

AQLLI CHORVACHILIKDA ROBOTLI OZIQLANTIRISHNI TATBIQ ETILISHI

Elmurod Babadjanov [0000-0002-5554-6727],

Manzura Faizullayeva [0009-0000-9816-5548], **Dilbar Serjanova** [0009-0006-7138-8112]

¹*Nukus davlat texnika universiteti, Kompyuter injiniringi kafedrası professori, DSc,
E_mail: elmurbes@gmail.com*

²*Muhammad al Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, TAD kafedrası
doktoranti, E_mail: fayzullaeva7117@gmail.com*

³*Muhammad al Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, TAD kafedrası
doktoranti, E_mail: dilyaserjanova@gmail.com*

Annotatsiya. Ushbu maqolada chorvachilik xo'jaliklarida qoramollarni oziqlantirish jarayonlarini optimallashtirish maqsadida raqamli texnologiyalar, ayniqsa IoT texnologiyalari, aqlli sensorlar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va robototexnika vositalarining tatbiqi keng yoritilgan. Qoramollarning oziqlanish samaradorligini oshirish, suv iste'molini nazorat qilish, salomatlikni monitoring qilishda uchun turli xil sensorlar (ultratovush, harorat, namlik, vazn, suyuqlik oqimi o'lchagichlar), aqlli oziqlantiruvchilar, avtomatik tarozilar hamda ML modellar asosida bashorat tizimlari muhokama qilingan. Shuningdek, maqolada Uz_PLF platformasi misolida integratsiyalashgan aqlli ferma infratuzilmasi ko'rib chiqilgan bo'lib, unda ratsion moduli asosida har bir qoramolga moslashtirilgan ovqatlanish rejasi shakllantiriladi. Umuman olganda, maqola chorvachilikda zamonaviy texnologiyalarning qo'llanilishi orqali yuqori samaradorlikka erishish, resurslarni tejash, hayvonlarning sog'lig'ini yaxshilash va fermalarni to'liq raqamlashtirish imkoniyatlarini amaliy misollar bilan samarali yechimlar taklif qilindi.

Kalit so'zlar: IoT; ML; sensor; chorvachilik; aqlli oziqlantirish; monitoring; avtomatlashtirish; vazn.

Abstract. This article extensively explores the application of digital technologies, particularly the Internet of Things (IoT), smart sensors, automated control systems, and robotics to optimize the feeding processes of cattle in livestock farms. It discusses the use of various sensors (ultrasonic, temperature, humidity, weight sensors, and liquid flow meters), smart feeders, automatic weighing systems, as well as predictive systems based on machine learning (ML) models to improve feeding efficiency, control water consumption, and monitor animal health. Furthermore, the article examines the integrated smart farm infrastructure using the Uz_PLF platform as an example, where a customized feeding plan for each animal is developed through the ration module. Overall, the article presents effective solutions based on practical examples, demonstrating the potential for achieving high productivity, resource efficiency, improved animal health, and complete digitalization of farms through the implementation of modern technologies in livestock farming.

Keywords: IoT; ML; sensor; livestock farming; smart feeding; monitoring; automation; weight.

Аннотация: В данной статье широко освещено применение цифровых технологий, в частности технологий Интернета вещей (IoT), интеллектуальных датчиков, автоматизированных систем управления и средств робототехники для оптимизации процессов кормления крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах. Рассматриваются использование различных сенсоров (ультразвуковые, температурные, влажностные, весовые датчики и расходомеры жидкости), интеллектуальных кормушек, автоматических весов, а также систем прогнозирования на основе моделей машинного обучения (ML) для повышения эффективности кормления, контроля потребления воды и мониторинга состояния здоровья животных. Также в статье рассмотрена интегрированная инфраструктура умной фермы на примере платформы Uz_PLF, где с помощью модуля рациона формируется индивидуальный план питания для каждого животного. В целом, в статье предложены эффективные решения на практических примерах, демонстрирующие возможности достижения высокой производительности, экономии ресурсов, улучшения здоровья животных и полной цифровизации ферм за счет применения современных технологий в животноводстве.

Ключевые слова: IoT; ML; датчик; животноводство; интеллектуальное кормление; мониторинг; автоматизация; вес.

Kirish

So'nggi yillarda qishloq xo'jaligi, xususan chorvachilik sohasida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi fermer xo'jaliklarining samaradorligini oshirish va resurslardan oqilona foydalanishda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Internet buyumlari, aqlli sensorlar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va robototexnik vositalar yordamida qoramollarni oziqlantirish jarayonini optimallashtirish, ozuqa va suv iste'molini nazorat qilish, hayvonlarning salomatligini kuzatish va fermalarning umumiy ishlab chiqarish faoliyatini raqamlashtirish imkoniyatlari tobora kengayib bormoqda. Qoramollarni to'g'ri va o'z vaqtida oziqlantirish ularning mahsuldorligi, salomatligi hamda iqtisodiy samaradorlikka bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ammo an'anaviy oziqlantirish usullari ko'pincha isrofgarchilik, noto'g'ri dozalanish va yuqori mehnat xarajatlarga olib keladi. Shu sababli, zamonaviy texnologiyalar asosida ishlovchi aqlli oziqlantirish tizimlari - avtomatik oziqlantiruvchilar, monitoring sensorlari, ML (machine learning) algoritmlari va bulutli axborot tizimlarining joriy etilishi fermerlarga real vaqt rejimida boshqaruv qarorlarini qabul qilishga, hayvonlarning individual ehtiyojlarini hisobga olishga va umumiy samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Ushbu maqola bir necha bo'limlardan iborat bo'lib, jumladan, kirish (1), ozuqaga bo'lgan talablar (2), qoramollarni oziqlantirishda raqamli texnologiyalarning tatbiqi (3), aqlli ferma platformasida robototexnologiya asosida oziqlantirish (4) va xulosadan (5) iborat. Dastlabki bo'limda qoramollar uchun ozuqaga qo'yiladigan talablar, suv resurslarining ahamiyati va ularning mahsuldorlikka ta'siri tahlil qilinadi. Keyingi bo'limda esa qoramollarni oziqlantirishda raqamli texnologiyalarning amaliy qo'llanilishi - sensorlar, avtomatik oziqlantiruvchilar, robototexnika vositalari va sun'iy intellekt modellari orqali amalga oshirilayotgan innovatsion yondashuvlar bayon etiladi. Shuningdek, ishda omborxonalaridagi ozuqa zaxirasini monitoring qilish, vazn o'zgarishlarini kuzatish, suv iste'molini avtomatlashtirish va qo'shimcha ozuqaning fiziologik ta'sirini aniqlashga qaratilgan ilg'or tajribalar keltirilgan. Yakuniy qismda mahalliy sharoitga moslab ishlab chiqilgan Uz_PLF platformasi va unga integratsiyalangan aqlli oziqlantirish infratuzilmasi asosida chorvachilik faoliyatini to'liq raqamlashtirishga doir takliflar bayon etildi [1].

