

개방형 제어기반 1세대 낙농 스마트팜의 고도화 모델 적용 분석

양가영¹, 권경석^{1*}, 김중곤¹, 김종복¹, 장동화¹, 고미애²
¹농촌진흥청 국립축산과학원
²(주) 리얼팜

Analysis of advancement model of 1st generation dairy smart farm based on Open API application

Yang Kayoung¹, Kyeong-Seok Kwon^{1*}, Jung Kon Kim¹,
Jong Bok Kim¹, Dong Hwa Jang¹, Ko miae²
¹National Institute of Animal Science, Rural Development Administration
²Real Farm Co., Ltd

요약 스마트 축사용 ICT 융복합 확산으로 1세대 낙농 스마트팜 모델에서 여러 제조업체에 의해 만들어진 각 장치들이 독자적인 통신 방식을 사용함으로써 각 장치간의 상호 운영이 제한되었다. 본 연구에서는 기존 ICT 장치의 상호 운용 확보 및 데이터 관리를 위하여 개방형 제어 기술 기반 1세대 낙농 스마트팜 모델의 고도화를 실시하였다. 이 과정에서 도출된 개방형 통합제어는 Open API의 소프트웨어 인터페이스 구조로 각 말단에 위치하는 ICT 장치와 센서들의 통신 방식에 맞추어 실시간 데이터 수집 역할을 맡는 Observer와 상위 통합관리 서버로 연결, 전송하는 역할을 수행하는 Broker로 구성된다. 개방형 통합제어를 통해 고도화 모델 도입에 따른 1세대 낙농 스마트팜 모델 현장 2 곳의 검증을 통하여 성과 분석한 결과 두당 일일평균 산유량이 전년도 대비하여 (A 농가 5.13%, B 농가는 1.33%) 증가하였고 ($p < 0.05$), 공태일수는 A농가에서 약 17.5%, B 농가에서 약 13.3% 감소하였다($p < 0.05$). 젖소는 ICT 장치 도입 이후 적응 기간이 요구되나 이후 지속적인 효과를 관찰할 경우, 생산량의 효과가 점차 증가 할 것으로 기대할 수 있다. 현재 축종별 1세대 스마트팜 고도화를 통해 ICT 장치의 통합관리 체계 구축 및 데이터 송수신 인터페이스에 대한 제시가 실시되었으나, 빅데이터 기반의 2세대 스마트팜 연구개발 진입을 위하여 데이터의 규격 및 송수신에 대한 표준제정 및 산업계의 참여 유도를 위한 정책마련이 시급하다. 또한, 인공지능과 빅데이터가 핵심인 2세대 모델의 데이터 활용안 개발을 통해 낙농 스마트팜의 2.3세대를 향한 기반 조성이 시급 할 것이라고 제언하는 바이다.

Abstract ICT convergence using smart livestock is that in the first-generation dairy smart farm model, each device made by several manufacturers uses its own communication method, limiting the mutual operation of each device. This study uses a model based on open control technology to secure interoperability of existing ICT devices and to manage data efficiently. The open integrated control derived from this process is the software interface structure of Open API. It is an observer that serves as real-time data collection according to the communication method of ICT devices and sensors located at each end. It consists of a broker that connects and transmits to the upper integrated management server. As a result of the performance analysis through verification of two first-generation dairy smart farm model sites, the average daily milk production increased compared to the previous year (farm A 5.13%, farm B 1.33%, $p < 0.05$). Cow days open (DO) was reduced by 17.5% on farm A and 13.3% for farm B ($p < 0.05$). Cows require an adaptation period after the introduction of the ICT device, but if continuous effects are observed, the effect of production can be expected to increase gradually.

