

03

스마트 축사의 AI 활용을 위한 안정적인 복합환경 데이터 수집의 필요성



김준규
한국전자통신연구원
디지털융합연구소
산업에너지융합연구본부
농축해양수산지능연구센터
/ 선임연구원
gyu90@etri.re.kr



최원규
한국전자통신연구원
디지털융합연구소
산업에너지융합연구본부
농축해양수산지능연구센터
/ 책임연구원
wkchoi@etri.re.kr

1. 머리말

필자는 인간의 먹거리를 안정적으로 확보하는 것을 넘어서 자연과 인간의 조화를 이루고자 하는 농공에 매력을 느끼며, 학부에서부터 박사학위를 마치기까지 농업 도메인에서 공부와 연구를 매진하였다. 이러한 농업은 먹고사는 문제를 해결하고자 대량생산을 요구하던 시기에서 벗어나, 맛과 품질을 요구하는 농업생산 다음으로 친환경적이고 지속 가능한 농업생산에 이르기까지 농업의 발전 방향은 점차 새로운 기술 영역과 융합되어 간다고 볼 수 있다. 기술이 잘 활용되어 우리 일상에 녹아나는 사례를 살펴보면, 불과 20년 전만 하더라도, 필요한 자료를 찾기 위해 도서관에서 책과 자료를 찾아 사본을 확보하거나 신문 기사를 오려 붙여 모으던 시기에서, 구글에서 키워드만 입력하면 손쉽게 자료를 찾을 수 있게 되었고, 생성형 AI의 거대언어모델 (LLM)의 대표라고 할 수 있는 ChatGPT가 없이는 연구 활동이 어렵다고 느끼는 시대가 도래하였다. 한편, 스마트팜은 이미 수많은 연구가 진행되면서, 다양한 ICT 장비, AI 기술 등이 도입되어 많은 발전이 되어왔다. 그런데도, 스마트팜의 AI 기술들이 없이는 농업이 어렵다고 느끼는 농민들이 얼마나 있을까. 본 필자는 농업이라는 도메인에서 정보통신 분야의 국내 최고 정부출연연구소인 한국전자통신연구원에서 연구를 이어갈 수 있는 기회를 통해, 농업과 정보통신 융합의 필요성과 도메인과 기술 관점의 차이를 절실하게 느꼈다. ChatGPT가 각광받을 수 있었던 것은 OpenAI사의 대용량 데이터로 훈련되어 높은 정확도를 가진 자연어 처리가 가능했고, 높은 확장성과 새로운 딥러닝 분야의 발전이 동반되어 점점 인류 발전에 기여하는 바가 늘어나게 된 것이다. 스마트팜이 AI 기술들과 융합되어 미래 먹거리 생산을 선도하기 위해서는 안정적인 데이터가 필수조건이라 생각하