Qoramollarning ozuqaga bo'lgan talablari

Hayvonlarda oziq-ovqat moddalari yetishmovchiligi mahsuldorlikni pasayishi va salomatlikga salbiy ta'sir ko'rsatsa, ozuqaviy moddalarni oshirish ortiqcha xarajatlarga olib keladi. Ma'lumki zotdor qoramollar doimiy ozuqa va mineralga boy yem-xashakni talab qiladi. Qoramollarni to'yimli va sifatli ozuqa bilan ta'minlash orqali turli yuqumli kasalliklar yuqishining oldi olinadi. Qoramol yetishtirishda zotdor hayvonlarning oziqlanishiga alohida e'tibor qaratilishi zarur. Xususan, sut va go'sht yo'nalishidagi zotdor qoramollar uchun to'g'ri shakllantirilgan kunlik ratsion hayvonning mahsuldorligini oshirish va sog'lig'ini saqlab qolishda asosiy omil hisoblanadi. Sut yo'nalishidagi zotdor qoramollar uchun em-xashak iste'moli, jumladan, Holshtein-Friz, Jersey va Brown Swiss kabi zotlar, tana vaznining 3% - 4% miqdorida quruq modda iste'mol qiladi. Misol uchun, tana vazni 600 kg bo'lgan sigir uchun bu ko'rsatkich taxminan kunlik quruq modda istemoli $600 \times 0.035 = 21$ kg hisoblanadi. Quruq modda tarkibiga pichan, silos, don mahsulotlari, jumladan, makkajo'xori, arpa hamda proteinga boy ozuqalar kiradi. Shuningdek, sigirning sut berish hajmi ortgani sari ozuqa iste'moli ham mutanosib ravishda oshadi. Bunga Holshtein zotiga mansub bo'lgan qoramolni misol qilib olsak, kuniga 30 - 40 litr sut beradigan sigirlar odatda: kuniga 25 - 28 kg quruq modda iste'mol qilish zarur hisoblanadi.

Hereford, Angus va Charolais kabi zotdor qoramollar go'sht yetishtirish maqsadida boqiladi, ularning tana vaznining 2% - 2.5% miqdorida quruq modda iste'mol qilinishi zarur. Aytaylik tana og'irligi 700 kg bo'lgan go'sht yo'nalishidagi qoramol kuniga taxminan: $700 \times 0.022 = 15-16$ kg quruq modda iste'mol qilishi zarur. Agar qoramol intensiv semirtirish rejimida boqilsa, unga kuniga 12-14 kg aralash ozuqalar (arpa, silos, pichan va proteinga boy yemlar) berilishi kerak. Ozuqaning suvdan holi qismi quruq modda bo'lib, hayvon organizmi tomonidan to'g'ridan-to'g'ri o'zlashtiriladigan haqiqiy ozuqa moddalari hisoblanadi. Ozuqa tarkibining 70-80% ini suv tashkil qilsa, hayvonlarga beriladigan haqiqiy ozuqa hajmi quruq modda nisbatiga ko'ra aniqlanadi. Suv chorvachilikning muhim manbasi va hayvonlar uchun zarur bo'lgan birinchi ozuqa moddasidir. Qishloq xo'jaligi chorva xayvonlari oziq-ovqatini ishlab chiqishda umumiy 30% suv foydalaniladi. Hayvonlarni doimiy toza ichimlik suvi bilan ta'minlash, tabiatda suv miqdoring o'zgaruvchanligi, suvning potentsial ta'siri, yaylovlarda sug'orishni takomillashtirilgan texnologiyalarga bo'lgan ehtiyojni hisobga olgan holda chorvachilik xo'jaliklari doimo suv resurslarini boshqarishning optimal yo'llarini izlaydilar. Misol uchun qurg'oqchilikka moyil bo'lgan hududlarda suvning fazoviy va vaqtinchalik o'zgarishi yem-xashak sifati va miqdorining pasayishiga olib kelishi oqibatida hayvonlar mahsuldorligi hamda tabiiy resurslarni boshqarish qarorlariga ta'sir qiladi. Ma'lumotlarga ko'ra zotdor bo'lgan bitta qoramol kuniga 40-90 litr suv iste'mol qiladi [2].

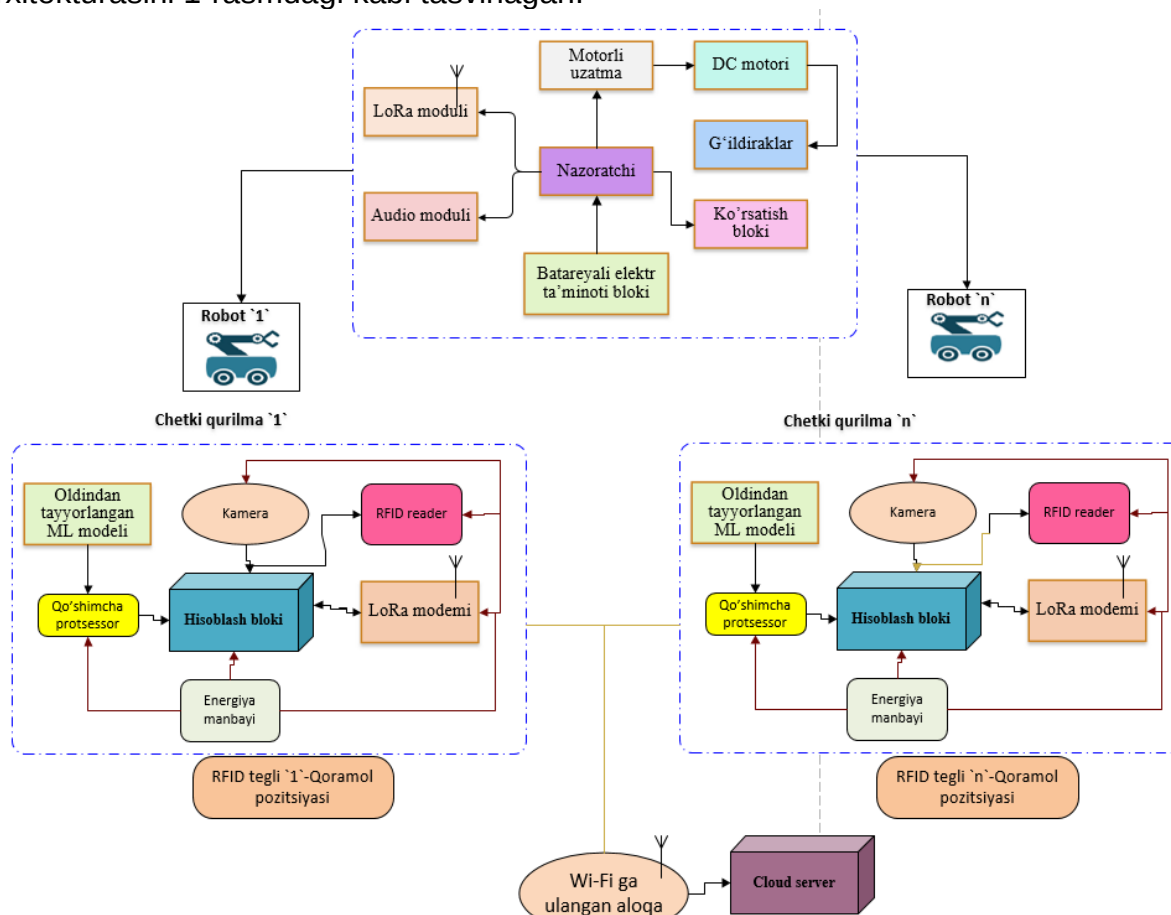
Qoramollarni oziqlantirishda raqamli texnologiyalarning tatbiqi.

