INDIVIDUAL OBYEKT HOLATINI BAHOLASHDA BILIMLAR VA MATEMATIK MODELLARNI INTEGRATSIYALASH YONDASHUVLARI

Babadjanov Elmurod[1], Toliyev Xurshid[1]

[1]Nukus davlat texnika universiteti, Nukus, O'zbekiston
E-mail: xurshidtoliev@gmail.com

K E Y W O R D S

Individual obyekt, raqamli chorvachilik, qoidalar bazasi, matematik model, sensor ma'lumotlari, mashina-ekspert tizimi, ma'lumotlar integratsiyasi, noaniqlik, qarorlarni asoslash

A B S T R A C T

Maqolada raqamli chorvachilikda individual hayvon holatini baholashning ikki muhim yo'nalishi – sut mahsuldorligi kabi miqdoriy ko'rsatkichlarni tahlil qilish hamda kasallik yoki xavf holatini aniqlash – qiyosiy ko'rib chiqiladi. Ilmiy adabiyotlarda sensor ma'lumotlari, qoidalar bazasi, mashinaviy o'rganish, hayvonning individual tarixi va mutaxassis xulosasidan foydalanish yo'llari tahlil qilinadi. Taqqoslash natijasida asosiy muammo alohida algoritm tanlash bilangina cheklanmasligi, balki ma'lumot sifati va yetarliligini baholash, turli manbalarning vaqt va mazmun bo'yicha mosligini ta'minlash, qarama-qarshi natijalarni izohlash hamda tekshirilgan natijalar asosida bilimlarni yangilash zarurati bilan bog'liqligi ko'rsatiladi. Mualliflik konseptual modeli qoidalar va matematik modellarni vazifaga mos ravishda muvofiqlashtirish, noaniqlikni ochiq ko'rsatish va dalil yetarli bo'lmaganda qo'shimcha kuzatuvga murojaat qilish tamoyillariga asoslanadi. Taklif etilgan ifodalar konseptual tahlil vositalari bo'lib, ular tajribada tekshirilgan yangi algoritm yoki o'lchangan samaradorlik natijasi sifatida talqin qilinmaydi.

Kirish

Raqamli chorvachilikda individual hayvon haqidagi qarorlar tobora ko'proq turli axborot manbalariga tayanmoqda. Bunday manbalarga identifikatsiya vositalari, sog'ish uskunalari, fiziologik va muhit sensorlari, oziqlantirish qaydlari, reproduktiv holat, veterinariya ko'riklari hamda hayvonning oldingi kuzatuvlari kiradi. Manbalar o'lchov birligi, kuzatish davriyligi, xatolik darajasi va mazmuni bilan farqlanadi. Shu sababli bir nechta ma'lumotni bitta bazada saqlashning o'zi ularni mazmunan integratsiyalashni anglatmaydi [1, 2, 7].

Individual obyekt holatini baholashda ikki vazifani farqlash muhim. Birinchisi, sut miqdori yoki uning vaqt bo'yicha o'zgarishini baholash kabi regressiya vazifalaridir. Ikkinchisi, klinik belgilar, sensor kuzatuvlari va tarixiy ma'lumotlar asosida kasallik yoki xavf holatini aniqlash kabi tasniflash vazifalaridir. Bu vazifalar bir xil metrikalar bilan baholanmaydi: miqdoriy bashoratlash uchun xatolik ko'rsatkichlari, tashxis uchun esa sezgirlik, xoslik, F1 va kalibrlash kabi ko'rsatkichlar talab qilinadi [1, 4, 8].

Chorvachilikka oid sharhlar mashinaviy o'rganishning sog'liq, mahsuldorlik va boshqaruv masalalarida keng qo'llanayotganini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ma'lumotlar nomutanosibligi, modelni sozlash, ortiqcha moslashish, turli xo'jaliklarda natijalarni ko'chirish va sensorlardan olingan signallarni amaliy qarorga aylantirish muammolari saqlanib qolmoqda [1–3, 5, 6]. Demak, texnik jihatdan yaxshi ishlaydigan alohida model ham to'liq boshqaruv yechimiga avtomatik ravishda aylanmaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi – individual obyekt holatini baholashga oid qoidaviy, matematik va mashina-ekspert yondashuvlarini qiyoslash, ularning kuchli jihatlari bilan birga metodologik cheklovlarini ajratish va integratsiya uchun konseptual modelni asoslash. Maqola eksperimental tadqiqot sifatida emas, manbalararo

(cc) BY

qiyosiy-tahliliy ish sifatida tuzilgan. Shu sababli maqolada yangi algoritmning amaliy aniqligi yoki xo‘jalik samaradorligi bo‘yicha tekshirilmagan sonli da’volar keltirilmaydi.

Individual obyekt holatini baholash bo‘yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlar

Sensorlar hayvon faoliyati, fiziologik belgilar va saqlash sharoitini uzluksiz yoki davriy kuzatish imkonini beradi. Rutten va hammualliflar sensorlar sog‘liqni boshqarish jarayonini qo‘llab-quvvatlashi mumkinligini ko‘rsatgan bo‘lsa-da, sensor ko‘rsatkichining o‘zi klinik tashxis bilan teng emas: signalni hayvonning individual bazaviy holati, kuzatuv sharoiti va boshqa dalillar bilan talqin qilish kerak [7]. Sensor ko‘rsatkichi o‘zgarishi kuzatuvga sabab bo‘lishi mumkin, biroq yakuniy qaror uchun qo‘shimcha dalil talab etilishi ehtimoli yuqori.

Mashinaviy o‘rganish usullari ko‘p parametrli bog‘lanishlarni aniqlash, vaqt qatorlarini tahlil qilish va kasallik sinflarini farqlashda qo‘llanadi. García va hammualliflarning sharhi PLFda mashinaviy o‘rganish qo‘llanmalari turli vazifalarni qamrab olishini ko‘rsatadi [2]. Slob va hammualliflar sut fermalarini boshqarishga doir adabiyotlarni ko‘rib chiqib, kasallikni aniqlash, mahsuldorlik va mahsulot sifati yo‘nalishlarini ajratgan; ular ma’lumotlar sinflari nomutanosibligi, xususiyatlarni tanlash, ortiqcha moslashish va model parametrlarini sozlashni muhim metodologik masalalar sifatida qayd etadi [1]. Bu holat yuqori aniqlikni ko‘rsatgan bitta tajriba natijasini boshqa xo‘jalik yoki mavsumga bevosita ko‘chirish mumkin emasligini anglatadi.