Keywords : Dairy cow, Smart farm, Standard, Application, Open API

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 지원(과제번호: 320098011HD020, 과제명: 1세대 스마트 애니멀팜 산업화기술개발사업)과 2020년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Kyeong-seok Kwon (National Institute of Animal Science)

email: kskwon0512@korea.kr

Received October 27, 2020

Revised November 3, 2020

Accepted November 6, 2020

Published November 30, 2020

1. 서론

오늘날은 ICT 융복합을 통한 농업의 미래 성장 산업화 촉진의 핵심요소인 스마트팜 개발 정책을 강화하고 있다. 축산분야에서도 향후 국제 경쟁력 확보를 위해 ICT 기술을 이용하여 체계적이고 정밀한 환경제어와 가축관리로 생산성 향상 방안 마련에 대한 요구가 증대되고 있다. 한국형 스마트팜 및 융복합 기술 활용을 통해 현장 애로 사항을 해결하고자 인공지능, 빅데이터 기반의 스마트 농업기술 개발 및 실용화 관련 정책을 중점적으로 제시 중이며, ICT 기자재의 표준화, 2세대 스마트팜 클라우드 구축, 2세대 스마트팜 핵심기술 개발, 스마트팜 전후방 연관 산업 취업 및 창업지원 등 정책 추진을 위한 다양한 전략을 제시 중에 있다.

가축 중 소의 경우, 젖소에서 스마트 축사용 ICT 장비 설치 지원을 위한 'ICT 융복합 확산사업'을 실시하고 있는 실정이다. 주로 활용하는 분야는 환경관리에서 축사 내부 온·습도 및 유해가스, 축사 외부는 온·습도, 풍향, 풍속, CCTV 등의 정보수집 및 원격 모니터링을 진행과 착유관리의 유성분 분석장치를 이용한 착유관리, 사료빈 관리, 자동급이기, 음수관리기 등의 제어를 통한 사양관리, 생체 정보 수집 장치, 발정탐지기등을 활용하여 번식 및 건강관리(체온, 활동량 등)를 하고 있다. 경영 관리 측면은 생산성, 경영비 및 납유관리등을 통한 경영계획 수립 및 분석을 활용하여 이루어지고 있다.

축산 선진국으로 분류되는 네덜란드, 덴마크, 벨기에 등과 같은 EU 국가들의 경우 스마트팜 개념의 하나로 정밀축산(PLF; Precision Livestock Farming)의 개념을 일찍이 정립하고 관련 연구를 지속적으로 수행하고 있다 [1]. 네덜란드는 생산농가, 사료 및 유유업체, ICT 산업체, 연구기관과 컨소시엄을 구성하여 농가의 생산비 절감, 유통효율성 개선 및 지속가능한 낙농업을 달성을 목적으로 프로젝트 참여 주체들 간 정보를 공유할 수 있는 별도의 데이터 허브를 구축하고 참여농가에서 발생한 데이터(착유, 사료, 질병, 번식 등)들이 실시간으로 공유되어 프로젝트 목적 달성을 위해 활용되고 있다. 2000년대 초 중반의 경우 축사 내부 온도, 습도, 열환경, 분진, 가스 등의 미기상 관련 요소들을 정밀 관리하기 위한 환경 제어 등에 집중되었다면 최근에는 동물복지적인 측면에 초점을 맞추어, 가축의 상태를 실시간으로 모니터링 하고 분석하여 건강, 이상징후 탐색, 동물복지 평가 등에 활용하기 위한 연구를 수행 중이다. 축사의 채광조절 및 우천 시 지붕의 개폐를 위한 자동개폐 시스템을 유비쿼터스

