

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ) 발간등록번호( O )  
가축질병대응기술고도화지원사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004662-01

# 재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상 농장 선정 기술 개발

2024. 06. 18

주관연구기관 / 인트플로우 주식회사  
공동연구기관 / 전남대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상농장 선정 기술개발”(개발기간 : 2022.04.01 ~ 2023.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.06.18.

주관연구기관명 : 인트플로우 주식회사 (대표자) 전광명 (인)



공동연구기관명 : 전남대학교 산학협력단 (대표자) 하준석 (인)



주관연구책임자 : 전광명

공동연구책임자 : 이창민

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	가축질병대응 기술 고도화 지원	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-					
내역사업명 (해당 시 작성)	개발성과 현장보급기술	연구개발과제번호	322002-2					
기술 분류	국가과학기술 표준분류	수의 전염병 (LB0701)	40 %	인공지능 (EE0108)	30 %	S/W 솔루션 (EE0202)	30%	
	농림식품 과학기술분류	학습지능 (SWAI0101)	60 %	단일지능 (SWAI0102)	20 %	복합지능 (SWAI0103)	20%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	-							
연구개발과제명	재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상 농장선정 기술개발							
전체 연구개발기간	2022.04.01. ~ 2023.12.31. (21개월)							
총 연구개발비	총 1,491,334천원 (정부지원연구개발비: 1,283,000천원, 기관부담연구개발비 : 208,334천원)							
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]	기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 4 ) 종료시점 목표( 6 )				
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)	-							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	-							
연구개발 목표 및 내용	<p>최종 목표</p> <p>□ 최종목표 - 재난형 가축질병(HPAI, ASF, FMD 등) 발생시 인공지능 및 규칙엔진을 활용한 방역대 설정 및 예방적 방역대 설정/예방적 살처분 대상 농장선정 기술개발</p> <p><b>최종목표</b> 재난형 가축질병(HPAI, ASF, FDM 등) 발생시 인공지능 및 규칙엔진을 활용한 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상농장 농장선정 기술개발</p>							
	<p>전체 내용</p> <p>□ 연구 목적 - 본 연구는 방역대 설정 및 예방적 살처분 농장 선정을 위한 전문가 판정 규칙 및 인공지능 엔진을 개발하고 이를 가축질병 관리 대시보드에 구현하여 재난형 가축질병 확산을 억제하는 것을 그 목적으로 함</p> <p>□ 세부 목표 1) 살처분 대상농장 선정 과정 분석 및 평가 ▶ 현행방식 분석 및 문제점 파악 ▶ 선진사례 분석 ▶ 분석 필요요인 정의 ▶ 판정정보 DB설계 및 구축 : <u>가축질병 발생 데이터셋 2만건 이상 구축</u> ▶ 신규방식 분석 및 피드백</p>							

- 2) 살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발
  - ▶ 살처분 농장 판정지표 (Decision Index) 개발
  - ▶ 살처분농장 판정규칙(Rule) 개발
  - ▶ 규칙(Rule)기반 살처분농장 판정 엔진 개발 : 정확성 70%
- 3) 살처분 대상농장 선정 AI알고리즘 개발
  - ▶ AI학습DB 설계 및 구축 : 학습데이터셋 2만건 이상 구축
  - ▶ GAN기반 가축질병 발생 시나리오 생성알고리즘 개발 : 상관성 95%
  - ▶ GAN기반 살처분농장 판정 엔진 개발 : 정확성 80%
- 4) 살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발
  - ▶ GIS 기반 방역대 및 농장 시각화 플랫폼 개발 : SW 1종
  - ▶ 의사결정 지원데이터 시각화 기술 개발
  - ▶ 규칙 및 AI 방역대 판정 대시보드 개발
  - ▶ 시뮬레이션 기반 성능 실증 : 가상사례 1만건 이상 실증
- 5) 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용
  - ▶ 지역별 주요 가축질병 예찰 실증을 위한 최신 감염병 발생사례 수집 및 정리
  - ▶ 정리 사례 기반 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용 : 최신사례 500건 이상 실증

□ 연차별 연구개발 수행범위

연차별 연구개발 수행범위		
세부목표	1년차 (2022)	2년차 (2023)
살처분 대상농장 선정과정 분석 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현행방식 분석 및 문제점 파악</li> <li>• 선진사례 분석</li> <li>• 분석 필요요인 정의</li> <li>• 판정정보 DB설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신규방식 분석 및 피드백</li> <li>• 판정정보 DB 구축</li> </ul>
살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 살처분 농장 판정지표 (DI) 개발</li> <li>• 살처분 농장 판정 규칙(Rule) 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규칙(Rule) 기반 살처분 농장 판정 엔진 개발</li> </ul>
살처분 대상농장 선정 AI알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI학습DB 설계</li> <li>• GAN기반 가축질병 발생 시나리오 생성알고리즘 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 학습 DB 구축</li> <li>• AN기반 살처분 농장 판정 엔진 개발</li> </ul>
살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GIS 기반 방역대 및 농장 시각화 플랫폼 개발</li> <li>• 의사결정 지원데이터 시각화 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규칙 및 AI 방역대 판정 대시보드 개발</li> <li>• 시뮬레이션 기반 성능 실증</li> </ul>
살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역별 주요 가축질병 예찰 실증을 위한 최신 감염병 발생사례 수집 및 정리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정리 사례 기반 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용</li> </ul>

□ 연구개발 전략

- ▶ 정부기관에서 공개하고 있는 관련 요인DB자동수집 수행
  - {농장차단방역(질병관리 등급제) 수준, 철새도래지, 철새개체수, 기상데이터, 자연환경요소, 멧돼지 서식밀도, ASF 멧돼지 발생위치, 축산시설유무 및 밀집도, 축산관계망, 가축질병발생현황}
- ▶ 관련요인DB와 가축전염병 판정정보간 매칭을 통한 국내 사례기반 감염병 판정DB 구축
- ▶ AI모델 학습에 적합하도록 감염병 판정DB 형식 및 데이터로더 설계
- ▶ 적대적생성망 (Generative Adversarial Networks, GAN)을 활용한 가축질병 시나리오 생성 신경망 및 살처분농장 판별 신경망 개발
- ▶ GIS 및 데이터시각화 기술을 포함한 웹 기반 방역대 설정 및 살처분농장 관제 대시보드 개발
- ▶ 시뮬레이션 데이터와 전남도 과거 누적 실제 데이터를 활용한 실증 수행

	□ 연구 추진체계	<table border="1"> <tr> <th>기관명</th> <th>분류</th> <th>역량</th> <th>역할</th> </tr> <tr> <td>인트플로우 주식회사 (주관)</td> <td>중소 기업 (AI)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>딥러닝 기반 축산동물 행동 분석기술 보유 (관련 특허 10건)</li> <li>IITP 인공지능 그랜드 챌린지 2회 수상 (2019, 전국 1위; 2020, 전국 2위)</li> <li>가축질병대응사업 과제 2건 총괄 수행</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>살처분 대상 농장 선정 AI 알고리즘 개발</li> <li>살처분 대상 농장 선정 데이터 분석 및 시각화기술 개발</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>전남대학교 산학협력단 (공동)</td> <td>대학 (축산, 수의)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>국내 최고 수준의 가축 질병 대응 역량을 지닌 전남대학교 수의과대학의 연구실 다수 참여</li> <li>가축질병대응사업과제 3건 참여 수행</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>살처분 대상 농장 선정 과정 분석 및 평가</li> <li>살처분 대상 농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>전남도청 농축산 식품국 동물방역과 광주광역시 보건환경연구원 전라남도 동물위생시험소 동부지소</td> <td>행정 기관 (방역, 보건)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>전남도의 가축 방역 담당 행정기관</li> <li>농림축산검역본부 인증 조류인플루엔자, 구제역, 아프리카돼지열병 정밀진단기관</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>가축질병 발생사례 데이터 제공</li> <li>기술개발에 필요한 판정 Factor에 대한 자료 제공</li> <li>실제 사례 기반 성능 실증 지원</li> </ul> </td> </tr> </table>	기관명	분류	역량	역할	인트플로우 주식회사 (주관)	중소 기업 (AI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>딥러닝 기반 축산동물 행동 분석기술 보유 (관련 특허 10건)</li> <li>IITP 인공지능 그랜드 챌린지 2회 수상 (2019, 전국 1위; 2020, 전국 2위)</li> <li>가축질병대응사업 과제 2건 총괄 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>살처분 대상 농장 선정 AI 알고리즘 개발</li> <li>살처분 대상 농장 선정 데이터 분석 및 시각화기술 개발</li> </ul>	전남대학교 산학협력단 (공동)	대학 (축산, 수의)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 최고 수준의 가축 질병 대응 역량을 지닌 전남대학교 수의과대학의 연구실 다수 참여</li> <li>가축질병대응사업과제 3건 참여 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>살처분 대상 농장 선정 과정 분석 및 평가</li> <li>살처분 대상 농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발</li> </ul>	전남도청 농축산 식품국 동물방역과 광주광역시 보건환경연구원 전라남도 동물위생시험소 동부지소	행정 기관 (방역, 보건)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전남도의 가축 방역 담당 행정기관</li> <li>농림축산검역본부 인증 조류인플루엔자, 구제역, 아프리카돼지열병 정밀진단기관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가축질병 발생사례 데이터 제공</li> <li>기술개발에 필요한 판정 Factor에 대한 자료 제공</li> <li>실제 사례 기반 성능 실증 지원</li> </ul>
		기관명	분류	역량	역할													
		인트플로우 주식회사 (주관)	중소 기업 (AI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>딥러닝 기반 축산동물 행동 분석기술 보유 (관련 특허 10건)</li> <li>IITP 인공지능 그랜드 챌린지 2회 수상 (2019, 전국 1위; 2020, 전국 2위)</li> <li>가축질병대응사업 과제 2건 총괄 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>살처분 대상 농장 선정 AI 알고리즘 개발</li> <li>살처분 대상 농장 선정 데이터 분석 및 시각화기술 개발</li> </ul>													
		전남대학교 산학협력단 (공동)	대학 (축산, 수의)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 최고 수준의 가축 질병 대응 역량을 지닌 전남대학교 수의과대학의 연구실 다수 참여</li> <li>가축질병대응사업과제 3건 참여 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>살처분 대상 농장 선정 과정 분석 및 평가</li> <li>살처분 대상 농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발</li> </ul>													
전남도청 농축산 식품국 동물방역과 광주광역시 보건환경연구원 전라남도 동물위생시험소 동부지소	행정 기관 (방역, 보건)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전남도의 가축 방역 담당 행정기관</li> <li>농림축산검역본부 인증 조류인플루엔자, 구제역, 아프리카돼지열병 정밀진단기관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가축질병 발생사례 데이터 제공</li> <li>기술개발에 필요한 판정 Factor에 대한 자료 제공</li> <li>실제 사례 기반 성능 실증 지원</li> </ul>															

연구개발성과	□ 연구개발 성과																																																		
	<핵심성과>																																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">성과 지표</th> <th colspan="2">학술성과</th> <th colspan="2">지식재산권</th> <th>정책 활용</th> <th>교육 지도</th> <th>인력 양성</th> <th>기술 실시</th> <th>홍보/전시</th> <th>기술 인증</th> <th colspan="2">사업화</th> </tr> <tr> <th>SCI 논문</th> <th>해외 학회</th> <th>특허 등록</th> <th>SW 등록</th> <th>정책 건의</th> <th>교육 지도</th> <th>연구 인력</th> <th>기술 이전</th> <th>전시 회</th> <th>GS 인증</th> <th>고용 창출</th> <th>제품 화</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>목표</td> <td>5편</td> <td>1편</td> <td>2건</td> <td>1건</td> <td>2건</td> <td>5건</td> <td>6명</td> <td>1건</td> <td>1건</td> <td>1건</td> <td>10명</td> <td>1건</td> </tr> <tr> <td>달성</td> <td>6편</td> <td>2편</td> <td>0건*</td> <td>1건</td> <td>2건</td> <td>5건</td> <td>6명</td> <td>1건</td> <td>2건</td> <td>1건</td> <td>10명</td> <td>1건</td> </tr> </tbody> </table> <p>*특허출원2건 완료, 등록심사 진행 중 (24.2.22) 기준</p>	성과 지표	학술성과		지식재산권		정책 활용	교육 지도	인력 양성	기술 실시	홍보/전시	기술 인증	사업화		SCI 논문	해외 학회	특허 등록	SW 등록	정책 건의	교육 지도	연구 인력	기술 이전	전시 회	GS 인증	고용 창출	제품 화	목표	5편	1편	2건	1건	2건	5건	6명	1건	1건	1건	10명	1건	달성	6편	2편	0건*	1건	2건	5건	6명	1건	2건	1건	10명
성과 지표	학술성과		지식재산권		정책 활용	교육 지도	인력 양성	기술 실시	홍보/전시	기술 인증	사업화																																								
	SCI 논문	해외 학회	특허 등록	SW 등록	정책 건의	교육 지도	연구 인력	기술 이전	전시 회	GS 인증	고용 창출	제품 화																																							
목표	5편	1편	2건	1건	2건	5건	6명	1건	1건	1건	10명	1건																																							
달성	6편	2편	0건*	1건	2건	5건	6명	1건	2건	1건	10명	1건																																							
	<전략성과>																																																		
	▶ <b>방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 개발</b>																																																		

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	□ 활용계획							
	<p>▶ 과제 수행 이후 국가 유관기관 활용 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 농림축산검역본부 등 감염병 관리주체가 현업에 활용할 수 있도록 유지보수 지원</li> </ul> <p>▶ 해외 가축감염병 관리주체 대상의 기술 라이선스 사업화 수행</p>							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>사업화 가능 아이템 명</th> <th>사업화유형</th> <th>형태</th> <th>예상시기</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>살처분 대상농장 선정 AI SW</td> <td>주관기관 자체 사업화/기술이전</td> <td>SW</td> <td>종료 후</td> </tr> </tbody> </table>	사업화 가능 아이템 명	사업화유형	형태	예상시기	살처분 대상농장 선정 AI SW	주관기관 자체 사업화/기술이전	SW
사업화 가능 아이템 명	사업화유형	형태	예상시기					
살처분 대상농장 선정 AI SW	주관기관 자체 사업화/기술이전	SW	종료 후					
□ 기대효과								
	▶ 기술적 측면							
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 규칙기반과 AI알고리즘 기반 방법의 융합을 통해 가축질병확산 방지에 필수 불가결한 살처분 농장을 과학적으로 선택 가능</li> <li>· 국내 가축감염병 발생실정 맞춤 판별 알고리즘의 개발 및 운영 경험을 통해 국가별, 감염병 종류별 맞춤 알고리즘 개발 및 기술의 해외판로 개척 가능</li> </ul>							
	▶ 경제적, 산업적 측면							
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 살처분이 꼭 필요한 농장에 대해서만 정밀 선별하여 감염병 확산 방지와 지역 농업경제 붕괴를 모두 예방할 것으로 기대</li> <li>· 가축질병 확산방지 효과를 유지하면서도 살처분 대상 농가의 수를 줄여, 현재 과도하게 투입되고 있는 살처분 예산을 절감할 수 있음</li> </ul>							

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 과도한 살처분으로 인하여 재난형 가축질병이 유행할 때마다 요동치는 관련 축산품목의 물가의 변동을 완화시켜 민생경제에 도움이 될 수 있음</li> <li>▶ 사회적 측면 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 축산 감염병 창궐에 의한 축산업 종사자들의 불안요인을 어느정도 해소하여 현업의 생산성 개선에 집중할 수 있음</li> <li>· 동물복지의 세계적 흐름을 거스르는 일괄적 살처분의 선례를 극복하고 감염병 대응에 최소한의 방역대 설정으로 동물복지 선진국으로 가는데 일조할 것으로 기대</li> <li>· 살처분이 타당한 농가만을 선별하여 시행함으로써 현재 과도한 예방적살처분으로 인한 저하된 농가의 방역의지를 고취시킬 수 있음</li> <li>· 과도한 살처분을 줄이고, 현재 ‘과도한 방역이 부족한 방역보다 낫다’는 인식을 ‘과학적 방역이 과도한 방역보다 낫다’로 인식전환을 도모할 수 있음</li> </ul> </li> </ul>											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
	6			2		1		생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
	인트 플로 우 주식 회사	GPU Server	ASUS GPU Server ESC8000 -G4 (RTX3090 * 4)	1	2022.07.01	27,000	윌테크	기업부설 연구소	-			
	인트 플로 우 주식 회사	WORKSTATION	RTX4090 * 4EA	1	2023.07.06	24,424	윌테크	기업부설 연구소	-			
국문핵심어 (5개 이내)	인공지능		규칙엔진		살처분		차단방역대		예찰시스템			
영문핵심어 (5개 이내)	Artificial Intelligence		Rule Engine		Stamping Out		Biosecurity Area		Forecasting System			

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

최종보고서						보안등급			
						일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]			
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	가축질병대응기술 개발사업				
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명	개발성과 현장보급기술				
공고번호	제2022-17호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-				
				연구개발과제번호	322002-2				
기술분류	국가과학기술 표준분류	수의 전염병 (LB0701)	40%	인공지능 (EE0108)	30%	S/W 솔루션 (EE0202)	30%		
	농림식품과학기술 분류	학습지능 (SWAI0101)	60%	단일지능 (SWAI0102)	20%	복합지능 (SWAI0103)	20%		
연구개발과제명	국문	재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상농장 선정 기술개발							
	영문	Development of AI-based quarantine area establishment and selection of farms subject to stamping out for respond to catastrophic livestock diseases							
주관연구개발기관	기관명	인트플로우 주식회사		사업자등록번호	510-81-36396				
	주소	(우61472) 광주광역시 동구 금남로 193-12, 401호		법인등록번호	200111-0569059				
연구책임자	성명		전광명	직위	대표이사				
	연락처	직장전화 전자우편	062-573-4591	휴대전화					
연구개발기간	전체		2022. 04. 01. - 2023. 12. 31.(21개월)						
	1 단계	1년차	2022. 04. 01 - 2022. 12. 31(9개월)						
		2년차	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(12개월)						
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금	
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물		합계
	총계	1,283,000	13,334	195,000			1,286,334	195,000	1,481,334
	1단계	1년차	550,000	0	75,000			550,000	75,000
	2년차	733,000	13,334	120,000			746,334	120,000	866,334
공동연구개발기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고			
		역할	기관유형						
	공동연구개발기관	전남대학교 산학협력단	이창민	교수			분석	대학	
	연구개발기관 외 기관	전남도청 농축산 식품국 동물방역과	전도현	동물방역 과장				실증	행정기관
광주광역시 보건환경연구원		김용환	보건환경 연구원장				실증	행정기관	
전라남도 동물위생 시험소 동부지소		임종수	지소장				실증	행정기관	
연구개발담당자 실무담당자	성명		임재준	직위		운영이사			
	연락처	직장전화 전자우편	062-573-4591	휴대전화					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024 년 2 월 29 일

연구책임자: 전 광 명 (인)

주관연구개발기관의 장: 전 광 명 (직인)

공동연구개발기관의 장: 하 준 석 (직인)

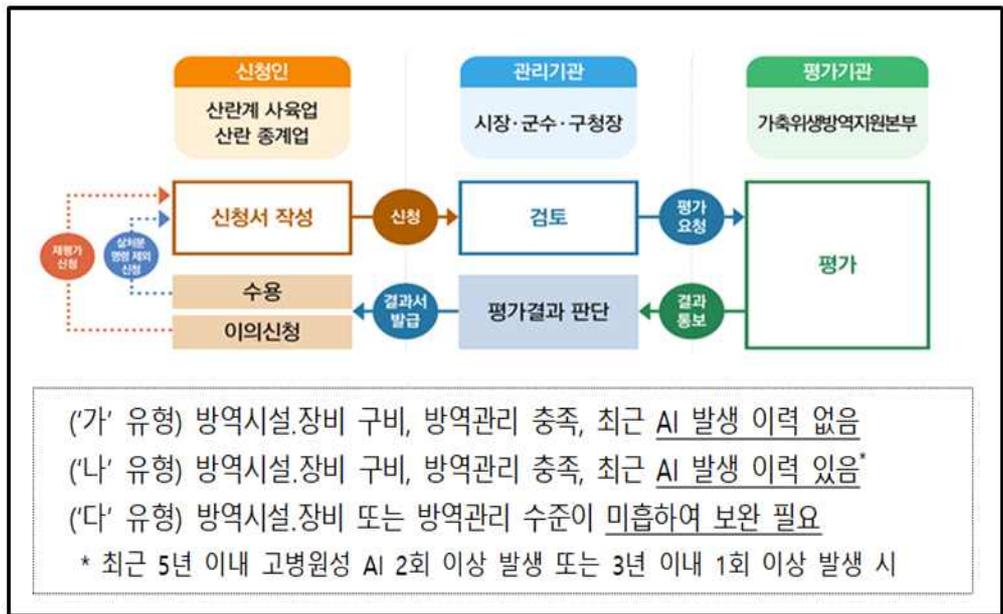
농림축산식품부장관 농림식품기술기획평가원장 귀하

# 1. 연구개발과제의 개요

## □ 살처분 대상농가 식별 기술의 도입 필요성

- 조류인플루엔자, 아프리카돼지열병, 구제역 등 주योग축질병은 사회적, 경제적으로 많은 피해를 낳고 있음
- 국내에서 2~3년마다 정기적으로 발생하고 있으며, 발병 시 확산 억제를 위한 노력에도 불구하고 빠른 확산 속도를 보이고 있어 기존 질병관리대책의 한계를 파악하고 개선이 필요하다는 지적이 계속되고 있음
- 우리나라의 AI 발생 시 기본적인 방역대책은 살처분을 통한 매몰임. 이는 바이러스 박멸을 위한 정책으로써 우리나라는 국제사회에서 우수한 사례로 손꼽혀 왔음
- 그러나 최근 살처분 인력 및 매몰지의 부족을 비롯하여, 초동대응 미흡, 농가 및 판매상들의 도덕적 해이 등 정부의 방역정책에 대한 다양한 문제점들이 제기되고 있고, 이에 학계 및 관련 단체에서는 우리나라 방역정책의 근본적인 검토를 요구하는 목소리가 높아지고 있음
- 3km 반경으로 일괄적으로 예방적살처분을 실시하는 국가는 우리나라가 유일함
  - 2020/2021년 겨울에 발생한 조류인플루엔자 유행의 경우, 고병원성 AI가 발생되지 않았는데도 발생농장 반경 3km 안에 농장이 위치해있다는 이유만으로 예방적 살처분된 가금류의 수는 1천 301만5수로, 이는 전체 살처분된 가금류수 약 70%에 달함
- 질병 발생시 통제선 밖의 빠른 전개로 인해 전국 단위의 피해가 발생하고 있으므로 기존의 질병 대응 전략에도 한계가 있는 것으로 파악되고 있어 이에 대한 대책도 필요한 상황임
- 해외 선진국의 경우 농가별 개별 소독 및 위생관리가 우선시되고 있어, 대부분 국가에서 예방적 살처분 실시하지 않고 있음
  - 네덜란드의 경우 전염병에 걸리고 대응하는 방식이 아닌, 전염병이 걸리는 경로 자체를 차단하는 방식으로 정책을 발전시켜왔음. 모든 농가는 전담 수의사를 두고 월 4회 주기적인 검사를 받음. 검진 과정에서 병에 걸린 동물은 격리 과정을 거치고, 남은 동물들에게는 백신을 주사하여 확산을 막고 있음
  - 홍콩에서는 2002년부터 자국의 모든 조류에 백신을 투여하는 정책을 추진 중임. 백신 비용이 투여된다는 단점이 있으나 전염병으로 인한 살처분이 더욱 큰 비용을 야기하기 때문에 사회적 비용이 절감되는 효과를 가짐
- 우리나라도 과학적인 역학조사 및 농가별 위험도 평가를 통하여 예방적 살처분 대상에 대한 재검토 필요
- 현재 농식품부는 이러한 문제를 해결하기 위한 개선대책으로 질병관리등급제를 도입하려는 시도중임
- 질병관리등급제는 농가의 자율적 방역을 유도하기 위해 방역 상태가 일정 수준 이상인 농가에 예방적 살처분에서 제외될 수 있는 선택권을 부여하는 것이 주된 내용임
  - 농식품부의 초안에 따르면 농가 유형에 따라 예방적 살처분에서 제외될 수 있는 권리를 부여하되, 발생농장 반경 500m내는 무조건 예방적 살처분을 실시하는 것으로 되어있음
  - 평가기준은 ▲방역 시설·장비 구비 여부 ▲방역관리 수준 충족 여부 ▲과거 고병원성 AI 미발생 여부를 고려해 3가지 유형(가·나·다)으로 분류하여 ‘가’, ‘나’유형의 농가는 예방적 살처분에서 제외될 수 있는 범위(500~3km, 1km~3km)를 선택할 수 있음

- 이러한 제도와 더불어 본 연구과제를 통한 살처분 대상농가 식별 기술을 도입한다면 과도한 살처분을 줄이고, 현재 '과도한 방역이 부족한 방역보다 낫다'는 인식을 '과학적 방역이 과도한 방역보다 낫다'로 의식전환을 도모할 수 있음



<질병관리등급제 평가·등급부여 절차>

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### □ 1차년도(2022년)

○ (주관연구개발기관) 인트플로우 주식회사

- 연구개발 내용 1: 살처분 대상농장 선정 AI 알고리즘 개발

○ 수행내용 1: 시학습 DB 설계

→ 분석 변수들의 데이터 자동 수집

\* 접근 가능한 국가 OpenAPI를 활용한 관련 변수 데이터수집 계획 수립

번호	구분	정보공개여부	데이터 제공방법
1	농장차단방역 (질병관리 등급제) 수준	공개	시범운영 PDF, hwp다운로드
2	철새도래지	공개	철새 종류 /기간/ 장소 선택 후 → 엑셀/CSV 다운로드
3	철새개체수	공개	철새 종류 /기간 선택 후 -> 엑셀/CSV 다운로드
4	기상데이터	공개	API
5	자연환경요소	국가가축방역총합 시스템에 전파방법 정리	국가가축방역총합 시스템에 전파방법 정리
6	멧돼지 서식밀도	http://www.knps.or.kr/uploa d/20200323060245248.pdf	환경부 블로그 반박 보도에 첨부 내용
			도심권 국립공원 멧돼지 서식실태조사 연구
7	ASF 멧돼지 발생위치	공개	환경부 - 법령정책 - 환경정책 - 자연보전 - 국내야생멧돼지ASF 발생 현황 한글파일 다운로드
8	축산시설 유무 및 밀집도 (도축장, 전통시장)	도축장 공개	농림축산검역본부에 도축장 현황 정보 다운로드 가능 (엑셀/PPT)
		전통시장 공개	공공데이터포털
9	축산관계망		- 사회관계망서비스 (sns) - 홍보물 - 질병 발생 장소의 마을 방송 - 질병 발생 시 재난안전대책본부 상황실 24시간 근무체계
10	가축질병발생현황	공개	검색만 가능