Omborxonalaridagi ozuqa mug'dorini sensorlar yordamida monitoring qilish. Fermada bunkerlar asosan qoramollarni boqish uchun silos va donni saqlash, uni hasharotlar, kemiruvchilar, qushlar va boshqalardan himoya qilish uchun ishlatiladigan o'rta va katta hajmli omborxonadir. Aqlli oziqlantirishda ozuqa hajmini nazorat qilish, ortiqcha isrofgarchilikka yo'l qo'ymaslik uchun ozuqani to'g'ri boshqarish va zaxirani to'ldirish, ozuqa sifatini ta'minlashda muhim bo'lgan harorat va namlikni nazorat qilish uchun IoT texnologiyalaridan foydalanish zarur. Vigneswaria tadqiqotida chorvachilik xo'jaliklarida ilg'or texnologiyalardan foydalangan holda aqlli oziqlantirish tizimini ishlab chiqish, silosdagi don miqdori va hajmini monitoring qilish usullari o'rganilgan [3]. Tadqiqotda bir nechta sensorli tizimdan foydalanilgan bo'lib, jumladan, ultratovush sensori, servomotor, harorat va namlik sensori, devor adapteri, Wi-fi moduli hamda mikrokontrollerdan tashkil topgan. Bunker shitiga o'rnatilgan ultratovush sensori yordamida don va silosning satxi (masofa) aniqlanadi. Ultratovush sensori servomotor bilan ulangan bo'lib, harorat va namlik sensorlari turli vaqt birliklarida silos ichidagi o'zgarishlarni aniqlaydi. Bu sensorlarni boshqarish uchun Arduino UNO mikrokontroller ishlatilgub bo'lib, u sensorlardan olingan ma'lumotlarni wi-fi moduli orqali serverga uzatadi.

Robototexnika yordamida ozuqani tayyorlash va taqsimlash

Maxsus avtomatik ozuqa tayyorlovchi aralashtirgichlar yordamida har bir yem-xashak turiga qarab belgilangan aniq bir miqdorda tortib olinadi. Ozuqaning tarkibiy qismlarining nisbati oldindan dasturiy boshqaruv tizimiga kiritiladi va taxminan 50% silo, 30% pichan, 20% don ko'rinishida bo'ladi. Ushbu uskunalar barcha tarkibiy qismlarni bir xil va muvozanatli tarzda aralashtirib, hayvonlar uchun tayyor va to'liq qamrovli aralash ozuqa tayyorlaydi. Mazkur jarayon vazn o'lchash sensorlari va zamonaviy dasturiy boshqaruv modullari orqali avtomatlashtirilgan tarzda amalga oshiriladi. Anita Gehlot tadqiqotida fermadagi hayvonlarni robotlar yordamida oziqlantirishga qaratilgan. Unda,

qoramollarning ma'lum joyiga taqilgan sensor yordamida ob'ektdan ma'lumot olinadi va natija ML orqali tahlil qilinadi. Tahlil natijalari fermadagi robotlarga LoRa orqali uzatiladi va robotlar qabul qilingan salomatlik ma'lumotlariga asoslanib, qoramollarga mo'ljallangan ovqatni tayyorlaydi. Keyinchalik, tayyorlangan ovqat mobil robotning bo'linmasiga joylashtiriladi va mobil robot belgilangan qoramolning identifikatsiya raqamini aniqlaydi. Robotlardan foydalanish fermer yoki foydalanuvchi sog'lig'i yomon bo'lsa ham qoramollar uchun sog'lom muhitni ta'minlaydi. Bundan tashqari, ma'lumotlar raqamli platformada, ya'ni aloqa orqali bulutli serverda qayd etiladi. Robotlar, ML, IoT va chekka qurilmalar integratsiyasi orqali sog'in sigirlar uchun sog'lom ovqatlanishni ta'minlashga xizmat qiluvchi aqlli tizimlarni amalga oshirish imkonini beradigan tizim arxitekturasini 1-rasmdagi kabi tasvirlagan.



1-rasm. IoT va robototexnikali oziqlanishni tartibga solish va oziqlantirish arxitekturasini.

Avtomatlashtirilgan ozuqa tizimlari, avtomatik oziqlantiruvchilar va dasturlashtiriladigan avtomatik oziqlantiruvchilar kabi qishloq xo'jaligi texnikasi ma'lum darajada avtomatlashtirilgan holda qoramol podalari yoki alohida hayvonlar uchun qo'shimcha dozani etkazib berishga qaratilgan tizimlardir. Avtomatik oziqlantiruvchilarni statsionar, mobil, podani alohida yoki jamoaviy oziqlantirish kabi guruhlariga ajratamiz. Dasturlashtiriladigan avtomatik oziqlantiruvchilar quyidagi xususiyatlarga ega:

- foydalanuvchi tomonidan belgilangan muddatlarda oziq-ovqat (qo'shimcha) miqdorini yetkazib beradi;
- har bir qoramolni alohida va oziqlantirgichda qancha vaqt turganligini aniqlaydi;
- poda tomonidan iste'mol qilingan qo'shimchalar miqdorini hisoblaydi;

– qo'shimcha faoliyat bilan shug'ullanish uchun zarur bo'lgan mehnatni (ish yuklamasi va vaqtni) kamaytiradi va moliyaviy yo'qotishlarni kamaytiradi.

Fermalarda qoramol vaznini kuzatish muhim sanaladi, chunki u o'sishga, laktatsiyaga, unumdorlikka va hayvonlarning ishlashining o'zgaruvchanligini boshqarishga ta'sir qiladi. Qoramol vaznini baholashda statsionar tarozilar tarozilar vaqtni, tortish ishlarini talab qiladi va hayvonning stressini oshiradi. Vazn o'lchash tarozilari qoramolning tirik vaznini o'lchashni osonlashtirish uchun mo'ljallangan bo'lib, kunning turli vaqtlarida avtomatlashtirilgan vazn o'lchovlarini ta'minlaydi, statsionar tarozilar talab qiladigan vaqt va mehnatni kamaytiradi. Bundan tashqari, bilvosita usullarga misol bo'lgan 2D yoki 3D sensorlar (RGB kameralar, infraqizil va lazerli skanerlash sensorlari) yordamida vaznni baholash yondashuvlari ham mavjud [4]. Sensorlarga asoslangan texnikalar qoramolning vaznini o'lchashda chorva mollarining morfologik xususiyatlaridan, masalan, bo'yi, yurak atrofi, tana uzunligi va son kengligidan foydalanadi.