기술을 적용, 실시간으로 영상을 보면서 농장의 시설물을 제어한다[2]. 소의 발정음 정보를 이용하여 젖소 개체의 발정을 감지하고 영상정보를 이용하여 발정 시 소의 승가 행위, 승가 허용 행위를 검출하기 위한 기술 개발이 실시되고 있다[3,4]. 일본 후지쯔사에서 개발한 우보시스템은 발목에 부착하여, 젖소 개체의 걸음수 정보를 이용하여 발정 징후를 감지하는 기술로, 적정 수정 시기를 통보하여 수태율 향상 및 운영 비용 절감을 지원하는 서비스이다. 젖소 및 육우의 경우, 최근 3D Depth 카메라 기술 발전에 따라 영상정보 및 딥러닝 처리 기술을 활용하여 체형 측정, BCS 산정, 체중 유추를 위한 다양한 기술 개발이 시도되고 있다[2]. 생체정보 센서를 이용하여 젖소 개체의 활동량, 반추활동, 횡와/서기 행동 등과 같은 특정 행위 모니터링을 실시하여 가축의 발정과 분만 시기, 질병 징후를 예측하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다[3]. 방목을 실시하는 경우, 드론을 이용한 원격 탐사 기술 및 영상정보를 이용하여 킨볼루선 기반 각 개체의 등패턴과 구조의 특성을 파악하여 개체를 인식하고 위치 정보를 산출하기 위한 연구[5]와 Noseband형 생체정보 수집장치를 부착한 개체에 대하여 소의 섭취행동과 초지 상태에 대한 모니터링을 위한 연구가 실시된 바 있다 [6,7].

그러나 우리나라 경우, 젖소농장에서 스마트 축사를 구현을 위한 ICT 융복합 확산으로 한계점들이 나타났다. 기존 1세대 낙농 스마트팜 모델에서는 여러 제조업체에 의해 만들어진 각각의 장치들이 독자적인 데이터의 규격과 종류, 수집 주기 등이 상이해서 연구 개발에 활용하는데 한계가 있고, 향후 빅데이터 연구를 위한 기반 조성시 걸림돌로 작용하고 있다. 이를 보완하기 위해 ICT 장치의 상호운영성 확보 및 효율적인 데이터 관리를 위하여 개방형 제어 기술 기반으로 1세대 낙농 스마트팜 모델의 고도화가 실시되었고, 1세대 낙농 스마트팜 모델 고도화 과정에서 도출된 개방형 통합제어는 Open API의 소프트웨어 인터페이스 구조로 스마트 축사에 적용되는 ICT 장치별 호환성을 위한 기준을 제시하였다. 그러나, 스마트 축사 ICT 기기 산업체별 각각의 자체 프로토콜을 유지 사용함으로써 호환성 미비 등으로 유지보수 및 확장에 어려움이 남아 있는 상황이다. 또한, ICT 기기의 호환성 확보를 위한 하드웨어에 대한 표준화가 추진되었고, 일부는 현재 표준화가 추진 중에 있으나, 산업체 후속 주자가 참조하여 사용할 만한 표준기반의 통합제어기 및 통합관리 플랫폼이 미흡한 실정이다. 따라서 개방형 통합제어기 연결방식의 정의를 따르면서 스마트 축사 ICT 기

기 업체가 참조 가능하도록 표준기반의 통합제어기로 사회화할 필요성이 있다[8]. 또한, 스마트 축사에서 생성되는 데이터의 신뢰성 검증 및 활용안을 제시함으로써 추후 농가 생산성 향상을 위한 분석용 데이터 확보 및 기능기반을 마련할 필요가 있다. 표준 및 개방형 제어 기반 1세대 낙농 스마트팜 고도화를 위한 통합제어기, 통합관리 플랫폼 개발을 통한 요소기술, 데이터의 통합 관리, 현장 실증을 통한 맞춤형 기술 제안 및 성과 분석이 필요하다. 예를 들면 사양, 환경 관리 및 제어 장치의 적용 및 개방형 제어기를 통한 통합관리의 실현이나, 1세대 낙농 스마트팜고도화 모델 적용을 통한 산유량, 유성분, 공태일수 등 주요 생산지표 성과의 정량적 효과를 분석하는 것이다. 또한 2,3세대 낙농스마트팜 R & D를 위한 전주기 빅데이터 생산 기반 조성이 필요하다.

이에 본 논문은 개방형 제어기반 1세대 낙농 스마트팜의 고도화 모델을 적용하여 현장 실증의 성과분석을 통하여 고도화가 필요하다고 제안하는 바이다.