Sut mahsuldorligini matematik modellashtirishda klassik lak-tatsiya egri chiziqlari, jumladan Wood modeli, vaqt bo‘yicha ishlab chiqarish dinamikasini ifodalashga xizmat qiladi [11]. Keyingi tadqiqotlarda Wood egri chizig‘i sun’iy neyron tarmoqlari bilan taqqoslangan, chuqur o‘rganish esa keyingi laktatsiya davri egri chizig‘ini bashorat qilishda o‘rganilgan [12, 13]. Ushbu yondashuvlar miqdoriy bashoratlash vazifasida foydali, biroq kasallik tashxisidagi semantik alomatlar, ekspert qoidalari va noto‘liq klinik qaydlarni o‘z-o‘zidan qamrab olmaydi.

Shuning uchun ma’lumotga asoslangan modelni umumiy yechim sifatida emas, aniq vazifa va kirish ma’lumotlariga mos hisoblash vositasi sifatida ko‘rish lozim. Model tanlashda faqat natija xatoligini emas, ma’lumotning to‘liqligi, vaqt bo‘yicha barqarorligi, o‘qitish to‘plamining xo‘jaliklararo vakilligi va qarorning izohlanish imkoniyatini ham hisobga olish kerak.

Qoidaviy yondashuvda mutaxassis tajribasi, me’yoriy chegaralar va belgilar o‘rtasidagi mantiqiy bog‘lanishlar formal qoidalarga aylantiriladi. Qoidalar natijaning sababini izohlashni osonlashtiradi, ayniqsa ma’lumotlar soni kam bo‘lgan yoki qaror uchun veterinariya bilimlari muhim bo‘lgan holatlarda. Biroq qoidalar eskirishi, turli manbalarda turlicha talqin qilinishi yoki bir-biriga zid kelishi mumkin. Qoidaning mavjudligi uning barcha zotlar, xo‘jaliklar va mavsumlarda bir xil ishlashini kafolatlamaydi.

Babadjanov va Toliyevlarning tadiqot ishida sut mahsuldorligini bashoratlashga oid ishida qoidalar va algoritmlar bazasi, ko‘p parametrli ma’lumotlar hamda kirish sharoitiga mos algoritmni tanlash masalalari ko‘rib chiqilgan. Unda 77 ta qoida qayd etiladi; qoida vaznini ishonchlilik, axborotdorlik va ekspert bahosi bilan bog‘lovchi ifoda keltiriladi. Bu yechim bilimlarni tartibga solish va algoritm tanlashni asoslashga xizmat qiladi, ammo amaliy qo‘llashda koeffitsiyentlarni qanday normallashtirish, ekspert baholari o‘rtasidagi kelishuvni qanday o‘lchash va qoidalar vaqt o‘tishi bilan qanday qayta tekshirilishini aniq belgilash muhim [14].

E.S.Babadjanovning qoramol kasalliklarini aniqlashga oid tadqiqotida mashina-ekspert yondashuvi qoidalar, mashinaviy o‘rganish natijalari, nazorat namunalari, hayvonning individual yoki nasliy tarixi va veterinariya mutaxassisi ishtirokini birlashtiradi. Unda 26 kasallik, 2500 obyekt va 92 parametrdan iborat to‘plam tavsiflangan. Muallif natijalarni yaxshilash va mutaxassis yukini kamaytirishga doir ko‘rsatkichlarni ham bayon qiladi; bu raqamlar aynan maqolada tasvirlangan sinov sharoitiga tegishli bo‘lib, mustaqil tashqi tekshiruvsiz barcha xo‘jaliklarga umumlashtirilmasligi kerak [15].

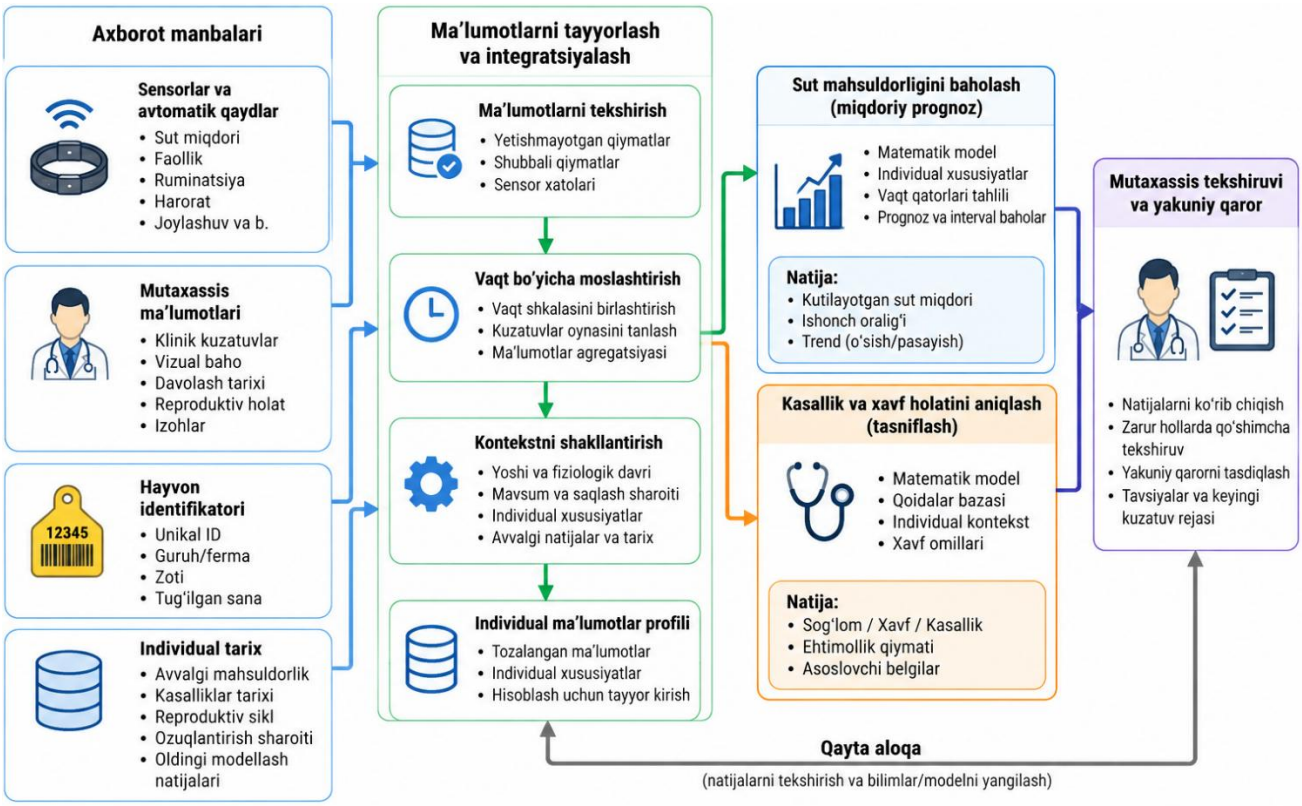
Mashina-ekspert yondashuvining muhim afzalligi – model chiqishini yakuniy haqiqat

(cc) BY

sifatida qabul qilmasdan, uni mutaxassis tekshiruvi bilan bog‘lashidir. Biroq inson ishtiroki o‘z-o‘zidan xatoni bartaraf etmaydi: ekspert qarorining sababi qayd qilinmasa, tekshiruv natijasi mustaqil tasdiq bilan ajratilmasa yoki noto‘g‘ri tasdiq qoidaga qayta kiritilsa, tizimdagi xatolar takrorlanishi mumkin.