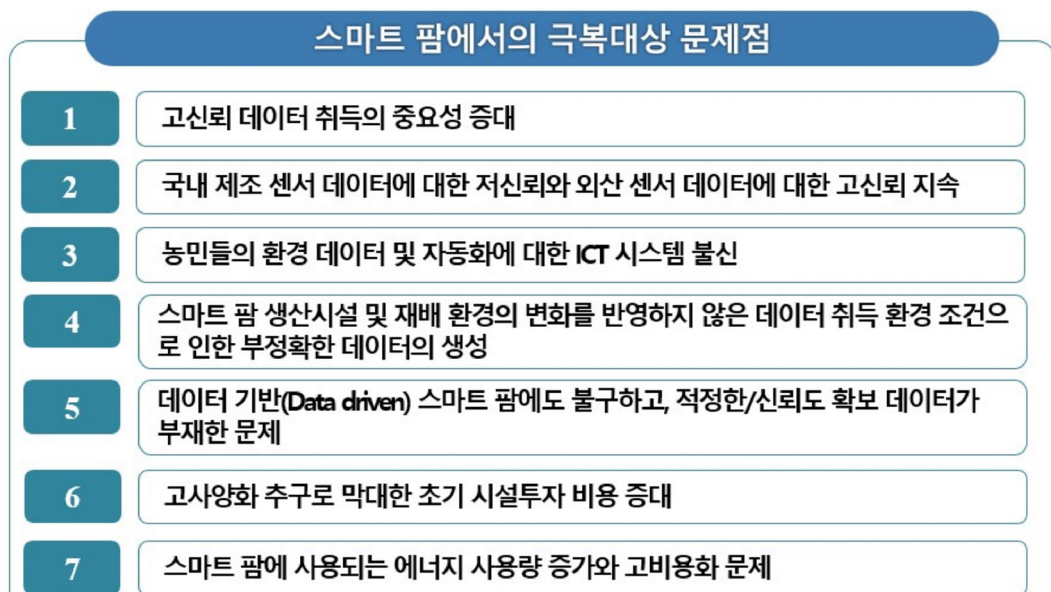


그림 1. 현재 스마트팜에서의 극복대상 문제점

며, 본 고에서는 안정적인 데이터 수집의 필요성을 논하고 필자가 현업에서 다수 수행 중인 연구 분야이자 데이터 수집이 어려운 축산업을 중심으로 연구 분야를 간략하게 소개하고자 한다.

2. 스마트팜의 발전을 위한 데이터 수집의 중요성

농업 분야에 데이터의 중요성이 커지고 있지만, 현재 현장에서 수집되는 데이터의 신뢰성 부재가 스마트팜의 보급 및 확산에 걸림돌로 작용하고 있다. 특히, 작물의 적정 생육환경 조절을 위해서 온도, 습도, 물 공급량, 양액조건 등 양질의 데이터의 축적이 선행되어야 한다. 자동화/데이터 기반 스마트팜의 운영에 있어 데이터의 취득과 분석이 더욱 중요해지고 있다. 하드웨어 측면에서는 국내 센서 업체들의 기술개발과 정부의 지원 등을 통해 농업 분야 및 기타 분야에 적용되는 국내 센서의 품질 및 기술력이 상승하였으나, 해외 센서

및 시스템에 비해 신뢰도가 낮은 실정이며, 해외 기업의 경우 작물별 센서 위치, 데이터 취득, 데이터에 기반한 환경관리 등의 서비스를 제공하는 등 농민들의 신뢰도에서 격차가 있는 상황이다. “스마트농업 육성사업 추진현황과 개선과제”(국회예산정책처, 2022)에 따르면, 현재까지 우리나라 스마트농업은 기술 수준이 상대적으로 낮은 1세대 소규모 중심의 자동화 시설 및 장비(H/W)가 보급되었지만, 데이터 수집·활용 비중이 높지 못하여 진정한 의미의 스마트농업이라고 보기 힘든 상황이다. 스마트농업 데이터 수집 및 분석을 통한 데이터 활용이 낮은 이유는 1) 농업 종사자의 경험에 의존한 생산과 2) 데이터 공유에 대한 인식 부족, 3) 자동화 및 ICT 시스템에 대한 신뢰성 부족 등이 있다.

한편, 실제 스마트팜 생산시설 현장에서의 문제도 적지 않다. 스마트팜 생산시설 및 재배 환경의 변화를 반영하지 않은 데이터 취득 조건은 부정확한 데이터의 생성을 야기할 수 있다. 농림수

산식품교육문화정보원의“ICT융복합 설치 규격 및 서비스 범위 시설원에 분야”에서 스마트팜에 설치되는 센서 등에 대한 기준을 제시하고 있다. 하지만 생산시설, 재배 내·외부 환경, 작물 생장 변화 등을 반영하지 않은 설치 기준을 제시하고 있다. 많은 농가에서는 공학적 근거 없이 설치 업체 및 컨설턴트 등의 경험에 따라 설치 위치, 설치 수량 등이 결정된다. 이로 인해 데이터에 대한 신뢰성이 확보되지 못하고 있는 실정이며, 다수의 센서 설치를 통해 안정적으로 신뢰도있는 데이터를 확보할 수 있으나, 설치, 운용, 유지보수 비용의 증대의 문제가 발생할 수 있다. 또한 스마트팜의 제어와 자동운영은 센서를 통한 데이터 기반(Data driven) 농업이 중심이지만, 상이한 센서 운영과 다수의 센서에서 취득된 데이터의 편차때

문에 데이터 취득 결과가 의미 있는 상관성 분포를 보이지 않은 문제점이 발생한다.

다수의 센서를 통해 데이터를 확보하자니 스마트팜에 적용되는 기술 및 기자재의 고사양화 추구로 인해 막대한 초기 시설투자 비용이 소요되고 정부지원에도 불구하고 농민들은 막대한 시설투자를 부담해야 하는 상황이며, 비용투자 대비 생산성 향상 효과에 대한 불확실성이 존재하고 있다.