2. 본론

2.1 현장 실증 농가 개요

2019년~2020년(1년간) 젖소 농가 2곳을 대상으로 고도화 모델 도입에 따른 성과 분석을 시행하였다. 농가 정보는 Table1 과 같다.

Table 1. Information of empirical farms

Item	Farm A	Farm B
Farm scale, m ²	3,150	4,600
Total number of cow, head	230	158
Lactating cow, head	110	63
Dry cow, head	20	9
Milking System	Tandem	Herringbone
Monthly milk yield, ton	3.4	2.5

2.2 ICT 장치 설치 품목

ICT 기기 설치 A 농가는 사료빈 관리기(2대), 스마트 송풍팬(8대), 환경 모니터링 장치(3대), CCTV (고정형 6대, 회전형 2대), 음수측정기(착유실, 사육시설), 생체정보 수집장치(위내 삽입형; 45대), 차단방역기, 통합제어기 등이 설치 되었다. B 농가는 환경 모니터링 장치(2대), 음수측정기(착유실, 가축사육시설), 유성분분석기(16대), 유성분분석기 통신장치(1대), 개체식별기(RFID 목걸이 방

식; 100대), 생체정보수집장치(목걸이형; 20개), 생체정보수집장치(위내삽입형; 84개), 통신장치, CCTV, 개체 위치추적용 비콘(16대), 통합제어기(2대) 등이 설치되었다.

본 연구에서는 앞서 언급한 1세대 낙농 스마트팜을 구성하는 각 장치들의 수집 데이터 종류, 규격, 수집 주기, 데이터 송·수신에 대한 인터페이스 정의를 사전에 실시하였다[9]. 정의된 인터페이스를 기준으로 말단의 ICT 장치와 센서로부터 실시간 데이터 수집 역할을 하는 Observer와, 상위 통합관리 서버 및 프로그램으로 연결, 전송의 역할을 수행하는 Broker로 구성된 개방형 제어기를 추가로 도입하여 1세대 낙농 스마트팜 모델에 대한 고도화를 실시하고자 하였다.

2.3 1세대 낙농 스마트팜 고도화에 따른 실증농가 성과 분석

2.3.1 A 농가의 생산량, 유성분 및 공태일수 분석

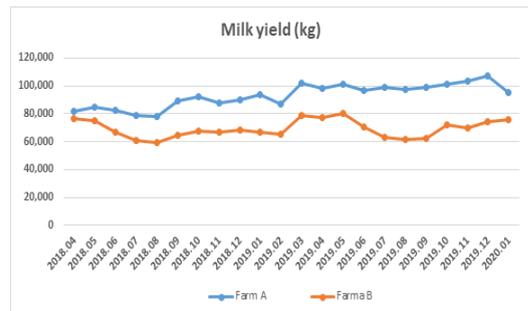


Fig. 1. Comparison of milk yield of empirical farms

2019년 평균 낙유량은 98,946 kg으로 2018년 평균 낙유량 83,556 kg 대비 약 18.4% 증가한 것으로 나타났다(Fig.1). 1세대 낙농 스마트팜 ICT 구성 장치들이 본격적으로 설치되기 시작한 2019년 6월부터 연구 종료 시(2020년 1월)까지의 생산량(낙유량)을 전년도 동일기간과 비교할 경우, 2019년 해당기간 동안의 낙유량은 평균 99,928kg, 총합 799,427 kg으로, 2018년도의 평균 85,561kg, 총합 692,486 kg 대비 16.8% 가량 증가한 것으로 나타났다. 비교 구간에 대하여, 실제평균 착유두수를 고려하여, 두당 평균 산유량을 산출할 경우, 2018년의 평균 착유두수는 81.2두, 2019년의 경우 90.2두로 산정되어 2018년의 두당 평균 산유량은 1,053.71 kg(두당 일평균 산유량 34.47 kg)으로 산정되었으며 2019년은 두당 평균 산유량이 1,107.85 kg(두당일평균 산유량 36.24 kg)으로 나타났다. ICT 장치의 고도화 적용에 따

라 두당 평균 산유량은 5.13% 향상된 것으로 나타났다.

