
4. Krasikov, A.P. Modern views on infectious diseases of calves and the experience of dealing with them // Actual problems of veterinary medicine in modern conditions and ways to resolve them / Sat. scientific _ works of INM Om GAU. Omsk. 2000. S. 57-61.
5. D.T. Muhamediyeva., L.U. Safarova., and N. Tukhtamurodov//Building a noravshan sugeno model for diagnosing cattle diseases on the basis of developing a knowledge base// International conference “Sustainable Development: Veterinary Medicine, Agriculture, Engineering and ecology”// Moscow, Russia, 18-20 April 2022 год
6. D.T. Muhamediyeva., L.U. Safarova., and N. Tukhtamurodov // Early diagnostics of animal disease on the basis of modern information technologies // International conference “ Sustainable Development: Veterinary Medicine, Agriculture, Engineering and ecology”// Moscow, Russia, 18-20 April 2022 год
7. 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 Rossiya - 2021. - Vol. 1901. - (№3; Scopus; IF=0,7).
8. Primova H.A., Urokov Sh., Kudratov R.B., Khaniev N.M. (2025). Information flow management in veterinary medicine based on an error detection algorithm. International Journal of Theoretical and Practical Issues of Digital Technologies. 8(2). – P. 80-86.
<https://doi.org/10.62132/ijdt.v8i2.266>
 9. Terekhov V.I. Prevention of associative gastrointestinal infections in calves and measures to combat them / State and prospects for the development of veterinary science in Russia // V.I. Terekhov.- M.: 1999. - T. 2. - S. 179-182.
 10. Junkerov V.I. Mathematical and statistical processing of medical research data / V.I. Junkerov, S.G. Grigoriev, M.V. Rezvantsev . - 3rd ed., add. - St. Petersburg: VmedA , 2011. - 318 p.
 11. S. B. Eshburiev . Etiopathogenesis and prevention of secondary osteodystrophy of cows//PhD dissertation 2011, Samarkand, 122 p.
 12. K. A. Laishev , A. V. Prokudin, A. V. Spesivtsev Predictive modeling of the epizootic situation using noravshan sets // Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. 2016. No. 3. -S. 87-92. ISSN 2075-1818.
 13. Beata Sokol, Adam J. W and Mieczys A Noravshan- Classifier 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.
 14. A. Gabriel Filho, Camila P. Cremasco Fernando, F. Putti, Marcelo GM Chacur Application of noravshan logic for the evaluation of livestock slaughtering // English. Agric ., Jaboticabal , v. 31, no. 4, p. 813-825, jul. /ago. 2011 .
 15. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos CP Camposb and CEC Freitas Applying noravshan logic to estimate the parameters of the length-weight

relationship// Department of Mathematics, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. August 31,p. May 5-6, 2016

16. Guohao Xie, Yang Yang, Yao Zhang, Tian Zhang, Weiping Chen. An innovative approach to visualizing heavy metal pollution risk in chernozem soils: Leveraging the noravshan logic algorithm.[Journal of Hazardous Materials Advances](#). [Volume 21](#), February 2026, 100970
17. [Egamberdiev, N.](#), [Mukhamedieva, D.](#), [Khasanov, U.](#) Presentation of preferences in multi- criteria tasks of decision- making [Journal of Physics: Conference Series](#), 2020, 1441(1), 012137

INNORES