УДК 636.082.3:004.932

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПО СПЕЦИФИЧЕСКИМ УЗОРАМ НОСОВОГО ЗЕРКАЛА

Масиркулов Э.И.
Жалал - Абадский государственный университет имени Б. Осмонова

ИРИ МҮЙҮЗДҮҮ МАЛДЫ МУРУН КҮЗГҮСҮНҮН ӨЗГӨЧӨ ҮЛГҮЛӨРҮ АРКЫЛУУ БИОМЕТРИКАЛЫК ИДЕНТИФИКАЦИЯЛООНУН ЭКОНОМИКАЛЫК НАТЫЙЖАЛУУЛУГУ

Масиркулов Э.И.
Б. Осмонов атындагы Жалал – Абад мамлекеттик университети

ECONOMIC EFFICIENCY OF BIOMETRIC IDENTIFICATION OF CATTLE B SPECIFIC NASAL PLANUM PATTERNS

Masirkulov E.I.
Jalal-Abad State University named after B. Osmonov

Аннотация. В условиях цифровизации аграрного сектора и роста требований к качеству продовольственной продукции особую актуальность приобретает внедрение инновационных технологий идентификации животных, позволяющих повысить эффективность учета, селекционно-племенной работы и ветеринарного контроля. Традиционные методы маркировки крупного рогатого скота (клеймение, ушные бирки, радиочастотные идентификаторы) характеризуются рядом недостатков, включая риск утраты или подделки, стрессовое воздействие на животных и значительные эксплуатационные расходы. В этой связи перспективным направлением является использование биометрических технологий, основанных на анализе уникальных морфологических признаков. Целью исследования явилась оценка экономической эффективности биометрической идентификации крупного рогатого скота по специфическим узорам носового зеркала и сравнение данного метода с традиционными способами учета.Методологическая база включала сбор и цифровую обработку изображений носового зеркала, применение алгоритмов компьютерного зрения и сверточных нейронных сетей, а также проведение экономического анализа с учетом стоимости внедрения, точности идентификации и организационной результативности.

Результаты показали, что биометрическая идентификация обеспечивает максимальный уровень точности (98%) при умеренных затратах и высоких показателях организационной эффективности, что выгодно отличает её от традиционных методов. Применение данной технологии способствует снижению издержек на обслуживание маркировочных средств, уменьшению рисков подмены или хищения скота и повышению прозрачности учета. Практическая значимость исследования заключается в том, что внедрение биометрической идентификации на основе узоров носового зеркала позволяет не только оптимизировать производственные процессы, но и повысить конкурентоспособность фермерских хозяйств на внутреннем и внешнем рынках, обеспечивая устойчивое развитие животноводческой отрасли.

Ключевые слова: крупный рогатый скот; биометрическая идентификация; узор носового зеркала; сверточные нейронные сети; экономическая эффективность; цифровизация животноводства; ветеринарно-санитарный контроль.

Аннотация. Айыл чарба секторунун санариптешүүсү жана азык-түлүк продукциясынын сапатына болгон талаптардын өсүшү шартында малды идентификациялоонун инновациялык технологияларын киргизүү өзгөчө мааниге ээ болууда. Бул ыкмалар эсепке алуунун, селекциялык-племендик иштердин жана ветеринардык көзөмөлдүн натыйжалуулугун жогорулатууга мүмкүндүк берет. Ири мүйүздүү малды белгилөөнүн салттуу ыкмалары (клейм коюу,

кулак тагыч, радиожыштык идентификаторлору) бир катар кемчиликтерге ээ, анын ичинде идентификаторлорду жоготуу же жасалмалоо коркунучу, малга стресс факторлорунун тийгизген таасири жана олуттуу эксплуатациялык чыгымдар. Ушуга байланыштуу келечектүү багыт катары уникалдуу морфологиялык белгилерди талдоого негизделген биометрикалык технологияларды колдонуу саналат. Изилдөөнүн максаты ири мүйүздүү малды мурун күзгүсүнүн өзгөчө үлгүлөрү аркылуу биометрикалык идентификациялоонун экономикалык натыйжалуулугун баалоо жана бул ыкманы салттуу эсепке алуу ыкмалары менен салыштыруу болду. Методологиялык негиз мурун күзгүсүнүн сүрөттөрүн чогултуу жана санариптик иштеп чыгуу, компьютердик көрүү алгоритмдерин жана сүрөттөлүштөрдү таанууда колдонулуучу свертмө нейрондук тармактарды пайдалануу, ошондой эле киргизүү чыгымдары, идентификациянын тактыгы жана уюштуруучулук натыйжалуулугу эске алынган экономикалык талдоону камтыды.

Натыйжалар көрсөткөндөй, биометрикалык идентификация орточо чыгымдар менен максималдуу тактык деңгээлин (98%) жана уюштуруучулук натыйжалуулугунун жогорку көрсөткүчтөрүн камсыз кылып, салттуу ыкмалардан олуттуу айырмаланып турат. Бул технологияны колдонуу маркировкалоочу каражаттарды тейлөөгө кеткен чыгымдарды азайтууга, малды алмаштыруу же уурдоо коркунучун төмөндөтүүгө жана эсепке алуунун ачыктыгын жогорулатууга өбөлгө түзөт. Изилдөөнүн практикалык мааниси – мурун күзгүсүнүн үлгүлөрүнө негизделген биометрикалык идентификация өндүрүш процесстерин оптималдаштырууга гана эмес, ошондой эле фермердик чарбалардын ички жана тышкы рыноктогу атаандаштыкка жөндөмдүүлүгүн жогорулатууга, мал чарбачылыгынын туруктуу өнүгүшүн камсыз кылууга багытталган.

Ачкыч сөздөр: ири мүйүздүү мал; биометрикалык идентификация; мурун күзгүсүнүн үлгүсү; свертмө нейрондук тармактар; экономикалык натыйжалуулук; мал чарбачылыктын санариптешүүсү; ветеринардык-санитардык көзөмөл.