Ruchay.A tadqiqotidagi qoramolning tana vaznini bashorat qilishda tasvirli regressiyaga asoslangan model, RGB tasvirlar va yon tomondan olingan chuqurlik xaritalaridan foydalanilgan model taqdim etilgan. Oldindan qayta ishlash bosqichida tasvirni aniqlash texnikalari qo'llanilgan bo'lib, ushbu ishda YOLO v4 modelidan foydalanilgan. Qoramol vaznini bashorat qilish uchun chuqur o'rganishga asoslangan model sifatida MRGBDM konvolyutsion neyron tarmog'i ishlatilgan. Mualliflarning ta'kidlashicha, eng yaxshi model qoramol vaznini 91,6% aniqlik bilan bashorat qilgan. Kinect sensori yordamida olingan uch o'lchamli tasvirlar qoramolning tana hajmi, maydoni va uzunligi kabi xususiyatlari bilan birgalikda go'shtli qoramollarda tana vazni va ADG ni bashorat qilish uchun avtomatlashtirilgan kompyuter ko'rinishini baholash uchun ishlatilgan [5]. Tana hajmi va maydon uzunligi kabi qoramol xususiyatlari, shuningdek, bir nechta modellarning bashoratli sifatini solishtirish uchun tanlash operatori, qisman eng kichik kvadrat regressiya, ko'p chiziqli regressiya va sun'iy neyron tarmoqlar ishlatilgan. Hayvonlar aniqliligi $\pm 0,5\text{kg}$ bo'lgan monitoring tarozida tortilgan. Qoramol tana vaznining eng yaxshi bahosi 7 ga teng bo'lgan ildiz o'rtacha kvadratik prognoz xatosi bilan su'niy neyron tarmog'idan foydalanilganda 7 kg va $R^2=0.92$ edi. Qoramollarning o'rtacha vazn ortish smetasining eng yaxshi natijalariga su'niy neyron tarmog'i (vaznning o'rtacha kvadratik xatosi 0,02 va $R^2=0,85$ bo'lgan chorva mollarining sutdan ajratish va boshlanish bosqichi uchun) bilan erishildi.

Avtomatik oziqlantiruvchilarning mavjud texnologik tuzilmalari podaning vaznini dinamik o'lchash texnologiyalari bilan bir qatorda, qo'shimchalar faoliyatida ozuqaga bo'lgan talabini aniqlaydi va oshiradi. 2-rasmda fermerlar joriy texnologiyalar asosida poda uchun qo'shimcha parametrlarni aniqlashga qanday yondashishlari mumkinligi ko'rsatilgan. Ushbu ish 4 ta jarayonga ajratilgan:

1 – *jarayon*: fermerlar asosiy maqsad parametrlarini belgilaydi, masalan, podaning kunlik o'rtacha vazn ortishi, maqsadli vazn, boshlanish va tugash sanalari, ozuqa dasturini tanlash va qo'shimcha yem xususiyatlari sifatida hal qiladi;

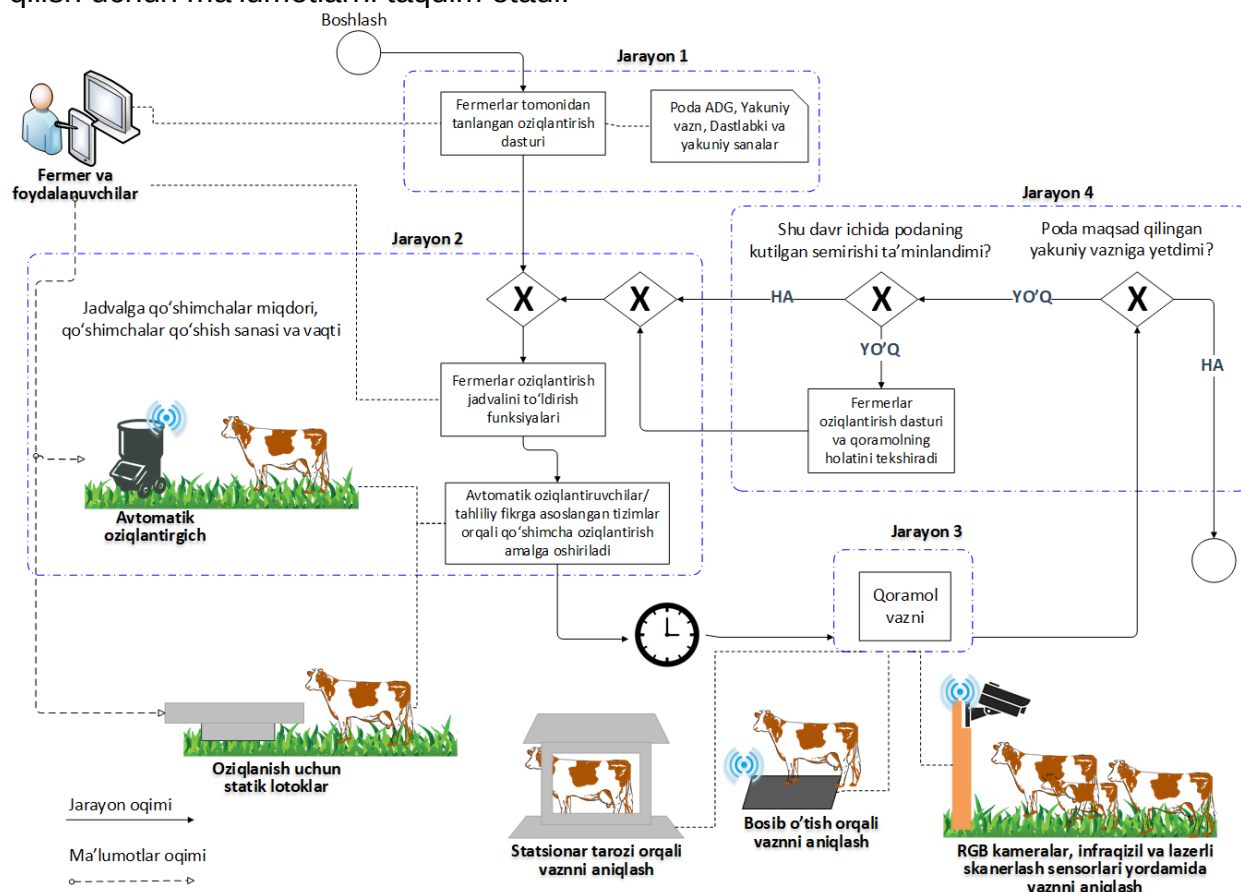
2 – *jarayon*: bu bosqichda qo'shimcha ovqatlantirish qanday amalga oshirilishi ko'rsatiladi. Tanlangan texnika yoki texnologiya bu faoliyatga ta'sir qilishi mumkin;

3 – *jarayon*: Hayvonning vazni vaqti-vaqti bilan baholanishi kerak. Statsionar tarozilar hayvonlarni tortish uchun keng tarqalgan uskunadir, ammo ularni yurib o'tish tarozisi yoki kompyuterni ko'rish texnikasi kabi kamroq intruziv va tezkor yondashuvlarga ega texnologiyalarga almashtirish abzalroq.