Fuzzy Tsukamoto asosidagi mobil ekspert tizimi ham qoidaviy bilimni amaliy tashxisga aylantirishga misoldir: tadqiqot qoramol reproduktiv kasalligi xavfini oltita klinik belgi asosida baholash va Android ilovasi orqali taqdim etishni tavsiflaydi [10]. Biroq bu natija barcha kasalliklar yoki xo‘jaliklar uchun umumiy tashxis vositasi ekanini bildirmaydi; qo‘llanish sohasi va mustaqil validatsiya doirasi alohida ko‘rsatilishi lozim.

Aguilar-Lazcano va hammualliflarning sensor ma’lumotlarini birlashtirish bo‘yicha sharhi integratsiyani xom ma’lumot, xususiyatlar va qaror darajalarida amalga oshirish mumkinligini ko‘rsatadi [4]. Ularning sharhida ko‘rib chiqilgan tadqiqotlarda xususiyatlar darajasidagi birlashtirish nisbatan ko‘p uchrashi qayd etilgan. Biroq darajani tanlash sensorlar turi, aloqa imkoniyati, hisoblash resurslari va maqsadli vazifaga bog‘liq. Xom ma’lumot darajasidagi integratsiya ko‘proq tafsilot saqlashi mumkin, lekin sinxronlash va uzatish talablarini oshiradi; qaror darajasidagi integratsiya esa turli tizimlarni ulashni yengillashtiradi, ammo oraliq ma’lumotning bir qismini yo‘qotishi mumkin.



1-rasm. Individual obyekt holatini baholashda foydalaniladigan axborot manbalari va natijalar oqimi

Bahlo va hammualliflar keng yaylov sharoitidagi chorvachilikda o‘zaro ishlaydigan ma’lumot standartlarining ahamiyatini ta’kidlaydi [8]. Turli ishlab chiqaruvchilarning qurilmalari hayvon identifikatori, vaqt belgisi, o‘lchov birligi yoki hodisa kodini bir xil talqin qilmasa, texnik ulanish semantik moslikni ta’minlamaydi. Masalan, “ma’lumot yo‘q” holatini “alomat kuzatilmadi” deb qabul qilish diagnostik xatoga olib kelishi mumkin. Shuning uchun integratsiya qatlami qiymatning o‘zidan tashqari uning manbasi, vaqti, sifati va kuzatuv shartlarini ham saqlashi kerak.

Niloofar va hammualliflar chorvachilikdagi ma’lumotga asoslangan qarorlarni qo‘llab-quvvatlashni hayvon salomatligi, farovonligi va ekologik ko‘rsatkichlar bilan bog‘liq keng masala sifatida ko‘rib chiqadi [3]. Bang va hammualliflar esa go‘sht va sut chorvachiligidagi qarorlarni

(cc) BY

qo‘llab-quvvatlash modellarini tahlil qilib, modellashtirishni real boshqaruv ehtiyojlariga bog‘lash zarurligini ko‘rsatadi [5]. Sani va hammualliflarning PLF muammolari va imkoniyatlariga bag‘ishlangan sharhi sensor texnologiyasi, ma’lumot talqini, integratsiya va qarorni qo‘llab-quvvatlash o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni umumlashtiradi [6].

1-rasmda sensor va avtomatik qaydlar, mutaxassis ma’lumotlari, identifikator va hayvon tarixi alohida kirish oqimlari sifatida ko‘rsatilgan. Ular sifat nazorati va kontekst bilan moslashtirilgandan keyingina miqdoriy baholash yoki kasallik/xavf bo‘yicha xulosaga uzatiladi. Rasmning asosiy mazmuni – turli manbalarni birlashtirish natijani bir xil qilish degani emas; vazifaga qarab alohida tahlil yo‘llari saqlanadi. Mutaxassis tekshiruvi esa, ayniqsa tashxis kabi yuqori oqibatli qarorlarda, natijani tasdiqlash yoki qayta ko‘rib chiqish imkonini beradi.

1-jadval.

Tanlangan xalqaro manbalar va ularning maqoladagi tahliliy vazifasi.

Manba	Asosiy yo‘nalish / xulosa	Ushbu maqoladagi vazifasi
Slob et al. [1]	Sut fermalarida mashinaviy o‘rganish; sinflar nomutanosibligi va ortiqcha moslashish xavfi.	Tashqi sharoitga umumlashtirish cheklovlari.
García et al. [2]	PLFda mashinaviy o‘rganish bo‘yicha sharh.	Vazifalar va model turlarining xilma-xilligi.
Niloofar et al. [3]	Salomatlik, farovonlik va ekologik natijalar uchun qarorlarni qo‘llab-quvvatlash.	Modeldan amaliy qarorgacha bo‘lgan zanjir.
Aguilar-Lazcano et al. [4]	Hayvon monitoringida sensor ma’lumotlarini birlashtirish.	Integratsiya darajalarini qiyoslash.
Bang et al. [5]	Chorvachilikda qarorlarni qo‘llab-quvvatlash modellari.	Modelni boshqaruv vazifasiga bog‘lash.
Sani et al. [6]	PLF sensor tizimlari, ma’lumot talqini va qarorlar.	Amaliy joriy etish va tashqi validatsiya.
Rutten et al. [7]	Sog‘liq monitoringi uchun sensorlar.	Sensor signali va klinik xulosani farqlash.
Bahlo et al. [8]	Yaylov tizimlarida o‘zaro ishlaydigan ma’lumot standartlari.	Semantik moslik va identifikatorlar.
Wang et al. [9]	Kasallik hisobotlari va bilimga asoslangan chuqur o‘rganish.	Bilim va modelni birlashtirish misoli.
Fuzzy Tsukamoto [10]	Qoramol reproduktiv kasalligi xavfini mobil ekspert tizimida baholash.	Qoidaviy ekspert tizimining amaliy namunasi.

