

AI 기반 가축 관리 시스템의 V&V 프로세스 수립 연구

장은지

한국정보통신기술협회

eun6759@tta.or.kr

A Study on Establishing the V&V Process for AI-Based Livestock Management Systems

Jang Eun Ji

Telecommunications Technology Association

요약

본 연구는 AI 기반 이상 징후 탐지 시스템을 사례로, 축산업에 적용 가능한 V&V(Verification & Validation) 프로세스의 기초적 프레임워크를 제안한다. 실제 농장 환경에서 수집된 RGB 및 열화상 데이터를 활용하여 YOLOv7 기반 모델의 탐지 성능을 평가한 결과, 네 가지 이상 징후에 대해 모두 91% 이상의 높은 정확도를 기록하였다. 이를 통해 시스템의 실효성을 입증하고, 축산 분야에 특화된 V&V 프로세스 수립의 필요성을 도출하였다.

I. 서론

최근 축산업은 디지털 전환의 흐름 속에서 빠르게 변화하고 있다. 센서, IoT(사물인터넷) 등 첨단 정보통신기술이 현장에 도입되면서[1], AI(인공지능)를 활용한 가축 관리 시스템도 점차 확산되고 있다. 이러한 시스템은 가축의 건강 상태 모니터링, 이상 징후 탐지, 질병의 조기 진단 및 예방, 사료 급여 최적화, 번식 주기 및 교배 관리 자동화 등 다양한 분야에서 농장 운영의 효율성과 자동화를 실현하고 있다.

그러나 이러한 AI 기반 시스템이 현장에 도입되는 과정에는 여전히 여러 한계가 존재한다. 특히, AI 모델의 판단이 농장주나 수의사의 의사결정에 직접적으로 영향을 미치기 때문에, 시스템의 정확성, 신뢰성, 안전성을 확보하고, 사용자의 요구를 충족하는지를 평가하기 위한 검증(Verification) 및 확인(Validation)[2], 즉 V&V 절차가 필수적이다. 그런데도, 현재 축산 분야에서는 이러한 V&V 프로세스가 아직 표준화되어 있지 않으며, 환경 변화(조도나 계절), 품종, 영상 품질, 데이터 편향 등 다양한 변수들을 고려한 검증 사례도 제한적이다.

AI 기반 가축 관리 시스템은 단순한 센서 데이터 분석을 넘어서, RGB 및 열화상 카메라로부터 수집한 영상 데이터를 기반으로 가축의 행동, 생리적 징후, 건강 상태 등을 종합적으로 판단하는 고차원적 기능을 요구한다. 따라서 이 시스템의 성능을 신뢰할 수 있으려면 다양한 시나리오에서의 성능 시험, 이상 징후 감지 정확도, 외부 환경 변화에 대한 견고성 등을 체계적으로 검토해야 하며, 정확도, 민감도, 특이도 등 정량적 지표를 활용한 데이터 기반 평가 체계가 필요하다.

이에 본 연구는 AI 기반 가축 관리 시스템의 핵심 기능 중 하나인 이상 징후 탐지를 중심으로, 실제 농장 환경에서 수집된 영상 데이터를 활용하여 탐지 성능을 정량적으로 평가하고, 그 결과를 바탕으로 V&V 프로세스 수립의 필요성과 방향성을 제시하고자 한다. 특히 뒤집힘, 분만 징후, 발정, 고열 증상 등 다양한 이상 징후 항목에 대해 실험을 수행하고, 정확도 기반 평가를 통해 시스템의 실효성을 분석하였다.

논문은 다음과 같은 구조으로 이루어져 있다. 먼저, AI 기반 가축 관리

시스템의 주요 기능과 구성 요소를 설명하고, 다음으로 실제 영상 기반 실험을 통해 이상 징후 탐지 성능을 평가하고 분석한다. 마지막으로 해당 시스템에 적용 가능한 V&V 프로세스를 위한 기초적 프레임워크를 제안하고, 향후 연구 방향을 논의한다.

II. 본론

1. AI 기반 가축 관리 시스템의 주요 기능과 구성 요소

AI 기반 가축 관리 시스템은 가축의 건강과 생산성을 향상시키기 위해 정밀 모니터링 기능을 제공한다. 시스템은 크게 AI 분석 모듈, 입력 데이터, 출력 항목으로 구성되며, 다양한 농장 환경에 맞춘 맞춤형 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다.

<표 1>은 시스템의 핵심 기능 세 가지를 정리한 것이다.

표 1. AI 기반 가축 관리 시스템의 핵심 기능과 설명

핵심 기능	설명
객체 탐지	영상 데이터를 기반으로 개체의 위치를 식별하고, 뒤집힘, 분만 징후, 발정 등 생리학적 징후를 자동으로 추적
행동 분석	가축의 움직임 및 행동 패턴을 실시간 분석하여 스트레스 반응 등 이상 징후를 조기에 감지
건강 및 생산성 예측	사료 섭취량, 활동량, 생체 정보를 종합적으로 분석하여 사료 요구율, 번식 성공률 등 주요 생산 지표를 예측

이러한 기능은 AI 모델에 학습된 패턴 인식 알고리즘을 기반으로 하며, 센서 및 영상 데이터를 종합적으로 활용하여 동작한다.