Table 2. Comparison of milk quality of empirical farms

Item	2018		2019	
	A	B	A	B
Fat,%	4.1±0.2	4.2±0.2	4.1±0.2	4.2±0.2
Protein,%	3.4±0.1	3.5±0.1	3.3±0.1	3.6±0.1
BC ¹ ,10 ³	5.6±1.1	6.3±4.4	5.9±2.7	5.1±0.3
SCC ² ,10 ³	148.2± 30.3	180.4± 59.3	156.9± 20.1	167.3± 21.1
Grade	Level 1, A	Level 1, A	Level 1, A	Level 1, A

¹Bacteria count ²Somatic cell count

유성분 분석결과는 A 농가와 계약되어 있는 납유업체로부터 제공받아 착유탱크에 집유된 우유에 대하여 일괄로 한 달을 상반기, 하반기로 나누어 2회분의 유지방율, 유단백율, 세균 수, 우유 등급(세균 수 기준), 체세포 수, 우유 등급(체세포 수 기준)에 대한 결과이다(Table 2). 2019년 6월부터 연구 종료 시(2020년 1월)까지의 유지방율, 유단백율, 세균 수, 체세포 수의 변화를 살펴보면 유지방율의 경우 4.1%로 2018년의 동일 기간의 4.1%와 비교하여 유의한 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다(p<0.05). 유단백율 또한 3.3%로 2018년 동일기간의 3.3%와 비교하여 유의한 변화가 관측되지 않았으며(p<0.05), 세균 수의 경우, 5.3천 마리로 2018년 동일기간의 5.6천 마리 대비 5.4% 가량 감소한 것으로 나타났다.

우리나라의 경우 세균 수가 1 ml 당 3만 마리 이하일 경우 1등급A로 분류되는데[10], B 농가의 경우 전 기간에 걸쳐 세균 수 기준 1등급A의 우유가 생산된 것으로 나타났다. 체세포 수의 경우, 원유의 위생등급기준에 따르면, 원유 1 ml 20만개 미만일 경우 1급, 20~35만개일 경우 2급, 35~50만개는 3급, 50만~75만개는 4급, 75만개 초과 시 5급으로 분류된다[11,12]. 체세포 수에 따른 우유 등급 또한 전 기간에 걸쳐 1등급이 출현한 것으로 나타났다.

공태일수는 성 성숙이 완료된 동물이 분만 후 재 임신 전까지 임신하지 않고 유지되는 일수를 의미하며 해당 기간이 최소화 되어야 사료의 낭비를 방지할 수 있다[13,14]. 2019년도의 경우 전년도 대비 27.6일, 약 17.5% 가량의 공태일수 감소 효과를 보인 것으로 산출되었다(Table 3). 공태일수의 감소에는 해당 실험 농가 젖소의 연령, 산차, 사양관리 현황 등 다양한 요인들의 복합적인 영향에 의하여 결정되는 요소이나, 생체정보 수집장치, 발정탐지기 등의 도입을 통해 발정과 분만시기에 대

하여 적정 시기에 대응하여 수정율, 임신율을 높이고 개체별 건강관리가 가능하기 때문에 판단할 수 있다[15,16].

Table 3. Trend status of days open in empirical farms

Year/ Farm	2016		2017		2018		2019	
	A	B	A	B	A	B	A	B
DO ¹	163.2	188.9	173.3	162.8	158.1	187.4	130.5	161.9
YYID ²	-	-	10	-26.1	-15.2	24.6	-27.6	-25.5