2-jadvaldagi qiyoslashdan ko‘rinadiki, hech bir yondashuv barcha vazifalar uchun bir xil darajada yetarli emas. Klassik model izohlanish va kam parametrli talqin uchun qulay bo‘lishi mumkin, lekin ko‘p omilli murakkab aloqalarda cheklanishi ehtimoli bor. Mashinaviy o‘rganish murakkab bog‘lanishlarni topadi, biroq o‘qitish to‘plamida kam uchragan kasallik yoki xo‘jalik sharoitiga duch kelganda ishonchsiz xulosa berishi mumkin. Qoidalar aniq mantiqni ochib beradi, lekin doimiy tekshiruv va yangilashsiz vaqt o‘tishi bilan dolzarbligini yo‘qotadi.

Qoidalar vazni bir nechta mezon orqali belgilansa, mezonlarning o‘lchov shkalasi va o‘zaro bog‘liqligi muhim bo‘ladi. Masalan, ishonchlilik, axborotdorlik va ekspert bahosi bir xil diapazonda normallashtirilmagan bo‘lsa, vaznli yig‘indi bir mezon ta’sirini asossiz kuchaytirishi mumkin. Ekspert baholari bir-biridan farq qilganda esa o‘rtacha qiymatning o‘zi kelishuv darajasini ko‘rsatmaydi. Shuning uchun qoidalar bazasida qoida manbasi, amal qilish sohasi, oxirgi tekshirish sanasi, tasdiqlovchi dalil va qarama-qarshi holatlar ham qayd etilishi kerak [14, 15].

Kasallik tashxisida qoidalar va model turli xulosaga kelishi mumkin. Bunday vaziyatda

(cc) BY

ko‘pchilik ovozi yoki eng yuqori ballni avtomatik tanlash xavfli: ayrim klinik belgilar kam uchrasada, jiddiy oqibatli bo‘lishi mumkin. Aksincha, mahsuldorlikni bashoratlashda bir kunlik noodatiy o‘zgarish sensor xatosi yoki sog‘ish vaqtidagi siljish bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Demak, qarama-qarshilikni hal qilish vazifaga xos xavf darajasi, manba sifati va qo‘shimcha tekshiruv imkoniyatini hisobga olishi kerak.

Wang va hammualliflar kasallik holati haqidagi matnli hisobotlar hamda kasallik bilimlarini birlashtiruvchi chuqur o‘rganish yondashuvini taklif qilib, o‘z ma’lumotlarida F1 ko‘rsatkichini 94,89 foiz deb bildirgan [9]. Bu natija matn va bilimni birlashtirish imkoniyatini ko‘rsatadi, biroq uni boshqa tadqiqotdagi diagnostika aniqligi bilan bevosita taqqoslab bo‘lmaydi: ma’lumot to‘plami, kasalliklar tarkibi, yorliqlash, o‘qitish-test ajratilishi va baholash protokoli farq qilishi mumkin. Xuddi shu sababli bir xo‘jalikda olingan natijani tuman yoki respublika miqyosidagi natija bilan bir xil mezon deb qarash to‘g‘ri emas.

2-jadval.

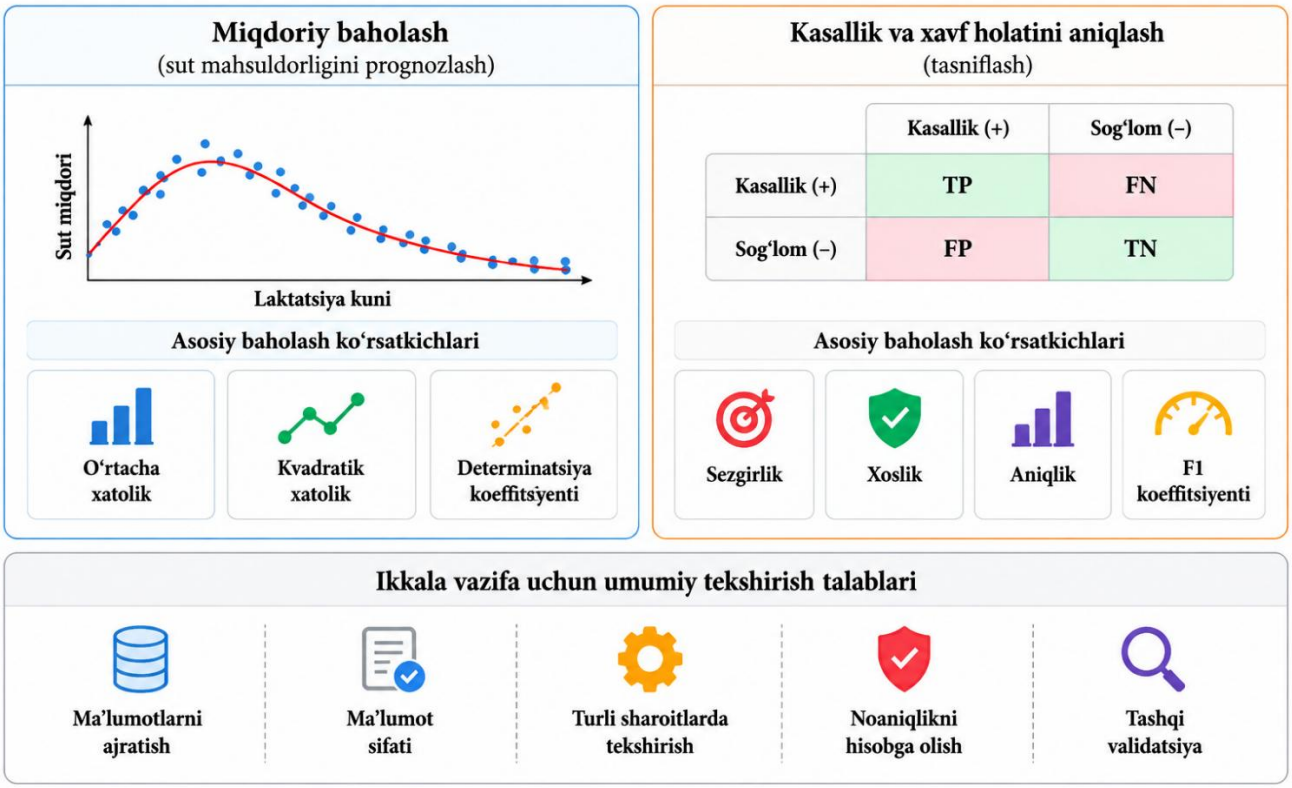
Holatni baholash yondashuvlarining qiyosiy tahlili.