4 – *jarayon*: Hayvonlarni baholashning har bir davrida fermerlar qo'shimchalar, hayvonlar salomatligi va oziqlanish bo'yicha qaror qabul qilishadi.

2-rasmda texnologiyalar podani davolash va qoramollarning vazn o'lchash jarayonini optimallashtirish va avtomatlashtirish uchun 2 va 3 jarayonlarni qo'llab-quvvatlashni

ko'rsatdi. Lekin, har bir davolash davrida qoramol qo'shimchalari miqdori va sifati (1 va 4 jarayonlar) bilan bog'liq qarorlar hali ham fermerlar tomonidan monitoring, avtomatlashtirilmagan va dinamik bo'lmagan tarzda amalga oshiriladi. Ushbu tizimda fermerlar hayvonlarning parametrlarini, jumladan o'rtacha vazn ortishi, salomatlik, farovonlik, stress, atrof-muhit mezonlarini va yaylov xususiyatlarini kuzatish imkoniyatiga ega bo'lishgan. Dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantiruvchilarni yem-xashak sharoitlarini monitoring qilish texnologiyalari va chorva mollarining individual monitoring uchun sensorlar bilan birgalikda qoramollarni qo'shimcha oziqlantirish bo'yicha qarorlarni qabul qilish uchun ma'lumotlarni taqdim etadi.



2-rasm: Qoramollarni avtomatik robotli oziqlantirish tizimining jarayoni.

Aqlli oziqlantiruvchi tizim chorva mollarini nazorat qilish, ularning oziqlanish vaqtini kuzatish, ozuqaning isrofi oldini olish va inson mehnatiga bo'lgan talabni kamaytirish imkonini beradi. Ushbu tizim yordamida ozuqa samarali tarzda qoramollarga taqsimlanib ozuqa isrofi kamayadi. Xususan, Blynk ilova yordamida ombor ichidagi ozuqa miqdorini kuzatish, chorva mollarini oziqlantirish vaqtini boshqarish, idishdagi ozuqa miqdorini hisoblash va chorva mollarining ozuqa idishi yaqinidaligini aniqlaydi. Aqlli oziqlantirish tizimi ikkita asosiy qismdan iborat:

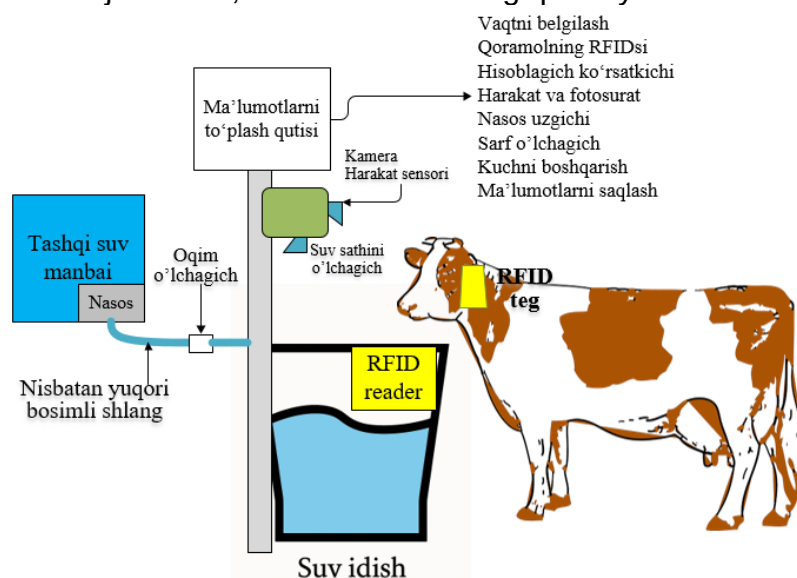
- apparat qismi, unga ultratovushli sensor, servomotor, vazn sensor va Arduino WeMos D1R2 kiradi;
- dasturiy ta'minot qismi, unda Blynk ilovasi internet orqali IoT sensorlarni masofadan boshqaradi.

Ozuqa idishiga o'rnatilgan ultratovushli sensorlar ozuqa darajasini kuzatsa, idishdagi vazn sensori qolgan ozuqa og'irligini hisoblaydi. Bu esa sigir qanchalik ozuqa iste'mol qilganini aniqlashga yordam beradi va foydalanuvchi ozuqa istemoliga qarab ovqat idishiga ozuqa etkazib berish uchun omborni ochish vaqtini belgilaydi. Shulardan kelib

chiqqan holda chorvachilik xo'jaliklarida ozuqa va suv iste'molini optimallashtirish uchun aqlli Multi - Agent tizimini ishlab chiqish taklif qilingan [6]. MAS bu kompyuterlashtirilgan tizim bo'lib, o'zaro ta'sir qiluvchi agentlardan iborat bo'ladi va ular kam yoki umuman inson aralashuvisiz ma'lum operatsiyalarni bajarish va maqsadlarga erishish qobiliyatiga ega. Tizim oziq-ovqat aralashmasidagi ozuqa miqdorini nazorat qiladi, uni hisoblaydi, tegishli ma'lumotlarni uzatadi va fermerni o'z vaqtida xabardor qiladi. Shuningdek, IoT qurilmalar yordamida siloslarni o'z vaqtida avtomatik ravishda to'ldirib turadi. Tizim bunker ichidagi don hajmini o'lchash uchun SONAR texnologiyasidan aniqroq aytganda XL-MaxSonar-WRL MB7066 modelidan foydalangan, don sifatini aniqlashda esa harorat va namlik sensori (SHT20 I2C)dan foydalangan bo'lib, bu sensor bunkerning yuqori qopqog'iga o'rnatiladi. Tizimda asosiy mikrokontroller sifatida Lolin v3 NodeMCU ishlatiladi va olingan ma'lumotlar bulutga uzatilgandan so'ng hisob-kitoblar amalga oshiriladi. Foydalanuvchining istagiga qarab, tizim o'lchovlarni vaqt oralig'ida avtomatik yoki real vaqtda amalga oshirsa bo'ladi.