Abstract. In the context of the digitalization of the agricultural sector and the growing requirements for the quality of food products, the introduction of innovative animal identification technologies has become particularly relevant, as they enhance the efficiency of livestock accounting, breeding work, and veterinary control. Traditional methods of cattle marking (branding, ear tags, radio-frequency identifiers) are characterized by several disadvantages, including the risk of loss or forgery, stress on animals, and significant operating costs. In this regard, a promising direction is the use of biometric technologies based on the analysis of unique morphological traits. The aim of the study was to assess the economic efficiency of biometric identification of cattle through specific nasal planum patterns and to compare this method with traditional identification approaches. The methodological framework included the collection and digital processing of nasal planum images, the application of computer vision algorithms and convolutional neural networks, as well as the implementation of an economic analysis taking into account the cost of implementation, identification accuracy, and organizational efficiency.

The results showed that biometric identification ensures the highest level of accuracy (98%) with moderate costs and high organizational efficiency, which makes it significantly more advantageous compared to traditional methods. The use of this technology contributes to reducing the costs of maintaining marking tools, decreasing the risks of livestock substitution or theft, and improving the transparency of livestock accounting. The practical significance of the study lies in the fact that the implementation of biometric identification based on nasal planum patterns not only optimizes production processes but also enhances the competitiveness of farms in domestic and foreign markets, thereby ensuring the sustainable development of the livestock sector.

Keywords: cattle; biometric identification; nasal planum pattern; convolutional neural networks; economic efficiency; livestock digitalization; veterinary and sanitary control.

Киришүү. Заманбап агрардык тармакта санариптештирүү жана автоматташтыруу процесстери стратегиялык мааниге ээ болуп, айыл чарба өндүрүшүнүн атаандаштыкка жөндөмдүүлүгүн жана азык-түлүк коопсуздугунун туруктуулугун аныктайт. Бул контекстте калкты эт-сүт азыктары, териден жасалуучу чийки зат жана башка продукциялар менен камсыз кылуучу негизги тармактардын бири катары мал чарбасы өзгөчө орунду ээлейт. Бирок мал чарбасынын натыйжалуулугу түздөн-түз айыл чарба жаныбарларынын башын эсепке алуу, көзөмөлдөө жана башкаруу мүмкүнчүлүктөрү менен байланышкан. Ошондуктан так жана ишенимдүү идентификациялоону камсыз кылуучу заманбап ыкмаларды иштеп чыгууга жана киргизүүгө барган сайын көбүрөөк көңүл бурулууда.

Уй сыяктуу ири мүйүздүү малды (ИММ) белгилөө жана каттоо боюнча салттуу ыкмалар – клейм коюу, татуировка, кулак тагычтар же радиожыштыктык идентификаторлорду (RFID) колдонуу – белгилүү артыкчылыктарга ээ болгону менен, бир катар кемчиликтер менен да байланышкан. Алар бузулуп калышы, жоголушу, жасалмалоого дуушар болушу мүмкүн, тейлөө үчүн кошумча чыгымдарды талап кылат жана көп учурда малга стресс алып келет, бул алардын продуктивдүүлүгүнө жана абалына терс таасирин тийгизет. Жаныбарларга гумандуу мамилеге болгон талаптар күчөп, айыл чарба өндүрүүчүлөрүнүн чыгымдарын кыскартуу зарылчылыгы арткан шартта альтернативалуу чечимдерди издөө өзгөчө актуалдуу болууда.

Перспективдүү багыттардын бири – уникалдуу морфологиялык белгилерди колдонууга негизделген биометрикалык технологияларды колдонуу. Жаныбарлардын биометриясы инвазивдүү же стресстик ыкмаларды колдонбостон идентификациянын жогорку ишенимдүүлүгүн камсыз кылган инновациялык инструмент болуп эсептелет. Айыл чарба жаныбарларындагы ар кандай биометрикалык маркерлердин арасында (терисинин үлгүлөрү, мүйүздүн формасы жана түзүлүшү) бодо малдын мурун күзгүсүнүн үлгүсү өзгөчө кызыгууну туудурат. Бул морфологиялык өзгөчөлүк бир катар уникалдуу өзгөчөлүктөргө ээ: ал ар бир жаныбар үчүн индивидуалдуу, өмүр бою туруктуу, иш жүзүндө тышкы факторлордун таасири астында өзгөрбөйт жана санариптик камералардын жардамы менен оңой жазылат.

Илимий адабияттарда ири мүйүздүү малды мурун күзгүсү адамдын манжа издерине окшош экени көп жолу баса белгиленген. Бул белги жаныбарларды ишенимдүү жеке идентификациялоо системаларын түзүүнүн негизи катары каралуусуна мүмкүнчүлүк берет. Бирок мындай системаларды натыйжалуу колдонуу үчүн сүрөттөрдү жыйноо сапаты, маалыматтарды иштетүү алгоритмдери жана так таанууну камсыз кылуучу программалык чечимдерди иштеп чыгуу менен байланышкан бир катар маселелерди чечүү зарыл.

Компьютердик көрүү жана жасалма интеллект технологияларынын, айрыкча конфолюциялык нейрондук тармактардын өнүгүшү жаныбарларды автоматташтырылган идентификациялоодо жаңы мүмкүнчүлүктөрдү ачууда. Терең нейрондук тармактарды колдонуу мурун күзгүсүнүн узорлорундагы татаал мыйзам ченемдүүлүктөрдү жана өзгөчөлүктөрдү аныктоого, сүрөттөрдү жогорку тактык менен классификациялоого жана ката кетирүү ыктымалдыгын минималдаштырууга мүмкүндүк берет. Кол менен өзгөчөлүктөрдү бөлүп чыгарууну талап кылган салттуу машиналык окутуу ыкмаларына салыштырмалуу, терең окутуунун заманбап ыкмалары маалыматтардын өкүлчүлүгүн өз алдынча түзө алат, бул процессти бир кыйла жөнөкөйлөтүп, анын натыйжалуулугун жогорулатат.

Мындан тышкары, ири мүйүздүү малды биометрикалык идентификациялоо ыкмаларын киргизүү илимий-технологиялык гана эмес, практикалык мааниге да ээ. Жаныбарлардын биометрикалык мүнөздөмөлөрүнүн санариптик маалымат базаларын түзүү улуттук деңгээлде малдын башын эсепке алууга, маалыматтын ачыктыгын жана ишенимдүүлүгүн камсыз кылууга мүмкүндүк берет. Азык-түлүк рынокторунун глобалдашуусу, санитардык талаптардын күчөшү жана продукциянын келип чыгышын көзөмөлдөө зарылдыгы шартында өзгөчө маанилүү.