<방역대 설정을 위한 질병전파요인 분석변수 목록 및 데이터 확보 방안>

\* 연구수행시점에서 데이터 접근가능여부, 데이터수량, 신뢰성 등을 고려하여 데이터수집 후보 항목의 구체화 진행

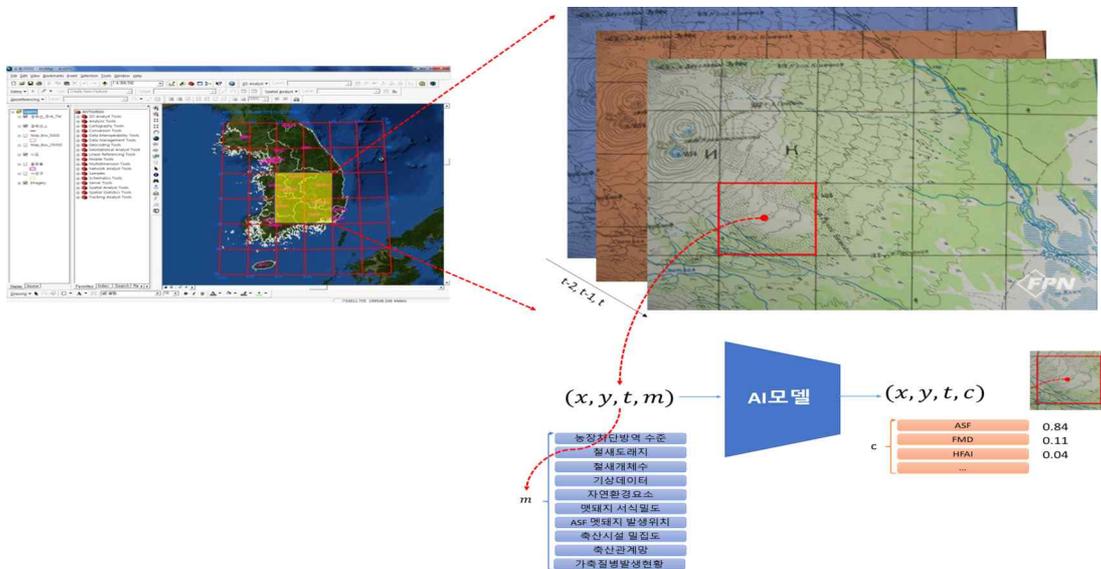
규칙	가능 여부	활용 데이터	데이터 형식	업데이트 가능여부	날짜 단위	수집규모	수집 경로 (서비스명칭 )	기타
산맥	Y	산/산맥 데이터	정적 (폴리곤)	Y	정적	전국단위 (전남권만추출가능)	국가공간정보포털 → 검색 산/산맥	
하천현황	Y	하천경계 데이터	정적 (폴리곤)	Y	정적	전국단위 (전남권만추출가능)	국가공간정보포털 → 검색 하천경계	
도로 인접도	Y	도로경계 데이터	정적 (폴리곤)	Y	정적	전국단위 (전남권만추출가능)	국가공간정보포털 → 검색 도로경계 _선	
마을 인접도	Y	행정구역_ 리 데이터	정적 (폴리곤)	Y	정적	전국단위 (전남권만추출가능)	국가공간정보포털 → 검색 행정구역 _리 → 전남	
농가 밀집도	Y	농장 현황 데이터	정적	Y	정적	전남권 7218 개 농장	공공데이터포털 → 검색 전라남도 가금류	
농장 인접도	Y	농장 현황 데이터	정적	Y	정적	전남권 7218 개 농장	공공데이터포털 → 검색 전라남도 가금류	
사육형태	Y	농장 현황 데이터	정적	Y	정적	전남권 7218 개 농장	공공데이터포털 → 검색 전라남도 가금류	
외국인 근로자	-	-	-	-	-	-	KAHIS	kahis 내부 → 평시방역 → 축산관계 기본정보-> 외국인근로자현황



- \* 병합 데이터의 컬럼수가 많아 30일 단위로 윈도우를 형성하니 학습 데이터 컬럼수가 병합데이터 컬럼 x 30으로 메모리사용이 과도함
- \* 이를 방지하기 위해 동적 변수인 기상데이터의 변수, 감염병발생변수, 파생변수 (KM10D30, KM5D30, KM3D30, KM1D30)만 학습 데이터로 추출하고, 나머지 정적 변수(사육수, 축종, 하천과거리 등)들을 판정규칙 기반으로 농장기준 위험도 고, 중, 저로 나눠서 정적 변수를 1개로 줄여 학습 데이터를 표현
- \* 감염병 발생 43,216건을 포함하는 총 4,800만 세트의 총 데이터 구비
- \* 데이터 내 감염병 발생 분포
  - 고병원성 조류인플루엔자 : 1,133, 구제역 : 423, 아프리카돼지열병 : 127
  - 브루셀라병 : 24,213, 결핵병 : 10,901, 낭충봉아부패병 : 1772
  - 돼지오제스키병 : 1,451, 가금티프스 : 1479, 돼지생식기호흡기증후군 : 1,217
  - 뉴캐슬병 : 397, 사슴만성소모성질병 : 58, 추백리 : 45

→ 질병전파 요인 DB와 판정정보 DB간 형식 취합 방법 설계

- \* 파편화된 각 데이터를 위치정보 (위도,경도) 및 시점의 3차원 변수로 전환해석
- \* 각 변수별 보간 (Interpolation), 외삽 (Extrapolation), 누락 (Skip)을 활용하여 다중 시공간 (multi-spatiotemporal) 해상력을 지니는 데이터로 변환
- \* 남한 국토를 1km x 1km 단위 cell로 표현, 전 국토를 500x300 의 cell별 감염병 발생 가능성을 데이터셋 내 표현함



<상처분 대상농장 선정 AI모델 학습을 위한 데이터 형식 및 처리 흐름>

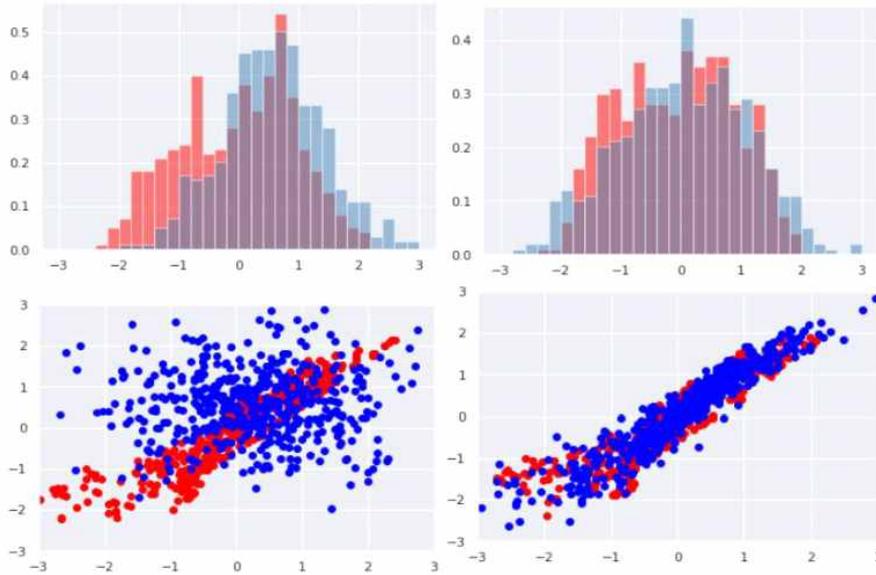
→ 취합 데이터의 시학습 가능형태 설계

- \* 3차원축 + 다중변수, 4차원 입력변수 (x, y, t, m) 과 4차원 출력변수 (x, y, t, c)간 입출력 쌍을 이루도록 Annotation format 정의
- \* 설계한 데이터 포맷의 Dataloader 개발 및 학습가능 여부 검증
- \* Dataloader은 Pytorch 기반으로 개발 완료

## ○ 수행내용 2: GAN기반 가축질병 발생 시나리오 생성알고리즘 개발

→ 적대적 생성 신경망 (Generative Adversarial Networks, GAN)을 활용한 이상시나리오 생성 모델 개발

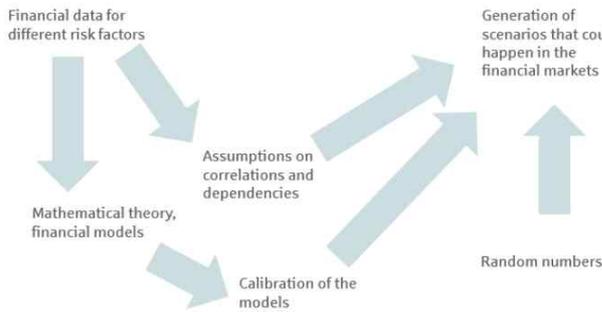
- \* 2021 독일 올덴부르크 대학에서 개발한 GAN 기반 시장경제 위험 시나리오 생성 모델 기술에서 착안
- \* 관찰데이터와 전문가 규칙을 바탕으로 생성된 기존의 시장경제 위험 시나리오를 학습데이터 삼아 실제와 상관성이 높은 가상의 시장경제 위험 시나리오를 생성하는 기술



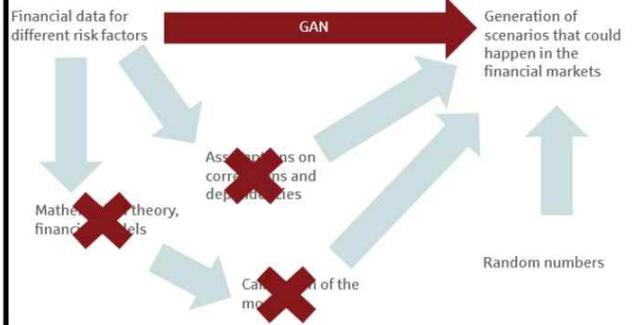
<GAN 모델 학습 진행에 따른 실제시나리오 (빨강), 생성시나리오 (파랑) 비교<sup>1)</sup>>

- \* 관찰데이터와 전문가 규칙을 바탕으로 생성된 기존의 시장경제 위험 시나리오를 학습데이터 삼아 실제와 상관성이 높은 가상의 시장경제 위험 시나리오를 생성하는 기술

**Working principle of a classical ESG**

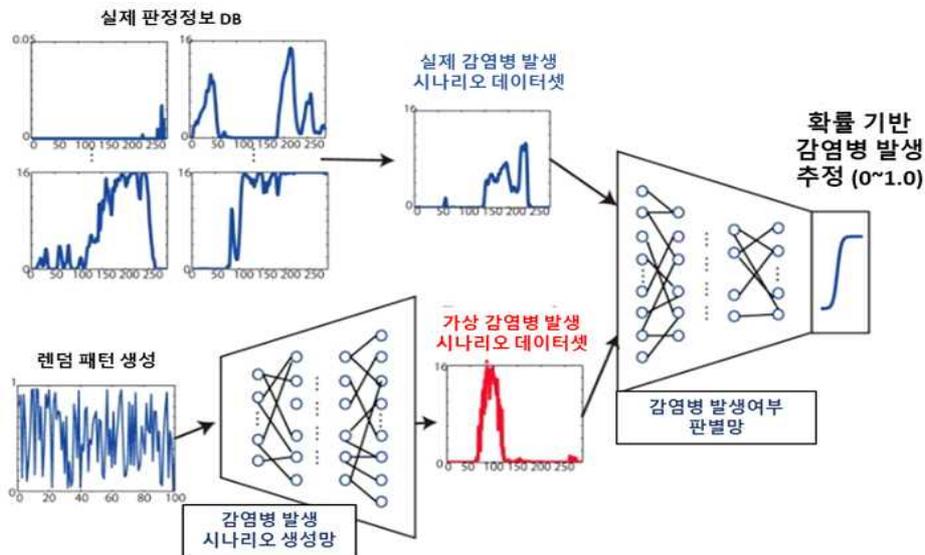


**Working principle of a GAN-based ESG**



<경제위험모델 생성의 고전적 규칙기반 방법 대 GAN 기반 방법 비교>

- \* 방역대 및 살처분 대상농장 선정 사례의 AI학습 DB를 활용한 GAN 기반 감염병 발생 시나리오 생성 모델 설계



<GAN 기반 감염병 발생 시나리오 생성 모델 학습 과정>

- \* GAN 기반 감염병 시나리오 생성망과 감염병 발생여부 판별망을 적대적으로 설정 후 학습하여 실제 시나리오와 유사한 패턴을 지니는 가상 감염병 발생 시나리오 데이터셋 확보 가능
- \* 감염병 발생 시나리오 생성망에서 얻어진 감염병 발생여부 판별망은 이후 cell별 특정 감염병 발발 확률을 계산하는 신경망으로 활용함
- \* 10종 이상의 질병전파 요인을 고려하여 GAN모델의 전염병 판별 신뢰성을 고도화 함
- \* 시학습모델과 형식을 일치화 한 감염병 발생시나리오 생성 데이터셋 확보

→ 생성시나리오 데이터를 활용한 감염병 판별 AI 베이스라인 실험 수행

\* raw data 변수 설명:

- KM10\_D30 = t-30, 즉 30일이전동안 10km 이내 인접농장의 감염여부 카운트
- rule\_base = 하천과의거리, 축종, 철새도래지와거리 3개의 변수를 판정규칙 점수에 대입하여 생성한 변수
- mean\_temp ~ high\_wind\_dirac = 기상 데이터 변수
- disease = 당일 감염병발생여부

KM10_D30	rule_base	farm_num	mean_temp	low_temp	low_temp_hhmi	high_temp	high_temp_hhmi	precipitation	high_wind	high_wind_hhmi	mean_wind	high_wind_dirac	disease	
0	0	15	174895	4.1	-0.2	809.0	9.8	1503.0	0.0	9.2	1112.0	1.6	282.6	0
1	0	15	174895	4.0	-0.6	212.0	9.3	1331.0	0.0	13.8	1215.0	2.6	342.1	0
2	0	15	174895	4.3	-2.7	740.0	9.8	1316.0	0.0	11.5	1527.0	2.1	335.6	0
3	0	15	174895	3.2	-3.0	814.0	10.4	1522.0	0.0	8.7	1804.0	1.4	342.6	0
4	0	15	174895	3.4	-3.5	727.0	13.2	1357.0	0.0	5.0	1706.0	0.9	338.1	0
5	0	15	174895	4.7	-1.3	459.0	11.2	1323.0	0.0	9.3	1448.0	1.3	344.0	0
6	0	15	174895	3.9	-0.9	638.0	9.6	1347.0	0.0	13.3	1408.0	2.8	326.2	0
7	0	15	174895	2.8	-3.5	721.0	9.6	1545.0	0.0	5.9	318.0	1.1	345.7	0
8	0	15	174895	4.5	1.2	1.0	10.4	1316.0	0.5	9.1	1727.0	1.6	340.3	0
9	0	15	174895	4.0	0.9	124.0	8.2	1412.0	0.0	13.1	1414.0	2.9	338.8	0

<GAN 기반 감염병 발생 시나리오 생성을 통해 도출된 데이터의 예>

\* 학습 데이터 설명:

- X = 농장 별로 t-30 단위로 묶은 disease 변수를 제외한 모든 변수를 하나의 행으로 변환 (12개 변수\*30일=360개 변수)
- y = 농장 별로 t+1의 disease 변수
- 총 컬럼 개수 x = 360, y = 1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	334.2	338.7	306.3	332.9	340.3	333.0	335.5	341.0	338.5	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	338.7	306.3	332.9	340.3	333.0	335.5	341.0	338.5	240.3	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	306.3	332.9	340.3	333.0	335.5	341.0	338.5	240.3	333.4	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	332.9	340.3	333.0	335.5	341.0	338.5	240.3	333.4	335.3	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	340.3	333.0	335.5	341.0	338.5	240.3	333.4	335.3	327.8	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	333.0	335.5	341.0	338.5	240.3	333.4	335.3	327.8	346.6	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	335.5	341.0	338.5	240.3	333.4	335.3	327.8	346.6	278.8	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	341.0	338.5	240.3	333.4	335.3	327.8	346.6	278.8	344.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	338.5	240.3	333.4	335.3	327.8	346.6	278.8	344.0	338.6	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	240.3	333.4	335.3	327.8	346.6	278.8	344.0	338.6	270.1	0.0

<감염병 판별 AI 베이스라인에 로딩된 학습 데이터 형식>

\* 기본 모델 구조:

```
class LSTM_Model(nn.Module):
    def __init__(self, num_classes, input_size, hidden_size, num_layers, seq_length):
        super(LSTM_Model, self).__init__()
        self.num_classes = num_classes
        self.num_layers = num_layers
        self.input_size = input_size
        self.hidden_size = hidden_size
        self.seq_length = seq_length

        self.lstm = nn.LSTM(input_size=input_size, hidden_size=hidden_size, num_layers=num_layers, batch_first=True)
```

```

self .fc_1 = nn.Linear(hidden_size , 128 ) #fully connected 1
self .fc = nn.Linear(128 , num_classes ) #fully connected last
layer
self .relu = nn.ReLU()
self .sig = nn.Sigmoid()
def forward (self ,x ):
    h_0 = Variable(torch.zeros(self .num_layers , x .size(0 ), self
.hidden_size )).to(device) #hidden state
    c_0 = Variable(torch.zeros(self .num_layers , x .size(0 ), self
.hidden_size )).to(device) #cell state
    # Propagate input through LSTM
    output , (hn , cn ) = self .lstm (x , (h_0 , c_0 )) #lstm with
input, hidden, and internal state

    hn = hn .view(-1 , self .hidden_size ) #reshaping the data for
Dense layer next
    out = self .relu (hn )
    out = self .fc_1 (out ) #first Dense
    out = self .relu (out ) #relu
    out = self .fc (out ) #Final Output

return out

```

- 모델구조: Many-to-One LSTM 구조
- 선정이유: 시계열 학습 데이터로부터 감염병 발생 여부 판별을 위한 직관적인 구조이므로 선정함

\* 모델 학습 사항:

- loss = BCEWithLogitsLoss (binary cross entropy + sigmoid)
- optimizer = adam
- lr = 0.001

\* 평가결과:

- Accuracy: 0.9950
- 특정 형태로 생성된 시나리오에 over-fit 된 경향을 보임
- 계절, 온도, 지역 등 데이터 생성 선제건을 정의 후 다양한 패턴의 생성 데이터 확보하여 모델 개선이 필요할 것으로 사료됨

**- 연구개발 내용 2:살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발**

o 수행내용 1: GIS 기반 방역대 및 농장 시각화 플랫폼 개발

→ 다양한 그래프, 차트, 히트맵 등의 시각화 처리 UI 설계

- \* 데이터 형태를 분석하여 다양한 시각화 기술을 적용 가능한 형태 도출
- \* 시각화 처리 기능 개발을 위한 기획 및 디자인 초안 작성
- \* 질병 관리체계에 관한 선진 사례 벤치마킹: 벤치마킹 분석을 통해 구현 전략 및 프로세스를 도출하기 위하여 ASF 예찰 통합 상황판과 유사한 목적 및 기능을 갖는 국립야생동물질병관리원의 ‘야생동물 질병 관리 시스템’ 분석을 수행



<야생동물 질병 관리 시스템 (wadis.go.kr) 분석도>

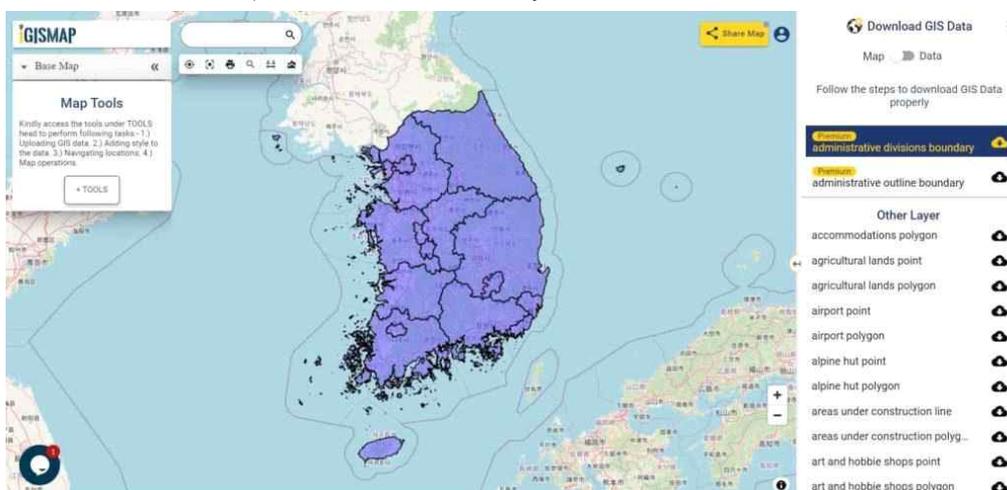
- \* 발생 현황 및 위치 등을 시각화, 수치화하여 대응 체계 구축에 도움이 되는 상황판 구축 계획
- \* 이에 사용자의 참여성을 증가시켜 기관 및 지자체에서 양돈 농가와 관리 권역에 직접 대응을 할 수 있는 시스템을 구축하도록 개발 방향성 확보
- \* 시나리오 기반의 데이터 분석을 위한 데이터 프로세스 설계



<사용자 정보 전달 방법 및 서비스 흐름 구조도>

→ GIS 기반 대시보드 개발

- \* GIS 개발 시, 개발된 데이터 시각화에 적합한 GIS 기술 분석 및 적용
- \* QGIS Open source GIS project 활용: <https://qgis.org/>
- \* 한반도 행정구역, 도로 등 기본정보 Layer 확보 및 취합



<QGIS에 적용한 한반도 행정구역 Data Layout의 예>

\* 데이터 시각화 UI 적용 및 기능이 적용된 대시보드 프로토타입 개발

\* QGIS 서버, 웹 클라이언트를 활용하여 GIS와 웹 UI 연계 진행

→ HTML5 및 Java Script를 이용한 Web Front-End 기반 반응형 대시보드 개발

→ Data visualization을 개발하기 위한 시각화 기법을 적용한 프로토타입을 적용하여 의사결정에 도움과 그렇지 않은 부분 등의 의견을 수렴

○ 수행내용 2: 의사결정 지원데이터 시각화 기술 개발

→ 방역 전략을 위한 의사결정 업무 흐름 시나리오 반영 시각화 툴 개발

\* 시나리오 기반의 데이터 분석을 위한 데이터 프로세스 설계

\* 프로세스를 바탕으로 데이터 표출 기능 개발

→ 데이터 시각화를 위한 DB 구조 설계

\* 복합 데이터셋의 효과적인 관리를 위한 데이터베이스 운영 시스템 (DBMS, Database Management System) 설계

\* 의사결정 지원데이터 DB 설계 단계별 수행

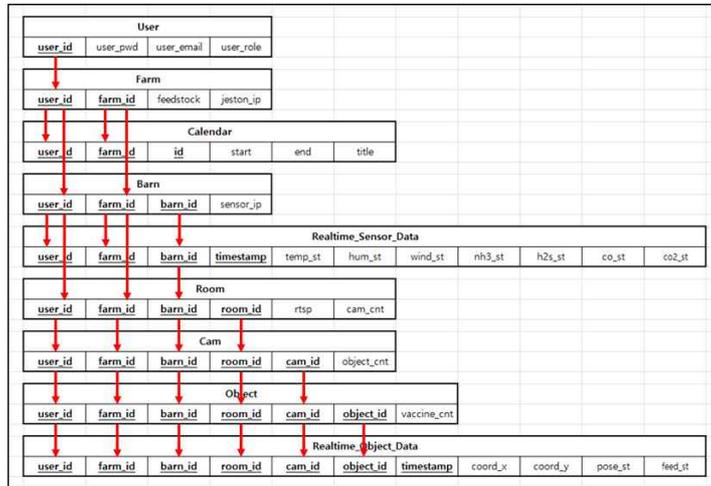
1) 요구사항 수집 분석: 각 데이터별로 어떤 기능들이 필요한지 분석

2) 개념적 설계: 개체관계(ER, Entity Relation) 모델 다이어그램을 통해 요구사항을 개념적으로 표현

3) 논리적 설계: 관계모델(Relation model)을 통해 개념적 설계를 논리적으로 표현

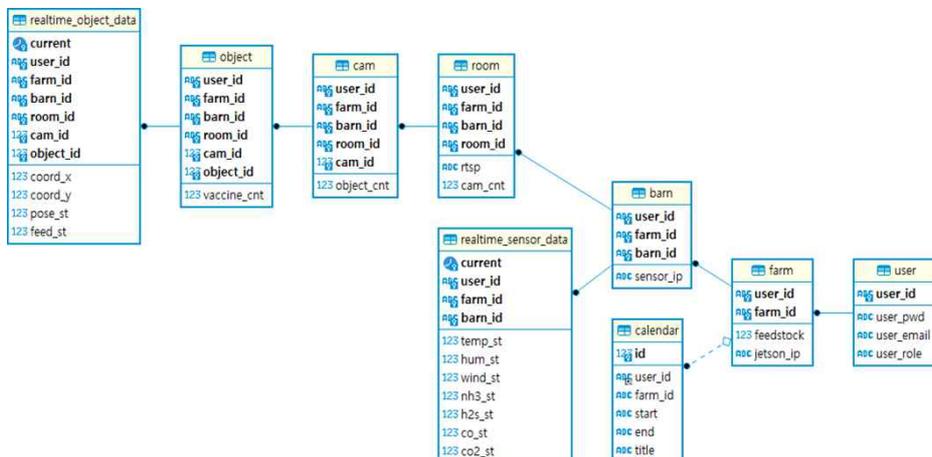
4) 물리적 설계: 실제 디스크와 같은 물리 저장장치에 데이터를 저장할 수 있도록 표현

\* 의사결정 지원데이터 DB 릴레이션 스키마 설계



<의사결정 지원데이터 DB 릴레이션 스키마 개요도>

\* 의사결정 지원데이터 DB ER 다이어그램 설계



<의사결정 지원데이터 DB ER 다이어그램 개요도>

→ 의사결정을 위한 데이터 시각화 기능 개발

- \* 시나리오에 기반한 시각화 기능 기획 및 디자인 시안 작성
- \* 작성된 시안 기반 데이터 표출을 위한 시각화 기능 구현



<GIS 기반 감염병 예찰 통합상황판 시안>

**- 연구개발 내용 3: 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용**

**○ 수행내용 1: 지역별 주요 가축질병 예찰 실증을 위한 최신 감염병 발생사례 수집 및 정리**

- [아프리카돼지열병]경기,강원지역 발병 사례 및 관련요인 데이터 수집
  - \* 도청 및 유관기관 협조를 통한 아프리카돼지열병 발병 사례 수집
  - \* 도청 및 유관기관 협조를 통한 아프리카돼지열병 관련분석 데이터 수집
- [구제역] 충남,충북지역 가축감염병 사례 및 관련요인 데이터 수집
  - \* 도청 및 유관기관 협조를 통한 구제역 발병 사례 수집
  - \* 도청 및 유관기관 협조를 통한 구제역 관련분석 데이터 수집
- [고병원성 조류인플루엔자] 전남,전북지역 발병 사례 및 관련요인 데이터 수집
  - \* 도청 및 유관기관 협조를 통한 고병원성 조류인플루엔자 발병 사례 수집
  - \* 도청 및 유관기관 협조를 통한 고병원성 조류인플루엔자 관련분석 데이터 수집
- 판정모델 평가용 데이터셋 형식 정리
  - \* Rule 및 시기반 판정모델 평가를 위한 전라남도 감염병 발생사례의 데이터셋 형식 변환

○ (공동연구개발기관) 전남대학교 산학협력단

- 연구개발 내용 1: 살처분 대상농장 선정과정 분석 및 평가

○ 수행내용 1: 현행방식 분석 및 문제점 파악

[재난형 가축질병의 현행 방역대 설정기준]

- 발생농장을 중심으로 반경 500m 이내를 ‘관리지역’으로 설정
- 발생농장을 중심으로 반경 500m부터 3km 이내를 ‘보호지역’으로 설정
  - \* 시·군·구 보호지역 설정 시 보호지역 설정대상 경계선에 소재한 최소 행정단위 지역(마을 또는 법정리를 말한다.)의 외곽이 경계가 되도록 정함
  - \* 다만, 그 최소 행정단위 지역 안에 도로·하천·철도 등이 있어 질병전파의 위험성이 적은 경우에는 도로·하천·철도 등의 안쪽만을 보호지역으로 설정할 수 있음
- 발생농장을 중심으로 반경 3km부터 10km 이내를 ‘예찰지역’으로 설정
- ‘방역지역’이라 함은 관리지역·보호지역·예찰지역·발생권역을 말함
- 방역지역(관리·보호지역)을 설정하는 경우, 해당지역의 축산업 형태, 지형적 여건, 야생조수류 서식실태, 계절적 요인 또는 역학적 특성 등 위험도를 감안하여 범위를 지방 가축방역심의회, 시·도 및 시·군 관계관 및 검역본부 담당관과 협의를 거쳐 이를 확대하거나 축소할 수 있음