2. 이상 징후 탐지를 위한 시험 설계 및 데이터 구성

이상 징후 탐지 기능의 성능을 검증하기 위해, 실제 소 사육 농장에서 RGB 및 열화상 카메라로 촬영한 영상을 바탕으로 시험을 설계하였다. 분석 대상은 다음의 네 가지 상태로 구성된다.

- 뒤집힘: 낙상 후 소가 스스로 일어나지 못하고 네 다리를 공중에 둔 채

허우적거리는 상태

- 분만 징후: 꼬리를 지속적으로 드는 행동이 관찰되는 상태
 - 발정: 활동량이 증가하고 다른 개체 위에 올라타는 행동이 잦은 상태
 - 고열 증상: 체온이 비정상적으로 상승한 상태
- 이 중 자세 및 행동 분석은 RGB 영상으로, 고열 감지는 열화상 영상으로 분석하였다. 모델은 YOLOv7 구조를 기반으로 하였으며, 이상행동 탐지 를 위해 RGB 및 열화상 영상을 데이터를 함께 학습에 활용하였다. 다만, 모델의 세부 튜닝 및 최적화 과정은 기업 내부 사정으로 인해 공개하지 않는 다.

데이터셋 구축 조건은 다음과 같다:

- 사계절 동안 다양한 시간대 및 조도 조건에서 영상 수집
- 전문가의 판정을 통해 이상 징후에 대한 레이블 부여
- 각 항목별로 900장 이상의 이미지 확보 및 전처리 수행

3. 탐지 성능 평가 결과 분석

AI 모델의 탐지 성능은 정확도(Accuracy)를 기준으로 평가하였다. 결과는 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 각 이상 징후 항목에 대한 탐지 정확도

이상 징후 항목	정확도(%)
뒤집힘	99.4
분만 징후	91.1
발정	99.9
고열 증상	98.7

모든 항목에서 91% 이상의 높은 정확도를 기록하였으며, 다양한 조도 및 카메라 각도 조건에서도 성능 저하 없이 이상 징후를 정확히 탐지하였다. 이는 본 모델이 실제 농장 환경의 변동성을 효과적으로 견딜 수 있음을 의미한다.

예시로, 실제 영상에서 객체 탐지 모듈이 정상 상태(Normal) 또는 이상 상태(예: "Flip")를 신뢰도(Confidence score)와 함께 표시한 사례를 <그림 1>에 나타내었다. 중앙의 개체가 '뒤집힘(Flip)' 상태로 정확히 탐지되었으며, 이는 시스템의 시각적 직관성과 적용 가능성을 보여준다.

그림 1. 실제 농장 영상에서의 AI 기반 객체 탐지 결과 예시



4. V&V 프로세스 수립을 위한 시사점 및 확장 방향

AI 기반 가축 관리 시스템이 실제 축산업에 적용되기 위해서는 단순한 기술적 성능뿐만 아니라, 신뢰성과 안정성을 보장하는 V&V 프로세스가 필요하다. 생명체에 영향을 미치는 자동화된 의사결정인 만큼, 시스템의 신뢰성 확보는 필수이며, 성능 기준 및 시험 절차의 표준화도 중요하다. 본 연구에서는 정확도 중심의 평가를 진행하였지만, 다음과 같은 확장 방향이 필요하다:

- 성능 지표의 다양화: 민감도(Sensitivity), 특이도(Specificity), F1-score

등 추가 도입

- 실시간 환경 검증: 실시간 영상 스트림 기반의 장기 실증 실험 필요
- 데이터 품질 관리: 노이즈, 결측값 등 비정상 데이터에 대한 대응 체계 구축
- 일반화 성능 검증: 다양한 품종, 지역, 사육 환경에서의 적용 가능성 검토

III. 결론

본 연구는 AI 기반 가축 관리 시스템의 핵심 기능 중 이상 징후 탐지를 중심으로, 실제 농장 환경에서 촬영된 RGB 및 열화상 영상을 활용하여 성능을 평가하였다. 네 가지 이상 징후(뒤집힘, 분만, 발정, 고열 증상)에 대해 AI 모델의 탐지 정확도를 분석한 결과, 모든 항목에서 91% 이상의 높은 정확도를 기록하였다. 이는 본 시스템이 가축 상태의 자동화된 감시 및 관리에 효과적으로 적용될 수 있음을 입증한다.

AI 기술이 축산업에 실질적으로 기여할 수 있음을 확인하였으며, 조기 인지를 통한 신속한 대응으로 생산성 향상과 동물 복지 증진에도 기여할 수 있음을 시사한다. 또한 본 연구는 단순한 성능 평가를 넘어, 실험 설계, 데이터 구축, 성능 지표 설정 등을 V&V 프로세스를 위한 기초적 프레임워크를 제시하였다는 점에서도 의의가 크다.

향후 연구에서는 민감도, 특이도, F1-score 등 다양한 평가 지표의 도입, 실시간 스트림 기반 장기 실증 실험, 데이터 품질 확보, 다양한 품종과 사육 환경에 대한 일반화 성능 검증 등을 통해 시스템의 신뢰성과 확장 가능성을 더욱 심도 있게 다룰 예정이다.

참고 문헌

- [1] <기획>지속가능 미래 여는 스마트 축산 / 농식품부 '스마트축산 정책' 어디까지 왔나? 축산신문, 2024.8.30., <http://www.chuksannews.co.kr/news/article.html?no=262388>
- [2] IEEE Standard P1012-2024, "System and Software Verification and Validation".