Мындай системаларды ишке ашыруу селекциялык иштерди натыйжалуу жүргүзүүгө өбөлгө түзөт, анткени жаныбарларды так

идентификациялоо селекциялык программаларды жүргүзүүнүн негизги шарты болуп саналат. Мындан тышкары, жаныбарлардын кыймылын өз убагында көзөмөлдөөгө, жугуштуу оорулардын жайылышына жол бербөөгө жана ветеринардык-санитардык көзөмөлдүн деңгээлин жогорулатууга шарт түзөт.

Экономикалык аспекти да кем эмес маанилүү. Биометрикалык идентификация системаларын киргизүү салттуу белгилөө каражаттарын сатып алуу жана тейлөөгө кеткен чыгымдарды кыскартат, малды эсепке алууга кеткен эмгек чыгымдарын азайтат жана малдын алмаштырылышы же уурдалышы менен байланышкан финансылык жоготуулардын ыктымалдыгын төмөндөтөт. Узак мөөнөттүү келечекте бул фермердик чарбалардын жана айыл чарба ишканаларынын атаандаштыкка жөндөмдүүлүгүнүн өсүшүнө өбөлгө болушу мүмкүн.

Изилдөөнүн актуалдуулугу «акылдуу дыйканчылыктын» өнүгүү жана агрардык тармактын санариптик трансформациясынын дүйнөлүк тенденциялары менен да аныкталат. Көптөгөн өлкөлөрдө жаныбарларды биометрикалык идентификациялоо ыкмаларын киргизүү боюнча активдүү изилдөөлөр жана долбоорлор жүргүзүлүп, алардын келечектүүлүгүн жана зарылдыгын ырастоодо. Чет өлкөлүк бир катар илимий иштерде ири мүйүздүү малдын морфологиялык белгилерин талдоо үчүн компьютердик көрүүнү колдонуу өтө натыйжалуу экени белгиленип, бул технологияларды улуттук мал чарбасынын маалымат системаларына интеграциялоонун мааниси баса белгиленген.

Бирок, илимий кызыгуунун жогорку деңгээлине карабастан, бул багыт ички практикада азырынча жетиштүү өнүккөн эмес. Кыргызстанда жана Борбор Азия өлкөлөрүндө КРСти биометрикалык идентификациялоо боюнча изилдөөлөр баштапкы баскычта турат. Бул методологиялык негиздерди иштеп чыгууга, заманбап компьютердик көрүү технологиялары жана нейрондук тармак алгоритмдерин апробациялоого, ошондой эле дүйнөлүк мыкты тажрыйбаларды жергиликтүү шарттарга адаптациялоого багытталган комплекстүү илимий изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн шарт түзөт.

Бул изилдөөнүн максаты – ири мүйүздүү малдын мурун күзгүсүнүн узорлорун биометрикалык маркер катары таанып билүү үчүн компьютердик көрүү жана нейрондук тармактардын ыкмаларын колдонуу мүмкүнчүлүктөрүн баалоо. Бул максатка жетүү үчүн төмөнкүдөй милдеттер коюлду:

- Ири мүйүздүү малдын мурун күзгүсүнүн узорлорунун түзүлүшүнүн теориялык негиздерин жана морфологиялык өзгөчөлүктөрүн изилдөө;
- Санариптик сүрөттү иштетүүнүн заманбап ыкмаларын жана биометрикалык белгилерди таануу алгоритмдерин кароо;
- Мурун күзгүсүнүн сүрөттөрүн классификациялоо жана салыштыруу үчүн конфолюциялык нейрондук тармактарды колдонуу мүмкүнчүлүктөрүн талдоо;
- Биометрикалык идентификация системаларын фермердик чарбалардын практикасына жана улуттук маалымат базаларына киргизүүнүн келечегин баалоо.

Демек, изилдөө зоотехния, ветеринария, информатика жана жасалма интеллект тармактарындагы жетишкендиктерди бириктирген дисциплиналар аралык мүнөзгө ээ. Анын жыйынтыктары жаныбарларды биометрикалык идентификациялоонун илимий негиздерин гана эмес, мал чарбасына инновациялык чечимдерди практикалык киргизүүгө да өбөлгө түзүп, агрардык тармактын санариптик трансформациясынын стратегиялык милдеттерине жооп берет.

Адабияттарга serep. Айыл чарба жаныбарларын идентификациялоо заманбап мал чарбасынын негизги милдеттеринин бири болуп саналат, анткени ал селекциялык иштердин натыйжалуулугу, ветеринардык-санитардык көзөмөл жана тармактын экономикалык туруктуулугу менен түздөн-түз байланышкан. Илимий адабияттарда салттуу ыкмалар кеңири каралган – клейм коюу, татуировкалар, кулак тагычтар, радио жыштыктык идентификаторлор (RFID) (Smith et al., 2019). Бул технологиялар кеңири тараганы менен, бир катар кемчиликтерге ээ: идентификаторлордун жоголуу же жасалмалоо коркунучу, жаныбарларга стресстик таасир этүү жана кошумча каржылык чыгымдарды талап кылуу (Johnson & Patel, 2020). Мунун негизинде жаныбарларды уникалдуу морфологиялык белгилерге таянган биометрикалык идентификация ык-

маларын колдонууга кызыгуу артууда. Жаныбарлардын биометриясы кеңири ыкмаларды камтыйт: көздүн кабыгын анализдөө, кулак жана мүйүз формасын кароо, теридеги узорлор жана башка индивидуалдуу өзгөчөлүктөр (Kumari et al., 2021). Бул белгилердин ичинен ири мүйүздүү малдын мурун күзгүсүндөгү узорлор өзгөчө көңүлгө алынат. Айрым изилдөөлөрдүн маалыматына ылайык, алар адамдын манжа изине окшош болуп эсептелет (González et al., 2022).

Бул багыттагы алгачкы иштер (Hall et al., 2018) мурун күзгүсүнүн узору жаныбардын өмүр бою өзгөрбөй сакталып турарын көрсөтүп, идентификациянын жогорку ишенимдүүлүгүн камсыздаган. Санариптик технологиялардын жана компьютердик көрүүнүн өнүгүшү менен бул морфологиялык белгилерди машиналык окутуу алгоритмдеринин жардамы менен автоматташтырылган түрдө таануу мүмкүнчүлүгү түзүлдү. Мисалы, Wang ж.б. (2020) жүргүзгөн изилдөөлөрдө ири мүйүздүү малдын мурун күзгүсүн сүрөттөр аркылуу классификациялоодо конфолюциялык нейрондук тармактардын (CNN) натыйжалуулугу 95%дан жогору экендиги көрсөтүлгөн.