법정전염병: 1종 2종 3종

조회기간  진단일  발생일 2020-02-01 - 2022-02-13
  질병명 고병원성 조류인플루엔자

지역선택 전라남도 전체
  축종 전체
  법정전염병 전체

가축전염병명	농장명 (농장주)	농장소재지	발생일자 (진단일)	축종 (품종)	발생두수 (마리)	진단기관	종식일
고병원성조류인플루엔자	농업회사법인 주 식회사 문강	전라남도 영암군 군서면 양장리	2022-01-14 (2022-01-15)	오리-육용 오리	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	축산농장	전라남도 무안군 일로읍 죽산리	2021-12-29 (2022-01-01)	오리-육용 오리	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	현대농장	전라남도 영암군 시종면 신화리	2021-12-20 (2021-12-22)	닭-육계	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	류경원	전라남도 영암군 신북면 유곡리	2021-12-15 (2021-12-20)	오리-종오리	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	요안농장	전라남도 무안군 일로읍 북흥리	2021-12-13 (2021-12-17)	오리-육용 오리	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	서원농장	전라남도 무안군 일로읍 북흥리	2021-12-13 (2021-12-14)	오리-육용 오리	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	옥주농장	전라남도 영암군 삼호읍 남전리	2021-12-05 (2021-12-06)	닭-산란계	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	김종구	전라남도 담양군 대덕면 비차리	2021-11-22 (2021-11-23)	오리-육용 오리	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	양수농장2	전라남도 나주시 세지면 송채리	2021-11-17 (2021-11-20)	오리-기타	-	조류인플루엔자연구진단과	
고병원성조류인플루엔자	알맹자연농장	전라남도 강진군 신전면 영관리	2021-11-16 (2021-11-20)	오리-비문류	-	조류인플루엔자연구진단과	

1 | 2 | 3 | 4 |

<2020~2022.1 전남지역 고병원성 조류인플루엔자 발생현황 (34건)>

[살처분의 정의 및 근거]

- 살처분(殺處分)은 조류독감이나 구제역 등 전염병으로 인한 피해를 방지하기 위하여 동물의 생명을 박탈하여 소각, 매립 등 방식으로 처분하는 것으로 정의됨
- 살처분은 18세기 영국에서 먼저 시작됐고 현재까지 전세계적으로 시행중임
- 살처분은 ‘확실한 위험’인지 잠재적인 ‘불확실한 위험’인지에 따라 ‘일반적 살처분’과 ‘예방적 살처분’으로 구분됨
- 농장동물 살처분의 법적 근거는 「가축전염병 예방법」 제20조이며, 이외에도 제21조(도태의 권고), 제22조(사체의 처분제한), 제48조(보상금 등), 제49조(생계안정 지원) 등이 있음. 그 외 농림축산식품부 고시 등의 형태로 ‘조류인플루엔자 방역실시요령’, ‘구제역 방역

실시요령'등에 관련 규정들을 두고 있음

**[질병별 살처분 현황]**

- 2000년부터 2019년까지 20여년간 구제역으로 살처분된 돼지, 소, 염소, 사슴 수는 총 391만9763마리임. 이 중 돼지가 373만6155마리로 대부분을 차지함
- 같은 기간 조류인플루엔자로 살처분된 닭, 오리, 꿩, 메추리 등 가금류는 총 9,414만 9,000마리에 달함
- 2020-2021년 겨울 고병원성 조류인플루엔자 발생으로 살처분된 가금류수는 2021년 1월 18일 기준으로 1천883만수였음
- 이 중 고병원성 시가 발생되지 않았는데도 발생농장 반경 3km 안에 농장이 위치해있다는 이유만으로 예방적 살처분된 가금류의 수는 1천301만5수로, 이는 전체 살처분된 가금류수의 약 70%에 달함
- 2018년 조류인플루엔자 SOP가 강화되면서 예방적 살처분 반경이 500m에서 3km로 변경되어 살처분 반경이 6배나 넓어짐
  - \* '16·'17년 대비 발생건수는 50%가량 감소하였지만 살처분수는 크게 줄지 않아 발생건수당 살처분 수는 약 40% 증가함
  - \* 이에따라 살처분에 소요되는 비용도 점차 증가하는 추세임

구분	2014/15년	2016/17년	2017/18년	2020/21년
시기	①'14.1.16~7.29(196일) ②'14.9.24~'15.6.10(260일) ③'15.9.14~11.15(62일)	①'16.3.23~4.5(13일) ②'16.11.16~'17.4.4(140일) ③'17.6.2~6.19(17일)	'17.11.17~'18.3.17(121일)	'20.10.21~'21.4.6(168일)
발생건수	391건	421건	22건	234건
살처분	24,772천 마리	38,076천 마리	6,539천 마리	29,934천 마리
발생건수당 살처분수	63,355/1건	90,412/1건	297,227/1건	127,923/1건
살처분 소요액	2,264억원	3,621억원	827억원	약 4,000억원

<2014년 이후 조류인플루엔자 발생 및 살처분 관련 소요예산>

구분	00년	02년	2010년			14년	14~15년	16년	17년		18년	19년
			'10.1월 (포천)	'10.4월 (강화)	'10/11년 (인동)							
발생	3.24~4.15 (23일간)	5.2~6.23 (53일간)	1.2~1.29 (28일간)	4.8~5.6 (29일간)	10.11.28 ~11.4.21 (145일간)	7.23~8.6 (15일간)	14.12.3~ 15.4.28	1.11~3.29 (68일간)	2.5~13 (9일간)	2.8	3.26~4.1 (7일간)	1.28~31 (4일간)
	15건 (소 15)	16건 (소, 돼지)	6건(소6)	11건 (소, 돼지)	153건 (소 97, 돼 자5, 염소)	3건 (돼지 3)	185건 (돼지180, 소5)	21건 (돼지 21)	8건 (소8)	1건 (소)	2건 (돼지)	3건 (소)
	※3개도 6개 사군	※2개도 4개 사군	※1개도 2개 사군	※4개도 4개 사군	※11개도 7개 사군	※2개도 3개 사군	※7개도 33개 사 군	※2개도 6개 사군	※2개도 1개 사군	※1개도 1개 사군	※1개도 1개 사군	※2개도 2개 사군
	·경기 파 주 ·화성 용인, ·충남 홍 성·보령, 충북 충주	·경기 안성 용인·평택, 충북 진천	·경기 포 천, 연천	·인천 강화, 경기 김포, 충북 충주, 충남 청양	·부산, 대 구, 인천, 울산, 대 전,1, 경기 19, 강원 13, 충북, 충남10, 경 북16, 경남 2	·경북 의 성, 고령, 경남 합천	·인천, 세 종, 경기 56, 강원 11, 충북 36, 충남 70, 경북	·감제, 충북 보은, 전북 정읍	·경기 연천	·김포2		·안성2, 충주1
형상형	O형 (PanAsia)	O형 (PanAsia)	A형 (A/Asia/S ea-97)	O형 (SEA)	O형 (SEA)	O형 (SEA)	O형 (SEA)	O형 (SEA)	O형 (O/MESA nc2001e)	A형 (A/Asia/S ea-97)	A형 (A/Asia/S ea-97)	O형 (O/MESA nc2001e)
발생원인 (추정)	수입·간초 해외여행 객	외국근로 자 관리 소홀	외국근로 자 관리 소홀	농장주 해외 여행	농장주 해외 여행	해외유입 (경로 미상)	해외유입 (경로 미상)	진존 바이러스	해외유입 (경로 미상)	해외유입 (경로 미상)	해외유입 (경로 미상)	해외유입 (경로 미상)
예방접종	링 백신	미 실시	미 실시	미 실시	전국백신	전국백신	전국백신	전국백신	전국백신	전국백신	전국백신	전국백신
살처분	182농가 2,216두 (소1,989/ 돼지74/ 염소·사슴 153)	162농가 160,155 두 (소,372/ 돼지 158,708/ 염소·사슴 75)	55농가 5,966두 (소2,905/ 돼지 2,953/염 소·사슴98)	395농가 49,874두 (소10,858/ 돼지 38,274/ 염소·사슴 742)	6,241농가 3,479,962 두 (소50,864/ 돼지 3,318,298/ 염소·사슴 10,800)	3농가 2,009두 (돼지)	196농가 172,798두 (소70/ 돼지 172,721, 염소·사슴7)	25농가 33,073두 (돼지)	21농가 1,392두(소)	10농가 11,726두 (돼지)	29농가 2,272두 (소)	
소요예산 (보상금/ 생계소득)	2,725억 (71억)	1,058억 (531억)	272억 (93억)	1,040억 (637억)	27,383억 (18,337억)	17억 (5억)	625억 (412/19억)	80억 (75/5억)	98억 (63/1억)	42억 (37/5억)	86억 (85/1억)	

<2000년 이후 구제역 발생 및 살처분 관련 소요예산>

**[현재 살처분 대상 선정의 문제점]**

- 현재 살처분 제도의 문제점으로는 △살처분 결정 및 집행상의 문제 △살처분 참여자에게 미치는 피해의 심각성 △토양 및 지하수 오염 등 2차 환경오염문제 △방역을 위한 예산 및 자원 배분 등에 있어서의 왜곡 발생 △농촌지역에 미치는 사회적·경제적 영향이 있음
- 현재 방역선진농장 인증 등 국가, 지방자치단체로부터 여러가지 인증제도를 시행하고 있으나 이와 무관하게 예외없이 예살 대상에 포함됨으로써, 농가의 방역 의지를 저하시킨다는 지적이 있음
  - \* 2020~2021년 일반농가 대비 동물복지인증 농장의 고병원성 조류독감 발생비율이 1/3 수준으로 나타남
- 조류독감을 비롯한 재난형 가축전염병이 20년 가까운 기간동안 지속적으로 발생해온 문제임에도 아직까지 살처분 정책에 의존하고 있는 현실임
- 현재 방역대 설정 및 예방적살처분 대상 농장 설정에 과학적 근거가 미비한만큼, 거리기준은 이동제한 범위 등에만 활용하고 살처분은 역학농가를 신속히 파악해 정밀검사 후 결정해야한다는 주장이 있음.
- 질병 발생시 통제선 밖의 빠른 전개로 인해 전국 단위의 피해가 발생하고 있으므로 기존의 질병 대응 전략에도 한계가 있는 것으로 파악되고 있어 이에 대한 대책도 필요한 상황임

→ 또한 살처분 참여자가 받는 정신적 트라우마가 심각하고 지속적인 영향을 미치는 것으로 파악됨

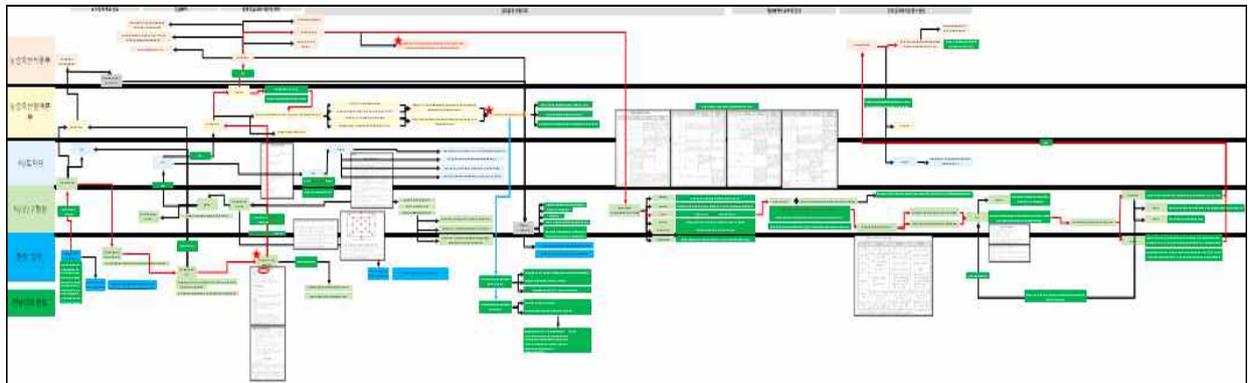
\* 산업안전보건공단은 ‘살처분 매물처리 작업자 건강관리지침(2017)에서 “살처분 작업은 급성 스트레스 반응, 외상 후 스트레스 증후군, 우울 장애, 수면 장애, 공황 발작 등을 일으킬 수 있는 정신적 충격이 큰 작업”이라고 하였음.

년도	건수	원인	피해 상황
2015년	1	AI 초소근무 등 과로	사망
2016년	3	구제역 살처분 및 과업무	PTSD 의심
2016년	1	AI초소근무 과로	사망
2017년	2	AI업무 과로	사망
2018년	2	AI-구제역 업무 과로	면역 및 신체기능 저하, 갑상선기능항진증

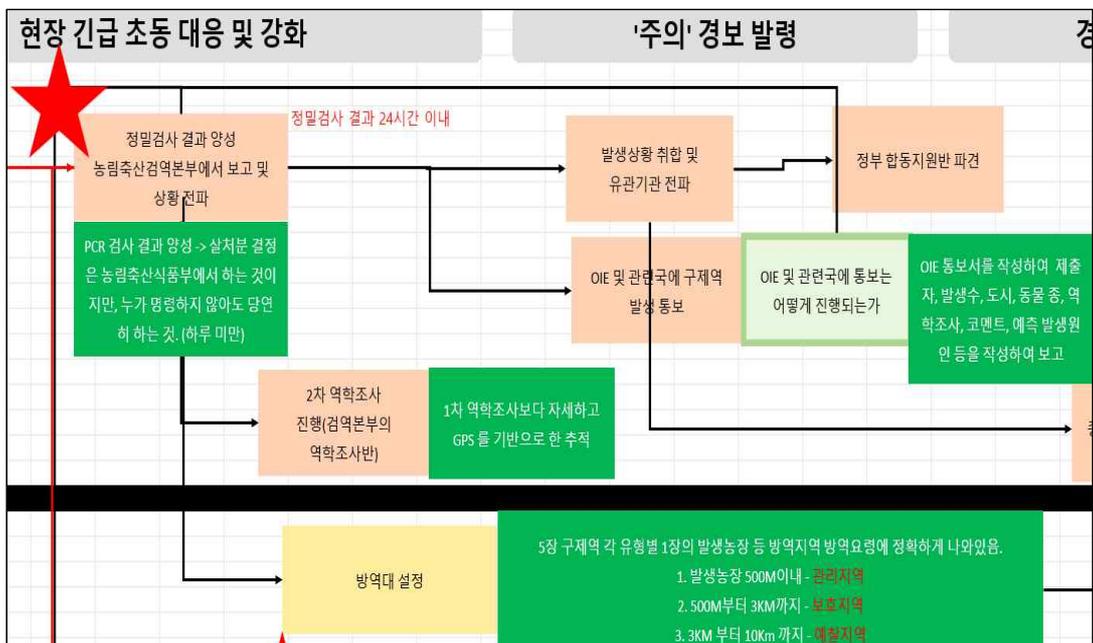
<구제역·AI 살처분 투입 공무원 사상 현황>

**[동물감염병 대응 알고리즘]**

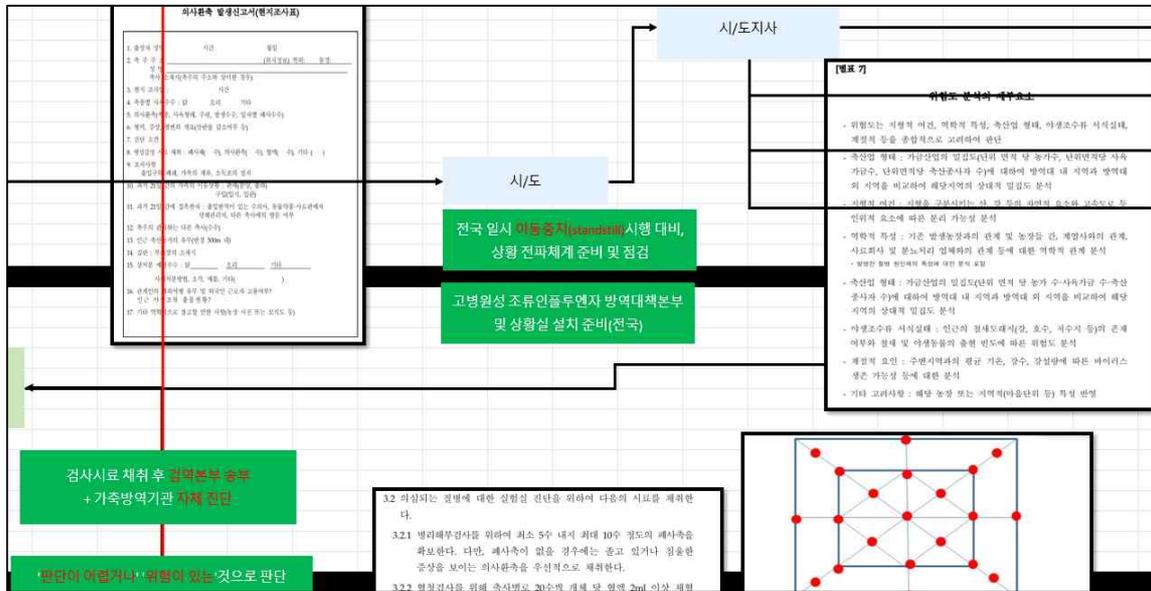
- 전남대학교는 SOP 기반의 국내 위기단계별 재난형 동물감염병 3종(FMD, ASF, AI)에 대한 예방·대응 알고리즘을 시각화하여 구현하였음
- 농림축산 식품부·농림축산검역본부·지자체 가축방역기관 등 공무원 행동 프로세스 등 역할 군별로 분석하여 시계열 기반의 알고리즘 설계 및 구축하였음
- 긴급행동지침(SOP) 분석을 기반으로 한 다변량 경시적 자료분석(MLS; Multivariate Longitudinal Study)을 시각화하여 재난형 동물 감염병 대응 대한수의학회에 포스터를 투고한 바 있음



<긴급행동지침(SOP) 역할군별 MLS 알고리즘 (전체)>



<구제역(FMD) 긴급행동지침(SOP) 역할군별 MLS 알고리즘 (부분)>



<조류인플루엔자 긴급행동지침(SOP) 역할군별 MLS 알고리즘 (부분)>

**Korean Journal of Veterinary Research**  
대한수의학회지  
Vol. 51, No. 3, September 2021

Multivariate longitudinal study on standard operating procedures (SOPs) of national disaster typed infectious diseases for livestock in South Korea

Keun Kim, Min Seo Kim, Jae-Bum Joo, Sang-Ik Park and Chang-Min Lee\*  
College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Gwangju 61188, South Korea

**Purpose:** There are already well-established standard operation procedures (SOPs) in major national disaster typed infectious disease for livestock such as foot and mouth disease (FMD), high pathogenic avian influenza (HPAI) and African swine fever (ASF) in South Korea. However, it would be difficult to understand as procedure was complicated as well as delineated lengthy. This study was conducted for more improved and accurate understanding to SOPs through time- and subject-based analytic approaches. Ultimately, it would contribute to complying with SOPs effectively against national disaster typed infectious diseases.

**Material and Methods:** Detailed instructions were simplified as illustrations in each stage of established SOPs in major national disaster typed infectious disease (FMD, HPAI, ASF). And then, all instructions were presented as scheme showing interaction of government agencies. Additionally, process in stage of alert was converted into panoramic flow lines by enumerating in chronological order.

**Results:** Summarized SOPs were presented as flow chart type for displaying correlation of the field with official agencies by dividing into each crisis-step. Each instruction is colored differently for intuitive comprehension based on tasks that each institution does. If there were correlations on tasks among institutions, these were depicted as arrows. Furthermore, procedures in stage of alert presented as flow chart type in chronological order for distinctiveness and intuitiveness.

**Conclusion:** The simplified illustration (such as flow chart) created by multivariate longitudinal research can be applied to educate civil servant who tries to prevent catastrophic infectious diseases for livestock effectively. Ultimately, it can provide a guideline for public official regarding Standard protocols in National disaster typed infectious disease on livestock.

**This study was supported by INSTITUTE OF PLANNING AND EVALUATION FOR TECHNOLOGY IN FOOD, AGRICULTURE AND FORESTRY (IPET11062021HDD00).**

**Key words:** Standard Operation Procedure (SOP), National disaster typed infectious disease, Livestock, Simplified illustration, Flow chart

\*Corresponding author: [cmlee1122@jnu.ac.kr](mailto:cmlee1122@jnu.ac.kr)

<전남대학교에서 투고한 SOP 기반 재난형 동물 감염병 대응 MLS 역할군별 알고리즘 대한수의학회 포스터>

- 수행내용 2: 선진사례 분석 (주요국가 방역대 설정 방식과 재난형 가축질병 방역조치) [주요국가 조류 인플루엔자 방역대 설정 방식]

국가	방역대 설정 방식			비고
	구역A	구역B	구역C	
한국	(관리지역) 반경 500m 이내	(보호지역) 반경 500m부터 3km 이내의 지역	(예찰지역) 반경 3km부터 10km 이내의 지역	
미국	(감염구역) 반경 3km 이내	(완충구역) 반경 3~10km 이내	(예찰구역) 관리지역 외곽 10km 이상	감염구역+완충구역 → 관리지역
일본	(이동제한구역) 반경 3km 이내 (역학정보에 따라 필요시 확대 가능)	(반출제한구역) 반경 3~10km (이동제한구역 확대시 경계에서 10km 이내)		
독일	(보호지역) 최소 반경 3km	(예찰지역) 위험평가 결과 필요시 최소 10km		
호주	(제한구역) 1~5km	(통제구역) 2~10km		지형 및 시설에 따라 불규칙한 경계

### [주요국 시 방역조치]

국가	살처분 범위 원칙			살처분 범위
	발생농장	역학농장	예방적 살처분	
한국	○	○	○ (~3km)	감염농가 반경 3km 예방적 살처분
네덜란드	○	○	○ (~1km)	감염농가 반경 1km 예방적 살처분 반경 3km 이내 농가 시검사 실시
덴마크	○			감염농가의 가금
독일	○		△	기본적으로 감염 농가를 대상으로 하되, 위험평가 와 사육밀집도 등을 고려하여 살처분 범위를 확 대할 수 있음
영국	○			감염농가의 가금
이탈리아	○	○		감염된 농장, 역학 관련 농장, 위험 농장의 모든 동물
프랑스	○			감염된 농장 및 농업식품산림부장관이 정하는 지 역내 야외사육 오리류 농장에 대해 예방적 살처 분 가능
미국	○	○		감염농장, 의심농장, 접촉농장
일본	○	○		환축 또는 유사환축, 역학농장

- 3km 반경으로 일괄적으로 예방적살처분을 실시하는 국가는 우리나라가 유일함
- 해외 선진국의 경우 농가별 개별 소독 및 위생관리가 우선시되고 있어, 대부분 국가에서 예방적 살처분 실시하지 않고 있음
- 우리나라도 과학적인 역학조사 및 농가별 위험도 평가를 통하여 예방적 살처분 대상에 대한 재검토 필요

### [주요국가(한국·일본·미국·중국)의 구제역 방역정책 및 지원책 비교]

국가	살처분	이동제한	살처분 보상금	비고
한국	■ 500m 또는 3km 내 우 제류동물 살처분	■ 위험지역(3km), 경계지역 (3~10km) 및 관 리지역 (10~20km) - 원칙적으로 14일	■ 가축평가액 전액 - 방역조치 미 이행시 감액 ※ 가축의 사료, 우유 등도 보상 ※ 평가추징액의 50% 선지급 가능	- 생계안정자금 지원 - 가축압사자금 지원(응자)
일본	■ 발생농장내 우제류동물만 살처분	■ 이동제한(10km) ■ 반출제한(20km) -21일간 우제류 이동 금지		- 경영유지자금 융통사업 - 가축방역 호조자금
미국			■ 구제역 발생시 100% 보상할 것으로 예상	- 1929년 이후 발병 없음

중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 구제역 발생지역내 모든 가축살처분</li> <li>■ 농장 또는 마을을 전염병 발생지역으로 지정</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 구제역 살처분 보조금 지급</li> <li>- 소 1,500위엔/마리</li> <li>- 젖소 3,000위엔/마리</li> <li>- 돼지 600위엔/마리</li> <li>- 양 300위엔/마리</li> <li>※국가와 축산농가가 각각 30%, 20% 부담</li> </ul>	
----	---	--	---	--

[ASF 국가별 방역대 설정 및 살처분 범위]