Yondashuv	**Kuchli tomoni**	**Cheklovi / tekshirilishi kerak bo‘lgan jihat**	**Mos vazifa**
Sensorli monitoring [7]	Uzluksiz yoki davriy obyektiv kuzatuv; erta ogohlantirish	Signal kontekstga bog‘liq; sensor nosozligi va yo‘qolgan ma’lumot tashxis emas	Faollik, fiziologik ko‘rsatkichlar, muhit nazorati
Klassik matematik model [11,12]	Talqin qilish nisbatan oson; vaqt dinamikasini ifodalaydi	Model taxminlari va individual farqlar; keskin holat o‘zgarishiga sezgirlik	Sut miqdori va laktatsiya egri chizig‘i
Mashinaviy o‘rganish [1,2,13]	Ko‘p parametrli va nochiziqli bog‘lanishlarni o‘rganish	Ortiqcha moslashish, sinf nomutanosibligi, tashqi xo‘jalikka ko‘chirish	Bashoratlash, tasniflash, naqsh aniqlash
Qoidalar bazasi [14,15]	Qarorni izohlash; ekspert bilimini formal ifodalash	Qoidalar ziddiyati, eskirishi, vaznlarni asoslash va yangilash	Me’yoriy tekshiruv, alomatlarni talqin qilish
Mashina-ekspert [15]	Hisoblash natijasini veterinariya tekshiruvi bilan bog‘lash	Ekspertlararo farq, tekshiruv protokoli va qayta aloqa sifati	Tashxisni qo‘llab-quvvatlash
Ma’lumotlar integratsiyasi [4,8]	Turli manbalarni yagona kontekstga keltirish	Semantik moslik, vaqt sinxronlashuvi va manba ishonchliligi	Ko‘p manbali monitoring va qarorlar

Bashoratlash vazifalarida ham xuddi shunday ehtiyotkorlik zarur. MAE va RMSE miqdoriy xatolikni ifodalaydi, biroq RMSE katta xatolarga kuchliroq sezgir. MAPE nolga yaqin haqiqiy qiymatlarda beqaror bo‘lishi mumkin. R^2 esa modelning muayyan ma’lumot to‘plamidagi o‘zgaruvchanlikni izohlashini ko‘rsatadi, ammo mustaqil validatsiya o‘rnini bosmaydi. Tashxis vazifalarida umumiy aniqlik sinf nomutanosibligi sharoitida chalg‘itishi mumkin; shu bois sezgirlik, xoslik, F1 va kalibrlash birgalikda ko‘rilishi lozim.

2-rasm ikki turdagi vazifa uchun turli baholash mezonlari zarurligini ko‘rsatadi. Sut miqdorini prognozlashda xatolikning kattaligi va yo‘nalishi, tashxisda esa kasallikni o‘tkazib yuborish hamda asossiz ogohlantirishlar muhim. Shunga qaramay, ikkala vazifada ham ma’lumotni vaqt yoki xo‘jalik bo‘yicha mustaqil ajratish, yetishmayotgan qiymatlarni to‘g‘ri talqin qilish va noaniqlikni qayd etish talab etiladi. Shu umumiy protokol turli modellar natijalarini adolatli qiyoslashga yordam beradi

(cc) BY



2-rasm. Miqdoriy baholash va tashxis vazifalarida alohida metrikalar, ammo umumiy tekshirish intizomi.

2-rasm ikki turdagi vazifa uchun turli baholash mezonlari zarurligini ko‘rsatadi. Sut miqdorini prognozlashda xatolikning kattaligi va yo‘nalishi, tashxisda esa kasallikni o‘tkazib yuborish hamda asossiz ogohlantirishlar muhim. Shunga qaramay, ikkala vazifada ham ma’lumotni vaqt yoki xo‘jalik bo‘yicha mustaqil ajratish, yetishmayotgan qiymatlarni to‘g‘ri talqin qilish va noaniqlikni qayd etish talab etiladi. Shu umumiy protokol turli modellar natijalarini adolatli qiyoslashga yordam beradi.

Birinchi masala – ma’lumot yetishmasligini qanday talqin qilish. Sensor aloqasi uzilganda qiymatning yo‘qligi hayvonda alomat yo‘qligini bildirmaydi. *Ikkinchi masala* – ma’lumotlar vaqtini moslashtirish: sut miqdori kunlik, faollik esa qisqa intervallarda o‘lchansa, ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lashdan oldin umumiy vaqt oynasi va kechikishlar aniqlanishi kerak. *Uchinchi masala* – turli manbalar ishonchliligi. Ishlab chiqaruvchi ko‘rsatgan texnik aniqlik real fermadagi ifloslanish, joylashuv yoki xizmat ko‘rsatish sharoitini to‘liq aks ettirmasligi mumkin [6–8]. *To‘rtinchi masala* – natijani izohlash va tekshirilgan qayta aloqa. Mutaxassisning qarori model natijasini tasdiqlashi yoki rad etishi mumkin, ammo ushbu qaror keyinchalik klinik natija yoki boshqa mustaqil dalil bilan tekshirilishi lozim. *Beshinchi masala* – xo‘jaliklararo umumlashtirish. Zot, oziqlantirish, mikroiqlim, sog‘ish texnologiyasi va ma’lumot kiritish tartibidagi farqlar model natijasiga ta’sir qilishi mumkin. Bu muammolarni alohida algoritmni murakkablashtirish bilan emas, butun baholash jarayonini loyihalash orqali ko‘rib chiqish zarur.

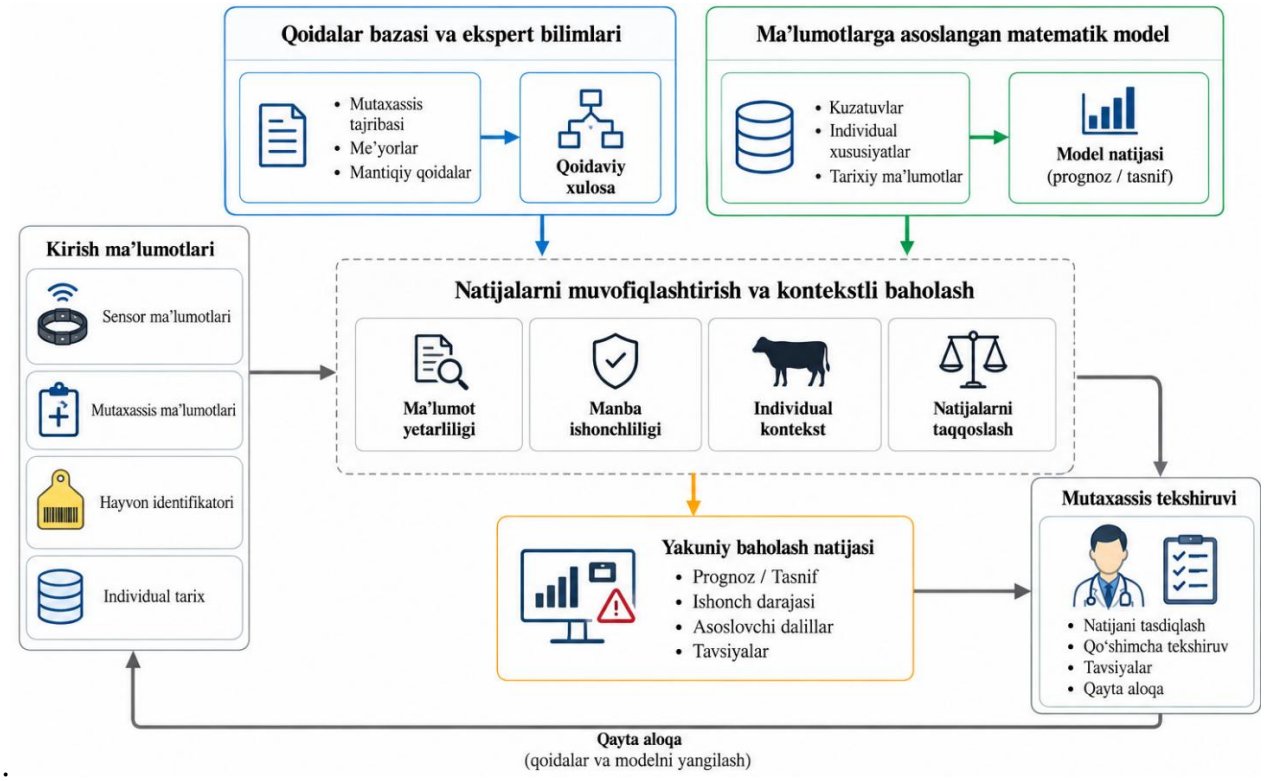
Bilimlar va matematik modellarni integratsiyalashning konseptual modeli