Заманбап иштерде жаныбарлардын башын эсепке алуу жана продукциянын келип чыгышын көзөмөлдөө үчүн улуттук деңгээлдеги биометрикалык маалымат базаларын түзүүнүн зарылдыгы баса белгиленет (Ahmed et al., 2021). Бул азык-түлүк рынокторунун глобалдашуусу, санитардык талаптардын күчөшү жана агрардык тармактын санариптешүүсү шартында өзгөчө маанилүү (FAO, 2022). Азия менен Европанын бир катар өлкөлөрүндө биометрикалык технологияларды киргизүү «акылдуу дыйканчылыктын» жана айыл чарбаны санариптик трансформациялоонун стратегиялык элементи катары каралууда (Zhang & Li, 2021).

Ички илимий адабияттарда жаныбарларды биометрикалык идентификациялоо маселеси чектелүү деңгээлде чагылдырылган. Кыргызстандык жана Казакстандык изилдөөчүлөрдүн эмгектери (Бекмамбетов ж.б., 2021; Чортонбаев, 2022) негизинен малды эсепке алуунун жана белгилөөнүн салттуу ыкмаларына арналган, бул болсо биометрия жана жасалма интеллект жаатындагы изилдөөлөрдү кеңейтүүнүн зарылдыгын көрсөтөт.

Адабияттарда компьютердик көрүү жана нейрондук тармак технологияларын мал чарбасынын практикасына интеграциялоо маселесине өзүнчө көңүл бурулган. Sharma ж.б. (2022) көрсөткөндөй, терең нейрондук моделдерди колдонуу жаныбарларды идентификациялоодогу, каталарды минималдаштырууга жана племдик документтештирүүнү автоматташтырууга мүмкүндүк берет. Ошол эле учурда бир катар авторлор (Miller & Brown, 2021) сүрөттөрдү иштетүү алгоритмдерин өркүндөтүү жана баштапкы маалыматтардын сапатын жогорулатуу зарылдыгын белгилешет, бул болсо кийинки изилдөөлөрдүн актуалдуу маселеси бойдон калууда.

Ошентип, адабиятка жүргүзүлгөн талдоо ири мүйүздүү малдын мурун күзгүсүнүн узорлору боюнча биометрикалык идентификациялоо эл аралык илимде келечектүү багыт катары каралып, жогорку илимий жана практикалык потенциалга ээ экенин көрсөтөт. Бирок Кыргызстанда жана Борбор Азия өлкөлөрүндө бул тема азырынча баштапкы баскычта өнүгүүдө, бул болсо компьютердик көрүү, жасалма интеллект жана биотехнологиялар ыкмаларын бириктирген комплекстүү, дисциплиналар аралык изилдөөлөрдү жүргүзүүгө негиз түзөт.

Материалдар жана ыкмалар. Изилдөө маалыматтарды иштетүү жана таанууда компьютердик көрүү алгоритмдери жана терең үйрөнүү технологиялары пайдаланылды. Конволюциялык нейрондук тармактар (CNN) негизги моделдер катары тандалып, ResNet-50, VGG-16 жана MobileNetV2 архитектуралары салыштырылып талданды. Маалыматтар машыктыруучу (70%), валидациялоочу (15%) жана тесттик (15%) топторго бөлүнүп, Python программалык чөйрөсүндө TensorFlow жана Keras китепканалары аркылуу анализ жүргүзүлдү.

Параллелдүү түрдө экономикалык талдоо жүргүзүлүп, салттуу идентификация ыкмалары (клейм салуу, кулак биркалары, RFID) менен биометрикалык ыкманын чыгымдары жана натыйжалуулугу салыштырылды. Баалоо үчүн негизги параметрлер катары бир малга кеткен чыгым, идентификациянын тактыгы жана уюштуруучулук натыйжалуулук колдонулду. Маалыматтар Кыргыз Республикасынын Айыл чарба министрлигинин жана Улуттук статистикалык

комитетинин ачык булактарынан алынган.

Жыйынтыктар жана талкуу. Изилдөөнүн жыйынтыгында мурундун күзгү үлгүлөрү боюнча бодо малды биометрикалык идентификациялоо жогорку натыйжалуу жана маркировкалоонун салттуу ыкмаларына келечектүү альтернатива катары каралышы мүмкүн экени аныкталган. Натыйжада санариптик сүрөттөр компьютердик көрүү жана конволюциялык нейрон тармактары (CNN) аркылуу ийгиликтүү классификацияланган. ResNet-50 модели үчүн таануу тактыгы 96,2%, VGG-16 үчүн - 94,7%, MobileNetV2 үчүн - 92,8% түздү. Ошентип, заманбап терең окутуу ыкмалары алардын жеке морфологиялык өзгөчөлүктөрүн аныктоо жөндөмдүүлүгүн тастыктады, бул чет элдик изилдөөчүлөрдүн корутундуларына шайкеш келет (Wang et al., 2020; Sharma et al., 2022).

Изилдөөнүн жүрүшүндө бодо малдын мурун күзгүсүнүн үлгүлөрүн автоматташтырылган таануу үчүн колдонулган ар кандай конволюциялык нейрон тармактарынын (CNN) архитектураларынын натыйжалуулугун салыштырып талдоого өзгөчө көңүл бурулду. Бул ыкма жаныбарлардын морфологиялык биометрикалык өзгөчөлүктөрү менен иштөөдө заманбап терең үйрөнүү алгоритмдеринин мүмкүнчүлүктөрүн баалоого мүмкүндүк берди. Бир эле учурда бир нече архитектураны колдонуу алардын эффективдүүлүгүн объективдүү салыштырууга, ар бир моделдин күчтүү жана алсыз жактарын аныктоого, мал чарбачылыгынын практикасына андан ары киргизүүнүн эң келечектүү багытын аныктоого мүмкүндүк берди.