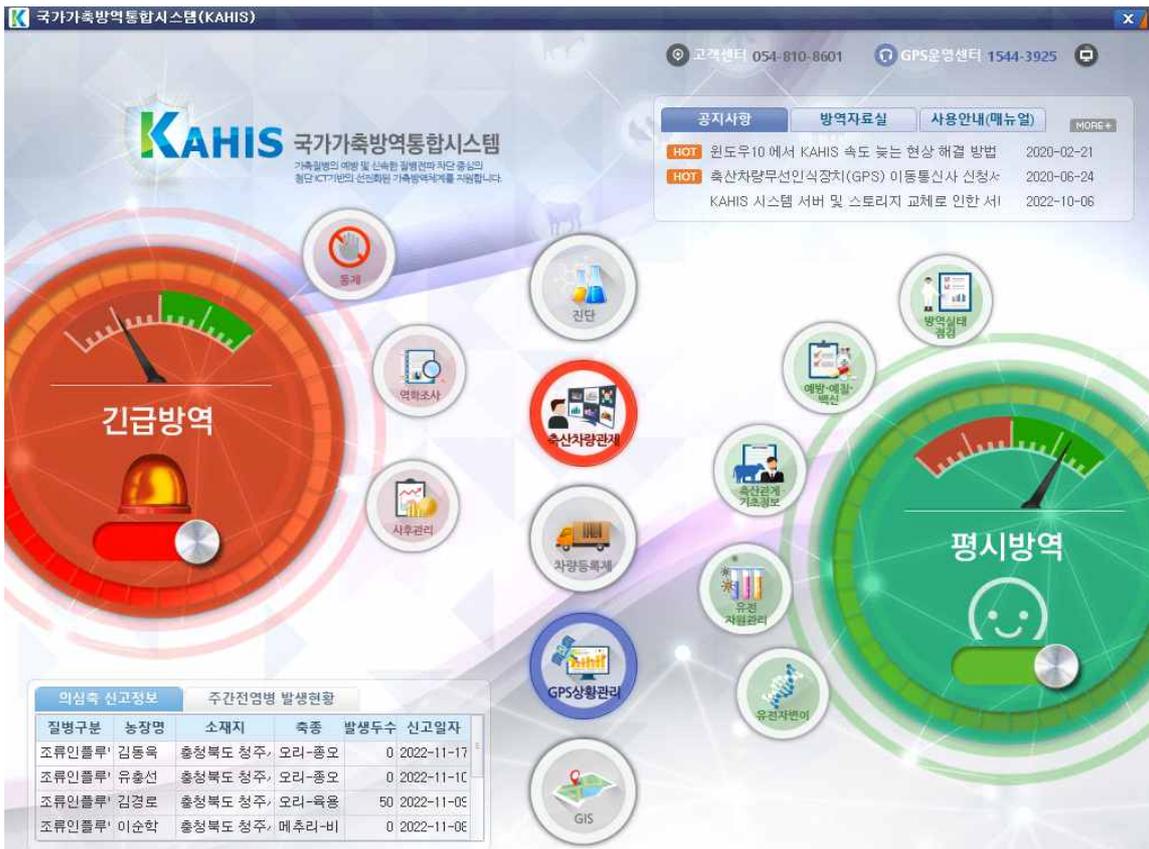
국가명	방역대 설정	살처분 조치
대한민국 ASF 간급행동지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 관리지역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오염되었거나 오염되었다고 의심되는 지역으로 발생 농장을 중심으로 하여 반경 500m 이내의 지역</li> </ul> </li> <li>■ 보호지역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반경 500m부터 3km 이내의 지역</li> </ul> </li> <li>■ 예찰지역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반경 3km부터 10km 이내의 지역</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 6장 살처분 요령               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 또는 반경 500m 내외</li> </ul> </li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>&lt;관련 조항&gt;</p> <p>2. 살처분 범위</p> <p>2.1 시장·군수는 발생농장에서 사육하고 있는 돼지에 대하여 살처분을 명하여야 한다.</p> <p>2.2 농림축산검역본부장은 (중략) 전염병이 발생한 축사를 중심으로 반경 5백미터 내외의 지역에서 사육되고 있는 감수성 가축까지 살처분을 확대하여 실시할 것을 요구할 수 있다.</p> </div>
OIE FAO ASF 대응조치 준비 매뉴얼	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감염구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장·부터 10km이내</li> <li>* 밀집형농장인 경우 10km, 방목형농장 50km</li> </ul> </li> <li>■ 예찰구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하나 또는 그 이상의 감염구역을 포함</li> <li>- 행정구역 및 발생 건이 다수일 경우 전체 나라를 지정</li> </ul> </li> <li>■ 청정구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감염, 예찰구역을 제외한 나머지 지역</li> </ul> </li> </ul>	감염농장 및 의심농장 살처분 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 살처분 지역 확대시 아래의 사항을 고려</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>&lt;조치결정시 고려 사항&gt;</p> <p>①②③ 살처분 범위</p> <p>2.1 시장·군수는 발생농장에서 사육하고 있는 돼지에 대하여 살처분을 명하여야 한다.</p> <p>2.2 농림축산검역본부장은 (중략) 전염병이 발생한 축사를 중심으로 반경 5백미터 내외의 지역에서 사육되고 있는 감수성 가축까지 살처분을 확대하여 실시할 것을 요구할 수 있다.</p> </div>
중국 ASF 방치(防治) 기술규범	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전염구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생지점 반경 3km</li> </ul> </li> <li>■ 위험구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전염구역 경계로부터 반경 10km</li> <li>* (봉쇄해제) 마지막 발생 후 살처분 및 소독 처리 이후 6주간 발생이 없는 경우 해제</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전염구역 내 모든 돼지 살처분               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모든 폐사축, 살처분축 매몰 등 처리</li> </ul> </li> <li>■ 역학조사 반영해 살처분 범위 결정토록 정책 적용</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>&lt;응급예안규정(2017제정)&gt;</p> <p>- 전염구역 내 돼지를 모두 살처분 하지 않고, 표본검사 및 역학조사 등을 통해 살처분 범위를 정하도록 되어 있어 소극적 방역</p> </div>
일본 아프리카돼지열 병에 관한 특정기축산염병 방역지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 이동제한구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 반경 3km</li> </ul> </li> <li>■ 반출제한구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 반경 10km</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감염농장 살처분               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 환축 또는 의사환축은 해당 농장내에서 원칙적으로 판정 후 24시간 이내에 살처분</li> <li>- 임상증상을 보이는 돼지 우선 살처분</li> </ul> </li> </ul>
미국 외부질병 대응계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감염구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생지점 반경 3km</li> </ul> </li> <li>■ 완충구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감염지역 경계로부터 반경 7km</li> </ul> </li> <li>■ 통제구역(CA): 감염지역+완충지역</li> <li>■ 예찰구역: 통제구역 경계로부터 10km 이상</li> </ul>	감염농장 살처분 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 접촉농가*의 경우도 살처분 가능</li> <li>* 접촉농가(contact premises)는 감염·완충지역 내 농가 중 발생농장과 역학 관련성이 있는 농가를 의미</li> </ul>
EU 2002/60EC	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 보호구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 주변 반경 3km이내</li> </ul> </li> <li>■ 예찰구역               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 주변 반경 10km이내</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 벨기에 야생멧돼지</li> <li>■ 감염구역(ZT): 3개 지역으로 구성(630km<sup>2</sup>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 중심지역 126km<sup>2</sup> (6.33km)</li> <li>2) 완충지역 292km<sup>2</sup> (10.38km)</li> <li>3) 예찰강화지역 212km<sup>2</sup> (14.16km)</li> </ul> </li> <li>- ZT내 모든 사육돼지 예방적 살처분</li> </ul>

	<p>&lt;※참고: 최근 벨기에 멧돼지 정책&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ '19.7.4~7.5. 대규모 멧돼지 수렵실시</li> <li>- 7.3 드론을 이용해 멧돼지 군집 위치 및 동태 확인 사전작업</li> <li>- 멧돼지군집의 혼란 및 이동을 방지하기 위해 사냥개 투입 금지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>청정구역(2구역):</b> 예찰강화 구역(ZOR) 및 감시구역(ZV)으로 구분</li> <li>■ <b>살처분 범위</b></li> <li>1)감염구역(ZT) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1인사냥, 야간 사냥, 트랩설치, 모든 동물 검사 후 렌더링</li> </ul> </li> <li>2)예찰강화구역(ZOR) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1인사냥, 트랩설치, 야간 사냥, 사냥개 물이 사냥, 모든 동물 검사 후 렌더링</li> </ul> </li> <li>3)감시구역(ZV) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사냥개 물이 사냥, 검사 없이 모든 동물 렌더링</li> </ul> </li> <li>② 폴란드</li> <li>■ <b>발생농장 살처분</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 역학관련 농장은 검사 실시 후 살처분 여부 결정</li> </ul> </li> </ul>
<p>러시아 ASF 방역조치 FSVPS 홈페이지</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>감염구역</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 주변 반경 5km이내</li> </ul> </li> <li>■ <b>예찰구역</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생농장 주변 반경 10km이내</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>발생농장 살처분</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감염지역 반경 5km(감염구역) 이내 돼지 계류 및 도축 실시</li> <li>- 감염지역 반경 100km이내 임상모니터링 및 실험실검사 수행</li> </ul> </li> </ul>

○ 수행내용 3: 분석 필요요인 정의

[배경]

→ 국가가축방역통합정보시스템(KAHIS)에서는 방역에 필요한 기초정보는 제공받을 수 있지만, 최적의 방역대 설정에 필요한 실증적 정보(심층정보)들은 얻을 수 없어 방역상황에 필요한 종합적 분석이 불가능하기 때문에, 실증 조사를 기반으로 인공지능(AI)을 이용한 방역대 선정 기술이 필요함



<국가가축방역통합정보시스템(KAHIS) 프로그램>

\* 전남도청 및 동물위생시험소 등 실무 유관기관 협조를 통해 판정규칙의 가중치의 조정

을 위한 협조를 얻었음

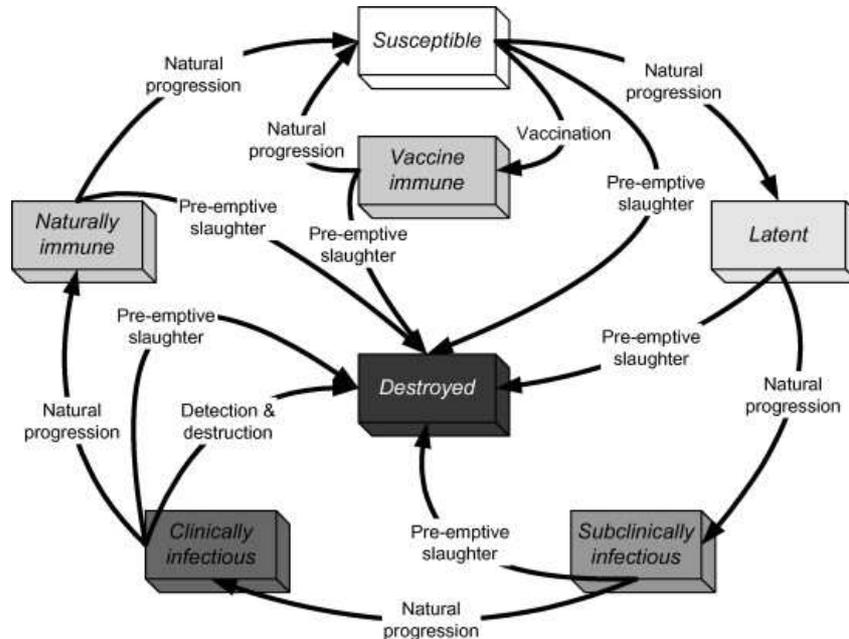


<광주/전남 데이터 기반 실증 및 시험적용>

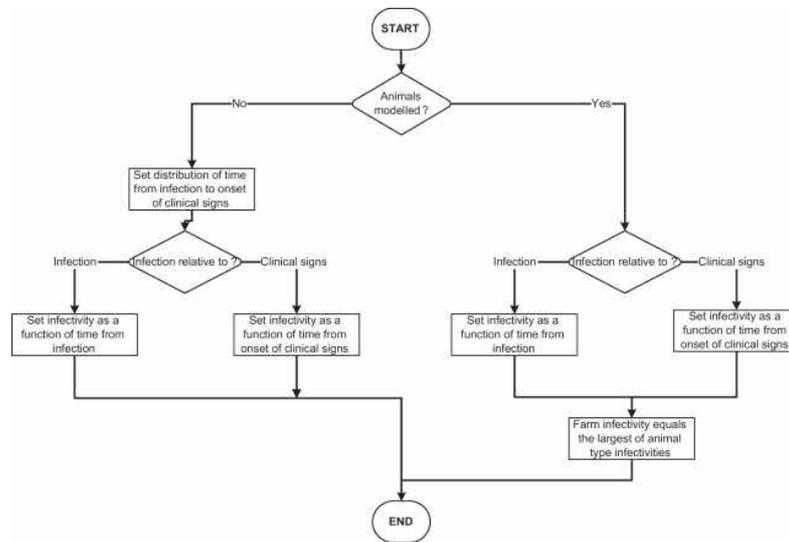
- 전염병의 발생사례 및 요인 분석을 통하여 가축질병 전파에 영향을 미치는 위험요인 분석의 필요함
- 방역생태계는 복잡계이기 때문에 인간이 복잡계의 모든 위험 요인을 인지 및 통제할 수 없으므로, 전염병의 발생사례의 분석을 통해 실천적 노하우를 육성할 수 있기에 필요함
- 환경적 전파요인은 방역대책으로 차단하기에는 어려우나 전파경로 모델링이나 방역대 설정에 매우 중요한 지표임
- 구제역 및 조류인플루엔자와 같은 전염력이 강한 가축전염병의 발병 및 확산요인은 상당히 광범위하고 다양한 것으로 알려져 있음
- 공격적인 살처분의 피해 최소화를 위한 전염병의 전파 자연요인 분석의 필요성
  - \* 기존 방역대책은 전파요인에 집중하여 방역대 설정이 이루어졌으나, 공격적 살처분의 방지를 위해 전파 자연요인(또는 차단요인)에도 관심을 기울일 필요가 있음

**[해외 연구사례]**

- 오래전부터 유럽, 미국, 호주, 캐나다와 같은 선진국에서는 GIS를 이용한 공간상에서의 질병관리 및 분석 그리고 톨의 개발 등을 위한 도구로 GIS를 활용하고 있음
- 선진국(미국, 유럽, 캐나다, 호주)에서는 동물질병(구제역, 조류인플루엔자)에 대한 여러 모델링 방법들이 개발되고 있음.
- 그 사례로 미국, 캐나다의 North American Animal Disease Spread Model(NAADSM), 뉴질랜드의 InterSpread Plus 등의 동물질병 관리 모델이 있음



<North American Animal Disease Spread Model>



<InterSpread Plus>

- 또한, 위의 모델들을 이용하여 동물질병(구제역) 전파 확산에 대한 실제 또는 가상의 자료를 활용하여 역학적 시뮬레이션 모델 연구가 활발히 수행되고 있음.
- 이처럼 선진국에서는 예찰과 방역활동에 있어서 GIS를 적극적으로 활용하고 있으며, 이를 통해 한정된 자원을 효율적으로 활용하여 공간정보와 연계된 체계적인 질병의 관리가 이루어지고 있음

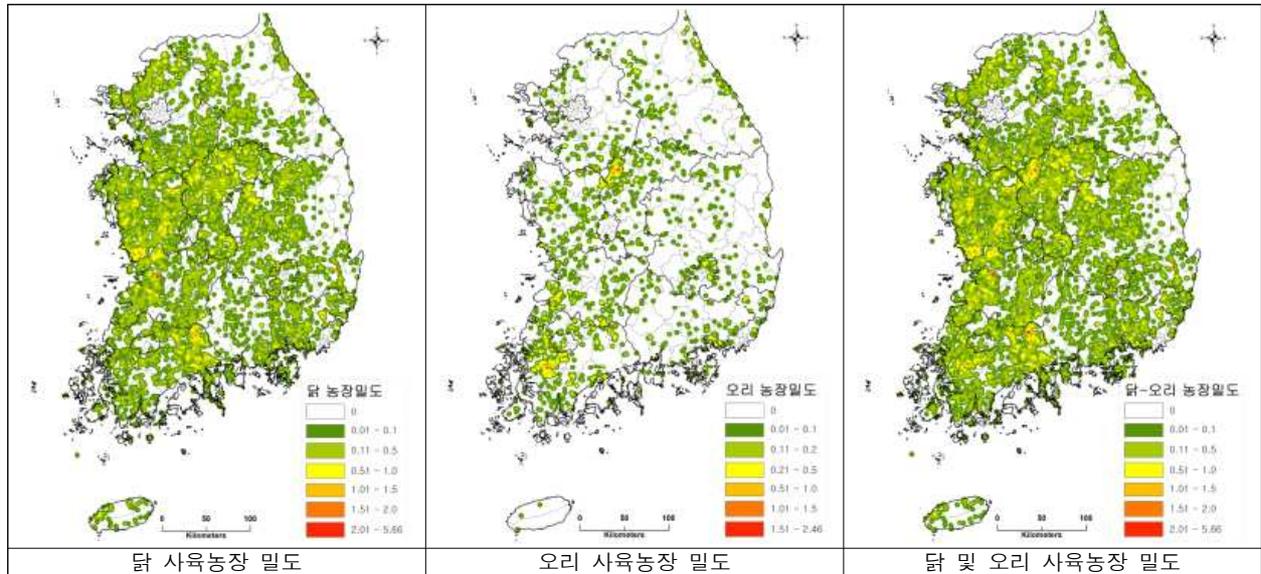
#### [필요요인 선정시 고려사항]

- 전염병의 역학적 특성을 반영한 물리적-환경적 직간접 전파요인의 데이터베이스 설계가 필요함
- 주변 농장간 지리적-역학적 관련성의 사전분석을 통한 GIS 기반 평가지표 마련
- 전염병의 물리적, 환경적 전파요인의 설정 및 질병별 특이적 전파특성을 반영한 판정지표 설정이 중요함

#### [AI 분석 필요요인]

##### ① 발생농장 3km 이내 농장밀도

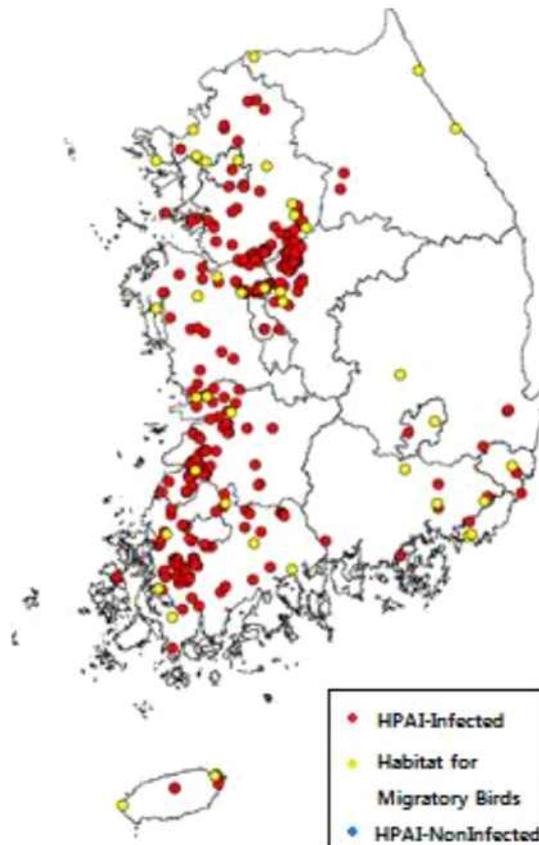
- 발생농장 3km 이내 농장밀도가 높을수록 조류인플루엔자 발생위험이 증가하는 것으로 나타남
- 축종간에 다소 차이는 있지만 국내 축산농가들의 평균거리는 1-200m 정도로서 대부분 농가들이 밀집 사육형 농장 구조로서 인근 생활권으로 인한 사람을 통한 전파가능
- 농장 및 축사내 서식하는 야생조수류의 평균 이동 반경은 500m-3km 이내 인점을 고려할 때 가금농가간 인근 전파의 위험요소도 매우 높다고 할 수 있음
- 국내 고밀도 가축사육 환경은 질병 노출 가능성을 높이고 급속한 전파·확산이 이루어질 우려가 큰 요인으로 지적되고 있음
- GIS 분석결과 HPAI 발생농가들은 밀집된 군집형태를 보여준 반면, HPAI 비발생농가들의 밀집형태는 분산되어 있음
- 이는 일정 거리내 밀집된 농가가 많을수록 HPAI가 빠르게 전파하는 것을 나타냄



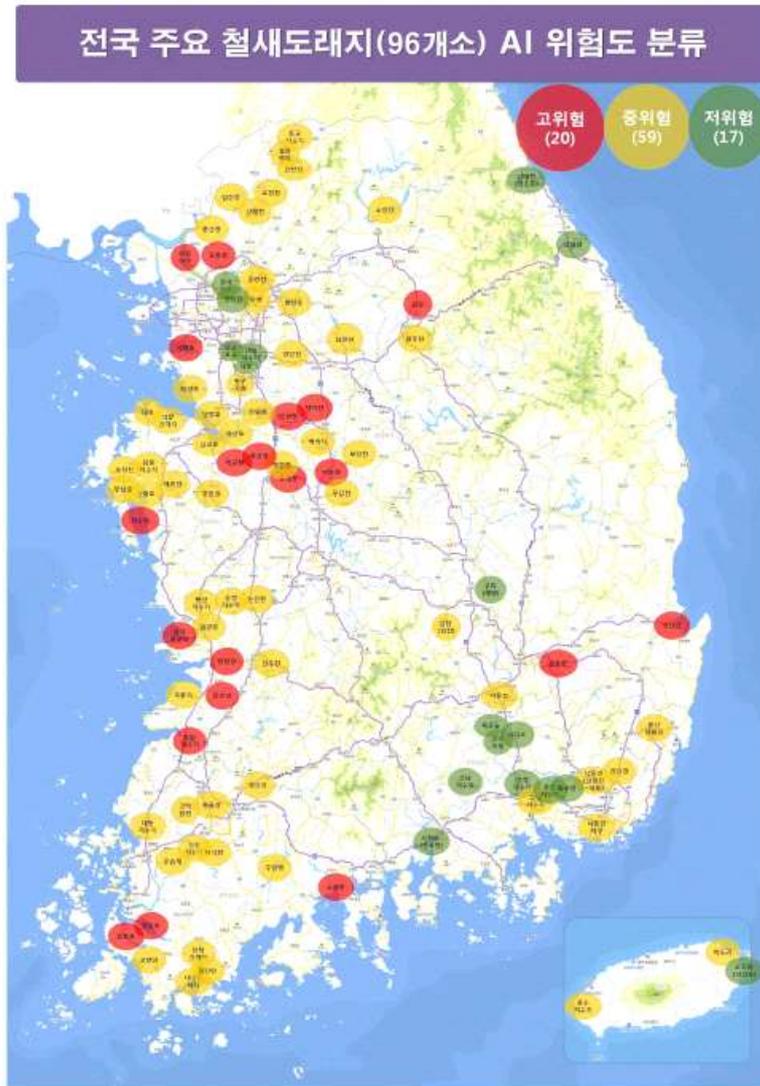
<우리나라의 닭 및 오리 사육농장의 밀도>

② 주변 철새도래지로부터의 거리

- HPAI는 철새의 배설물을 통하여 주변 가금농장 및 원거리에 위치한 가금농장으로 감염 및 확산이 이루어짐
- 철새와 HPAI 바이러스 전파 간의 상관관계는 많은 발생사례와 연구를 통하여 입증된 바 있음
  - \* 역학조사에 따르면, 철새도래지 인근농가 주변을 비롯해 수 킬로미터에서 수십 킬로미터 떨어진 농가 및 논, 밭 등에서 철새의 분변과 사체등이 발견되었다는 조사결과가 있음
  - \* 철새 활동 반경지역에서 HPAI는 하천에서 활동하는 철새의 분비물이 지방도를 통하여 인근 가금농장으로 확산되는 것으로 확인
- 철새도래지로부터 떨어진 거리가 가까울수록 HPAI 전파위험이 상승하는 것으로 알려짐



<철새도래지와 조류인플루엔자 감염농장의 분포 비교>



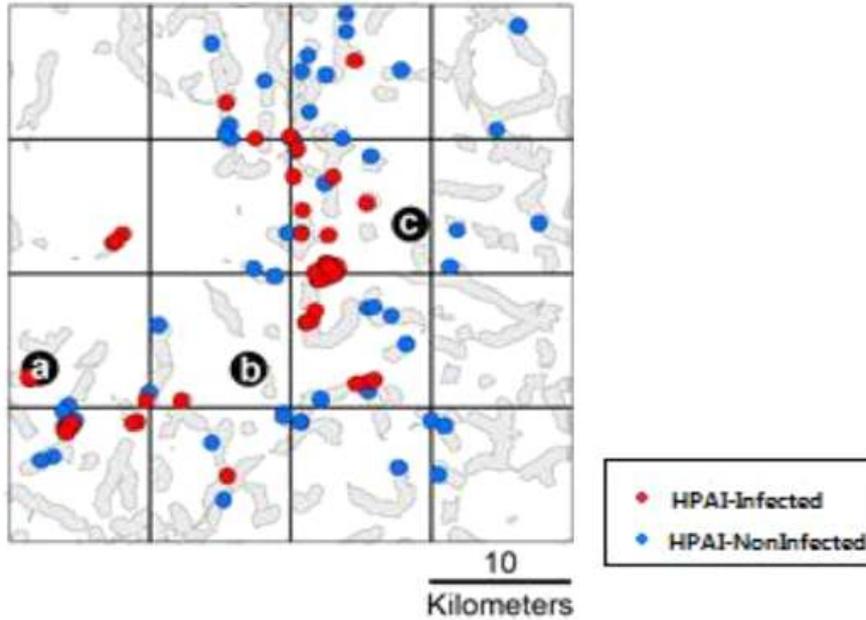
<전국 주요 철새도래지 조류인플루엔자(AI) 위험도 분류 지도>  
(출처=농식품부)

**③ 주변 국가하천, 지방하천과 떨어진 거리**

- '2014년 고병원성조류인플루엔자 역학조사보고서'에서 보고된 철새도래지를 중심으로 반경 30km 내에는 우리나라 국가하천과 지방하천 2급이 주로 분포하고 있음
- 국가하천(한강, 낙동강, 금강, 영산강 등)과 국가하천에서 분기되는 지방하천 2급은 철새의 유입이 가능한 크기
- 철새는 먹이원을 찾아 수역 주변의 농가와 논밭에 출몰함. 수역 근처 농가와 논밭에 남겨진 철새로부터 배출된 분비물은 사람과 차량·기구에 의하여 주변 가금농가로 전염됨
- 따라서, 철새도래지 주변 하천망과 도로는 HPAI의 감염과 확산에 주된 요인으로 여겨짐

**④ 주변 도로와의 인접성**

- 도로와의 거리는 가금농가의 접근성에 따른 감염 가능성을 가늠하는 것으로, HPAI 유행 초·중반기에 차량을 통한 감염이 많은 것을 토대로 중요한 입지 조건으로 선정
- 다만, 모든 도로를 변수로 사용할 경우 소로(小路)에 접한 가금농가가 실제로는 접근성이 떨어지지만 도로와의 거리는 매우 가까워서 접근성이 좋다고 판단할 가능성이 있어 변별력이 떨어지기에, 도로의 범위를 2차선 이상의 주요 도로로 정의함이 타당함



<지방하천(1.5km)과 도로(1km)에 따른 AI의 발생양상. 엄치호 외, 2017>

⑤ 외부차량 및 농장관계자의 차량이동



<차량 등 조류인플루엔자의 전파경로 예시>

- HPAI 1차 감염농장을 방문한 외부차량 및 농장관계자 차량의 이동을 통하여 철새도래지로부터 지리적으로 떨어진 지역으로 감염균의 확산 및 전파가 이루어지는 것으로 추측되는데 이를 2차 확산 및 전파라고 함
- 같은 계열사 농장간의 차량의 이동이 빈번하고, 특히 계열사 일부 승용차량의 축산차량등록이 안되어 있는 경우가 존재함. 이에 농장의 계열사의 전수조사 및 이에 따른 판정규칙 설정이 타당함

⑥ 농장의 HPAI 발생이력

- 기존 HPAI가 발생한 농장은 발생 위험도가 높은 농장임으로 중요요인으로 고려가 필요
  - \* 발생빈도가 높은 농장일 경우 주변 환경상 또는 농가 자체적으로 방역능력이 떨어진다고 판단

⑦ 농가의 자체 방역능력

□ 점검사항

구분	점검사항	점검 결과	법적 의무 여부	제출 사진
농장 입구 사람/차량 소독시설	차량 소독시설 설치 및 정상 작동 여부	여 / 부	의무	○
	대인 소독시설 설치 및 정상 작동 여부	여 / 부	의무	○
출입통제 시설	차량 진입 차단장치(차단바, 줄 등) 설치 여부	여 / 부	의무	○
	- 출입구가 닫혀 있는지 여부	여 / 부		
	출입통제 안내판 설치 여부	여 / 부	의무	○
울타리·담장	농장 울타리(담장) 설치 여부	여 / 부	의무	○
	농장 입구에 방역실 설치 여부	여 / 부		
방역실	- 대인 소독, 신발 소독을 위한 설비 구비 여부	여 / 부	의무	○
	- 출입자가 착용할 작업복·신발·장갑 등 구비 여부	여 / 부		
	축사 입구에 전실 설치 여부	여 / 부		
전실	- 사육시설이 한 동만 있는 경우 방역실로 대체 가능	여 / 부	의무	○
	- 신발소독조 설치 및 적정 운영 여부	여 / 부		
	- 사육시설과 구획·차단되어 있는지 여부	여 / 부		
	- 축사 전용 장화와 손 소독(세척) 시설 구비 여부	여 / 부		
차단망(그물망)	사육시설과 환풍구, 배수구 등에 차단망 설치 여부	여 / 부	의무	○
외국인근로자	고용 신고 및 방역수칙 교육 여부	여 / 부	의무	
생석회	농장 출입구와 둘레에 생석회 도포 여부	여 / 부		○
기타 방역수칙	축사 노후화 등으로 구멍난 곳은 없는지 여부	여 / 부		○
	철새도래지 방문 금지	여 / 부		
	트랙터 등 농기계와 농기구의 농장 내 진입(반입) 금지	여 / 부		
	- 무득이한 경우 철저히 세척·소독 후 반입하되 축사 인근에 보관 금지	여 / 부		
	사료빈과 퇴비사 주변 청결 유지 및 소독	여 / 부		○
	축사 진입 전 손 씻기와 신발(장화) 갈아신기	여 / 부		
	농장 주변 물웅덩이 제거	여 / 부		
구서·구충작업	여 / 부			