Qiyosiy tahlil asosida taklif qilinayotgan modelning vazifasi – mavjud qoidalar bazasi yoki matematik modelni yangidan ixtiro qilish emas, balki ular natijalarini umumiy axborot kontekstida tartibli muvofiqlashtirishdir. Model individual obyekt identifikatori, kuzatuv vaqti, manba sifati, hayvon tarixi va vazifaning turini birgalikda ko‘rib chiqadi. Har bir komponent mustaqil natija berishi mumkin, lekin yakuniy qarorga faqat uning amal qilish sohasi va ishonchliligi hisobga olingan holda hissa qo‘shadi.

Qoidalar va ekspert bilimlari hamda ma’lumotlarga asoslangan model alohida oqim sifatida 3-rasmda saqlangan. Ularning natijalari dalil va noaniqlik bilan birga muvofiqlashtirish

(cc) BY

qatlamiga uzatiladi. Bu qatlamda manba ishonchliligi, ma’lumotning yetarliligi, hayvonning individual tarixi va vazifa turi e’tiborga olinadi. Natijada faqat xulosa emas, balki xulosani asoslaydigan dalillar va ishonch holati ham chiqariladi. Tekshirilgan qayta aloqa qoidalar yoki modelni yangilashga xizmat qilishi mumkin, biroq qayta aloqa mustaqil tasdiqdan o‘tishi kerak



3-rasm. Bilimlar va matematik modellarni integratsiyalashni konseptual sxemasi

Individual obyekt uchun kuzatuvlar to‘plamini X, qoidalar bazasini Q, vazifaga mos matematik modelni M, individual tarixni H, mutaxassis tomonidan tekshirilgan ma’lumotni V, ma’lumot yetarliligi va ishonchliligi haqidagi tavsifni R bilan belgilaymiz. Taklif qilinayotgan umumiy ifoda quyidagicha yoziladi:

$$Y = \Psi(X, Q, M, H, V, R) \qquad (1)$$

bu yerda Y – vazifaga mos yakuniy natija; Ψ – qoidalar va model chiqishlarini kontekstga muvofiq birlashtiruvchi operator. (1)-ifoda manbadan olingan tayyor algoritm emas, balki maqoladagi tahlildan kelib chiqqan mualliflik konseptual formalashtirishidir. Operatorning aniq ko‘rinishi maqsadga bog‘liq: miqdoriy prognozda u sonli baho va prognoz oralig‘ini, tashxisda esa ehtimoliy sinf, xavf darajasi va asoslovchi dalillarni shakllantirishi mumkin.

Ma’lumot qamrovini dastlabki baholash uchun quyidagi sodda ko‘rsatkichdan foydalanish mumkin:

$$C_M = \frac{|P_M \cap P_X|}{|P_M|}, |\ P_M\ | > 0 \qquad (2)$$

Bu yerda P_M – tanlangan model uchun talab qilinadigan parametrlar to‘plami, P_X – joriy kuzatuvda mavjud parametrlar to‘plami; C_M esa model talab qilgan parametrlarning qanchasi mavjudligini ko‘rsatadi. Bu ko‘rsatkich faqat qamrovni o‘lchaydi: u parametrlarning to‘g‘riligini, sensor aniqligini yoki mavjud qiymatlarning klinik ahamiyatini kafolatlamaydi. Shu sababli qamrov ko‘rsatkichi manba sifati va vaqt mosligi bilan birga talqin qilinishi kerak.

Vazifa natijasini baholashda regressiya va tasniflash uchun alohida mezonlar ishlatiladi. Regressiya xatosining o‘rtacha mutlaq qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i| \qquad (3)$$

bu yerda y_i – kuzatilgan qiymat, $\hat{y}_i$ – model bahosi, n – baholash namunalarining soni. MAE natija bilan bir xil o‘lchov birligida ifodalanadi.