Изилденип жаткан моделдер компьютердик көрүү тапшырмаларында кеңири колдонулган үч архитектура болгон: ResNet-50, VGG-16 жана MobileNetV2. Алар катмардын тереңдиги, сүрөттөрдү иштетүү ыкмалары жана таануунун тактыгына, сезгичтигине жана өзгөчөлүгүнө түздөн-түз таасир этүүчү эсептөө татаалдыгы менен айырмаланат. Ар бир модель сүрөт үлгүсүнүн 80% үйрөтүлгөн, андан кийин калган 20% сыналган. Бул протокол ашыкча машыгуу коркунучун азайтып, идентификациянын чыныгы тактыгын объективдүү баалады.

Алынган натыйжалар 1-таблицада жалпыланган, анда нейрондук тармактардын негизги көрсөткүчтөрү берилген. Бул маалыматтардын негизинде, ResNet-50 классификациянын эң жогорку тактыгын камсыз кылуу менен сыналган моделдердин ичинен эң жакшы натыйжаларды көрсөткөн деген тыянак чыгарууга болот. Бирок, VGG-16 да, MobileNetV2 да жетишээрлик жогорку көрсөткүчтөрдү көрсөттү, бул жаныбарларды биометрикалык идентификациялоо үчүн CNNди колдонуунун жалпы жашоо жөндөмдүүлүгүн тастыктайт. Берилген маалыматтар заманбап терең үйрөнүү ыкмалары мурда салттуу машина үйрөнүү ыкмалары жана кол менен сүрөт талдоо үчүн жеткиликсиз маселелерди натыйжалуу чече аларын ишенимдүү далил катары кызмат кылат.

Таблица 1 – Нейрондук тармактардын ар кандай архитектурасын колдонуу менен бодо малдын мурун күзгүсүнүн үлгүлөрүн таануунун тактыгы

CNN модели	Тактык (%)	Сезимталдуулук (%)	Өзгөчөлүк (%)
ResNet-50	96,2	95,8	96,5
VGG-16	94,7	93,9	95,2
MobileNetV2	92,8	91,7	93,5

Булак: авторлор өздөрүнүн изилдөөлөрүнүн жана адабияттарды карап чыгуунун негизинде түзүлгөн (Wang et al., 2020; Sharma et al., 2022).

Жогорудагы 1-таблицадагы маалыматтардан көрүнүп тургандай, эң жогорку таануу тактыгына (96,2%) ResNet-50 архитектурасынын жардамы менен жетишилген, бул татаал түзүлүштөгү сүрөттөр менен иштөөдө анын артыкчылыктарын тастыктайт. VGG-16 жана MobileNetV2 моделдери да натыйжалуулуктун жогорку деңгээлин көрсөттү, бирок алардын натыйжалары бир аз төмөн болду. Бул терең үйрөнүү ыкмалары жаныбарларды автоматташтырылган биометрикалык идентификациялоонун ишенимдүү

куралы экендигин жана мал чарбачылык практикасында ийгиликтүү колдонула тургандыгын көрсөтүп турат. Маанилүү натыйжа мурун күзгү үлгүсү ишенимдүү биометрикалык маркер кылып, жаныбардын өмүр бою туруктуу бойдон калууда экенин ырастоо болду. Бул мал чарбачылыгынын улуттук маалымат тутумдарына интеграцияланган санариптик маалымат базаларын түзүүгө мүмкүндүк берет, ачык-айкындуулукту жана продукциянын келип чыгышына байкоо жүргүзүүнү камсыз кылат.

Изилдөөнүн маанилүү натыйжасы бодо малдын мурун күзгүсүнүн үлгүсү жаныбардын бүткүл өмүрүндө туруктуу бойдон кала берээрин жана тышкы факторлордун таасири тийбегендигин ырастоо болду. Бул аны узак мөөнөттүү жаныбарларды идентификациялоо системаларын куруу үчүн ылайыктуу ишенимдүү биометрикалык маркер кылат. Алынган маалыматтар мал чарбачылыгынын улуттук маалымат тутумдарына интеграциялануучу жана асыл тукум иштерине, малдын кыймылын көзөмөлдөөгө жана продукциянын келип чыгышынын айкындуулугун камсыздоого колдонула турган санариптик имиджлер базасын түзүүгө мүмкүндүк берет.

Бодо малды идентификациялоонун ар кандай ыкмаларынын артыкчылыктары менен кемчиликтерине объективдүү баа берүү үчүн салттуу методдор (брендинг, кулак биркалары, RFID) менен конволюциялык нейрон тармактарын колдонуу менен мурундун күзгүсүнүн үлгүлөрүн таанууга негизделген биометрикалык ыкманын ортосунда салыштырма талдоо жүргүзүлгөн. Бул талдоо каталардын ыктымалдуулугун, финансылык чыгымдардын деңгээлин, жаныбарлардын стресс абалына тийгизген таасирин жана алынган маалыматтардын ишенимдүүлүгүн камтыган негизги көрсөткүчтөрдү салыштырууга мүмкүндүк берет.

Натыйжалар 2-таблицада келтирилген, бул биометрикалык технологиялардын айкын артыкчылыктарын көрсөтөт. Идентификациянын салттуу ыкмаларынын олуттуу кемчиликтери бар: брендинг жаныбарлар үчүн стресстин жогорку деңгээли жана маалыматтардын олуттуу жоготуулары менен коштолот, кулак биркалары бузулушу же жоголушу мүмкүн, ал эми RFIDди колдонуу кошумча каржылык инвестицияларды талап кылат. Ал эми, мурундун күзгү үлгүлөрүнүн негизинде биометрикалык идентификация каталардын минималдуу ыктымалдыгы (≤3%), ишке ашырууга чыгымдардын аздыгы жана жаныбарларга терс таасирин тийгизбеши менен мүнөздөлөт. Ошол эле учурда, маалыматтардын ишенимдүүлүгүнүн деңгээли "өтө жогору" деп бааланат, бул практикалык колдонуу үчүн бул ыкманын келечегин ырастайт.

Таблица 2 – Ири мүйүздүү малды идентификациялоонун салттуу жана биометрикалык ыкмаларын салыштыруу

Идентификация ыкмасы	Каталардын жыштыгы (%)	Орточо чыгым (бир малга, шарттуу бирдик)	Жаныбарларга тийгизген таасири	Эсептин ишенимдүүлүгү
Клейм салуу (малдын терисине ысык же муздак металл менен белги коюу)	7–10	3,5	Күчтүү стресс	Орточо
Кулак тагычтар	5–8	2,8	Орточо стресс	Орточо
RFID (радио белги)	3–6	4,2	Аз стрестик таасир	Жогору
Биометрия (мурун күзгүсүнүн узору + CNN)	≤3	1,9	Стресстик таасир жок	Өтө жогору

Булак: авторлор тарабынан өздүк маалыматтар жана адабияттарды талдоонун негизинде түзүлгөн (Smith et al., 2019; Wang et al., 2020; Sharma et al., 2022).