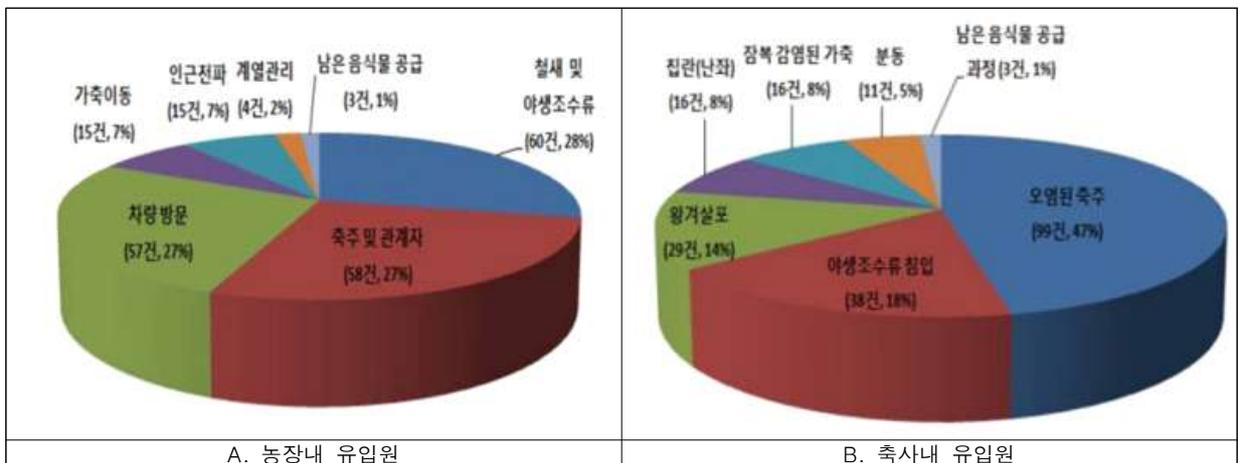
<가금농장 방역점검표. 출처=농식품부 조류인플루엔자방역과>

→ 농가별 방역 설비 및 위생 관리

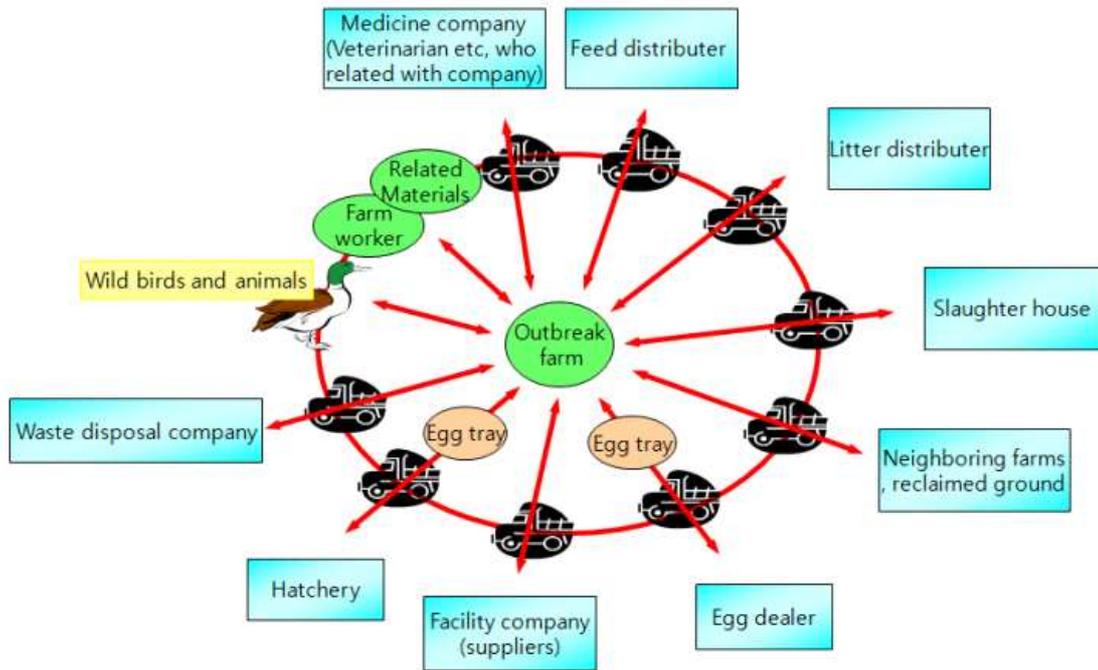
- \* 개별 방역 설비 및 위생관리가 우수한 농가의 경우, 접촉농가나 의심농가가 아니라면 살처분 대상에서 제외
- \* 감염 환축 발생시 살처분하고, 감염 환축이 발생하지 않고 방역상황이 종결될 시 예찰 종료
- \* 자체 방역 능력 평가에는 조류바이러스 유행을 실증조사나 방역 설비 점검으로 주변 생활환으로부터 바이러스 감염을 차단하는 능력을 평가

→ 지리적 차단요인

- \* 밀집 농가에 속해있지 않으며 시발생농가와 지리적 고립도가 높은 경우 (높은 고도, 발생 농가 사이의 산맥, 철새 도래지 및 하천과의 거리가 멀거나 주변 도로와의 인접도가 낮은 경우) 전파가 지연 혹은 차단 될 수 있음



<감염원의 농장내 유입원 (A) 및 축사내 유입원 (B) 분석>



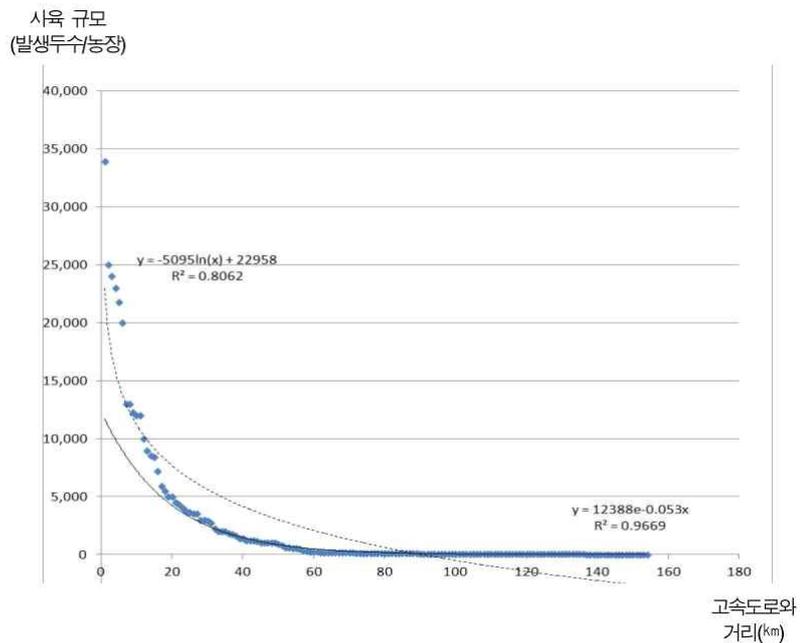
조류인플루엔자(AI)의 농장내, 농장간 전파 위험도 분석

**[FMD 분석 필요요인]**

구제역의 특이적 전파특성을 반영한 판정지표의 설정이 필요함

① 외부차량 및 농장관계자의 차량이동

- 농림축산검역본부 역학조사과(2015)에서 2014~2015년 국내 발생 구제역을 대상으로 수행한 역학조사 분석결과에 따르면 축산차량의 이동에 따른 축산관계시설 방문에 의한 질병 유입 비율이 약 80%에 이르는 것으로 나타났음
- 2010~2011년 한국에서 발생한 구제역 발생지점의 도로접근성을 분석한 결과, 고속도로와의 거리는 구제역 발병 마리당 평균 7.2km로 근접하여 있는 등 대부분 통과교통량이 많은 간선도로와 가까운 지점에 분포



<구제역 발생지점의 농가규모(발생두수)별 고속도로 접근성 분포>

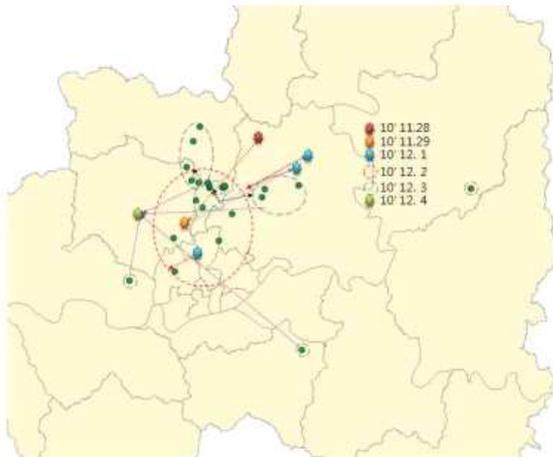
축종	구제역 발생두수	지점당 평균거리(km)	발생두수x거리 (마리*km)	가중 평균 거리 (km/마리)
돼지	339,301	9.1	2,386,022	7.0
소	7,476	12.6	121,905	16.3
합계	346,777	11.1	2,507,927	7.2

<구제역 발생지점의 축종별 고속도로와의 거리>

- 구제역의 확산 원인을 전파요인별로 분석하여 보면, 사료차량, 위탁농장, 동물약품 등이 가장 큰 요인으로 분석됨
- 구제역 발생지점수를 기준으로 할 경우에는, 사료차량, 동물약품, 위탁농장, 지역방문 등이 주된 전파요인임
- 구제역 발생 두수를 기준으로 하면, 사료차량, 동물약품, 위탁농장, 가축이동 등이 주된 전파요인으로 분석됨
- 인근 지역으로 전파된 요인은, 사료차량에 의한 전파, 방문, 모임, 위탁사육 등 사람에 의한 전파가 주요인으로 분석됨

**② 지형, 기상상황에 따른 전파양상**

- 구제역의 경우에 공기전파가 일어나므로 풍향이 전파양상에 영향을 미침
- 초기 확산단계에서는 풍향에 따라 전파가 일어나나 후기단계에서는 이와 상관없이 원형으로 확산된다는 연구결과가 보고된 바 있음



요소	11/11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
동향	서북 서	서	서	서	서	서	서	서남 서	남동	동남 동
풍속	5.4	6.8	2.7	4.7	5.2	3.6	3.4	2.1	2.1	1.6
요소	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
동향	서북 서	서	남동	서북 서	서	서	서	서북 서	서남 서	서
풍속	2.0	5.9	4.6	3.3	6.4	4.1	4.4	5.7	3.1	4.2
요소	12/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
동향	남동	남동	서북 서	서	서	서	서	서	서	서
풍속	2.0	1.8	9.4	5.8	5.1	6.0	3.6	3.8	5.0	2.5

<경상북도 안동 지역의 풍향에 따른 구제역 확산 양상>

- 거리가 멀어짐에 따라 공기확산에 의한 전파 가능성은 낮다는 연구결과도 있어, 발생농가와의 거리기준으로 다른 판정지표를 적용할 필요가 있음
- 기존 방역대(3km)에 포함되더라도 높은 산맥이 가로막고 있으면, 전파가 일어날 확률이 낮음
- 발생농장의 고도가 다른 주변 농장에 비해 낮으면 주변 농장으로 전파가 일어날 가능성이 줄어듦
- 발생농장의 고도가 다른 주변 농장에 비해 높으면 주변 농장으로 전파가 일어날 가능성이 높음
- 발생농장의 경사방향이 주변 농가와 같은 방향일 경우 전파의 위험도가 증가함
- 주변 마을과 인접해 있어도 전파 위험이 증가한다는 보고가 있음

**③ 구제역 축종별 바이러스 감염 위험도**

- 축종별로 구제역 바이러스에 대한 감수성과 감염되었을 경우 배출량이 다르므로 농장 종류별 감염 위험도를 다르게 평가하는 것이 중요함

**④ 농가의 자체 방역능력**

- 농가별 방역 설비 및 백신 접종

- \* 구제역 백신 접종국이라면 백신접종형이 전염될 경우 임상증상을 나타낸 개체만 살처분 하나, 백신접종형이 아닌 경우 예방적 살처분
- \* 백신 접종을 제대로 진행했을 경우 살처분 수를 줄일 수 있어, 농가별 방역 설비 및 위생관리를 포함해 백신접종의 정도관리가 필요



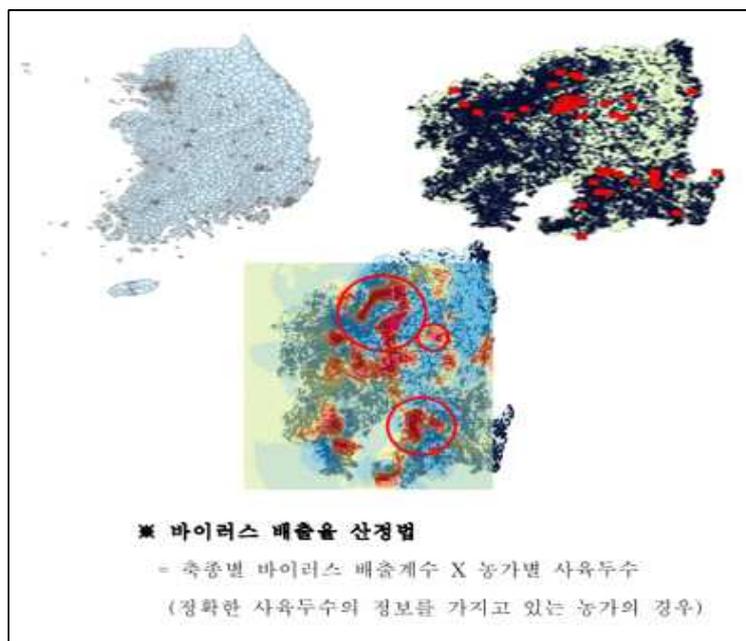
<농가의 방역 설비 및 차단 방역 관리 예시>

→ 지리적 차단요인

- \* 밀집 농가에 속해있지 않으며 구제역 발생농가와 지리적 고립도가 높은 경우 (높은 고도, 발생 농가 사이의 산맥 등 물리적으로 바람에 의한 전파를 차단 할 수 있는 요인들, 주변 도로와의 인접도가 낮은 경우) 전파가 차단 될 수 있음
- \* 미국의 경우 농가간 고립도가 높아 90년간 구제역 발생이 없었음

○ 수행내용 4: 판정정보 DB설계

→ 농가의 사육규모, 사육형태 및 축종에 따른 발생-전파율 분석을 통해 최적의 방역대 설정에 필요한 개념 정립



바이러스 배출율 모델링과 실제 구제역발생(붉은원)의 비교  
 (출처: 농림축산식품부 가축전염병 예측모델 개발)

- 효과적인 방역대 설정을 위한 지역별-농가별 전파 지연요인(방역정보)의 데이터베이스 설계
  - \* 농가별 백신접종여부, 우수 방역농가에 대한 정보를 KAHIS에서 수집하여 데이터베이스 설계
- 전염단계 및 방역단계별 맞춤형 방역대 설정을 위한 지역별 과거 방역사례의 데이터화
- KAHIS(국가가축방역시스템)에서 가축전염병 과거 발생정보 및 진단정보 데이터화로 전염병의 발생이력 횟수 및 인접 농가로부터의 전염 이력 분석
- KAHIS에서 제공되지 않은 자료들에 대해 유관기관(전남도청, 전남동물위생시험소)와의 협의를 통하여 자료를 제공받음

방역전염병 : 1종 2종 3종

가축전염병명	농장명 (농장주)	농장소재지	발생일자 (진단일)	축종 (품종)	발생두수 (마리)	진단기관	종식일
브루셀라병	윤태	경기도 양주시 백석읍 홍곡리	2004-02-29 (2004-02-29)	소-한우	15	경기 북부북부지소	
결핵병	이영노	충청남도 천안시 동남구 홍세면 보성리	2004-02-27 (2004-02-27)	소-육우	2	충남 아산지소	0002-07-04
브루셀라병	백도령목장	전라남도 순천시 대룡동	2004-02-27 (2004-02-27)	소-젖소	40	전남 동부지소	
브루셀라병	이영희	전라남도 순천시 대룡동	2004-02-27 (2004-02-27)	소-젖소	10	전남 동부지소	
브루셀라병	김희중	전라남도 순천시 서면 학구리	2004-02-27 (2004-02-27)	소-젖소	27	전남 동부지소	
결핵병	경기목장	경기도 화성시 신남동	2004-02-26 (2004-02-26)	소-젖소	3	경기 축산위생연구소	0002-10-04
브루셀라병	김환수	충청북도 청주시 청원구 오창읍 가곡리	2004-02-25 (2004-02-25)	소-젖소	3	충북 축산위생연구소	0013-04-04
돼지생식기호흡기증후군	이영상	경상남도 함양군 함양읍 신천리	2004-02-25 (2004-02-25)	돼지-육성돈	25	병리진단과	0023-03-04
브루셀라병	대성목장	세종특별자치시 연동면 용암리	2004-02-24 (2004-02-24)	소-젖소	13	충남 공주지소	0006-04-04
가금티푸스	박삼선	전라남도 곡성군 곡성읍	2004-02-23 (2004-02-23)	닭-육계	1,500	남원지소	

<KAHIS 가축 방역시스템 과거 전염 이력정보>

- 전염병의 역학적 특성을 반영한 물리적-환경적 직간접 전파요인의 데이터베이스 설계

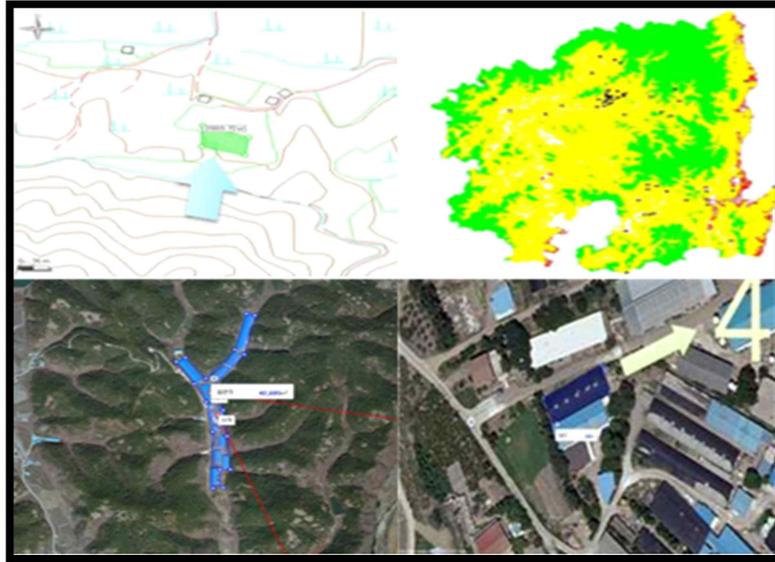
직접전파요인	간접전파요인	질병 특이적 전파요인
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감염동물의 수포액, 침, 유즙, 정액, 호흡공기 및 분변</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감염지역내 사람(목부, 수의사, 인공수정사 등)</li> <li>■ 차량(사료차, 출하차, 집유차 등)</li> <li>■ 의복, 물, 사료, 기구 등</li> <li>■ 공기(육지에서 최대 60km)</li> <li>■ 감염된 개체의 식육 및 그 부산물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ AI :달걀, 오리, 철새</li> <li>■ ASF :멧돼지</li> </ul>

<전염병의 직간접 전파요인>

- 최적의 방역대 구성에 필요한 GIS(Geographic information system) 설계
  - \* GIS mapping을 통한 산맥, 하천, 고도, 경사방향, 경사도, 축사의 길이 방향, 도로 인접도, 마을 인접도 등을 데이터화
  - \* 구제역의 경우 바이러스 전파과정에 관한 가설들(자연발생설, 풍향에 의한 공기 전파설, 사료차나 이동수단에 부착되어 도로 이동설 등등)은 모두 지형적 특성과 그 연관이 깊음
  - \* 방역에 필요한 지리 공간 데이터의 선정

토지 및 도시 정보 데이터	
고도	경사 방향
경사도	축사의 길이방향
도로 인접도	마을 인접도
산맥	하천

<지리공간 데이터의 선정 예시>



<축사의 경사방향 분류, 경사도 분류, 축사의 길이방향 분류, 도로인접 및 마을인접도 거리 측정>  
(왼쪽 위부터 시계방향으로)

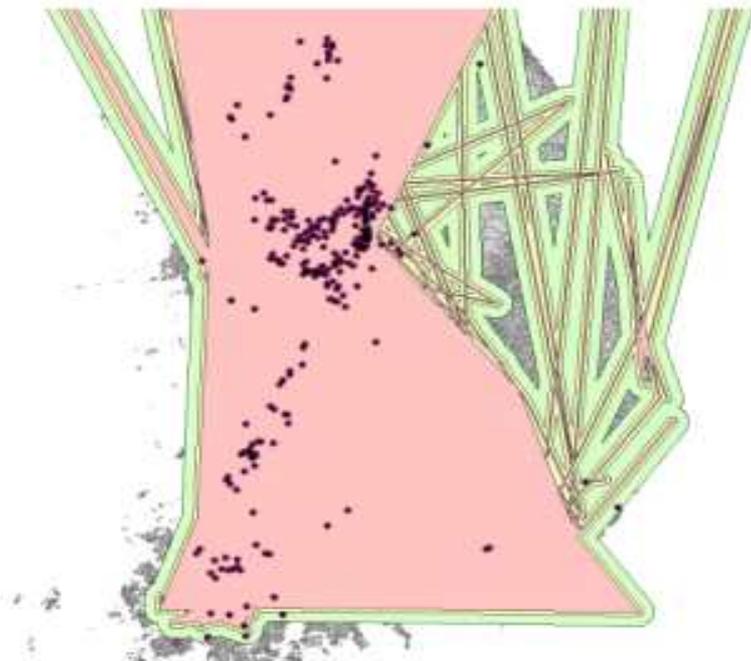
출처: 농림축산식품부 전염병 예측 모델 개발

→ 뉴질랜드 메시대학교 역학전문가의 자문 및 피드백

**- 연구개발 내용 2: 살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발**

**○ 수행내용 1: 살처분 농장 판정지표 (DI) 개발**

→ 가축질병의 지속적인 발생에 따라 가축질병자체에 대한 수의학적 연구뿐만 아니라, 가축질병의 발생요인과 전파양상을 GIS를 통해 분석하여 가축질병 예방 및 선제적 방역조치에 도움을 주기 위한 연구가 지속적으로 이루어져 왔음



<GIS를 통한 HPAI 발생 농가와 철새 이동 경로 비교. 양소명 외, 2017>

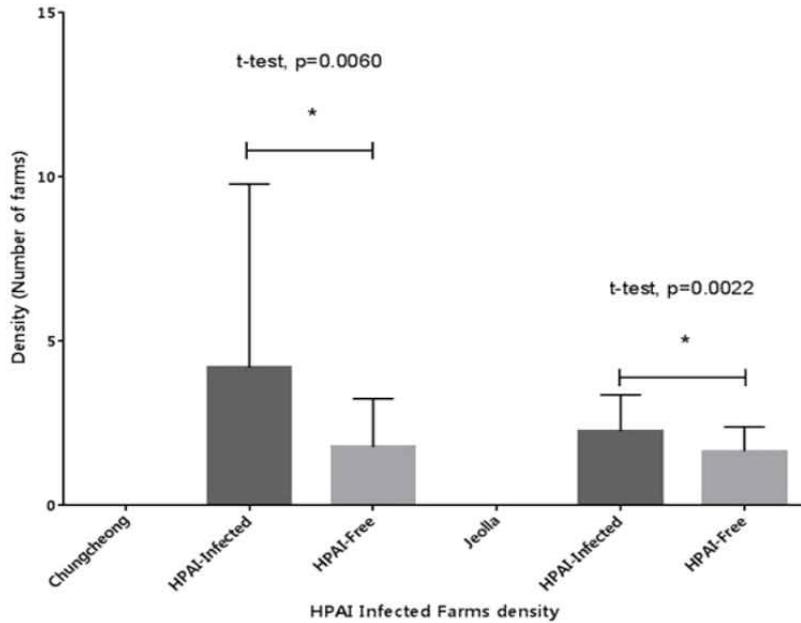
→ 가금농가 밀집지역에 관한 연구가 많이 이루어진 현재 시점에, 해당 지역의 실제 발병한 가금농가의 지리적 입지가 다른 농가와 어떤 특징적인 차이가 있으며, 확률적으로 가축질병이 발생할 확률이 높다고 판단되는 조건은 어떤 것인지 세부적으로 파악해야 함

**[가금농가 입지 특성]**

→ 야생조류와의 접촉 가능성을 나타내는 입지요인으로 주요 철새도래지와 하천 및 저수지,

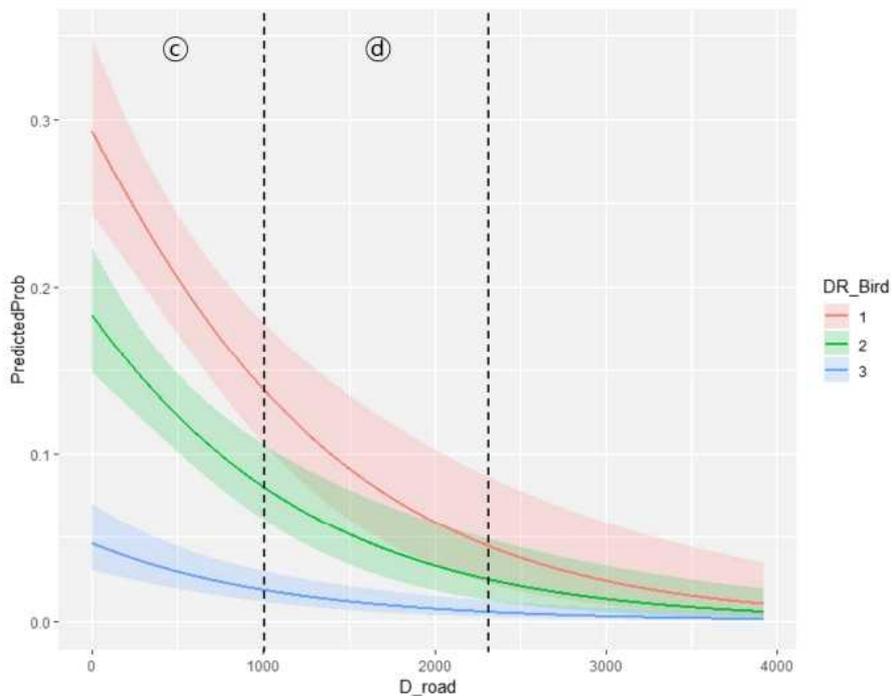
축산시설로서 도계장과 사료공장등이 알려져 있음.