¹Days open ²Year-on year increase and decrease

2.3.1 B 농가의 생산량, 유성분 및 공태일수 분석

총 158두 사육규모를 갖는 B 목장의 2019년 8월부터 연구종료 시(2019년 12월, 1월의 경우, 납유량 및 매출액이 상반기 까지 보고됨, 하반기의 착유생산정보가 상반기와 동일하다고 가정 후 계산 실시)까지의 생산량 및 매출액을 전년도 동일기간과 비교할 경우, 2019년 해당기간 동안의 납유량은 평균 69,077.9 kg, 총합 414,467.6 kg으로, 2018년도의 평균 65,601.1 kg, 총합 393,606.3 kg 대비 5.3% 가량 증가한 것으로 나타났다. 두당 평균 생산량 비교를 위하여, 세부적으로 ICT 구성 장치들이 도입된 시점(2019년 9월~2020년 1월)과, 비교구간(2018년 9월~2019년 1월)의 착유두수는 각각 평균 79.83두, 76.83두로 조사되었다. 해당기간 동안의 납유량과 평균 착유두수 정보를 이용하여 두당 평균 생산량을 산정해보면 ICT 장치 도입 후 865.31 kg(두당 일 평균 산유량 28.21kg)로 산출되어, 도입 전 동일구간의 두당 평균 생산량 853.85kg(두당 일평균 산유량 27.84 kg) 대비 약 1.33 % 향상된 효과를 보인 것으로 나타났다(Fig.1). 앞선 A 목장의 경우, 장치 설치 이후 5.13%의 산유량 증가 효과가 관측되었는데, 젖소의 경우 ICT 장치 도입 이후 적용 기간이 요구되는 만큼 이후 지속적인 효과를 관찰할 경우, 생산량의 효과가 점차 증가할 것으로 기대 할 수 있다.

유성분 분석 결과는 B 농가와 계약되어 있는 납유업체로부터 결과를 제공받았다. 2018년 1월부터 연구 종료 시(2020년 1월 상반기)까지의 평균 유지방율은 4.2%, 유단백율은 3.5%, 세균수는 5.7천 마리, 체세포 수는 178.9천 개로 나타났다(Table 2). 1세대 낙농 스마트팜 ICT 구성 장치들이 본격적으로 설치되기 시작한 2019년 8월부터 연구 종료 시(2019년 12월, 1월의 경우, 납유량 및 매출액이 상반기 까지 보고됨)까지의 유지방율, 유단

백을, 세균 수, 체세포 수의 변화를 살펴보면 먼저 유지방율의 경우 4.2%로 2018년의 동일 기간의 4.3%와 비교하여 유의한 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 유단백을 또한 3.60%로 2018년 동일기간의 3.67%와 비교하여 유의한 변화가 관측되지 않았으며 ($p < 0.05$), 세균 수의 경우, 5.1천 마리로 2018년 동일기간의 7.2천 마리 대비 큰 폭으로 감소한 것으로 나타났다. 그러나, 2018년 11월 하반기 측정 시 세균 수가 일시적으로 25 천마리로 급증한 것으로 나타났는데 해당 결과가 측정 과정 중의 오류인지에 대한 여부가 확인되지 않아, 이를 이상치로 간주하고 제외할 경우 평균 세균 수는 5천 마리 수준으로 유의한 변화가 관측되지 않았다. 체세포 수의 경우 167.3 개로, 2018년 동일기간의 170.4 개 대비 약 1.82% 감소한 것으로 나타났다.

1세대 낙농 스마트팜 ICT 구성 장치들이 본격적으로 설치되기 시작한 2019년 8월부터 연구 종료 시까지의 보고건 수 기준 1등급 출현율을 비교하면 2018년의 경우 100%, 2019년의 경우 전체 18건중 1건이 2등급으로 분류되어 94.4%로 산정되었다.

공태일수 변화는 2019년도의 경우 전년도 대비 25.5일, 약 13.6% 가량의 공태일수 감소 효과를 보인 것으로 산출되었다. 생체정보 수집장치 도입 이후 지속적인 체온과 활동량 추이 관측을 통해 개체별 건강 상태를 실시간으로 확인할 수 있었으며 발정, 분만시기에 대한 예측에 대한 체감 효과가 도입 전 대비 매우 우수한 것으로 나타났다.