(cc) BY

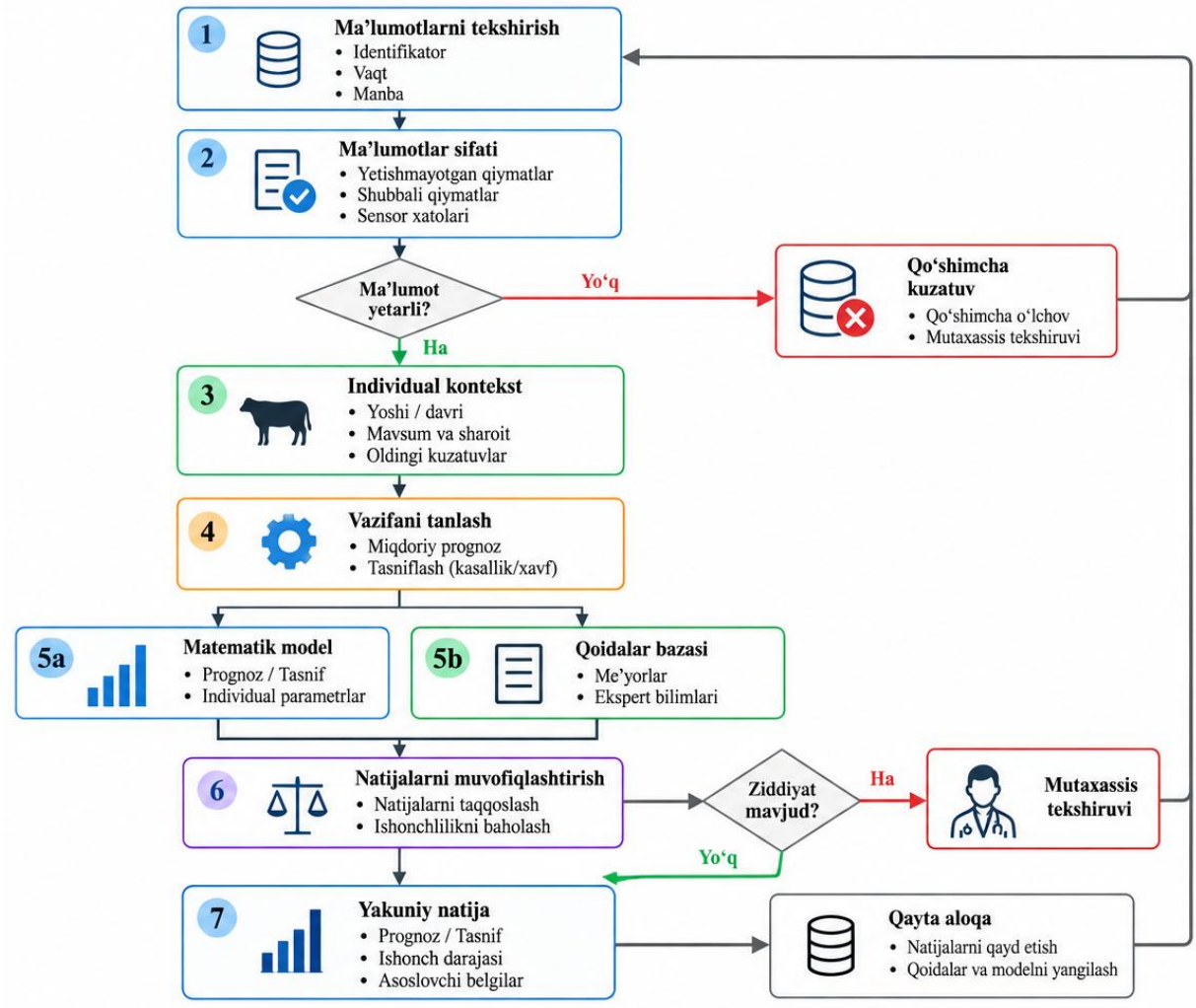
$$Precision = \frac{TP}{TP+FP},$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \qquad (4)$$

bu yerda TP – to‘g‘ri aniqlangan musbat holatlar, FP – noto‘g‘ri musbat, FN – noto‘g‘ri manfiy holatlar. Precision va recall tashxisdagi xatolarning turli jihatlarini ko‘rsatadi.

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision+Recall} \qquad (5)$$

F1 precision va recall o‘rtasidagi muvozanatni umumlashtiradi. Ushbu formulalar baholash mezonlarining ta’rifidir; ular taklif etilgan konseptual integratsiya operatorining tajribada tasdiqlangan natijasi emas.



4-rasm. Integratsiyalashgan tahlilning tavsiya etilayotgan bosqichlari

Manba ishonchliligini R_s, vaqt mosligini T_s va parametr qamrovini C_M kabi alohida tavsiflar orqali saqlash maqsadga muvofiq. Ularni bitta ballga yig‘ish mumkin bo‘lsa-da, buning uchun mezonlarni normallashtirish, vaznlarni asoslash va turli vazifalarda sezgirlik tahlilini o‘tkazish talab etiladi. Hozirgi maqolada bu ko‘rsatkichlarning aniq vaznlari yoki chegaralari belgilanmaydi, chunki ularni asoslash uchun real ma’lumotlar va mutaxassislararo kelishuvni o‘lchash natijalari kerak.

4-rasmda jarayon oltita ketma-ket bosqichda ifodalangan. Avval hayvon identifikatori, ma’lumot manbasi va vaqt belgisi tekshiriladi; keyin yo‘qolgan, kechikkan yoki shubhali qiymatlar ajratiladi. Uchinchi bosqichda hayvonning yoshi, laktatsiya yoki reproduktiv davri, mavsum va tarixiy holati kabi kontekst qo‘shiladi. To‘rtinchi bosqichda masalaning prognoz yoki tasniflash ekani belgilanadi. Beshinchi bosqichda qoidalar va model natijalari muvofiqlashtirilib, qarama-qarshiliklar ochiq ko‘rsatiladi. Oxirgi bosqichda natija va keyingi kuzatuvlar qayd etiladiю

(cc) BY

Agar ma’lumot yetarliligi belgilangan talabga javob bermasa yoki qoidalar va model natijalari keskin farq qilsa, tizim majburiy yakuniy xulosa chiqarish o‘rniga “dalil yetarli emas” holatini qaytarishi, qo‘shimcha o‘lchov yoki mutaxassis tekshiruvini tavsiya qilishi mumkin. Bunday mexanizm tizimning foydasizligini emas, balki uning chegaralarini to‘g‘ri tan olishini bildiradi. Ayniqsa kasallik tashxisida yolg‘on xotirjamlik xavfi yuqori bo‘lganligi sababli noaniqlikni yashirmaslik muhim.

Taklif etilgan yondashuvning asosiy hissasi yangi tasniflagich yoki prognoz algoritmini e’lon qilishda emas. U turli metodlar natijalarini bir xil semantik kontekstda tekshirish, ma’lumot yetishmasligini salbiy kuzatuvdan ajratish, ziddiyatli xulosalarni ko‘rsatish va tekshirilgan qayta aloqani boshqarish zaruratini yagona konseptual tuzilma sifatida ifodalaydi. Bu yondashuv turli ishlab chiqaruvchilar sensorlari va dasturiy tizimlari o‘rtasida ma’lumot almashish masalasi bilan ham bog‘liq [8].

Amaliy jihatdan bunday tuzilma fermer yoki veterinarga faqat yakuniy ballni emas, balki qaysi ma’lumotlar natijaga ta’sir qilganini, qaysi dalillar yetishmayotganini va qaysi vaziyatda qo‘shimcha tekshiruv kerakligini ko‘rsatishi mumkin. Biroq bu imkoniyatlarning real foydasi faqat foydalanuvchi ishtiroki, qaror vaqti, yolg‘on ogohlantirishlar, o‘tkazib yuborilgan holatlar va xizmat ko‘rsatish xarajatlarini qamrab olgan tajribada baholanadi.