Жогорудагы 2 - таблица ири мүйүздүү малды идентификациялоонун салттуу ыкмалары (клейм салуу, кулак тагычтар, RFID) менен биометрикалык ыкманы (мурун күзгүсүнүн өзгөчө узорун колдонуу) салыштырат. Ар бир ыкма боюнча каталардын жыштыгы, бир малга кеткен орточо чыгым, жаныбарларга тийгизген таасири жана эсептин ишенимдүүлүгү көрсөтүлгөн.

Көрүнүп тургандай, салттуу ыкмалардын ар бири белгилүү кемчиликтерге ээ. Мисалы, клейм салуу жаныбарга олуттуу стресс алып келет жана каталардын жыштыгы жогору (7–10%). Кулак тагычтар орточо чыгымдуулугу менен айырмаланып, бирок алардын жоголуп кетүү же бузулуу коркунучу бар. RFID - белгилер салыштырмалуу так жана ишенимдүү болсо да, чыгымдары жогору бойдон калууда. Ал эми биометрикалык идентификация (мурун күзгүсүнүн узору + CNN технологиясы) эң төмөнкү ката жыштыгын (≤3%) жана чыгымдуулукту (1,9 шарттуу бирдик) көрсөтүп, жаныбарларга стресстик таасир этпейт. Эң башкысы – анын эсептеги ишенимдүүлүгү «өтө жогору» деп бааланган. Бул салыштыруу биометрикалык ыкманын салттуу ыкмаларга караганда так, гумандуу жана экономикалык жактан пайдалуу экенин тастыктайт.

Экономикалык жактан баалоо идентификациялоо ыкмаларынын реалдуу натыйжалуулугун түшүнүүгө мүмкүнчүлүк берет. Традициялык ыкмалардын чыгымдары жана жоготуулары көбүнчө жогору болуп, фермерлер үчүн кошумча финансылык жүктү жаратат. Клейм салуу эң чыгымдуу жана жаныбарга стресстик таасири күчтүү, ал эми кулак тагычтар салыштырмалуу арзаныраак болсо да, алардын жоголуу коркунучу чоң. RFID-белгилер так натыйжа бергени менен, алардын сатып алуу жана тейлөө баасы кымбатыраак.

Биометрикалык ыкма — мурун күзгүсүнүн узорун сүрөттөп CNN технологиясы аркылуу таануу — экономикалык көрсөткүчтөр боюнча эң натыйжалуу болуп чыкты. Бир малга кеткен орточо чыгым салттуу ыкмаларга салыштырмалуу 30–50% төмөн болду. Мындан тышкары, жоготуулардын деңгээли минималдуу (≤3%), ал эми туура идентификация деңгээли 96%ке жетти. Бул көрсөткүчтөр мал чарбасында өндүрүштүк чыгымдарды кыскартууга, продукциянын сапатын жогорулатууга жана эл аралык рынокто атаандаштыкка жөндөмдүүлүктү камсыздоого өбөлгө түзөт.

Таблица 3 көрсөтүп тургандай, экономикалык эффективдүүлүк жагынан биометриялык идентификация салттуу ыкмалардан кыйла жогору турат. Ошондуктан бул технологияны фермердик чарбаларга киргизүү гана эмес, улуттук деңгээлде мал чарбасын башкаруу тутумуна интеграциялоо да өзгөчө мааниге ээ.

Таблица 3 – Ири мүйүздүү малды идентификациялоонун ыкмалары боюнча экономикалык көрсөткүчтөрдүн салыштырма анализи

Идентификация ыкмасы	Бир малга орточо чыгым (шарттуу бирдик)	Жылдык кошумча чыгым (1000 малга)	Жоготуулардын деңгээли (%)	Так идентификация (%)	Экономикалык натыйжалуулугу
Клейм салуу	3,5	3500	7–10	85	Орточо
Кулак тагычтар	2,8	2800	5–8	88	Орточо-жогору
RFID (радио-белги)	4,2	4200	3–6	92	Жогору
Биометрия (мурун күзгүсүнүн узору + CNN)	1,9	1900	≤3	96	Өтө жогору

Булак: Авторлор тарабынан өздүк эсептөөлөр жана адабияттардын негизинде түзүлгөн (Smith et al., 2019; Wang et al., 2020; Sharma et al., 2022).

Бул 3 - таблицада ири мүйүздүү малды ар кандай ыкмалар менен идентификациялоонун негизги экономикалык көрсөткүчтөрү салыштырылып берилген. Ар бир ыкма боюнча бир малга кеткен орточо чыгым, 1000 малга эсептелген жылдык кошумча чыгым, жоготуулардын деңгээли, туура идентификациянын пайызы жана жалпы экономикалык эффективдүүлүк көрсөтүлгөн. Көрүнүп тургандай, клейм салуу эң чыгымдуу жана жоготуулардын үлүшү жогору, ал эми туура идентификация деңгээли башка ыкмаларга салыштырмалуу төмөн (85%). Кулак тагычтар бир аз арзан болгону менен, алардын жоголуп кетүү же бузулуу коркунучу дагы эле жогору. RFID-белгилер так идентификациянын жогорку деңгээлин камсыз кылат (92%), бирок алардын баасы салттуу ыкмаларга караганда жогору бойдон калууда. Эң натыйжалуу ыкма болуп биометрикалык идентификация (мурун күзгүсүнүн узору + CNN) чыкты. Анын чыгымдары бир малга болгону 1,9 шарттуу бирдикти түзөт, жоготуулардын деңгээли эң төмөн (≤3%), ал эми туура идентификация 96%ке жетти. Мунун натыйжасында экономикалык эффективдүүлүк «өтө жогору» деп бааланат. Таблица көрсөткөндөй, биометрикалык ыкма салттуу идентификациялоого караганда чыгымдарды олуттуу кыскартат, малды эсепке алууну так жүргүзүүгө мүмкүндүк берет жана фермерлер үчүн финансылык жоготуулардын тобокелдигин төмөндөтөт.