3. 결론

본연구의 1세대 낙농 스마트팜의 고도화의 장비들로 우유 생산량, 유성분 분석의 변화 관찰 및 공태일 수 감소 등의 긍정적인 효과를 통한 농가의 수익성 등의 증대에 기여하는 것을 실증연구를 통해 확인할 수 있었다. 도출된 데이터데이터 기반으로 가축관리의 실현에 기반을 조성하는 측면에서 긍정적이나, 더욱 정밀하게 가축관리를 하기 위해서는 축종에 따라 공태일수 등과 같은 생산 지표의 주기가 다르기 때문에 객관적인 성과 분석을 위하여 가축의 전 주기동안의 빅데이터 측정 및 수집이 설정 되어야 할 것이다. 또한 축산분야에서 수집되고 있는 이질적인 대량의 데이터 통합을 처리하기 위한 기준마련이 필요하며, 스마트 축사 ICT 장치의 다양화로 서로 다른 기종의 장치의 통합 관리 및 제어를 활용 가능하게 하

며, 포괄할 수 있으면서 통합 가능한 형태의 표준마련이 필요한 상황이다 현재 축종별 1세대 스마트팜 고도화를 통해 ICT 장치의 통합관리 체계 구축 및 데이터 송수신 인터페이스에 대한 제시가 실시되었으나, 빅데이터 기반의 2세대 스마트팜 연구개발 진입을 위하여 데이터의 규격 및 송수신에 대한 표준 제정 및 관련 산업계의 참여 유도를 위한 정책마련이 시급하다. 또한, 인공지능과 빅데이터가 핵심인 2세대 모델의 데이터 활용안 개발을 통해 낙농 스마트팜의 2·3세대를 향한 기반 조성이 시급할 것이라고 제언하는 바이다.

References

- [1] M. S. Dawkins, "Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable", *Animal Production Science*, Vol.57, No.2, pp.201-208, 2017.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1071/AN15383>
- [2] T. NATORI, N.ARIYAMA, S. TSUICHIHARA, H. TAKEMURA, N. AIKAWA, "Study of Activity Collecting System for Grazing Cattle", 34th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC), pp.1-4, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.1109/ITC-CSCC.2019.8793451>
- [3] M. R. Borchers, Y. M. Chang, K. L. Proudfoot, B. A. Wadsworth, A. E. Stone, J. M. Bewley, "Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle", *Journal of Dairy Science*, Vol.100, pp.5664-5674, 2017.
DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11526>
- [4] Y. Chung, J. Lee, S. Oh, D. Park, H. Chang, and S. Kim, "Automatic detection of cow's oestrus in audio surveillance system", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol.26, No.7, pp.1030-1037, 2013.
DOI:<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12628>
- [5] Y. Qiao, M. Truman, S. Sukkarieh, "Cattle segmentation and contour extraction based on Mask R-CNN for precision livestock farming", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 165, pp.104958, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104958>
- [6] P. Astuti, C.M. Airin, S. Widiyanto, N. Prayogo, K. Triyana, "Determination of estrus phase in cattle using electronic nose", In 2018 1st International Conference on Bioinformatics, Biotechnology, and Biomedical Engineering Bioinformatics and Biomedical Engineering, Vol. 1, pp.1-4, 2018.
DOI:<https://doi.org/10.1109/BIOMIC.2018.8610570>
- [7] S. Fournel, A. N. Rousseau, B. Laberge, "Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming",

Biosystems Engineering, Vol.155, pp.96-123, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.12.005>