Fermer xo'jaliklarida qoramollarning suv iste'molini monitoring qilish va avtomatlashtirish

Hozirgi vaqtda chorvachilikda sug'orish harakatlarini monitoring qilish va boshqarish bo'yicha yechimlar unchalik ko'p emas. Tang, W va boshqalar muallifligidagi 68ntell hayvonlarning suv ichish harakatlari, suv sifati va suv iste'molini nazorat qiluvchi suv sarfining monitoring tizimi tatqiq etilgan [7]. Ushbu ishda uzoq joylardagi chorva mollari va yovvoyi hayvonlarning suv iste'moli, suv sifatini aniqlash va tahlil qilish uchun ko'chma 68ntellectual suv olish monitoring tizimini taklif qilinadi. Bunda chorvachilik hayvonlariga sigir va qo'ylar, yovvoyi otlar va bug'ular olingan. Tizimda ishlatiladigan sensorlar orasida RFID readerlari, harakat detektorlari, suv sathi o'lchagichlari, suv oqimi o'lchagichlari va harorat sensorlari mavjud bo'lib, 3-rasmda tizimning qanday ishlashi keltirilgan.



3-rasm. Multisensorli aqlli sug'orish monitoring tizimi.

Tizimda RFID readerdan qoramollarga biriktirilgan teglarni aniqlash uchun foydalaniladi. Harakat detektor hayvonlar ichimlik stantsiyasi oldida harakat qilgandan so'ng RFID riderni va kamerani, suv sathi o'lchagichi va suv oqimi o'lchagichini faollashtiradi. Kamera hayvon tasvirini yozib oladi. Tizim ma'lum bir hayvonning har safar iste'mol qilgan suv miqdori va suv ichish muddatini qayd qiladi. Yovvoyi hayvonlarda RFID yorlig'i yo'qligi

sababli, yovvoyi hayvonlarning suv iste'moli harakat detektor va kamera yordamida qayd etiladi. Suv sathi o'lchagich ichimlik idishida suv sarfini o'lchaydi. Idishdagi suv darajasi ma'lum miqdordan pastga tushganda, tizim nasosni ishga tushiradi va idishni tashqi suv manbasidan to'ldiradi, bu suv oqimi o'lchagich tomonidan qayd etiladi. Tizim tomonidan yozilgan barcha ma'lumotlar SD kartada saqlanadi. Tizim avtomatlashtirilgan va dala maydoniga o'rnatilgandan so'ng foydalanuvchisiz ishlaydi. Taklif qilingan tizimda sensor tarmog'i muhim rol o'ynaydi. Tavsiya etilgan tizim boshqa shunga o'xshash tizimlar bilan taqqoslaganda, ko'rish sensorlari, harakat detektorlari, RFID tizimlari, oqim o'lchagichlari, harorat sensorlari va loyqalik sensorlarini birlashtirgan sensorli tarmoqlardan foydalanadi. Alohida sensorlardan olingan qo'shimcha ma'lumotlar suv sifati va hayvonlarning individual suv iste'molini ishonchli va aniq qayd etish imkonini beradi. Tatqiqot ishining asosiy yangiliklari va ulushini (1) taklif qilingan tizimni real sharoit bo'yicha ishlab chiqilishi; (2) uy chorvalari va yovvoyi hayvonlarda tizimning funksional imkoniyatlarini tekshirish va uning samaradorligini baholashdan iborat.

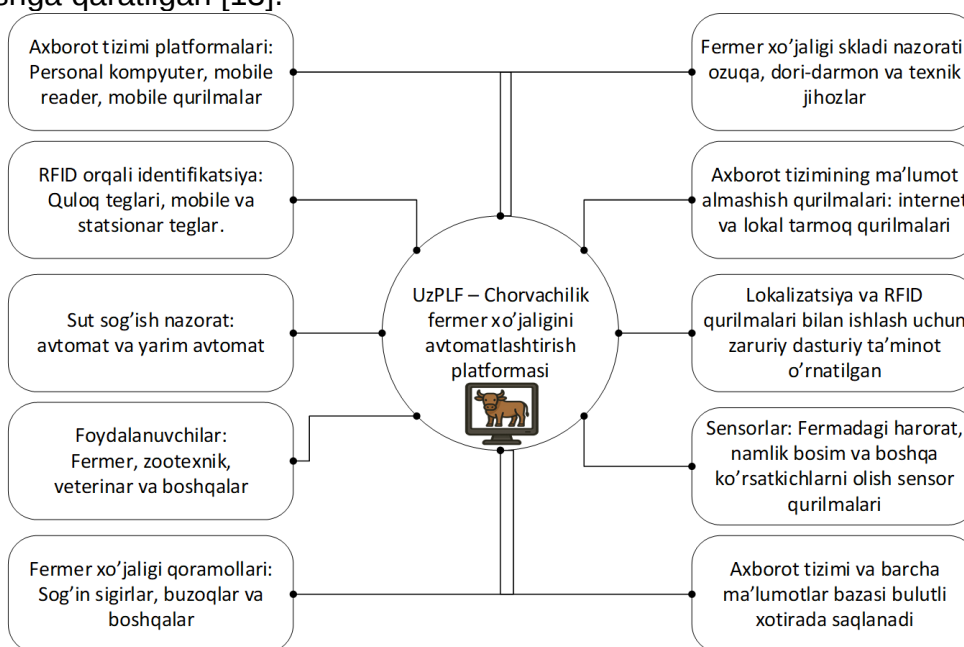
Qoramolardagi vazn o'zgarishida qo'shimcha ozuqaning o'rni

Jose A. Imazning qoramollarni qo'shimcha oziqlantirish tadqiqotida keltirilgan Molasses-lick Blocks (MLB) qo'shimchasining yaylov sharoitida qoramolning tirik vazni o'zgarishiga ta'sirini aniqlash va MLB iste'moli, oziqlantirish harakati, ozuqa turi, miqdori va sifati o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganishga harakat qilishgan. Shuningdek, avtomatik oziqlantiruvchi va yurib o'tish tarozilarning qoramollar oziqlanish odatlariga ta'siri ham tahlil qilingan. 254 kun davom etgan eksperimentda 52 bosh qoramol ikkita maydonga ajratilgan, jumladan, qo'shimchali (MLB qo'shimchasi bilan; Lucerne va jo'xori pichani), ikkinchisi qo'shimchasiz. Yaylovlarda ozuqa zaxirasi ko'p va kam bo'lgan davrlar qamrab olingan bo'lib, shulardan sudan o'tlari, kuzgi yaylovlar, sulii ekinlari, qishki konsentrat yaylovlar, luserne (jontak) pichani, jo'xori pichanlari bilan oziqlantirilgan. O'simlik kimyoviy tahlili orqali yaylovdagi ozuqa miqdori va sifati aniqlangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, MLB bilan qo'shimchalar faqat sudan o'tlari, kuzgi yaylovlar va jo'xori pichanlarda LWCni yaxshilagan va MLB iste'moli yuqori em-xashak davrida 111% ga yuqori bo'lgan. Xuddi shu mualliflarning yana bir tadqiqotida dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgich va yurib o'tish tarozisi yordamida boqiladigan qoramollarning oziqlanish harakatlari, ozuqa iste'moli va tirik vaznini baholadi. Oldingi ishning bir xil paddock infratuzilmasi ishlatilgan va natijalar dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgichning individual hayvonlar orasida MBL iste'mol qilishdagi o'zgaruvchanlikni, kuniga 0 dan 194 g / hayvonga ($p < 0.01$) miqdoriy aniqlash qobiliyatini ko'rsatdi [8,9]. Tirik vazn o'zgarishi ($R^2 = 0.44$, $p < 0.05$) va hayvonlarning dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgichini qo'llash chastotasi va davomiyligi MLB iste'moli bilan ijobiy bog'liq edi ($R^2 = 0.86$, $p < 0.01$). PAF dan foydalangan holda podalar tomonidan qo'shimcha ovqatlarning kunlik o'zgarishi kuzatilganida, 61 kun davomida 15ta mol go'shtiga radiochastota identifikatsiyasi belgilandi. Hayvonlar dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgichda mahalliy yaylov va qo'shimchalarga kirish imkoniga ega edi. Dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgich ikkita yuk xujayrasiga, RFID readeriga va bitta hayvon bir vaqtning o'zida oziqlantiruvchiga kirish imkoniyatiga ega. Qo'shimcha tarkibi 80% soya uni va 20% soya qobig'i va 5 turdagi tuzdan tashkil topdi. Tuzni iste'mol qilish bilan qo'shimchani istemol qilish derlik bir xil edi. Dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgichda $21 \pm 1.15 \text{ kg} / 5 \text{ ta hayvon}$, $4 \pm 2.1 \text{ marta}$ va tuz iste'moli o'rtacha kuniga hayvonlar tana vaznining 0,17% ni tashkil etdi, hayvonlar orasida katta farqlar mavjud. Kuniga qo'shimcha qabul qilish $R^2 = 0$ bilan ijobiy bog'liq. Tajriba 112 bosh Angus zotli hayvonlarda o'tkazildi, ular yaylovga, silosga, qo'shimcha tuz va suv bloklariga kirish