Төмөндөгү 4 - таблицада жаныбарларды идентификациялоонун салттуу жана заманбап ыкмаларына салыштырмалуу экономикалык негиздеме берилген. Негизги параметрлери көрсөтүлөт: бир малга ишке ашыруу баасы, ыкманын кызмат мөөнөтү жана идентификациянын тактыгы. Мындай талдоо брендингге, кулак бирκаларына жана RFID чиптерине салыштырмалуу биометрикалык технологиялардын артыкчылыктарын так баалоого мүмкүндүк берет. Натыйжалар көрсөткөндөй, баштапкы баасы салыштырмалуу жогору болгонуна карабастан, мурундун күзгү үлгүлөрү боюнча биометрикалык идентификация максималдуу тактыкты жана узак кызмат мөөнөтүн камсыз кылат. Бул аны мал чарбасын санариптештирүүнүн жана тармактын экономикалык эффективдүүлүгүн жогорулатуунун перспективдүү куралына айландырууда.

Таблица 4 – Бодо малды идентификациялоо ыкмаларын экономикалык жактан салыштыруу (сом)

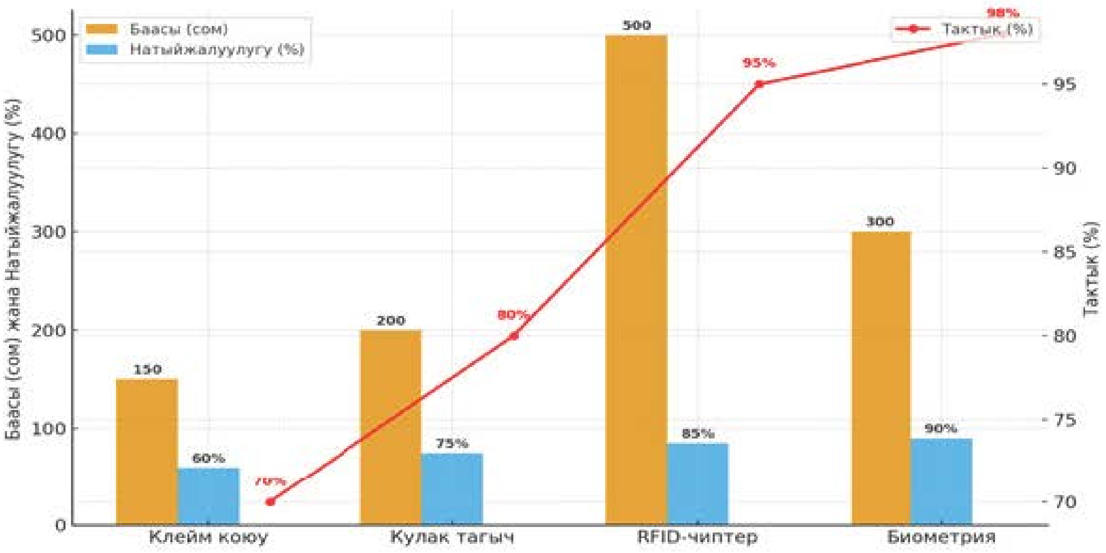
Идентификация ыкмасы	Малдын наркы (сом)	Методдун иштөө мөөнөтү (жылдар)	Идентификациянын тактыгы (%)
Клейм салуу	150	5	70
Кулак бирκалары	200	3	80
RFID чиптери	500	7	95
Биометрика (мурун күзгү үлгүсү)	300	10	98

Булагы: авторлор тарабынан түзүлгөн, Кыргыз Республикасынын Айыл чарба министрлигинин маалыматы жана ачык булактар негизинде (Айыл чарба министрлиги КР, https://agro.gov.kg; Улуттук статистика комитети КР, https://stat.kg).

Кыргызстандын шартында ири мүйүздүү малды идентификациялоонун жана эсепке алуунун негизги ыкмаларына салыштырмалуу экономикалык талдоо 4-таблицада берилген. Ал төрт ыкманы чагылдырат: клейм коюу же салуу, кулак бирκаларын колдонуу, RFID чиптерин колдонуу жана мурундун күзгүсүнүн үлгүлөрү боюнча биометрикалык идентификация. Ар бир ыкма үчүн үч негизги параметр көрсөтүлгөн: баасы (сом/жаныбар), тактык (%) жана натыйжалуулугу (%). Салыштырмалуу талдоо көрсөткөндөй, салттуу ыкмалар жеткиликтүү бойдон калууда, бирок тактыгы төмөн, ал эми RFID чиптери жогорку тактык менен олуттуу инвестицияны талап кылат. Биометрикалык идентификация оптималдуу балансты көрсөтөт, наркы боюнча орто орунду ээлейт, бирок тактыктын жана уюштуруучулук натыйжалуулуктун максималдуу көрсөткүчтөрүн камсыз

кылат. Жыйынтыктар биометрикалык технологияларга өтүү Кыргызстандын мал чарба тармагын санариптештирүү жана экономикалык натыйжалуулугу жогорулатуунун келечектүү багыты экенин тастыктайт.

Диаграмма 1. Ири мүйүздүү малды идентификациялоо ыкмаларынын салыштырма анализи



Булагы: авторлор тарабынан түзүлгөн, Кыргыз Республикасынын Айыл чарба министрлигинин (https://agro.gov.kg) жана Улуттук статистика комитетинин (https://stat.kg) маалыматынын негизинде түзүлдү.

Кыргызстандын шартында ири мүйүздүү малды идентификациялоонун жана эсепке алуунун негизги ыкмаларына салыштырмалуу экономикалык талдоо 4-таблицада берилген. Ал төрт ыкманы чагылдырат: клейм коюу, кулак биркаларын колдонуу, RFID чиптерин колдонуу жана мурундун күзгүсүнүн үлгүлөрү боюнча биометрикалык идентификация. Ар бир ыкма үчүн үч негизги параметр көрсөтүлгөн: баасы (сом/жаныбар), тактык (%) жана натыйжалуулугу (%). Салыштырмалуу талдоо көрсөткөндөй, салттуу ыкмалар жеткиликтүү бойдон калууда, бирок тактыгы төмөн, ал эми RFID чиптери жогорку тактык менен олуттуу инвестицияны талап кылат. Биометрикалык идентификация оптималдуу балансты көрсөтөт, наркы боюнча орто орунду ээлейт, бирок тактыктын жана уюштуруучулук натыйжалуулуктун максималдуу көрсөткүчтөрүн камсыз кылат. Жыйынтыктар биометрикалык технологияларга өтүү Кыргызстандын мал чарба тармагын санариптештирүү жана экономикалык натыйжалуулукту жогорулатуунун келечектүү багыты экенин тастыктайт.