Xulosa

Tahlil qilingan ilmiy ishlar individual hayvon holatini baholashda sensorli monitoring, klassik matematik modellar, mashinaviy o‘rganish, qoidalar bazasi va mutaxassis ishtiroki turli vazifalarni bajarishini ko‘rsatadi. Sensorlar kuzatuvni kengaytiradi, matematik modellar miqdoriy o‘zgarishlarni baholaydi, mashinaviy o‘rganish ko‘p parametrli naqshlarni topadi, qoidalar esa bilim va me’yorlarni izohlanadigan shaklda ifodalaydi. Mashina-ekspert yondashuvi hisoblash natijalarini mutaxassis tekshiruvi bilan bog‘laydi. Ularning birgalikdagi foydasi esa komponentlar soniga emas, ular o‘rtasidagi moslashtirish va tekshirish qoidalariga bog‘liq.

Qiyosiy tahlil to‘rtta muhim metodologik talabni ajratdi. Birinchidan, ma’lumotning yo‘qligi alomatning yo‘qligi bilan tenglashtirilmasligi kerak. Ikkinchidan, turli manbalarning vaqt belgisi, o‘lchov birligi va semantik mazmuni moslashtirilishi lozim. Uchinchidan, qoidalar va matematik model qarama-qarshi natija berganda, tizim ziddiyatni yashirmasdan ko‘rsatishi va vazifa xavfiga qarab qo‘shimcha tekshiruvni talab qilishi kerak. To‘rtinchidan, mutaxassis fikri yoki yangi kuzatuv asosida bilimlar faqat tekshirilgan natija mavjud bo‘lgandagina yangilanishi lozim.

Maqolada taklif etilgan konseptual model ushbu talablarni yagona jarayonda birlashtiradi: ma’lumot manbasini aniqlash, sifat va yetarlilikni baholash, individual kontekstni qo‘shish, vazifaga mos modelni qo‘llash, qoidalar va model chiqishini muvofiqlashtirish hamda natijani tekshirilgan qayta aloqa bilan bog‘lash. Formulalar modelning matematik ko‘rinishini tartibga soluvchi konseptual ifodalardir; ularning samaradorligi hozirgi maqolada eksperimental tarzda isbotlangan deb da’vo qilinmaydi.

Keyingi tadqiqot uchun asosiy vazifa – bir xil ma’lumotlar va tekshirish protokoli asosida alohida model, qoidalar bazasi va integratsiyalashgan yondashuvni qiyoslashdir. Sinovlar sut mahsuldorligi prognozi va kasallikni aniqlash uchun alohida tashkil etilishi, natijalar esa mos metrikalar bilan baholanishi lozim. Hayvonlar va xo‘jaliklar bo‘yicha mustaqil ajratish, turli mavsumlarda tekshirish, sensor uzilishlari ssenariylari va qarama-qarshi dalillarni sinash tashqi qo‘llanish imkoniyatini baholashga yordam beradi.

Xulosa qilib aytganda, individual obyekt holatini baholashda bilimlar va matematik modellarni integratsiyalashning markaziy muammosi algoritmlarni ko‘paytirish emas, balki turli manbalardan olingan dalillarni ishonchlilik, kontekst, noaniqlik va tekshirish talablarini hisobga olgan holda muvofiqlashtirishdir. Taklif etilgan konseptual model shu masalani keyingi eksperimental tadqiqot uchun aniq vazifalar va sinov shartlariga ajratadi.

Xulosa

1. Slob N., Catal C., Kassahun A. Application of machine learning to improve dairy farm management: A systematic literature review // Preventive Veterinary Medicine. – 2021. –

(cc) BY

Vol. 187. – 105237. DOI: https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105237.
2. J García R., Aguilar J., Toro M., Pinto A., Rodríguez P. A systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming // Computers and Electronics in Agriculture. – 2020. – Vol. 179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105826.
3. Niloofar P., Francis D.P., Lazarova-Molnar S., Vulpe A., Vochin M.-C., Suciu G., Balanescu M., Anestis V., Bartzanas T. Data-driven decision support in livestock farming for improved animal health, welfare and greenhouse gas emissions: Overview and challenges // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. – Vol. 190. – 106406. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106406.
4. Aguilar-Lazcano C.A., Espinosa-Curiel I.E., Ríos-Martínez J.A., Madera-Ramírez F.A., Pérez-Espinosa H. Machine Learning-Based Sensor Data Fusion for Animal Monitoring: Scoping Review // Sensors. – 2023. – Vol. 23(12). – 5732. DOI: https://doi.org/10.3390/s23125732.
5. Bang R.N., Guajardo M., Hansen B.G. Recent advances in decision support for beef and dairy farming: modeling approaches and opportunities // International Transactions in Operational Research. – 2023. – Vol. 30(6). – P. 2807–2839. DOI: https://doi.org/10.1111/itor.13311.
6. Sani M.I., van der Voort M., Tekinerdogan B., Hogeveen H. Application of precision livestock farming: challenges and opportunities // Animal Bioscience. – 2026. – Vol. 39(4). – 250895. DOI: https://doi.org/10.5713/ab.250895.
7. Rutten C.J. et al. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms // Journal of Dairy Science. – 2013. – Vol. 96(4). – P. 1928–1952. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107.
8. Bahlo C., Dahlhaus P., Thompson H., Trotter M. The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 156. – P. 459–466. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.007.
9. Wang H., Shen W., Zhang Y., Gao M., Zhang Q., Xiaohui A., Du H., Qiu B. Diagnosis of dairy cow diseases by knowledge-driven deep learning based on the text reports of illness state // Computers and Electronics in Agriculture. – 2023. – Vol. 205. – 107564. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107564.
10. Suharjito, Diana, Yulyanto, Nugroho A. Mobile Expert System Using Fuzzy Tsukamoto for Diagnosing Cattle Disease // Procedia Computer Science. – 2017. – Vol. 116. – P. 27–36. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.005.
11. Wood P.D.P. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle // Nature. – 1967. – Vol. 216. – P. 164–165. DOI: https://doi.org/10.1038/216164a0.
12. Grzesiak W., Błaszczyk P., Lacroix R. Methods of predicting milk yield in dairy cows–Predictive capabilities of Wood's lactation curve and artificial neural networks (ANNs) // Computers and Electronics in Agriculture. – 2006. – Vol. 54(2). – P. 69–83. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.08.004.
13. Liseune A. et al. Predicting the milk yield curve of dairy cows in the subsequent lactation period using deep learning // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. DOI: doi.org/10.1016/j.compag.2020.105904.
14. Babadjanov E.S., Toliyev X.I. Qoidalar va algoritmlar bazasi asosida individual obyekt holatini baholash (sut chorvachiligi misolida) // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences Vol.2(7), 2026. DOI: 10.24412/2181-144X-2026-2-94-103
15. Babadjanov E.S., Toliyev X.I. Qoidalar bazasi asosida ko‘p qatlamli mashina-ekspert yondashuvining matematik modeli// Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt ilmiy jurnali. Volume 4, Issue 4, August 2026. DOI: 10.5281/zenodo.23345049

(cc) BY