3. 스마트축사의 복합환경 멀티센싱 기술을 통한 데이터 확보

축산시설의 생산성을 향상시키고 안정적으로 유지하기 위해서는 축종별 적정 생육 환경 유지를 위한 정밀한 환경관리가 필요하다. 2021년 농

K-스마트축사를 위한 복합환경 멀티센싱 통합관리 시스템 개발



그림 2. 컴팩트 센서 패키지 모듈을 활용한 안정적인 복합환경 데이터 수집, 데이터 기반 지능제어

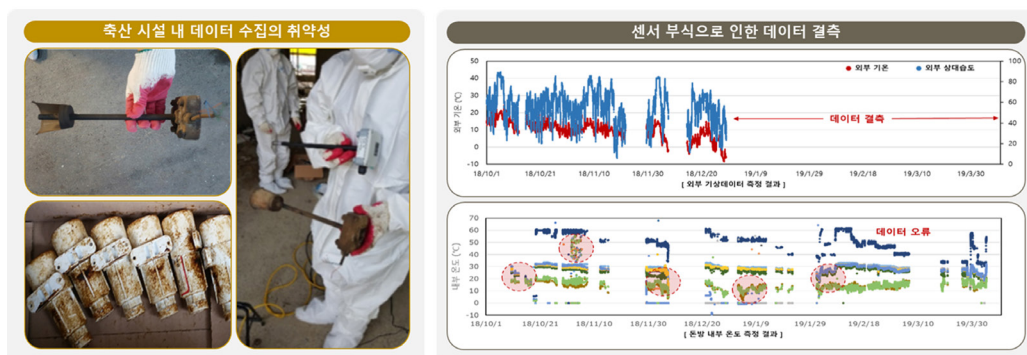


그림 3. 축산 시설 내 센서 부식과 그로 인한 데이터 결측

림업조사에 의하면 국내 축산 농가는 1,031가구로 전년 대비 약 4,000가구가 줄어들면서 최근 축산 농가 수 감소세가 가속화되고 있으며 이를 해결하기 위해 축산시설 표준설계도 제작 등 정부에서 다양하게 노력 중이지만 대부분의 농가의 경우 해외 장비로 축산시설이 구축되어 있고 시설별 기술 격차 때문에 표준화된 시설의 보급화에 어려움을 겪고 있다. 우리나라는 사계절이 뚜렷한 기후의 특성으로 생산성 향상을 위해서는 축종별 (한우, 돼지, 젖소) 성장 단계별로 적절한 사양 관리가 요구되지만, 계절에 따라 적절한 사양 관리 운영이 어려우며 특히 일교차가 심한 환절기에는 어린 개체의 설사와 호흡기 질병이 발생하는 등 문제점이 많다.

축산 시설에서 공기 중의 많은 먼지가 쌓이고, 내부환경은 습도, 분진과 가스의 농도가 매우 높아 센서의 감지부가 수분, 분진, 이물질 등으로 피복 부식이 진행되어 대부분의 양돈 시설의 센서 수명은 다른 시설에 설치된 센서에 비해 수명이 짧아 적정 생육 환경조절에 어려움을 겪고 있다.

축사 내부의 사육환경 (온도, 습도, 가스 등)의 복합환경에 대한 데이터를 안정적으로 수집하여 제어가 가능하도록 복합환경 멀티센싱이 가능한 센서패키지 모듈이 개발중이다. 이렇게 수집

되는 복합환경 멀티센싱 데이터는 다수 환경인자를 고려한 정밀한 환경제어가 가능하다. 축산시설의 생육 환경은 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 등 다양한 인자를 최적으로 조절하였을 때, 가축의 생산성, 사료 효율, 면역력 등에 긍정적 효과를 기대할 수 있다. 대부분 축산시설에서는 설계 온도에 따라 제어 장비를 일정한 출력으로 가동하는 방식을 사용하고 있어, 최적 사육환경을 유지하기 어려우며, 복합환경 요인을 종합적으로 고려하여 적정 제어량을 산정하여 사육환경의 안정성을 개선할 수 있다. 본 필자는 겨울철과 여름철 돼지의 생산성 향상, 악취 저감, 질병 방역, 에너지 절감을 위한 공기재순환 환기시스템을 개발한 사례가 있으며, 이러한 환기시스템의 운영을 위하여, 온도, 습도, 가스를 유기적으로 관리하는 복합환경 관리 지능제어 알고리즘을 개발 및 운영한 사례가 있다. 이를 통하여, 연중 환기량 75% 향상, 여름철 체감온도 저감, 겨울철 보온 및 악취 저감, 에너지 저감 23% 등의 생산성 향상 효과를 밝힌 바 있다.