- HPAI의 2차 감염에는 이미 감염된 지역의 인접감염이나 농가 혹은 시설을 방문한 차량과 사람에 의한 감염이 대부분을 차지함
- 따라서 HPAI 감염에 영향을 줄 수 있는 여러 자연환경 및 인공시설과 가금농가와의 거리가 주요한 입지 요인이라고 할 수 있음
  - \* 가금농가의 밀집 정도는 HPAI의 감염 및 전파에 많은 영향을 끼친다는 기존 연구 결과가 다수 존재함 (엄치호 외, 2017; 박선일 외, 2019; An et al., 2019)



<HPAI 감염여부에 따른 농장의 밀도 차이 (엄치호 외, 2017)>

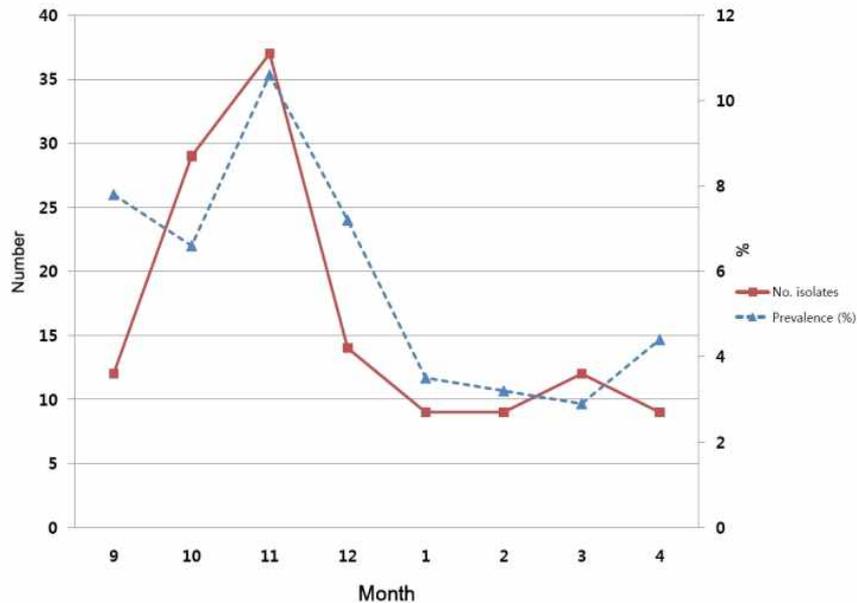
- 도로와의 거리는 가금농가의 접근성에 따른 감염 가능성을 가늠하는 것으로, HPAI 유행 초중반기에 차량을 통한 감염이 많은 것으로 알려져 있음 (Park and Bae, 2016; Bae et al., 2016; MAFRA, 2017; Lee et al., 2019)
  - \* 다만 모든 도로를 변수로 사용할 경우 소로에 접한 가금농가가 실제로는 접근성이 떨어지지만 도로와의 거리는 매우 가까워서 접근성이 좋다고 판단할 가능성이 있어 변별력이 떨어지므로 도로의 범위를 2차선 이상의 주요 도로로 정의하는 것이 타당함 (Bae et al., 2019)



<도로와의 거리에 따른 조류인플루엔자 감염율. 김동현 외, 2017>

→ HPAI의 초기 국내 유입경로는 시베리아로부터 날아오는 철새가 보균상태에서 국내로 살아서 유입되는 경우로 대부분 추정됨(MAFRA, 2017)

\* 철새가 국내에 들어와서 머무는 장소는 주로 물이 있는 장소이기에 하천 및 저수지와와의 거리가 중요한 입지요인이 될 것이라고 보는 것이 일반적임



<2012-2014년에 HPAI 바이러스가 검출된 월별 개체수>

\* 또한 하천 저수지와의 거리보다는 철새들이 주로 머무는 곳인 주요 철새도래지와와의 거리가 더 중요한 입지요인이 될 것이라는 의견도 있음(Park et al., 2019)

하천 거리 구분		농가 수	발병	발병률
총 사육농가 중 발병률		4,958	57	1.15%
하천 거리별 발병률	200m 이하	291	11	3.78%
	200m ~ 2,000m	1,715	43	2.51%
	2,000m 이상	2,952	3	0.10%

<인근하천 거리별 발병 현황 (충청남도 대상 연구)>

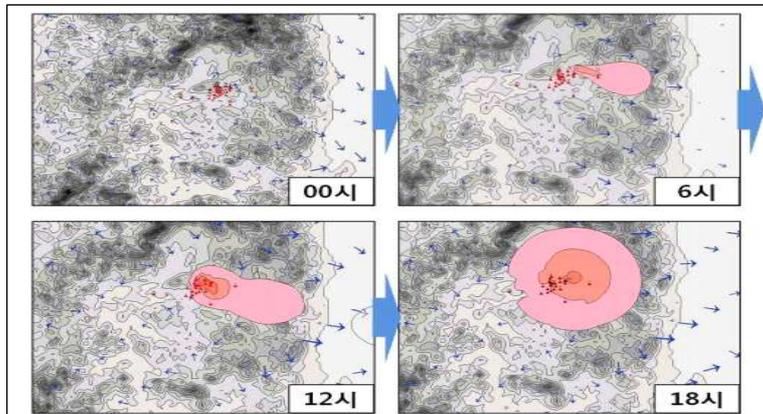
- 가금농가와 도계장, 사료공장과 같은 축산시설의 거리도 AI의 전파에 영향을 끼칠 수 있음
- 다만, 축산시설과의 거리는 가금농가가 실제로 거래하는 축산시설인지 알기는 어려우며, 이러한 축산시설과의 거래에서 거리는 크게 영향을 끼치지 않는다고 때문에 의미있는 입지요인이 되기 어렵다는 기존 연구가 있음 (Park and Bae, 2016; Park et al., 2016)
- 전염확산단계(발생단계, 전파단계, 대응단계) 및 방역단계(질병예측, 초동방역, 사후관리)에 따른 상황 맞춤형 살처분 판정지표 개발

**[살처분 농장의 판정 지표 목록]**

살처분 농장의 판정 지표 목록			
지형	산맥, 시설물, 도로, 하천 현황	전염 확산단계	발생단계, 전파단계, 대응단계
축사 현황	경사 방향, 축사의 길이 방향	방역단계	질병예측단계, 초동방역단계, 사후관리 단계
축사 주변 현황	도로 인접도, 마을 인접도	차량 이동 정보	사료차, 출하차, 집유차 등
축사 사육 정보	가축 사육 규모, 사육 형태, 축종	감염지역 내 사람의 이동 정보	목부, 농부, 의사, 인공수정사 등
전염병 정보	지역별 전염병 현황	감염 위해도	거리에 따른 축종별 감염 위해도, 인접농가 전염병의 변이축진요인 (예: 축계농장 근처의 돼지농장)
방역 우수도	농가별 백신 접종 여부, 방역 설비 정보	역학적 정보이력	재난형 전염병 발생이력 및 횟수, 주변 인접농가로부터의 전염 이력 정보
기상데이터	기온, 상대습도, 풍향, 풍속, 태풍정보	생태학적 환경정보	전염 전파 매개체정보 (멧돼지 서식 및 분포, 철새 도래지 등)

<살처분 농장 판정 지표 목록>

- \* 단계에 따른 확산양상과 속도가 다르기 때문에 이에 따른 판정지표의 다변화가 필수적임
- \* 구제역의 경우 초기 확산단계에서는 풍향에 따라 전파가 일어나나 후기단계에서는 이와 상관없이 원형으로 확산 된다는 연구결과가 보고된 바 있음
- \* 거리가 멀어짐에 따라 공기확산에 의한 전파 가능성은 낮다는 연구결과도 있어, 발생농가와의 거리기준으로 다른 판정지표를 적용할 필요가 있음



<구제역의 확산 양상 및 해당시점의 풍향 기록>  
(출처: 농림축산식품부 전염병 모델링 보고서)

→ 전염병의 물리적, 환경적 전파요인의 설정 및 질병별 특이적 전파특성을 반영한 판정지표 설정

구제역의 특이적 질병 전파요인 판정지표	
낮은 기온	낮은 상대습도
풍향	감염농가와 축사 창 방향의 일치도
발생원과의 이격거리에 따른 축종별 감염 위해도	축사위치의 고도

<전염병 특이적 전파요인 판정지표>

→ 주변 농장간 지리적-역학적 관련성의 사전분석을 통한 GIS 기반 평가지표 마련

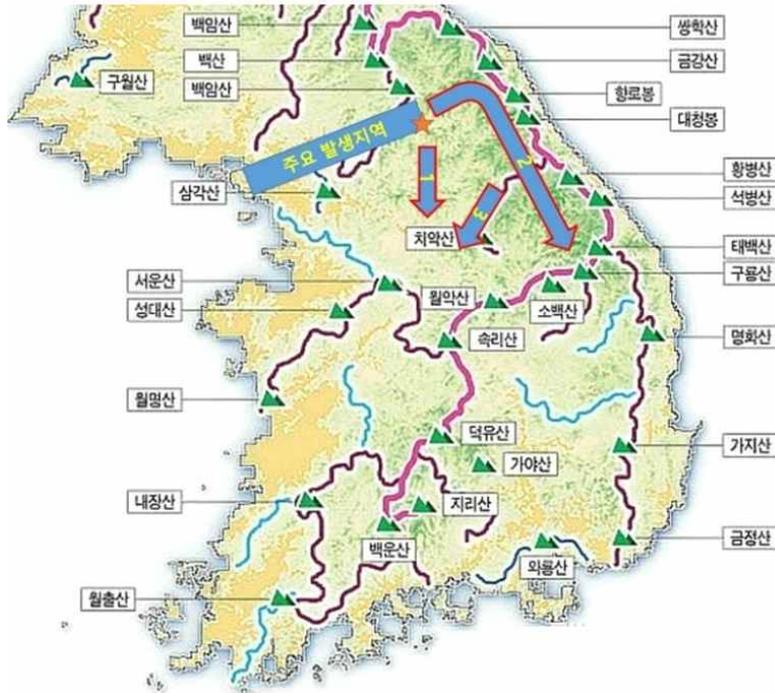
○ 수행내용 2: 살처분 농장 판정규칙(Rule) 개발

1. 살처분 대상농가 판정지표

1.1 지형

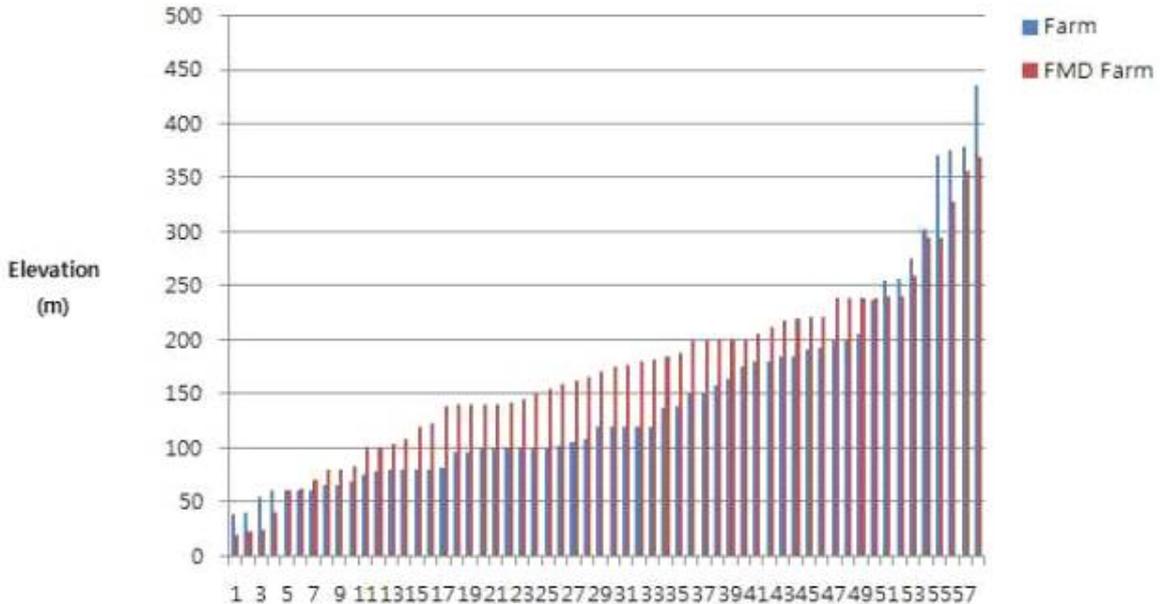
1.1.1. 산맥

→ 예방적 살처분 범위에 속하나 농가사이에 산맥이 있는 경우 지리적 고립성이 있다 판단하여 가중치를 낮게 설정



<산맥이 바이러스 전파에 미치는 영향>

1.1.1.2 고도

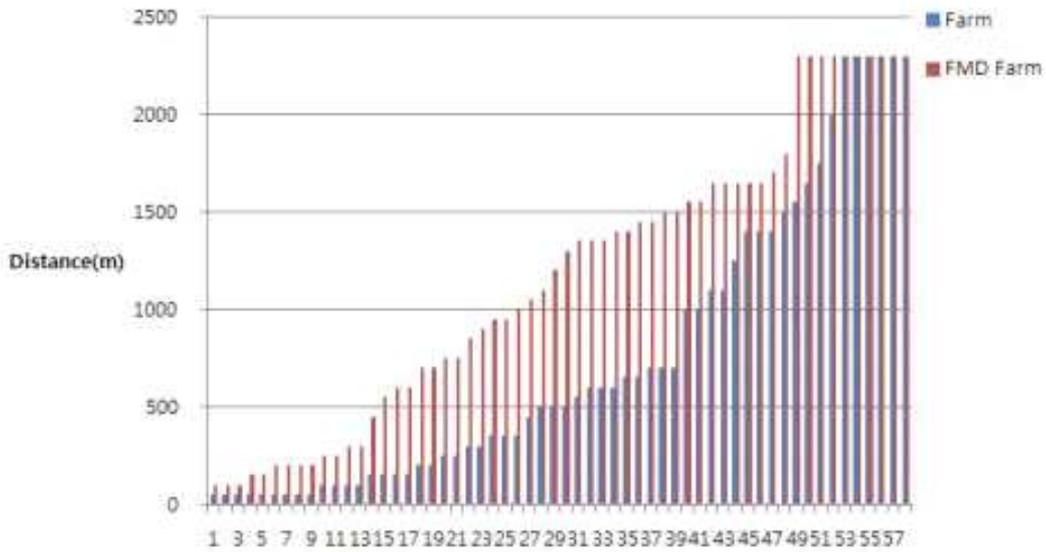


<구제역 발생농가와 비발생농가의 고도차이 비교. 김현태 외, 2013>

→ 고도 분류는 등고선을 이용하여 30m이하인 평지형과, 30~300m 사이에 위치한 중간산지형, 300m 이상에 위치한 산악지형 크게 세가지 유형으로 분류

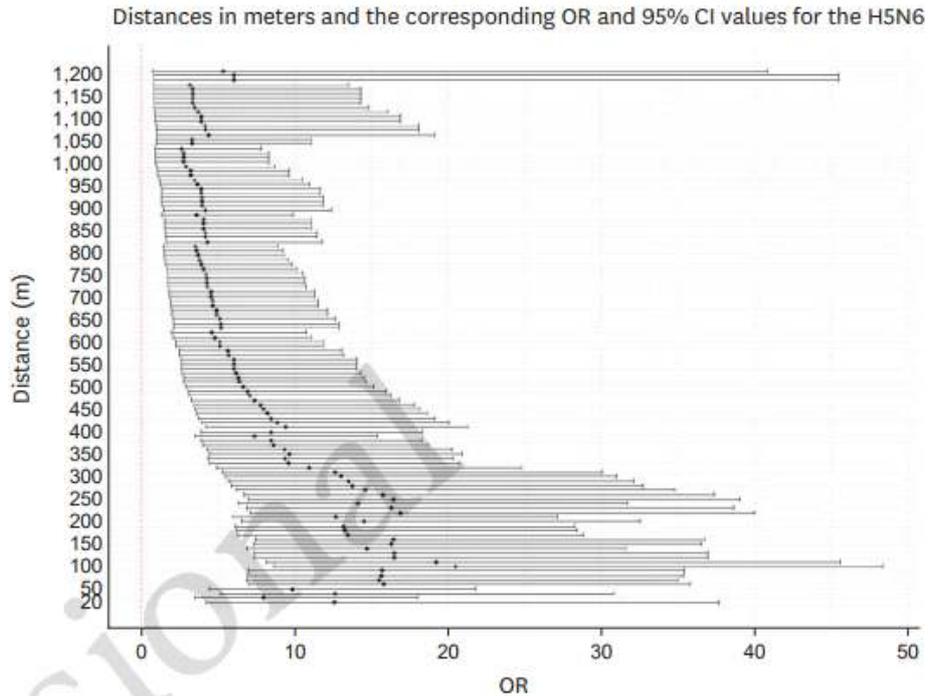
→ 공기전파 모델 연구결과에 따르면 발생농가가 중간산지인 경우, 전염농가 또한 중간산지에 있는 경향을 보이며, 구제역 발생농가가 비발생농가보다 고도가 높아(평균 24m 이상) 기류의 영향을 많이 받았을 것이라 판단됨

### 1.1.3. 하천

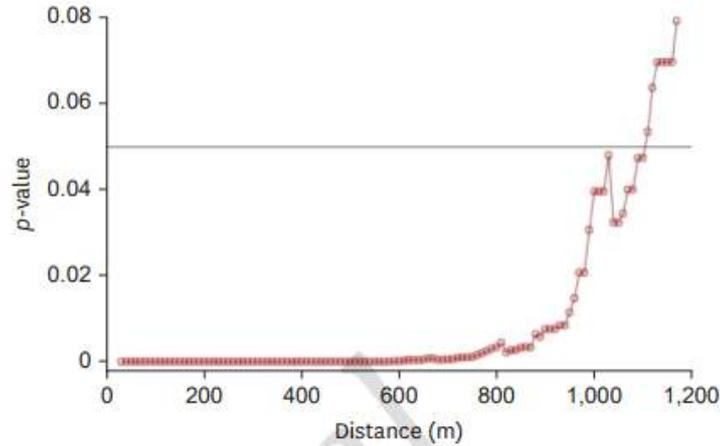


<구제역 발생농가와 비발생농가의 하천인접도 비교. 김현태 외, 2013>

- 농가와 하천이 인접함에 따라 바이러스의 활성도가 다르다는 보고가 존재함
- 전남대학교 수의과대학 공중보건학실에서 진행한 연구에 따르면 하천과의 거리와 조류인플루엔자의 발생확률의 연관성이 확인되었고, 하천과의 거리가 가까울수록 odds ratio가 증가하는 것으로 나타남. (Saleem Ahmad, 2022)



<하천과 농장 사이의 거리에 따른 HPAI 발생의 odds ratio에 관한 연구. Saleem ahmed, 2022>



<하천과 농장 사이에 거리에 따른 조류인플루엔자 발생과의 통계적 유의성 검정에 관한 연구. Saleem ahmed, 2022>

- 구제역 발생농가의 경우 하천인접도 1-2km 사이에 많은 분포를 이루고 있었는데, 전반적으로 비발생농가보다 하천접근성이 500m 가량 떨어져 있었으며, 이것은 구제역 바이러스 활동하기 적당한 온습도 영향(Park, 2009)일 것이라 분석됨.
- 다만, 실제적으로는 농장 반경 이내로 하천의 밀도가 철새서식 개체수에 비례할 것으로 예측하여, 농장 주변반경 3km 이내에서 전체면적 당 하천의 비율에 따른 가중치 조정이 필요할 것으로 보임

## 1.2. 축사현황

### 1.2.1. 경사방향 분류

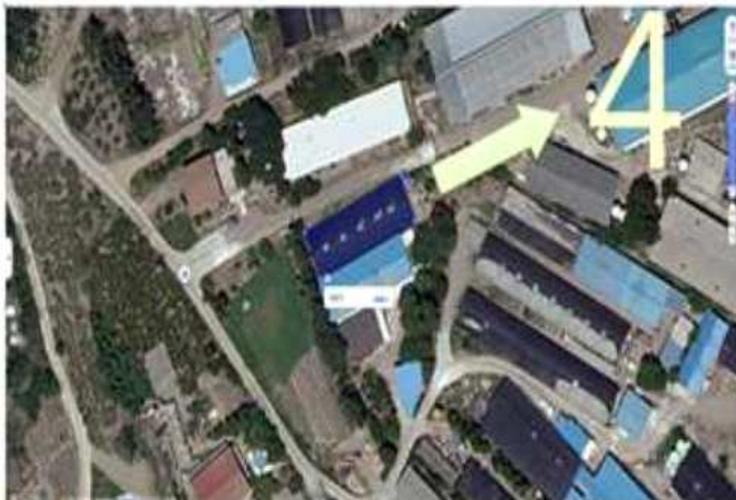
- 수치지형도 상에서 축사의 위치를 파악한 뒤 주위의 등고선을 고려하여 8방향(동, 동남, 남, 남서, 서, 서북, 북, 북동)으로 분류할 수 있음
- 경사방향은 연구결과 영향이 없는 것으로 보고됨

### 1.2.2. 경사도

- 세 가지로 평탄지(0-3도), 완경사지(3-7도), 급사지(7도 이상)로 나타냄.

### 1.2.3. 축사방향(길이방향)

- 바이러스가 풍향의 영향으로 공기중으로 전파 된다고 가정하면 영향을 받을 수 있음. 축사의 방향도 8방향(동, 동남, 남, 남서, 서, 서북, 북, 북동)으로 분류
- 공기전파모델 연구결과에 따르면, 실제 북동풍이 우세한 지역에서 구제역의 전염 양상은 축사방향이 북-남 방향인 농가가 구제역이 다수 발생하였음



<축사 길이방향 분류>

1.3. 축사 주변 현황

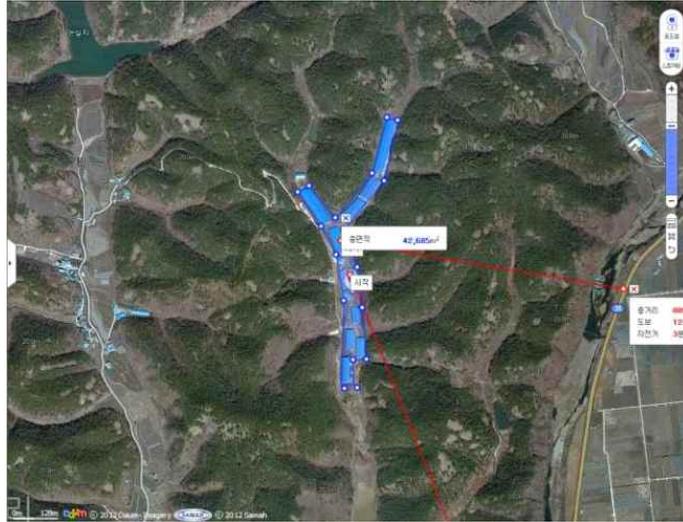
1.3.1. 도로인접도 (2차선 이상의 도로)

→ 1km를 기준

→ 2차선 이상 주요도로와의 거리가 1m 증가하면 HPAI에 감염될 확률이 전단위에 비해 0.001% 감소한다는 연구보고가 있음

1.3.2. 마을인접도

→ 마을이 인접하면 마을주민의 농로 주위 통행량이 많아져, 감염 위험요소가 될 수 있음



<도로인접도와 마을인접도 거리 측정사진>

1.4. 축사 사육정보

→ 축종 정보(소, 돼지, 오리, 닭) 및 세부정보(착유우, 산란계, 종오리, 육용오리 등)을 전염 가능성 지표에 포함

\* 고병원성 시는 전남, 전북의 경우 오리에서 많이 발생을 하고 경기도에선 산란계에서 많이 발생을 하기 때문에 전국 시도 지역의 축종별 사육현황 특성을 파악하여 규칙 적용이 바람직함.

→ 착유우 및 산란계는 차량출입이 잦기 때문에 감염에 취약하다는 연구결과가 이미 있으며, 종오리 및 육용오리 농가는 좀 더 HPAI 발생에 취약하다고 알려져 있음.

\* 특히, 종오리는 농가수 대비 육용오리에 비해서도 발생률이 매우 높아 가중치를 높게 책정해야할 필요가 있음

→ 2017~2018년 고병원성 조류인플루엔자 역학조사보고서에 따르면, 발생농장(22호) 중 외국인 근로자를 고용한 농장은 12호(14.5%), 오리농장(14호) 중 6호(42.9%), 산란계농장(7호) 중 6호(85.7%)로 확인됨

연도	제조업	어업	서비스업	건설업	농축산업	기타	계
'14년	36,051	1,914	78	2,203	5,913	0	46,159
'15년	37,192	2,030	69	2,604	5,933	0	47,828
'16년	43,968	2,406	64	2,344	6,735	28	55,545
'17년	36,944	2,194	88	1,715	6,519	15	47,475
'18년 1~3월	7,860	370	1	218	1,062	27	9,538
<b>계</b>	<b>162,015</b>	<b>8,914</b>	<b>300</b>	<b>9,084</b>	<b>26,162</b>	<b>70</b>	<b>206,545</b>

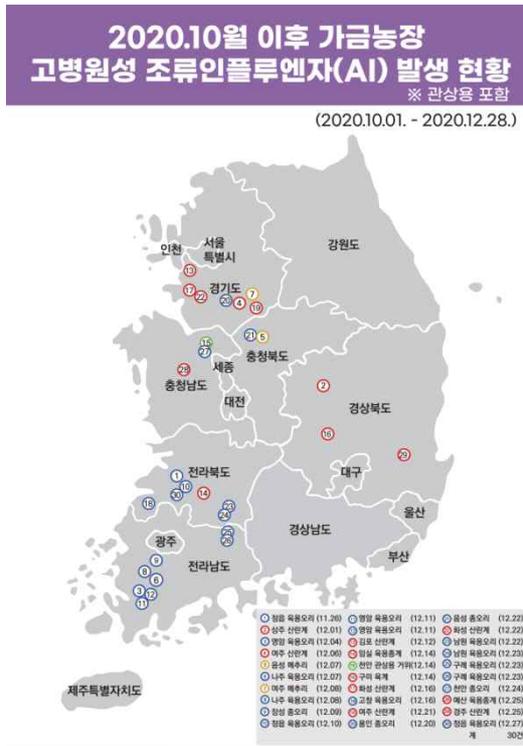
<인천공항 입국 외국인 근로자들에 대한 연도별·업종별 소독실적 (단위: 명)>

→ 외국인 근로자의 고용여부에 대한 자료가 KAHIS에 등록되긴 하였으나 COVID-19로 인해 몇 년간 변동이 심하여 신뢰하기가 어려워보이며, 이에 대한 현행화가 시급한 것으로 판단되었음.