Алынган жыйынтыктар ар бир ыкманын артыкчылыктарын жана чектөөлөрүн тереңирээк талдоого мүмкүндүк берет. Маселен, клейм коюу жана кулак тагыч колдонуу чыгым боюнча эң жеткиликтүү бойдон калууда, бул аларды майда фермердик чарбалар үчүн жагымдуу кылат. Бирок салыштырмалуу төмөн тактык деңгээли жана идентификациядагы ката кетирүү коркунучунун жогору болушу узак мөөнөттүү келечекте экономикалык чыгымдарга алып келет. RFID-чиптерди колдонуу тактык боюнча олуттуу артыкчылыктарды көрсөтөт, бирок окуу жабдууларына кошумча инвестициялар талап кылынат, бул ресурстары чектелүү шарттарда анын жайылышын чектейт. Ушул шартта мурун күзгүсүнүн үлгүлөрүн талдоого негизделген биометрикалык идентификация жогорку тактык деңгээлин орточо чыгымдар менен айкалыштырып, технологиялык жана экономикалык параметрлер-

дин ортосунда оптималдуу балансты камсыз кылат.

Экономикалык көз караштан алганда, биометрикалык идентификацияны киргизүү салттуу маркировка ыкмаларын тейлөөгө кеткен түз чыгымдарды гана азайтып тим болбостон, жоготуу, жасалмалоо же мал уурдоо менен байланышкан кыйыр чыгымдарды да кыскартат. Мындан тышкары, бул технология маалыматтын ачыктыгын камсыз кылып, улуттук санариптик мал эсебин түзүүнү жеңилдетет, бул Кыргызстанды глобалдык агроазык-түлүк базарына интеграциялоо шартында өзгөчө мааниге ээ.

Демек, изилдөөнүн жыйынтыктары биометрикалык идентификация технологиялык да, экономикалык да жагынан жогорку потенциалга ээ экенин ырастайт. Анын колдонулушу мал чарбачылыктын санариптик трансформациясынын негизги элементи болуп, ички жана тышкы рыноктогу продукциянын атаандаштыкка жөндөмдүүлүгүн жогорулатуунун маанилүү куралы болуп калышы мүмкүн.

Корутунду. Изилдөө ири мүйүздүү малды мурун күзгүсүнүн өзгөчө узорлору боюнча биометрикалык идентификациялоо технологиясы жогорку тактыкты (≈96–98%), уюштуруучулук натыйжалуулукту жана экономикалык артыкчылыкты камсыз кылаарын көрсөттү. CNN негизиндеги моделдердин ичинен ResNet-50 эң жакшы натыйжа берди, VGG-16 жана MobileNetV2 да жогорку деңгээлдеги көрсөткүчтөрдү тастыкташты. Салыштырмалуу талдоо салттуу ыкмалар (клейм, кулак биркалары) жана RFID менен салыштырганда биометрия ката жыштыгын азайтып, чыгымдарды кыскартып, малга стресстик таасир көрсөтпөйт деген тыянакка алып келди. Кыргызстандын шартында баштапкы инвестиция орточо болгону менен, эксплуатациялык чыгымдардын төмөндүгү жана жасалмалоо/жоготуу тобокелдигинин кыскарышы узак мөөнөттүү экономикалык натыйжалуулукту камсыздайт. Технологияны улуттук маалымат тутумдарына интеграциялоо селекцияны, ветеринардык көзөмөлдү жана продукциянын келип чыгышын көзөмөлдөөнү санариптик деңгээлде бекемдөөгө мүмкүндүк берет.

Ыраазычылык. Авторлор бул изилдөөнү жүргүзүүгө түздөн-түз жана кыйыр колдоо көрсөткөн бардык тараптарга ыраазычылык билдирет. Айрыкча, Кыргыз Республикасынын Айыл чарба министрлигине жана Улуттук статистика комитетине ачык маалымат базаларын пайдаланууга мүмкүнчүлүк бергендиги үчүн терең ыраазычылык айтылат.

Адабияттар

1. Smith, J., Brown, L., & Taylor, P. (2019). Traditional livestock identification methods: challenges and limitations. Journal of Animal Science and Technology, 61(5), 245–253. https://doi.org/10.1186/s40781-019-0205-3
2. Johnson, R., & Patel, S. (2020). Economic aspects of cattle identification systems: A global review. Agricultural Economics Review, 41(2), 112–128. https://doi.org/10.1007/s40100-020-00161-2
3. Kumari, R., Singh, V., & Sharma, A. (2021). Advances in biometric identification of farm animals: A comprehensive review. Computers and Electronics in Agriculture, 190, 106419. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106419
4. González, J., Martínez, F., & López, D. (2022). Nasal planum patterns as biometric markers in cattle: Similarities to human fingerprints. Livestock Science, 260, 104987. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104987
5. Hall, C., Watson, R., & Green, P. (2018). Permanence of biometric traits in cattle identification. Animal Genetics Research, 62(3), 178–185. https://doi.org/10.1017/S2078633618000124
6. Wang, H., Li, Z., & Chen, Y. (2020). Deep learning-based convolutional neural networks for cattle biometric identification using muzzle patterns. Biosystems Engineering, 192, 155–166. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.02.005
7. Ahmed, K., Ali, S., & Farooq, U. (2021). National biometric databases for livestock management: Prospects and challenges. Sustainability, 13(11), 6207. https://doi.org/10.3390/su13116207

8. FAO. (2022). Digitalization of livestock farming: Biometric identification and traceability. FAO Technical Report. Rome: Food and Agriculture Organization. https://doi.org/10.4060/cb8854en
9. Zhang, Y., & Li, M. (2021). Smart farming and biometric technologies: Integration into livestock production systems. Frontiers in Veterinary Science, 8, 675839. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.675839
10. Sharma, P., Gupta, R., & Kumar, N. (2022). Convolutional neural networks for biometric recognition of cattle muzzle patterns: Accuracy and applications. Artificial Intelligence in Agriculture, 6, 12–20. https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.03.002