4. 센서팩을 활용한 센서 고장 방지 및 센서 수명 연장

센서의 내구성을 높이기 위하여, 축사 내부의

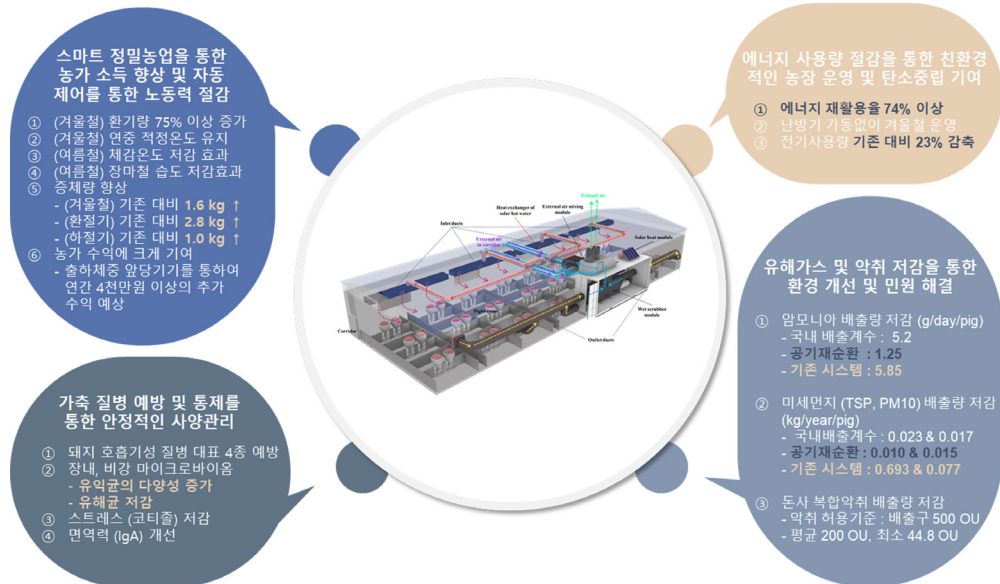


그림 4. 복합환경 멀티센싱 데이터를 활용한 지능제어를 통한 농가 축산현안 해결 사례

환경에서 센서를 보호하고 안정적으로 데이터를 수집할 수 있는 축사용 센서팩 기술 개발한 바 있다. 높이별 환경 모니터링을 위한 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 센서, 행동 모니터링 카메라를 통합하여 구성되며, 레고형 타입으로 구성되어 있어 사용자의 요구에 따라 센서의 높이 및 구성이 변경이 가능하다. 직접 노출식으로 시료의 교란 없이 축사 내부의 환경을 직접적으로 측정 가

능하며, 축사 내부 모니터링 데이터의 송수신을 위한 통신 모듈이 설치되어 있고, 외부 신선한 공기 급기를 통한 센서부 세척 및 부식 방지 기능이 탑재되어 있다. 추가로, 돈사의 중천장으로부터 엘리베이터 형태로 완전 보호가 가능한 형태로도 개발한 바 있으며, 현재는 고도화된 센서팩 모듈을 개발하는 중이다.



특집 | 스마트 축사의 시 활용을 위한 안정적인 복합환경 데이터 수집의 필요성

5. AI기반 센서 오차 탐지 및 보정 기술을 활용한 정확도 확보

축사에 설치되어 있는 센서의 정확도 및 신뢰성을 확보하기 위하여, 센서 오차를 AI 기반으로 탐지하고 보정하는 기술을 개발한 바 있다. 센서의 오차 탐지 시스템은 아래 그림과 같이 구성된다.