→ 다수 발생농장에서 외국인 근로자를 고용하고 있으며, 국적도 다양하므로 농장주와 외국인 근로자간 원활한 의사소통이 어려울 수 있어 방역적 취약점으로 작용할 수 있음. 시군에서 외국인 근로자 대상 체계적인 방역교육이 필요하나 시군별로 차이가 있음

1.5. 전염병 정보

→ 해당지역내 전염병 현황을 바탕으로 방역대 설정

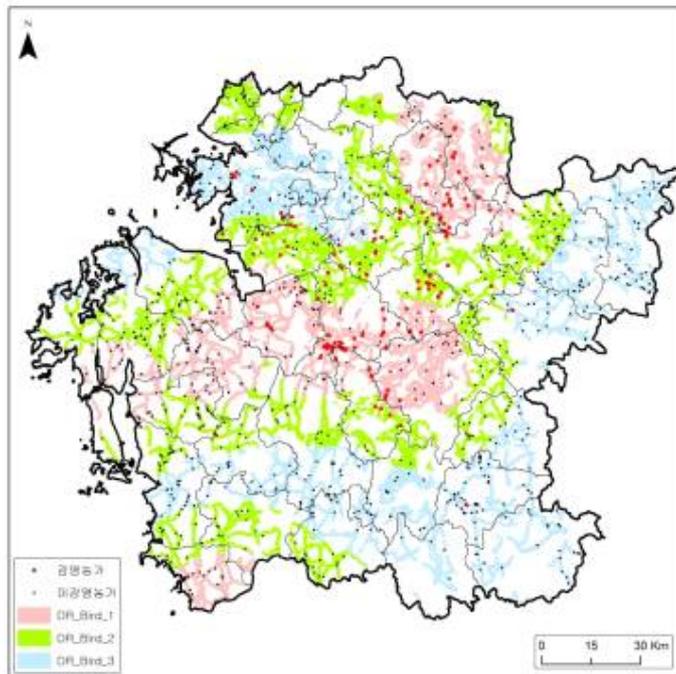


<지역별 조류인플루엔자 발생 현황>

→ '중점관리방역지구'일 경우 살처분점수에 가점이 필요함

→ 반경 3km 이내 가금농가 15개 초과할 경우 AI 발생확률이 높아진다는 연구보고 (DH KIM et al., 2020)

\* 반경 3km 이내 가금농가가 1개가 증가하면 HPAI에 감염될 확률이 전 단위에 비해 10.9% 증가



<농장 밀집도와 AI 발생확률 사이의 관계를 조사한 연구 (DH Kim, 2020)>

- 조류인플루엔자 발생농가의 유전자형은 최근에 조사하고 있으나, 그것을 통해 방역대 내 전파인지 외부 요인에 의한 감염인지 알 수 있을 정도로 데이터가 충분하지는 않았음
- \* 2022년 발생하는 조류인플루엔자는 철새 분변 검사에서 단일 항원이 아닌 여러 가지의 H형, N형 항원이 검출되고 있음. 이는 여러 지역에서의 철새가 유입되고 있음을 의미함

1.6. 방역 우수도

- 가축전염병 예방법 법령에 의한 축산농가가 구비해야 할 의무방역시설(전실, 울타리 등) 등을 갖추고 있는지 여부에 대한 평가가 필요함.
- \* 이 부분에 관해서 직접적 평가가 어려우므로 지난 2020년에 실시했던 농식품부 주관 농가별 위험도 평가를 참조하여 3가지 등급으로 구분
- \* 다만, 이 부분은 농장 평가 점검자의 눈높이에 따라서 주관적인 면이 있다는 점을 고려해야 할 필요가 있음
- 예외로 발생위험이 높은 농가(개방형 농가, 발생이력이 많은 농가, 철새도래지 주변에 위치한 농가 등)에 대해선 방역우수도를 불량으로 평가

세부기준	배점	평가 배점기준
① 농장 출입구 고정식 소독시설 설치 및 운용 * 막대형 분무시설 편측성 분무 시 감점	15	1. 우수 : 15 (강력 분사, 겨울철 동파예방) 2. 보통 : 10 (차량을 충분히 적실 수 있음) 3. 미흡 : 5 (편측성 분사, 겨울철 사용불가)
② 농장 출입구, 계사별 발판 소독조 설치 및 운용 * 소독약품 미사용시 점수 부여 없음	5	1. 우수 : 5 (소독조 훼손없이 계사별 설치) 2. 보통 : 3 (사무실 등 일부 없음) 3. 미흡 : 1 (소독조 훼손 및 계사일부미설치)
③ 대인소독시설 및 차량바퀴소독조 설치 및 실제 운용 * 1천㎡ 이상 가금사육농가는 미설치 시 감점, 300㎡~1천㎡ 농가는 설치 시 가점 부여	5	1. 우수 : 5* 2. 보통 : 3 (오작동 등) 3. 미흡 : 1 (시설 파손 등) * 가감점(±1) : 규모이하농가 설치 시
④ 농장 출입구 출입통제시설 및 안내판 설치 * 통제시설 또는 안내판 훼손 시 감점 부여	5	1. 우수 : 5 2. 보통 : 3 3. 미흡 : 1
⑤ 축사 소독용 분무시설 설치(이동식·안개분무) * 출입구 이동식 분무기를 축사용으로 공동이용 할 경우 감점 부여	10	1. 우수 : 10 2. 보통 : 5 3. 미흡 : 1
⑥ 소독실시기록부 및 출입기록부 비치 및 기록 여부 * 사육기간 동안 소독기록부, 출입기록부 보존	10	1. 기록 적정 : 10 (주1~2회 소독 등) 2. 기록 일부 없음 : 7 3. 출입 차량 등 누락 : 3 4. 미흡 : 1 * 사육일지 대체
⑦ 전실(탈의실) 설치 및 운용 * 종결방역관리지구내 농가는 의무사항으로 평가 지구 밖 농가는 설치 시 가점 부여	10	1. 우수 : 10 2. 보통 : 5 3. 미설치 : 점수 없음 * 가감점(±3) : 일반지역 사육농가 설치 시
⑧ 새그물망, 환기구(창) 그물망 * 방사형 농장의 경우 울타리 설치 여부	5	1. 우수 : 5 2. 보통 : 3 3. 미설치 : 점수 없음
⑨ 월계차고, 퇴비사 개선(차메 들) * 차메는 주변과 격리되어 설치류, 조류 등 출입할 수 없는 상태	5	1. 우수 : 5 2. 보통 : 3 3. 개선 없음 : 0 * 동 시설 부재 농가는 평가대상 제외
⑩ 출입 울아웃(All in-All out) 프로그램 준수 * 계열사 입출하 기록으로 사실관계 확인	5	1. 준수 : 5 2. 미준수 : 점수없음 * 근거자료 부재시 미준수로 간주
⑪ 오리 부위장 1회용 난과 사용 * 난자 구입영수증, 대입전표 등 현지 확인	5	1. 항상 사용 : 5 2. 가끔 사용 : 3 3. 사용일적 없음 : 점수없음
⑫ 매물부지 확보, 합법적 외국인근로자 고용, 작업화·작업복 분리사용, 구석작업, 기타 등 종합적 방역 사항평가	20	1. 우수 : 20 2. 보통 : 15 3. 미흡 : 5 * 기타 방역의식에 대해 종합 평가
계	100	
*대인소독기는 사람에게 해를 가하지 않는 범위에서 자외선등 설치 또는 소독약품을 강력하게 분사) *가축전염병예방법상 의무설치 소독시설을 미설치 한 농가는 점수 없음		

<농가의 방역 우수도 평가 예시>

1.7. 기상 데이터

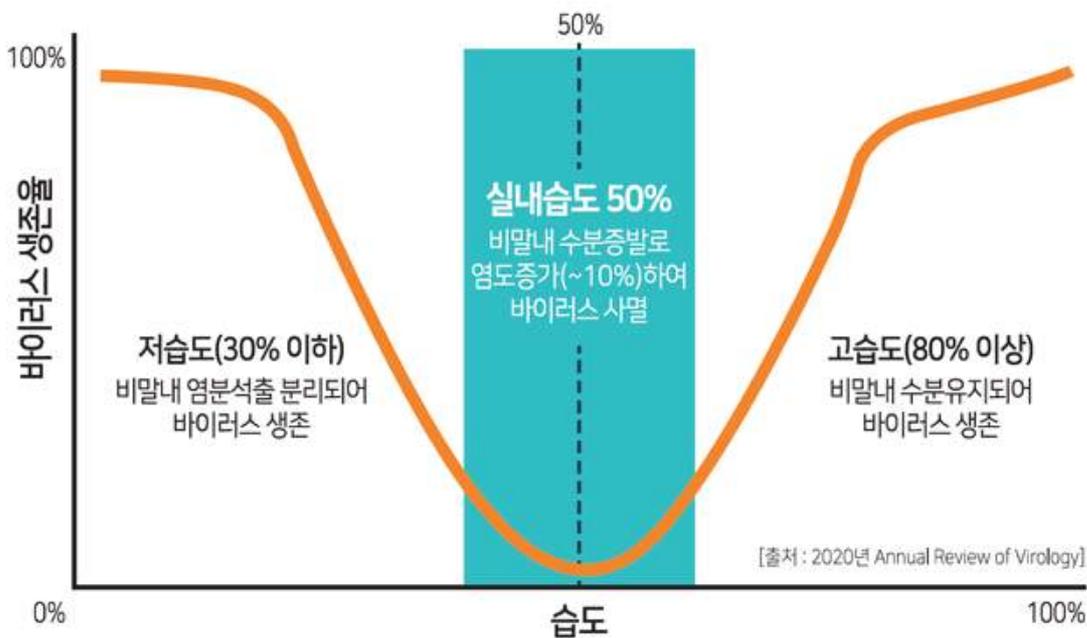
- 기상데이터는 구제역의 공기전파 모델에 있어 그 중요성이 큼
- 현재까지 개발된 모델의 종류는 매우 다양하고 많지만 현재 기술 수준으로 대기 중 확산 현상을 완전하게 추적하는 것은 불가능함. 온도, 풍향, 풍속 등의 기상조건은 매순간 변화하고, 대기 중으로 배출되는 대기 오염물질이 지형 및 자연의 각종 물리적인 힘의 영향을 받으면서 주변으로 퍼져나가기 때문에 이 과정을 정확히 추적하는 것은 불가능하다고 할 수 있음
- Sanson(1994) 등의 연구결과에 따르면, FMD 바이러스는 4℃ 이하의 온도조건에서 장기간 생존이 가능하다고 알려져 있으며, 겨울철에 특히 오랫동안 생존하는 것으로 보고되었음

Temperature	Survival time	pH	Survival time
60°C	5 seconds	2.2	<15 seconds
56°C	30 minutes	4	<15 seconds
50°C	1 hour	6	2 minutes
37°C	1 day	7	a few weeks
22°C	8-10 weeks	9	1 week
4°C	4 months	10	14 hours
-5°C	>1 year	12.5	<15 seconds

<온도 및 산도 조건에 따른 구제역 바이러스의 생존시간. Sanson, 1994>

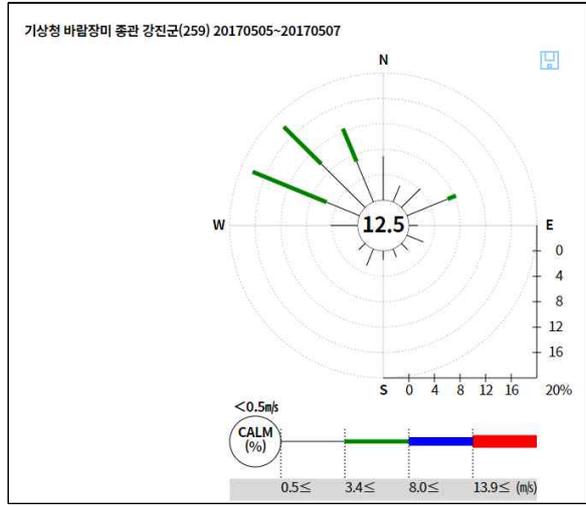
→ 또한, 상대습도가 낮을수록 바이러스의 생존 지속기간이 긴 것으로 나타남.

\* 그러나 상대습도에 대한 조사결과 특히, 조류인플루엔자가 호발하는 겨울철에는 일중 편차가 매우 심하여, 실제 환경에서는 상대습도가 크게 의미있어 보이지 않아 규칙에는 반영하지 않기로 결정하였음



<상대습도에 따른 바이러스 생존률>

- 전반적으로 겨울철 조건(-5~0°C, 25~35%)에서 생존 지속시간이 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로 봄/가을철 조건(15~20°C, 45~55%), 그리고 여름철 조건(30~35°C, 75~85%) 하에서 바이러스의 경시적 생존률 지속 현상이 가장 낮은 것으로 조사되었음.
- 특정기간 동안 각 방위별, 풍향별 바람의 출현 빈도를 방사 모양의 그래프로 나타낸 것을 '바람장미도'라고 하는데, 이를 이용하면 풍향 및 해당 풍향으로 어느정도 바람이 불었는지 정량적 평가를 할 수 있고 이를 이용해, 구제역 공기전파 모델을 실증한 결과 풍향 및 지형과 전파 양상이 비슷하게 관찰됨
- 바람장미에서 화살대의 방향은 풍향을, 화살대의 길이는 바람이 분 시간의 비율이며, 원의 숫자는 바람이 불지 않는 정온 상태가 나타나는 시간의 비율을 나타냄. 바람장미는 그 지역의 바람 특성을 이해하는 데 매우 유용. 바람장미는 특정 장소의 바람 기후학에 관한 상당한 정보를 제공함.
- 기상청 기상자료개방포털에서 장소 및 기간에 따른 바람장미도를 얻을 수 있으며 풍속 계급의 구분 기준은 보퍼트 풍력계급표의 2단계(~3.3), 3-4단계(3.5~7.9), 5-6단계(8.0~13.8), 7단계(13.9~)로 구분



<2017.05.05~05.07 강진군의 바람장미도의 예시(출처: 기상청 기상자료개방포털)>

1.8. 전염확산단계 및 방역단계

→ 방역단계에 따라 심각도가 올라갈수록 판정규칙의 가중치를 높게 설정

구분	발생현황	위기경보	주요 조치사항
대비	주변국 발생시 (평시)	관심	<ul style="list-style-type: none"> <li>유입 방지를 위한 국경검역 추진</li> <li>일제 소독·예찰 등 국내방역 추진</li> <li>유사시 대비, 비상방역태세 점검</li> </ul>
대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>겨울철새 이동 유입시기 (당해연도 10월~다음해 2월, 필요시 연장)</li> </ul>	주의	<ul style="list-style-type: none"> <li>방역상황실 운영</li> <li>전국 방역기관 비상방역태세 점검</li> <li>해외동향 정보 수집, 분석</li> <li>축산농가 등 홍보[철새도래지 방문 자제, 야생조류 및 야생동물(쥐, 고양이 등) 침입 방지 등]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>농장 의사환축 발생시</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>해당농장 이동제한 및 신속한 검사</li> <li>발생 대비 각종 방역조치 준비·시행</li> <li>발생농장 이동제한</li> <li>전국 또는 권역별 Standstill 실시 검토·시행</li> <li>농림축산식품부 초동대응팀 파견</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>평시(3~9월) 농장 발생 또는 야생조류에서 고병원성 시 항원 검출시</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>가축질병방역대책본부 가동</li> <li>발생 지자체 및 인근 지자체(발생농장 반경 10km 이내) 대책본부·상황실 가동</li> <li>발생농장 살처분 및 역학조사</li> <li>발생 시군에 농식품부 가동방역기구 파견</li> <li>발생 및 인접 시군에 통제초소·소독시설 설치</li> <li>전국 또는 권역별 Standstill 실시 검토·시행</li> <li>소독·예찰 및 이동 통제 등 방역강화</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>겨울철새 이동/유입 시기 (당해연도 10월~다음해 2월, 필요시 연장)에 농장 발생 또는 야생조류에서 고병원성 시 항원 검출시 *가축방역심의회 개최</li> </ul>	심각	<ul style="list-style-type: none"> <li>겨울철새 이동/유입시기에 농장 발생 또는 야생조류에서 고병원성 시 항원 검출시 바로 "심각" 단계 발령</li> <li>중앙사고수습본부 가동</li> <li>발생 지자체 및 인근 지자체(발생농장 반경 10km 이내) 대책본부·상황실 가동</li> <li>발생 지자체 및 인근 지자체 이동통제 초소 및 거점소독시설 등 설치</li> <li>전국 또는 권역별 Standstill 실시 검토·시행</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>인접·타지역 전파 등 전국확산 우려시 *평시의 경우 인접하지 않은 3개 지역 이상에서 발생시 "심각" 단계 발령 (가축방역심의회 개최)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 지자체에 방역대책본부·상황실 가동</li> <li>전국 이동통제초소 및 거점소독시설 등 설치</li> <li>전국 Standstill 실시 검토·시행 (전국 가금류 판매 재래시장 폐쇄 포함)</li> <li>계열화사업자 Standstill 발동 가능</li> <li>시신속대응단 및 전문 재난구조부대 살처분 투입, 수매 병행</li> <li>전국 축산농가 모임 행사 금지 가능</li> <li>정부 합동담화문 발표</li> <li>중앙재난안전대책본부 설치 건의(필요시)</li> <li>중앙수습지원반 파견 요청(필요시)</li> <li>긴급 백신접종 등 검토(필요시)</li> </ul>	
구료	발생 축소(진정) 및 종식단계	위기경보 하향	<ul style="list-style-type: none"> <li>조기 근절을 위한 방역대책 추진(소독·예찰 등)</li> <li>종식 및 복구 추진</li> </ul>

<조류인플루엔자의 방역단계 및 단계별 조치사항>

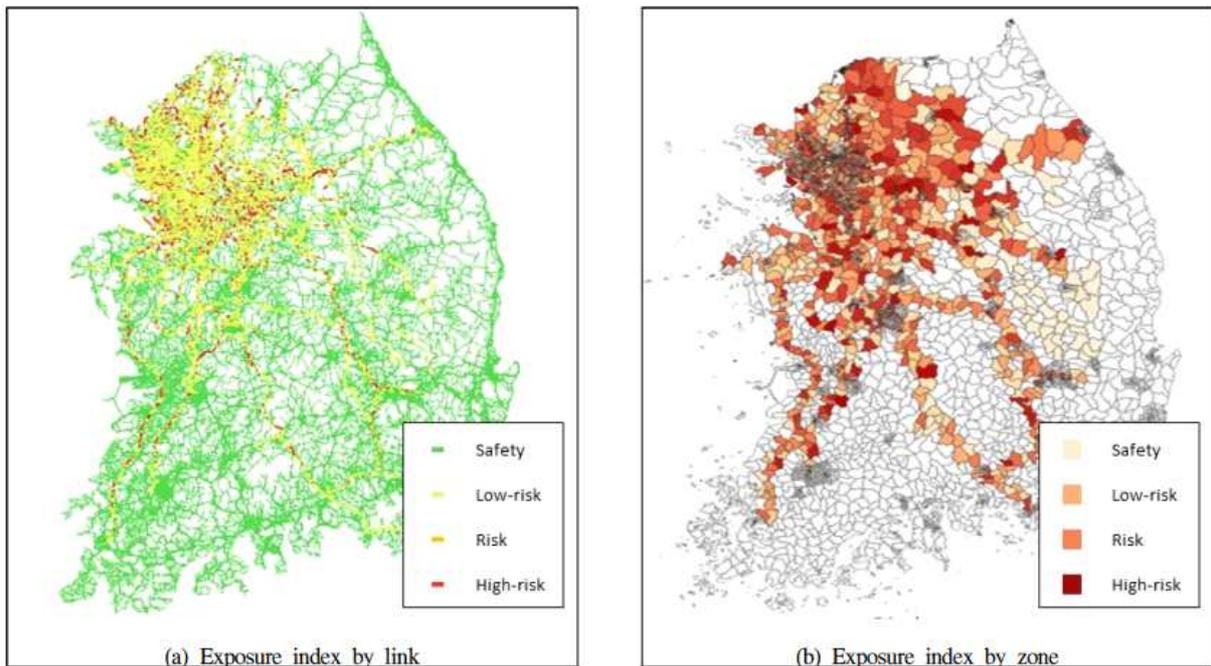
- 방역대 설정 시뮬레이션 상 AI 전파 극소화를 위한 방역대 설치 최적 시간은 대략 0.5km의 경우 1.4일, 3km의 경우 2.5일, 5km의 경우 4.5일, 10km의 경우 12.5일이었음
- 이를 통해 최소 발생 농장의 인지에 따른 방역 활동 시작일이 방역대 설정에 중요한 기준이 될 수 있음
  - \* 다만, 현실적으로 정확히 발생시간을 예측하는 부분에 대하여, 오리, 닭 축종의 임상증상 발현강도가 다르고, 농장주마다 인식까지 걸리는 시간이 다르므로 현실적으로 규칙화에 어려움이 따르는 부분이 있음
- 해당 연구에서는 이를 타 질병에 적용시에도 전체적인 프레임워크는 흡사할 것이라 판단했으며 이 프레임워크가 달라질 유일한 변수는 '공기전파의 유무'였음

	발생모형	전파모형				대응모형	
	예찰 클러스터링	농장내 일반전염 전파모형	농장내백신 전염전파모형	농장간 일반 전파모형	농장간 공기전파모형	방역대설정 모델	경제적손실 모델
AI	●	●	●	●		●	●
구제역	●	●	●		●	●	●

<예찰모형 설계 범위>

### 1.9. 차량이동정보

- 사료차, 출하차, 집유차 등 감염농가에 방문한 이후 해당농가에 방문시 예방적 살처분 실시
- 계열화사업자 업체직원들의 축산차량 등록 없이 가금농가를 출입하는 경우가 빈번한 것으로 알려짐. 이러한 미등록차량의 농장출입 부분을 판정규칙에 담아내는 것이 타당함
- 축산농가 농장주 개인(소형차) 차량은 축산차량 등록 의무사항이 아니어서 축산차량으로 등록을 안하는 경우가 많음. 따라서 개인 자가용 이동이 AI 전파 요인이라면 이동경로의 정확한 파악이 되지 않는다면 과학적인 판단이 어려움.
- 계열사 직원 및 농장주의 개인차량의 축산차량을 KAHIS 시스템 내에 빠짐없이 등록하는 것이 필요해보이나, 당장 시행되기는 어려우므로 같은 계열사 대상농장의 경우 가중치를 높이는 방식으로 어느정도 극복할 수 있을 것으로 판단됨



<빅데이터 기반 가축관련 운송차량 이동경로 분석을 통한 가축전염병 노출수준 평가. 정희현 외, 2020>

### 1.10. 감염지역 내 사람 이동정보

- 목부, 농부, 수의사, 인공수정사 등 감염농가에 방문한 이후 해당농가에 방문시 예방적 살처분 실시

### 1.11. 감염위해도

→ 거리에 따른 축종별 감염위해도에 따라 점수 부여

구제역 바이러스 배출 축종	발생원과의 이격거리에 따른 축종별 감염 위해도		
	소	양	돼지
1000마리 가축 감염			
돼지	300km	90km	20km
소	3km	0.5km	<0.1km
양	3km	0.5km	<0.1km

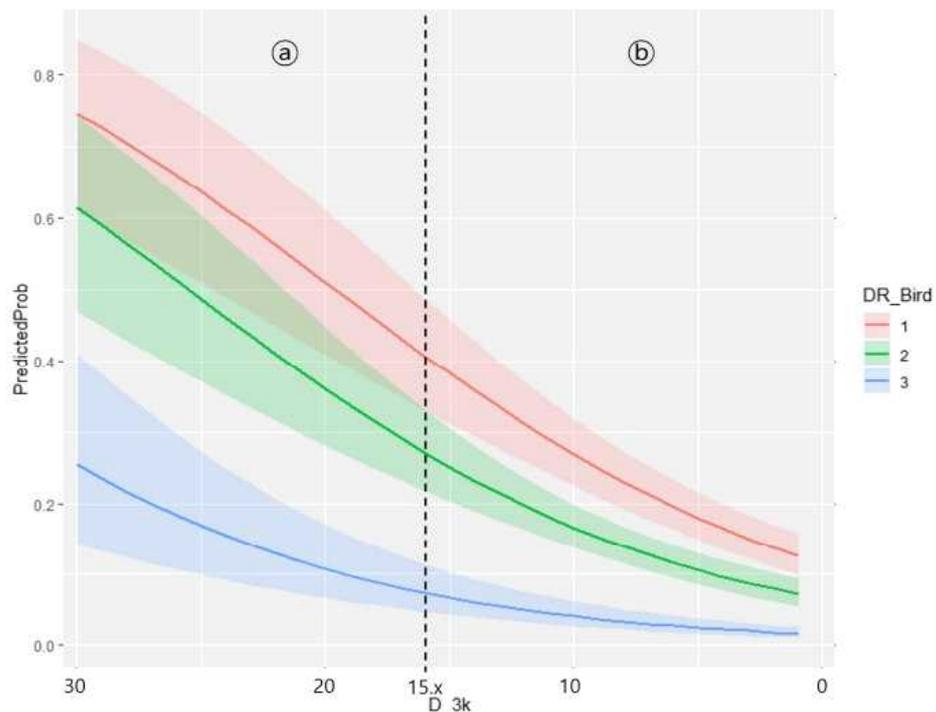
<발생원과의 이격거리에 따른 축종별 감염 위해도 연구(Sorensen et al, 2000)>

### 1.12. 역학적 정보 이력

- 국가가축방역시스템(KAHIS)를 이용해 농가별 전염병 발생 횟수 (확진기준), 살처분 횟수 등을 파악하여 해당정보를 통해 점수 부여.
- 최근 다른 축종(특히, 소) 축산 겸업 농가에서 벗짚 작업시 농장주, 차량 등과 농장진입로 농로가 A 바이러스에 오염되어 농장내로 유입되는 역학적 사례가 보고되어 축산농가 타 축종 겸업 데이터 구축과 이 부분에 대한 반영이 필요

### 1.13. 생태학적 환경정보

- AI의 경우, 가금류 모니터링을 통해 그룹별, 규모별로 농장을 구분하고 각각에 대해 농장을 무작위 추출하여 진행함. 95% 신뢰수준으로 10%의 감염 여부를 확인할 수 있는 개체수를 대상으로 바이러스 검사(예; 조류 아데노바이러스)를 실시하고 그 결과를 토대로 외부 감염원 차단이 효과적으로 이뤄지고 있는지 평가
- 고병원성 조류인플루엔자(HPAI) 발생농가 입지특성에 대한 연구(DH Kim et al., 2020)에 따르면 주요 철새도래지와 15km 이내에 가금농가가 위치한 경우에서 15~30km로 변화하면 HPAI에 감염될 확률이 46.0% 감소한다고 연구됨



<철새도래지 거리(km)에 따른 조류인플루엔자 발생확률에 관한 연구 (DH Kim, 2020)>

- 또한, 주요 철새도래지와 15km 이내에 가금농가가 위치한 경우에서 30km 이상으로 변화하면 HPAI에 감염될 확률이 88.5% 감소한다고 연구됨
- 철새의 경우 종별 조류인플루엔자에 대한 감수성이 다른 것으로 보여, 추후 국내에 서식하는 철새 종류와 철새 폐사체, 분변 AI 바이러스검사(환경부, 농식품부) 검출 부분에 대한 데이터 구축 연구 및 반영이 필요할 것으로 사료됨

[조류인플루엔자(AI) 살처분 농장 판정규칙(Rule)]

조류인플루엔자 (AI) 살처분 농장 판정규칙			점수	합계
지형	산맥	• 발생농가와 대상농가 사이의 직선경로에 발생농가와 직선경로상의 고도가 50m 이상 높은 산맥 등 지형으로 가로막혀있음	-10	
		• 농장이 산지에 있거나, 대상농장과 산이 100m 이내 인접할 경우	+3	
	하천현황	• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 3% 이상일 경우	+5	
		• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 2%~3%일 경우	+2	
		• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 1%~2%일 경우	+1	
		• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 1% 이내일 경우	-2	
축사 주변 현황	도로 인접도	• 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 1km 이내일 경우	+5	
		• 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 1km~3km 일 경우	+2	
		• 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 3km를 초과할 경우	-3	
	마을 인접도	• 발생농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1km <sup>2</sup> 당 100명 이상일 경우	+5	
		• 발생농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1km <sup>2</sup> 당 50명 이상일 경우	+2	
		• 발생농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1km <sup>2</sup> 당 30명 이상일 경우	+1	
		• 발생농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1km <sup>2</sup> 당 20명 이내일 경우	-2	
	농가 밀집도	• 발생농가 소재지의 행정구역의 1km <sup>2</sup> 당 닭농가와 오리농가를 합한 숫자가 1개 이상일 경우	+10	
		• 발생농가 소재지의 행정구역의 1km <sup>2</sup> 당 닭농가와 오리농가를 합한 농가수가 0.5~0.1개일 경우	+5	
		• 발생농가 소재지의 행정구역의 1km <sup>2</sup> 당 닭농가와 오리농가를 합한 숫자가 0.3~0.5개일 경우	+2	
		• 발생농가 소재지의 행정구역의 1km <sup>2</sup> 당 닭농가와 오리농가를 합한 숫자가 0.3개 이내일 경우	-2	
	농지 인접도	• 발생농장 기준 3km 이내 농지 비율이 30% 이상일 경우	+5	
		• 발생농장 기준 3km 이내 농지의 비율이 20%~30%일 경우	+2	
		• 발생농장 기준 3km 이내 농지의 비율이 10%~20%일 경우	+1	
		• 발생농장 기준 3km 이내 농지의 비율이 10% 이내일 경우	-2	
	전통시장	• 생축을 취급하는 전통시장과의 거리가 1km 이내인 경우	+5	
		• 생축을 취급하는 전통시장과의 거리가 1km~2km 인 경우	+3	
		• 생축을 취급하는 전통시장과의 거리가 2km~5km 인 경우	+2	
• 생축을 취급하는 전통시장과의 거리가 5km를 초과하는 경우		-1		
축사 사육 정보	사육형태	• 종계 사육농가	+0	
		• 육계 사육농가	+0	
		• 산란계 사육농가	+5	
		• 종오리 사육농가	+20	
		• 육용오리 사육농가	+15	
	외국인 근로자	• 농장 내 외국인 근로자가 없을 경우	+0	
		• 농장 내 외국인 근로자가 1명일 경우	+2	
		• 농장 내 외국인 근로자가 2명 이상일 경우	+5	
위험도 평가 (오리농가 대상)	• 2020년 실시했던 오리농가 위험도 평가에서 환산 점수가 900점이상인 농가	+0		
	• 2020년 실시했던 오리농가 위험도 평가에서 환산	+5		



□ 2차년도(2023년)