- [8] M. Choi, "A Study on the Efficient Implementation Method of Cloud-based Smart Farm Control System." Journal of Digital Convergence Vol.18, No.3, pp.171-177, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.3.171>
- [9] NIAS, "Enhancement and validation of first-generation dairy smart farm model based on open integration system," Rural development Administration, Korea, pp.10-79, 2020.
- [10] B. S. Ahn, K.S. Kie, K.H. Suh, T.Y. Hur, J.M Yeo, H.J. Lee, B.S. Jeon, S.B. Park, H.S. Kim, "The effects on somatic cell score and milk components by days in milk in holstein dairy cows", Journal of Animal Science and Technology, Vol.46, No.6, pp.925-936, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5187/JAST.2004.46.6.92>
- [11] K.E. Dittmer, K.G. Thompson, "Vitamin D metabolism and rickets in domestic animals: a review", Veterinary Pathology, Vol.48, No.2, pp 389-407, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0300985810375240>
- [12] Y.J. Kim, S.H. Wee, H.C. Yoon, E.J. Heo, H.J. Park, J.H. Kim, "Comparison of an automated most-probable-number technique TEMPO@TVC with traditional plating methods petrifilm™ for estimating populations of total aerobic bacteria with livestock products", Journal of food hygiene and safety Vol.27, No.1, pp.103-107, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2012.27.1.103>
- [13] P. Saowaphak, M. Duangjinda, S. Plaengkao, R. Suwannasing, W. Boonkum, "Genetic correlation and genome-wide association study (GWAS) of the length of productive life, days open, and 305-days milk yield in crossbred Holstein dairy cattle", Genetics and Molecular Research, Vol.16, No.2, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr16029091>
- [14] A. R. Fernandes, L. E. Faro, A. E. Vercesi Filho, Machado, C. H. C. Barbero, L. M., Bittar, E. R., Igarasi, M. S., "Genetic evolution of milk yield, udder morphology and behavior in Gir dairy cattle", Revista Brasileira de Zootecnia, Vol.48, No.2, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4820180056>
- [15] K. Martikainen, A. Sironen, P. Uimari, "Estimation of intrachromosomal inbreeding depression on female fertility using runs of homozygosity in Finnish Ayrshire cattle", Journal of dairy science, Vol.101, No.12, pp.11097-11107, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14805>
- [16] J. T. Paiva, M. G. C. D. Peixoto, F. A. T. Bruneli, A. B. Alvarenga, H. R. Oliveira, A. A. Silva, P. S. Lopes, "Genetic parameters, genome-wide association and gene networks for milk and reproductive traits in Guzera cattle", Livestock Science, Vol. 242, pp.1014273, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104273>

양 가 영(Yang Kayoung)

[정회원]



- 2012년 2월 : 강원대학교 동물자원학 (농학석사)
- 2016년 8월 : 강원대학교 축산학 동물시스템과학 (농학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 정밀축산

권 경 석(Kyeong-Seok Kwon)

[정회원]



- 2010년 8월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학석사)
- 2016년 8월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구사

<관심분야>

시설환경, 대기환경, 전산유체역학

김 중 곤(Jung Kon Kim)

[정회원]



- 2007년 2월 : 조선대학교 생물신소재학과(환경미생물학 전공, 공학박사)
- 2008. 10~2009. 10: Iowa State University (Post-doc.)
- 2009. 11~2012. 12: 농촌진흥청 국립식량과학원 (Post-doc.)
- 2013년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 축산환경과 농업 연구사

<관심분야>

가축분뇨처리, 바이오에너지

김 종 복(Jong Bok Kim)

[정회원]



- 2006년 9월 : UCLA Electrical Eng.(공학석사)
- 2006년 10월 ~ 2018년 1월 : LG이노텍 책임연구원
- 2018년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구관

<관심분야>

축산 스마트팜, 반려동물 ICT

장 동 화(Dong Hwa Jang)

[정회원]



- 2020년 2월 : 전북대학교 농업기 계공학과 (공학석사)
- 2020년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 축산환경과 전문 연구원

<관심분야>

축산 스마트팜, 영상처리

고 미 애(Ko Miae)

[정회원]



- 2005년 2월 : 경북대학교 전자공 학 (공학박사)
- 2005년 2월 ~ 2015년 12월 : 영상처리시스템 개발
- 2016년 1월 ~ 현재 : 축산스마트 팜 시스템 엔지니어

<관심분야>

스마트팜 시스템설계, 3D비전, 인공지능