imkoni berildi. Hisoblash infratuzilmasi IoT arxitekturasini tamoyillari asosida sensor qatlamlari (sensorlar va aktuatorlar), ma'lumotlarni uzatish (3G texnologiyasi va WiFi) va ma'lumotlarni mahalliy saqlash bilan qurilgan. Elektron asboblarning to'plamining validatsiyasi yurib o'tish tarozisi tomonidan buzog'lar uchun 15,56 kg va sig'irlar uchun 34,31 kg statik shkala bo'yicha amalga oshirilgan vaznni bashorat qilishning o'rtacha kvadratik xatosini ko'rsatdi, qo'shimchalarni qabul qilishni dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgichdagi o'rtacha vaqt bilan bog'lash uchun regressiv bashorat qilish modeli $R^2 = 0,93$ ga teng bo'lib, o'rtacha kvadratik xato 0,940 kg ni tashkil etdi [10-12].

Aqlli ferma platformasida robototexnologiya asosida oziqlantirish

O'zbekiston sharoitida chorva fermer xo'jaligini raqamlashtirishda E.Babadjanov boshchiligidagi o'zimizning milliy Uz_PLF "aqlli chorva ferma" platformasi ishlab chiqilgan. Bu platforma zamonaviy raqamli texnologiyalar, sensorlar va IoT texnologiyalar yordamida chorvachilik faoliyatini avtomatlashtirish, fermadagi barcha hayvonlar to'g'risida ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish va yig'ilgan ma'lumotlar asosida fermani boshqarishga qaratilgan [13].



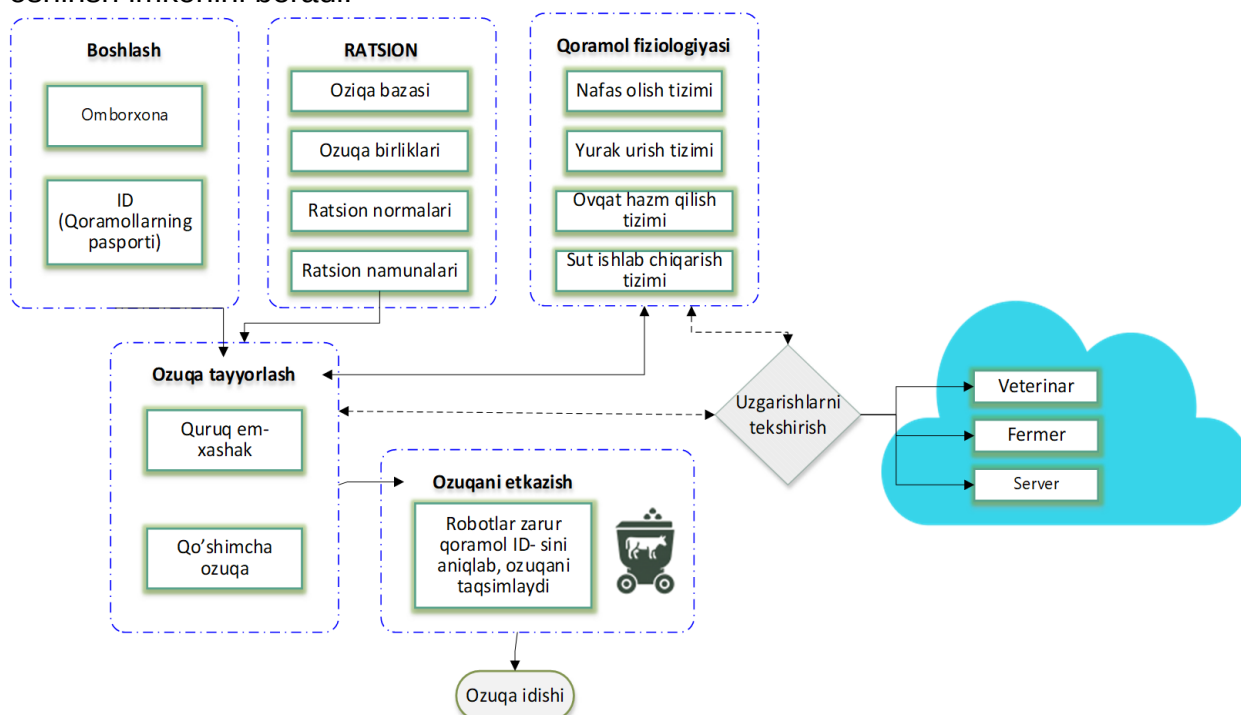
4-rasm. UZ_PLF platformasining tarkibiy qismlari.

Umumiy holda fermer xo'jaligi faoliyatini raqamlashtirish platformasi bir qator tarkibiy qismlardan iborat: ferma xodimlari, qoramollar, RFID vositalari, sut sog'ishda mahsuldorlik nazorati, faoliyatdagi qaydnoma jurnallari, turli sensorlar, ozuqa va omborxona, dori-darmon, aloqa ta'minoti, server, internet va axborot tizimi. Axborot tizim faoliyat yuzasidan bir nechta modullarga ajratilgan.