임계치를 벗어나면 cluster 중심값과 실측값의 차이를 기준으로 구분한다. k-means clustering 결과, 이상한 값 제외, 나머지를 대표 값으로 대체 하도록 하는 센서 자체 데이터 오차를 탐지한다. 이상상황을 인지하기 위해서는 현장 데이터를 수집하고, 수집 데이터의 상관 관계 분석을 통하여 기준값을 도출한다. 이러한 전처리하는 일별 데이터

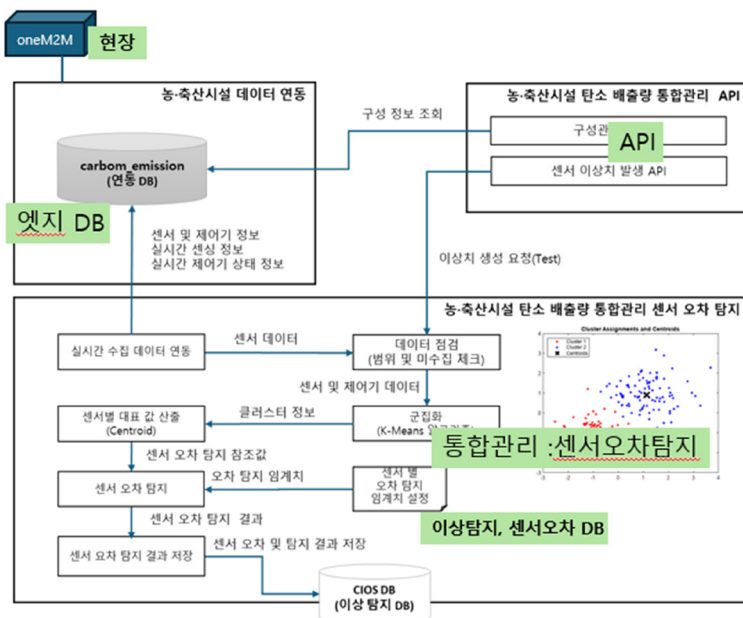


그림 5. 센서 오차 탐지 시스템 구성도



그림 6. 군집 결과 및 오차 탐지 예시

를 기반으로 주별 모델 학습 및 배포하며, 모델 업데이트 자동감지 및 로딩, 모델 서비스가 도커 컨테이너(Docker Container)에서 이루어진다.

6. 센서의 음영지역 해소를 위한 가상센서 기술

축사에는 고농도의 유해가스와 분진 그리고 다

습한 환경이 지속되기 때문에, 고가의 ICT 장비 및 센서들이 쉽게 고장날 수 있다. 이러한 문제로 인해 축사의 정밀한 데이터 수집에 어려움이 있으며, 이를 극복하기 위한 다양한 데이터 오차 및 결측 보정에 관한 기술들이 개발되고 있다. 필자는 열악한 환경과 시공간 제약으로 인해 센서 데이터 획득이 어려운 상황을 극복하기 위한 가상센서 프레임워크 핵심 기술을 개발하고 있으며, 축

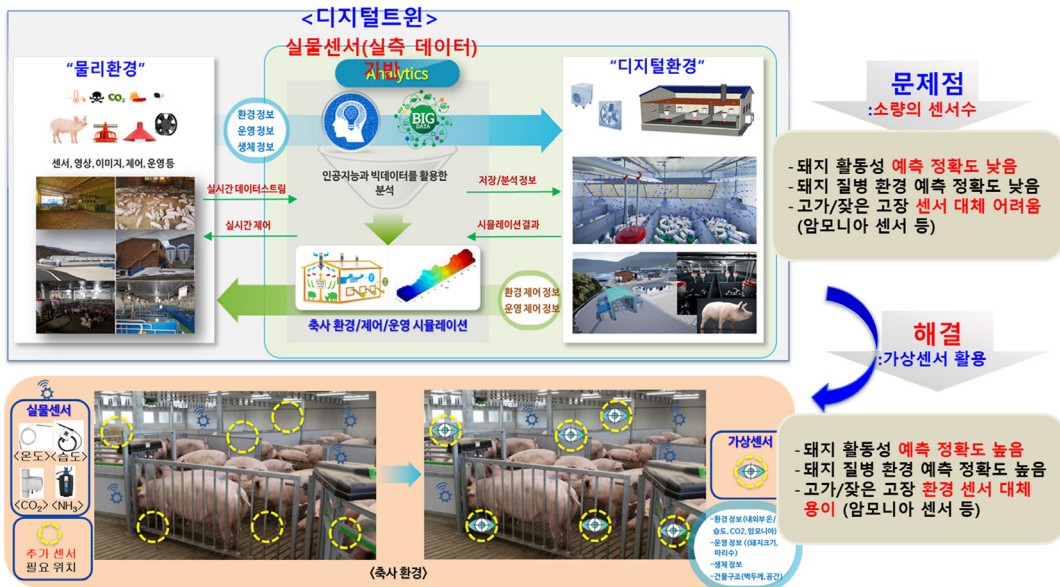


그림 7. 디지털트윈 기반의 축사 환경의 가상센서

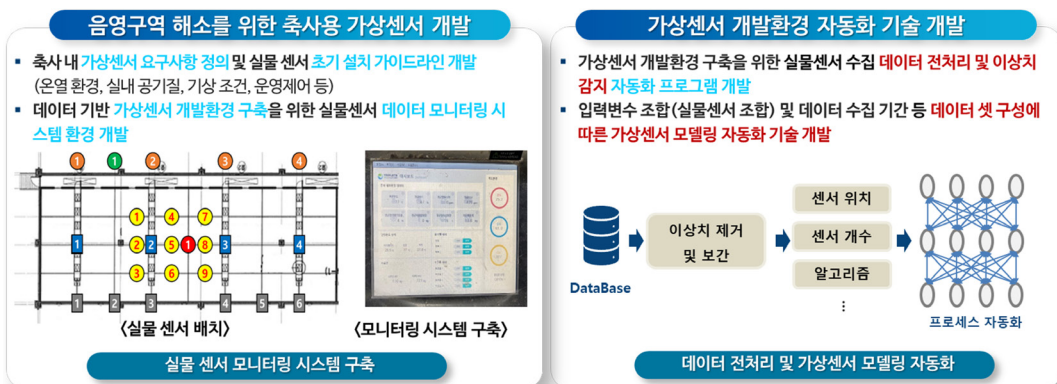


그림 8. 시공간 확장형 및 이종 데이터 융합형 가상센서

사, 화학공장, 노후 교량 응용을 위한 가상센서 개발 및 실환경검증을 수행하고 있다. 축사 환경 특성을 고려하여 이중 데이터 간 융합형 가상센서 모델링 방법론을 개발한 바 있으며, 가상센서 개발을 위한 비정형 데이터의 요구사항을 정의하고, 영상 또는 음성 데이터를 활용한 이벤트 탐지, 위치 수집, 시멘틱 추출과 같은 정보 수집 알고리즘을 개발한 바 있다.

7. 결론

우리나라의 스마트팜 현황은 필요한 ICT 기술과 인프라는 오랜기간 연구가 지속되어 충분하게 갖추어졌다고 볼 수 있다. 하지만, 아직까지도 인공지능을 활용하여 의사결정 및 자율제어가 실현되고 노동력이 절감되고 있다고는 보기 어려운 실정이다. 이렇게 새로운 기술들과 정보통신 기술들이 농가에 쉽게 정착하지 못하는데 있어 가장 큰 이유는 이러한 기술들을 바탕으로 운영되고 시스템이 동작하는데 기준이 되는 데이터가 부족한 점을 꼽을 수 있다. 특히, 내부 환경이 열악한 축산 시설의 경우 다수의 센서를 통해 데이터를 수집하더라도, 센서의 고장, 오차 발생, 결측 등의 문제가 빈번하게 발생한다. 그렇다보니 농가에서 수집되는 데이터는 여전히 불확실성이 다수 존재하며, 현장에서도 눈앞에서 측정되는 센서 자체를 신뢰하지 못하는 농민들이 많다. 제대로된 스마트팜 기술의 활용과 보급을 위해서는 신뢰성 높은 데이터를 오랜 기간 축적하여, 최신 기술들의 적용성을 검토하는 것이 절실하다. 우리나라는 세계에서 알아주는 정보통신의 강국이며, 이미 의료, 교통, 국방, 치안 등 타 도메인에서는 ICT 기술이 접목되어 유용하게 활용되고 있어, 이러한 기술 적용 사례를 전반적으로 살펴보면 농업에서도 충

분히 활용할 수 있는 가능성을 찾아 볼 수 있다.

따라서, 성공적인 축산 분야 스마트팜 기술의 활용 및 보급을 위해서는 현장에서 수집되는 빅데이터의 신뢰성과 안정성을 높이고, 그러한 데이터를 기반으로 AI, 지능제어, 자율운영 등의 융합을 시도하는 것이 중요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 국회예산정책처, 2022, 스마트농업 육성사업 추진현황과 개선과제

감사의 글

- 1) 본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(RS-2024-00399033)
- 2) 본 결과물은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022-0-00591, 디지털트윈 환경에서 센서 음영구역을 해소하기 위한 가상센서 프레임워크 기술 개발)