Robototexnologiyalar orqali oziqlantirish jarayonini UzPLF ratsion moduli bilan integratsiyalash

Chorvachilikda aqlli oziqlantirish texnologiyalarining joriy etilishi raqamli transformatsiyaning muhim qadamlaridan biri bo'lib, fermer xo'jaliklarining samaradorligini oshirish, hayvonlar salomatligini yaxshilash va inson mehnatini yengillashtirishga xizmat qiladi. Ushbu maqolada taqdim etilgan sensorlar, IoT qurilmalar, ML modellari va robototexnika tizimlari asosida ishlab chiqilgan aqlli tizimlar

har bir qoramolning harakatini, oziqlanishini, suv iste'molini va sog'liq holatini real vaqt rejimida aniqlash va nazorat qilish imkonini beradi. Ushbu tadqiqotda ko'rib chiqilgan tizimlarga tayanib UzPLF platformasidagi Ratsion moduli bilan integratsiyalashgan Aqlli oziqlantirish robototexnologiya infratuzilmasi taklif qilindi va uning arxitekturasi 5-rasmda keltirilgan. Taqdim etilgan infratuzilma yordamida har bir qoramolning real vaqt rejimida harakati, vazni, suv iste'moli, sog'liq holati monitoring qilinadi va olingan ma'lumotlarga asoslanib, individual ovqatlanish rejasi shakllantiriladi. Ushbu yondashuv ozuqa isrofini kamaytirish, mehnat xarajatlarini qisqartirish va hayvonlarning umumiy mahsuldorligini oshirish imkonini beradi.



5-rasm. Ratsion moduli bilan integratsiyalangan aqlli oziqlantirish infratuzilmasi.

Sensorli monitoring tizimlarining ratsion moduli bilan bevosita integratsiyasi orqali to'plangan ma'lumotlardan bashoratli modellar shakllantirilishi va boshqaruv qarorlarining avtomatlashtirilgan tarzda qabul qilinishini ta'minlaydi. Bu esa chorvachilik xo'jaliklarida resurslardan oqilona foydalanish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi.

Xulosa

Chorvachilikda zamonaviy raqamli texnologiyalarni, xususan IoT, aqlli sensorlar, avtomatik oziqlantirish tizimlari va robototexnika yechimlarini qo'llash orqali hayvonlarni oziqlantirish jarayonini avtomatlashtirish va optimallashtirish imkoniyati kengayib bormoqda. Ushbu tadqiqotda qoramollarni individual ravishda nazorat qilish, ularning ozuqa va suv iste'molini aniqlash, real vaqt rejimida monitoring yuritish va bashoratli modellar orqali samarali boshqaruv qarorlarini qabul qilish texnologik yondashuvlar asosida tahlil qilindi. Tadqiqotda keltirilgan avtomatik oziqlantiruvchilar, yurib o'tish tarozilari, multisensorli monitoring tizimlari, ML asosidagi vazn bashorati va dasturlashtirilgan avtomatik oziqlantirgich texnologiyalari orqali hayvonlarning fiziologik holatini aniq baholash va ularning salomatligiga mos ozuqa rejimini shakllantirish ishlari ko'rib chiqildi. Ayniqsa, Uz_PLF platformasi misolida mahalliy sharoitga mos aqlli ferma modeli va unga integratsiyalangan ratsion moduli orqali qoramollarni avtomatlashtirilgan tarzda oziqlantirish imkoniyati yaratildi. Mazkur tadqiqot natijalari

shuni ko'rsatadiki, chorvachilikda raqamli texnologiyalarni keng joriy etish orqali inson mehnatini yengillashtirish, ozuqa isrofini kamaytirish, hayvonlar salomatligini yaxshilash va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga hizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Bach, A.; Iglesias, C.; Busto, I. A computerized system for monitoring feeding behavior and individual feed intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **2004**, 87, 4207–4209. [CrossRef]
- [2]. Chizzotti, M.L.; Machado, F.S.; Valente, E.E.L.; Pereira, L.G.R.; Campos, M.M.; Tomich, T.R.; Coelho, S.G.; Ribas, M.N. Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **2015**, 98, 3438–3442. [CrossRef]
- [3]. Curran, K.; Furey, E.; Lunney, T.; Santos, J.; Woods, D.; McCaughey, A. An evaluation of indoor location determination technologies. *J. Locat. Based Serv.* **2011**, 5, 61–78. [CrossRef]
- [4]. Qiao Y, Kong H, Clark C, Lomax S, Su D, Eiffert S, et al. Intelligent perception for cattle monitoring: A review for cattle identification, body condition score evaluation, and weight estimation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;185:106143.
- [5]. Cominotte A, Fernandes A, Dorea J, Rosa G, Ladeira M, van Cleef E, et al. Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases. *Livestock Science*. 2020;232:103904.
- [6]. Tang, W.; Biglari, A.; Ebarb, R.; Pickett, T.; Smallidge, S.; Ward, M. A Smart Sensing System of Water Quality and Intake Monitoring for Livestock and Wild Animals // *Sensors* 2021, 21, 2885. <https://doi.org/10.3390/s21082885>
- [7]. Vigneswaria T., Kalaiselvi N., Mathumitha K., Amara Niveditha and Adhithi Sowmian. Smart IOT Cloud Based Livestock Monitoring System: A Survey. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>
- [8]. A review on beef cattle supplementation technologies. Guilherme Defalque, Ricardo Santos, Marcio Pache, Cristiane Defalque. Preprint submitted to *Information Processing in Agriculture* October 27, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2023.10.003>
- [9]. Babajanov E.S.; Toliev Kh.I, A Multi-Parameter Algorithm for Retagging Lost Animal RFID tags for PLF Platform. *International Scientific and Practical Conference on «Actual Problems of Mathematical Modeling and Information Technology»*. Melville, New York. AIP Conference Proceedings. Vol.3147. 2024. –P. 050001-1–050001-8. <https://doi.org/10.1063/5.0210338>.
- [10]. Babajanov E.S.; Nishanov A.X.; Toliev Kh.I, Aqlli chorvachilikda qoramol kasalliklarini aniqlashning zamonaviy matematik-algoritmik ta'minoti. «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» jurnali. №2(28), Toshkent-2024. –B. 209-218.
- [11]. Babajanov E.S, Chorvachilik faoliyatini avtomatlashtirishda zamonaviy sensor va RFID texnologiyalarining tatbiqiy tahlili. «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» jurnali №3(21) 2022
- [12]. Babajanov E.S.; Faizullayeva.M.A, Ishlab chiqarishdagi RFID standartlar tahlili. O'zbekistonda fanlararo innovatsiyalar va ilmiy tadqiqotlar jurnali. BEST Publication. №3. –B. 158-163
- [13]. Babadjanov E.S., Toliev X.I. UzPLF platforma arxitekturasini. «Xalq xo'jaligi sohasida ilg'or texnologiyalar tadqiqi muammolari» mavzusidagi hududiy ilmiy-texnik konferensiyasi maqolalar to'plami 320b. 2023-yil 27-dekabr