○ (주관연구개발기관) 인트플로우 주식회사

- 연구개발 내용 1: 살처분 대상농장 선정 AI알고리즘 개발

○ 수행내용 1: AI 학습 DB 구축

→ HPAI 학습 DB 포맷

속성명	타입	설명	적용예시
farm_number	INT	농장 번호	1
mountain_dist	INT	인접한 산과의 거리	815
road_dist	INT	인접한 도로와의 거리	921
emd	FLOAT	인근 마을 인접도	206.351
count_emd_farm	FLOAT	인근 농가 밀집도	1.931
market_dist	INT	인접한 전통 시장과의 거리	4300
bird_dist	INT	인접한 철새도래지와의 거리	20215
river_ratio	FLOAT	인근 하천 비율	0.95
farm_ratio	FLOAT	인근 농지 비율	20.63
average_temperature	FLOAT	평균 기온	25.3
class	INT	발생 여부	0 or 1

→ ASF, FMD 학습 DB 포맷

속성명	타입	설명	적용예시
farm_number	INT	농장 번호	1
mountain_dist	INT	인접한 산과의 거리	815
road_dist	INT	인접한 도로와의 거리	921
emd	FLOAT	인근 마을 인접도	206.351
count_emd_farm	FLOAT	인근 농가 밀집도	1.931
relative_humidity	FLOAT	상대 습도	81.4
average_temperature	FLOAT	평균 기온	25.3
class	INT	발생 여부	0 or 1

farm_n umber	moun tain _dist	road_d ist	emd	count_ emd_fa rm	market _dist	bird_dis t	river_rat io	farm_ra tio	class	averag e_temp erature
1	815	921	206.35 04	1.9300 77	13241	20245	0.9057 12	20.058 67	0	26.6
2	2695	10	65.630 55	1.6419 04	4300	27454	2.3144 9	27.789 43	0	24.7

<AI 학습 DB 예시>

→ 전체 학습 데이터 구축량 및 감염병 발생농장 비율

\* 전체 데이터 수량: 208,329건

[HPAI 데이터 수량]

데이터유형	총 데이터 수	발생 데이터 수	비발생 데이터 수	발생 비율 (%)	비발생 비율 (%)
실제 데이터	62,472	171	62,301	0.27	99.73
생성 데이터	15,000	736	14,264	4.91	95.09
합	77,472	907	76,565	1.17	98.83

[FMD 데이터 수량]

데이터유형	총 데이터 수	발생 데이터 수	비발생 데이터 수	발생 비율 (%)	비발생 비율 (%)
실제 데이터	95,615	229	95,386	0.24	99.76%
생성 데이터	15,000	2,606	12,394	17.37	82.63
합	110,615	2,835	107,780	2.56	97.44

**[ASF 데이터 수량]**

데이터유형	총 데이터 수	발생 데이터 수	비발생 데이터 수	발생 비율 (%)	비발생 비율 (%)
실제 데이터	5,242	16	5,226	0.3	99.7
생성 데이터	15,000	11,833	3,167	78.89	21.11
합	20,242	11,849	8,393	58.54	41.46

**[전체 데이터 합계 수량 및 발생 비율]**

데이터명	총 데이터 수	발생 데이터 수	비발생 데이터 수	발생 비율 (%)	비발생 비율 (%)
HPAI	77,472	907	76,565	1.17	98.83
FMD	110,615	2,835	107,780	2.56	97.44
ASF	20,242	11,849	8,393	58.54	41.46
합	208,329	15,591	192,738	7.48	92.52

→ AI학습 DB 설계 및 구축

1. 규칙엔진 데이터베이스 활용에 의한 기본 정보 매칭
  - \* 규칙엔진 데이터베이스에서 제공하는 데이터 활용
  - \* 농장별 필수 정보 매칭하여 기본 프로필 구축
2. 정적 데이터의 분류 및 처리
  - \* 농장 고유 번호, 위치 정보 등 시간에 따라 변하지 않는 데이터 정적 처리
  - \* 데이터의 안정성과 일관성 유지에 기여
3. 동적 데이터의 상황별 처리 방안
  - \* 날씨, 기온, 상대 습도 등 시간에 따라 변하는 데이터 처리
  - \* 감염병 발생 농장은 발생 날짜 기준, 비발생 농장은 감염병 반대 시기 데이터 사용
  - \* 데이터셋 내 다양성 확보 및 AI 모델의 다양한 환경 조건 학습 지원
4. 발생 및 비발생 시나리오 데이터셋의 구축
  - \* 감염병 발생 및 비발생 시나리오 기반 데이터셋 엑셀 표 형태로 구축
  - \* AI 모델 학습 효율성 및 정확성 향상을 위한 실제 상황 반영
5. GAN 모델을 통한 학습 데이터셋 확장
  - \* 구축된 데이터셋 기반으로 GAN 모델 학습
  - \* 실제와 유사한 가상 데이터 생성으로 학습 데이터 양 및 다양성 확대
  - \* AI 알고리즘 성능 개선에 기여

○ 수행내용 2: GAN기반 살처분 농장 판정 엔진 개발

→ 적대적 생성 신경망 활용 모델 개발

- \* GAN 모델을 통해 실제와 유사한 감염 확률 도출 모델 개발
- \* 실제 판정 정보 데이터를 기반으로 변수 설정, 실제 시나리오 데이터셋 구축
- \* GAN 모델 출력 및 SVC 모델을 통한 발생 미발생 여부 파악

→ GAN 기반 학습 과정

- \* 실제 판정 정보 데이터베이스에서 발생 및 미발생 시나리오 데이터셋 생성
- \* 랜덤 패턴 활용하여 가상 시나리오 데이터셋 생성
- \* 판별망 모델이 실제 및 가상 시나리오 분류, 판별규칙 벡터 출력
- \* 판별규칙 벡터를 이용한 SVC 모델 학습, 감염 여부 도출

→ 데이터 구성

- \* 정적 데이터: 고정된 위치 정보, 거리 측정 값 등

farm_number	mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	class
70001	1170	2	31.45238	0.724471	0
70002	386	2022	37.17595	2.220268	0
70003	2780	2236	98.03614	5.529215	0
70004	1198	103	53.71574	1.123285	0

<예시 데이터>

- \* 동적 데이터: 기온, 습도 등의 변화하는 환경 데이터

farm_number	average_temperature	relative_humidity
70001	25.5	81.4
70002	25.8	90.6
70003	26.2	85
70004	25.5	92.4

<예시 데이터>

→ 학습 데이터 구축

- \* 농장별 정적 데이터와 발생 이력, 기상 데이터 병합
- \* 정적 및 동적 데이터 병합하여 실제 시나리오 데이터셋 구축

farm_number	mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	class	average_temperature	relative_humidity
70001	1170	2	31.45238	0.724471	0	25.5	81.4
70002	386	2022	37.17595	2.220268	0	25.8	90.6
70003	2780	2236	98.03614	5.529215	0	26.2	85
70004	1198	103	53.71574	1.123285	0	25.5	92.4

<예시 병합 데이터>

→ 학습 데이터셋 입력 및 구조

- \* 판정규칙 요소와 일치하는 변수 추출

조류인플루엔자 (AI) 살처분 농장 판정규칙			점수
지형	산맥	• 발생농가와 대상농가 사이의 직선경로에 발생농가와 직선경로상의 고도가 50m 이상 높은 산맥 등 지형으로 가로막혀있음	-10
		• 농장이 산지에 있거나, 대상농장과 산이 100m 이내 인접할 경우	+3
	하천현황	• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 3% 이상일 경우	+5
		• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 2%~3%일 경우	+2
		• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 1%~2%일 경우	+1
		• 발생농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 1% 이내일 경우	-2

<예시 판정규칙 요소>

\* 병합한 데이터의 변수와 판정규칙 요소의 점수 매칭

mountain_distance	road_dist	emd	count_emd_farm	class	average_temperature	relative_humidity
0	5	1	-2	1	3	1
0	2	1	-2	0	3	1
0	5	2	-2	0	3	0
0	2	2	10	0	3	0

<매칭하여 생성된 점수 데이터>

\* 최종적으로 동적, 정적 데이터가 병합된 데이터로 학습하며, 정답 데이터로 판정규칙 요소 점수를 사용하여 학습한다.

→ 학습 과정

- \* 가상 시나리오 데이터셋 생성: 랜덤 패턴을 입력으로 사용, 가상 데이터 생성
- \* 실제 데이터셋과 가상 데이터셋 기반으로 판별자의 분별력을 올리고 동시에 생성자의 가상 데이터 생성 능력을 향상 시킴
- \* 판별자 모델은 실제, 가상 데이터 분별과 동시에 정답 데이터의 판정 규칙 요소 점수를 도출

→ 생성자 모델

- \* 발생 데이터 부족 문제 해결을 위한 가상 데이터 생성
- \* 실제 및 생성 데이터 활용하여 판별자 모델 학습 지원

→ 실제 데이터와 생성 데이터 상관 분석

- \* 상관 분석 비교 정의  
각 질병 별 실제 데이터 100건 & 생성 데이터 100건 상관계수 비교  
질병 별 100건 데이터의 변수 단위로 얼마나 비슷한 데이터가 생성되었는지 비교
- \* HPAI 상관 분석

mountain_distance	road_dist	emd	count_emd_farm	market_dist	bird_dist	river_ratio	farm_ratio	class	average_temperature
815	921	206.3504	1.930077	13241	20245	0.905712	20.05867	0	26.6
2695	10	65.63055	1.641904	4300	27454	2.31449	27.78943	0	24.7
2092	691	118.4444	1.259113	5916	9270	1.374271	35.99076	0	26.4
3736	2976	93.88798	0.589608	7804	4546	6.453145	58.28927	0	26.4

<실제 데이터 100건 예시>

mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	market_dist	bird_dist	river_ratio	farm_ratio	class	average_temperature
1563.516	22.0795	53.61715	1.588701	7121.935	6300.513	0.914314	15.23138	1	23.31039
1715.343	-6.0444	40.83763	1.086807	10419.53	8941.837	1.362361	21.85813	1	26.38502
1611.291	-5.35592	713.9514	0.643272	7939.671	5183.675	0.549542	4.653788	0	27.7526
1470.579	923.3325	281.6652	1.82768	6621.06	3040.669	1.04698	14.72502	1	26.2549

<가상 데이터 100건 예시>

- \* 상관 분석결과 bird\_dist(철새도래지 인접도), emd(인근 마을 인접도)의 상관 계수가 높게 설정되어 나온 것으로 확인

```

===== HPAI =====
mountain_dist:      0.970794
road_dist:         0.951864
emd:               0.981486
count_emd_farm:   0.972931
market_dist:      0.952573
bird_dist:        0.989424
river_ratio:      0.976229
farm_ratio:       0.962258
class:            0.947334
average_temperature: 0.952678
HPAI 평균 상관계수: 0.965757

```

- \* FMD 상관 분석

mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	class	average_temperature	relative_humidity
1170	2	31.45238	0.724471	0	25.5	81.4
386	2022	37.17595	2.220268	0	25.8	90.6
2780	2236	98.03614	5.529215	0	26.2	85
1198	103	53.71574	1.123285	0	25.5	92.4

<실제 데이터 100건 예시>

mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	class	average_temperature	relative_humidity
900	44	432.9845	5.529215	0	26.5	90.6
1049	20	114.4887	1.123285	0	25.9	87.3
396	253	51.53999	0.83596	0	-1.5	94.1
904	1264	341.2877	2.799199	0	24.9	84.9

<가상 데이터 100건 예시>

- \* 상관 분석 결과 relative\_humidity(상대 습도), average\_temperature(평균 기온)의 상관 계수가 높게 나온 것으로 확인

```

===== FMD =====
mountain_dist:      0.948619
road_dist:         0.958214
emd:               0.962273
count_emd_farm:   0.979745
class:            0.941584
average_temperature: 0.984795
relative_humidity: 0.988299
FMD 평균 상관계수: 0.966218

```

\* ASF 상관 분석

mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	class	average_temperature	relative_humidity
1170	2	31.45238	0.051748	1	15	76.4
386	2022	37.17595	0.054153	0	15.8	62.9
1198	103	53.71574	0.075727	0	16.45	58.9
2780	2236	98.03614	1.862171	0	17.1	54.9

<실제 데이터 100건 예시>

mountain_dist	road_dist	emd	count_emd_farm	class	average_temperature	relative_humidity
3178.094	1843.467	91.59371	0.149829	0	18.00445	56.96283
3347.566	1948.881	86.45008	0.166648	0	17.96076	57.84222
2853.946	1733.253	49.98451	0.108202	0	17.86974	54.63602
3855.149	2548.991	98.50952	0.250092	0	17.32559	59.29237

<가상 데이터 100건 예시>

- \* 상관 분석 결과 emd(인근 마을 인접도), count\_emd\_farm(인근 농가 밀집도)의 상관 계수가 높게 나온 것으로 확인

```

===== ASF =====
mountain_dist:      0.969079
road_dist:         0.940739
emd:               0.984774
count_emd_farm:   0.982034
class:             0.978325
average_temperature: 0.962005
relative_humidity: 0.949639
ASF 평균 상관계수: 0.966657
    
```

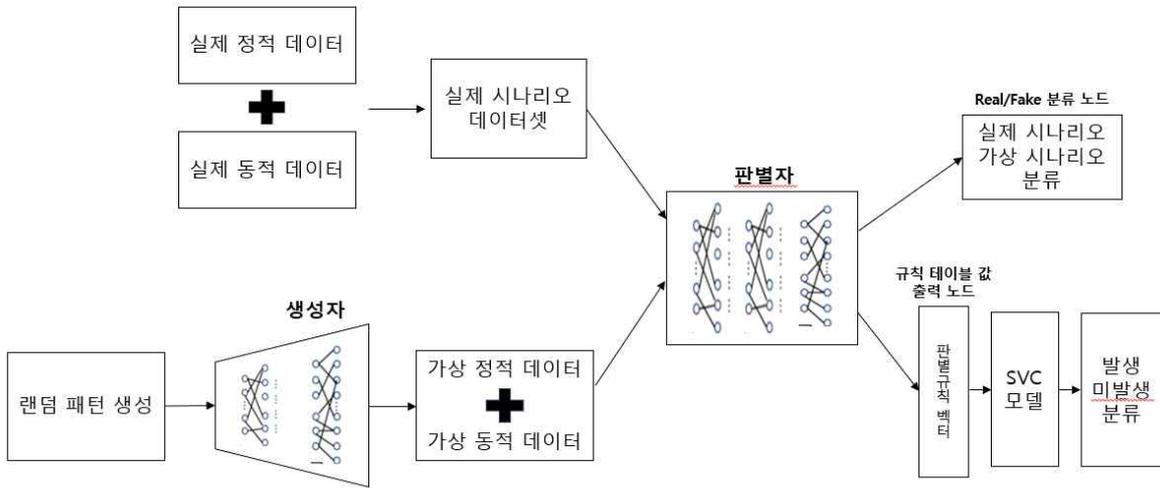
\* 분석 결과

데이터명	상관계수(%)
HPAI	96.58%
FMD	96.62%
ASF	96.67%

<가상 데이터의 실제 데이터 상관성 표>

→ 판별자 모델

- \* 실제 및 가상 시나리오 데이터셋을 번갈아 가며 학습
- \* Real/Fake 데이터 분류 및 판별규칙 벡터 출력
- \* 판별규칙 벡터를 통한 농장 점수 도출
- \* 최종적으로 판별규칙 벡터에서 도출된 점수를 기반으로 SVC 모델을 사용하여 위험도 기준 점수를 도출하고 위험, 주의, 안전 농장 여부 예측



<학습 전체 흐름도>

→ 최종 모델 평가

\* ASF는 실제 발생 빈도가 낮아 통계에서 제외함

모델명	평가 기간	Accuracy
HPAI	2014-03-14~2022-12-05	84.12%
FMD	2010-04-08~2017-02-13	97.1%

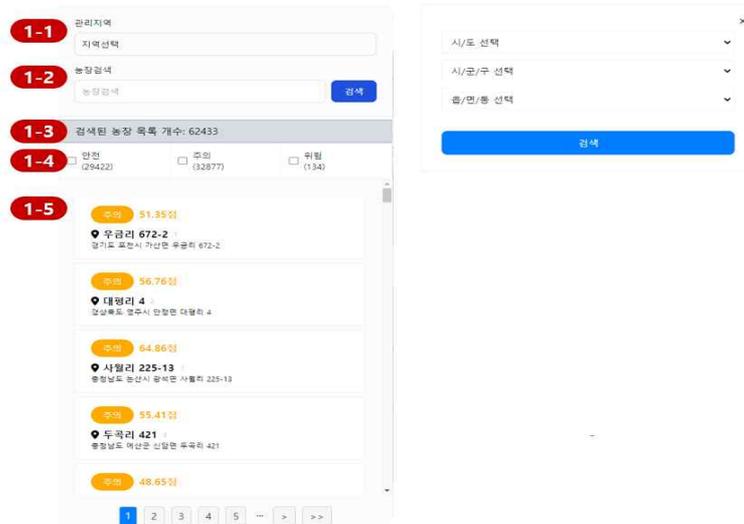
## - 연구개발 내용 2: 살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발

### ○ 수행내용 1: 규칙 및 AI 방역대 판정 대시보드 개발

#### 1. 검색 사이드바

→ 사이드바 토글 버튼을 통해 검색 영역 열림/펼침 실행

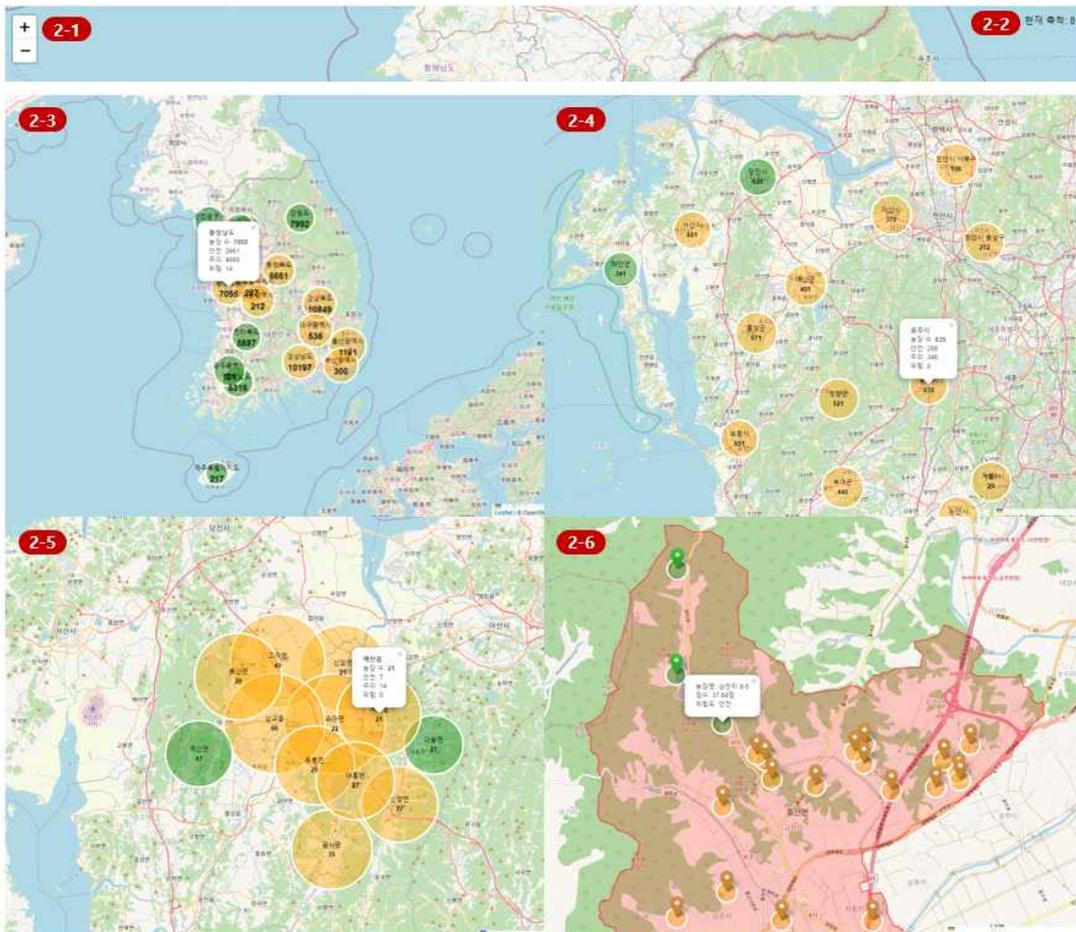
→ 찾고자 하는 농장을 관심지역, 검색어 입력, 위험레벨 필터를 통해 검색 가능



- 1-1. 관심지역: 시/도, 시/군/구, 읍/면/동 단위로 농장 검색 수행
- 1-2. 농장검색: 검색어로 농장 검색 수행
- 1-3. 검색된 농장 목록 개수: 검색된 농장의 총 개수 표시(기본값: 전체 농장 수)
- 1-4. 위험레벨 필터: 안전, 주의, 위험 레벨 단위로 농장 검색 수행
- 1-5. 검색결과 리스트: 검색된 농장 리스트 표시되며, 100개 단위로 확인 가능  
클릭 시 4번 영역에 해당 농장 정보가 표시됨

## 2. 지도 영역

- 위치 기반 데이터를 시각화하여 제공. 필요에 따라 지도 확대/축소를 통해 특정 지역을 중점적으로 확인 가능(기본값: 대한민국의 남한 좌표값)
- 사이드바 검색, 주제도 설정을 통해 필터된 농장 목록을 지도상에 표출하고, 표출된 농장 목록 내에서 단일 농장 선택 가능
- 마우스 hover 시, 지역명, 농장수, 안전레벨 별 발생 건수 정보 제공



- 2-1. 축척 값 조정: zoom in/zoom out 버튼 또는 마우스 스크롤을 통해 조정
- 2-2. 축척 레벨 및 표출 단위 설정: 다양한 레벨과 표출 단위 제공(기본값: 7)
- 2-3. 축척 7, 8레벨 광역시/도 단위 표출 예시
- 2-4. 축척 9, 10 레벨 시/군/구 단위 표출 예시
- 2-5. 축척 11, 12 레벨 읍/면/동 단위 표출 예시
- 2-6. 축척 13, 14 레벨 농장 단위 표출 예시

### 3. 주제도 설정 영역



- 분석종류, 인근농장범위, 예찰일자의 옵션을 선택하여 주제도에 표시할 정보 필터링
  - 3-1. 최근 분석 날짜: 분석을 실행한 날짜와 시간 정보 표시
  - 3-2. 분석종류: 검색하고자 하는 질병 종류(HPAI, FMD, ASF) 선택
  - 3-3. 인근농장범위: 검색하고자 하는 인근농장범위(500m, 1km, 3km) 선택
  - 3-4. 예찰일자: 예찰하고자 하는 일자(내일, 1개월 후, 3개월 후, 6개월 후, 1년 후) 선택
  - 3-5. 검색 버튼: 클릭 시, 선택한 옵션에 따라 주제도 영역에 정보 표시

### 4. 농장 요약 정보 영역

- 선택한 농장에 대한 요약된 정보 확인



- 4-1. 농장정보: 농장이름, 농장번호, 농장 상세주소 정보 제공  
상세분석 버튼 선택 시 상세한 분석 내용을 포함한 모달 호출 (6번 참조)
- 4-2. 평가점수 및 위험레벨: 해당 농장의 평가 점수와 위험도, 인근 농장의 위험레벨 비율 표시
- 4-3. 최근 발병 일자: 해당 농장에서 발생한 질병명과 발병일자 표시
- 4-4. 인근 농장 정보: 인근 농장의 레벨, 주소, 점수 정보 표시
- 4-5. 기간예측: 1일, 1달, 3달, 6달, 1년 후 예측 점수와 위험레벨을 컬러로 표시

## 5. 부가 기능 버튼 영역

→ 서비스 이용에 필요한 지표 및 목록을 업로드/다운로드, 분석데이터 갱신 실행



### 5-1. 질병판정지표: 선택 시, 질병 판정지표 모달 호출(하단 이미지)

질병판정지표					
HPAI		FMD		ASF	
ID	카테고리	규칙 정보	조건 정보	점수	점수 수정
1	1	분석대상 인근농장 동종	분석대상 인근농장이 착유우 농장인 경우	3	수정
2	1	분석대상 인근농장 동종	분석대상 인근농장이 돼지를 사육하는 경우	5	수정
3	2	분석대상 인근농장 사육두수	분석대상 인근농장이 소, 젖소를 100마리 이상 키울 경우	5	수정
4	2	분석대상 인근농장 사육두수	분석대상 인근농장이 돼지를 1000마리 이상 키울 경우	5	수정
5	3	직선 고도상의 산맥	분석대상 농장과 분석대상 인근농장 사이 직선경로상의 고도가 50m 이상 높은 산맥 등 지형으로 가로막혀있는 경우	-5	수정
6	4	산과의 거리	분석대상 농장이 산지에 있거나, 산이 100m 이내 인접할 경우	3	수정
7	5	도로 인접도	분석대상 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 1km 이내일 경우	5	수정
8	5	도로 인접도	분석대상 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 3km 이내일 경우	2	수정
9	5	도로 인접도	분석대상 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 3km를 초과할 경우	-5	수정
10	6	인구 밀집도	분석대상 농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1㎡당 100명 이상일 경우	5	수정
11	6	인구 밀집도	분석대상 농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1㎡당 50명 이상일 경우	2	수정
12	6	인구 밀집도	분석대상 농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1㎡당 30명 이상일 경우	1	수정

- 필터 영역: 질병(HPAI, FMD, ASF)별 질병판정지표 관리 가능
- CSV 다운로드 버튼: 해당 테이블을 CSV로 내보내기 가능
- 검색 입력 영역: 목록 내 검색 가능
- 목록 영역: 질병판정지표 목록 확인 가능
- 수정 버튼: 질병판정지표 수정 가능

농장목록								
HPAI			FMD			ASF		
농장 번호	시군구	읍면동	죽종	상세죽종	상세주소	사육두수	위도	경도
70001	횡성군	안흥면	돼지	중돈	소사리 361	35247	37.4546418	128.1618532
70002	영광군	불갑면	돼지	중돈	인평리 314-1	35000	35.2150042	126.4968587
70003	김제시	송지면	돼지	일반	신정리 365-1	30000	35.8515407	126.9839439
70004	신안군	지도읍	돼지	일반	감정리 1165-15	30000	35.0743	126.167689
70005	이천시	부발읍	돼지	일반	고백리 599-3	27500	37.3063787	127.5249894
70006	사천시	곤양면	돼지	일반	가화리 91-2	25000	35.0827321	128.0265324
70007	경산시	업방읍	돼지	일반	신월리 252-5	25000	35.8208152	128.7822465
70008	영천시	회남면	돼지	중돈	금포리 895-0	24500	36.0980147	128.9020937
70009	영광군	대마면	돼지	중돈	홍교리 471-6	24000	35.3281823	126.5889725
70010	부여군	임천면	돼지	중돈	점리 150-6	24000	36.2068711	126.8986315
70011	양산시	월남면	돼지	중돈	웅당리 1021	24000	35.3927766	128.8894787
70012	산청군	단성면	돼지	일반	남사리 415-13	23000	35.26201	127.9314298
70013	청송군	진보면	돼지	중돈	기곡리 387-1	22046	36.5474739	128.9861558
70014	보령시	천북면	돼지	일반	학성리 428-1	22000	36.4701046	126.5060616
70015	경주시	안강읍	돼지	중돈	산대리 250-15	22000	36.0121612	129.1954897

### 5-2. 농장목록: 선택 시, 농장목록 모달 호출(하단 이미지)

Showing 1 to 15 of 95,591 entries	Previous	1	2	3	4	5	...	6,373	Next
<input type="button" value="농장 추가"/>									

- 필터 영역: 질병(HPAI, FMD, ASF)별 농장 관리 가능
- CSV 다운로드 버튼: 해당 테이블을 CSV로 내보내기 가능
- 검색 입력 영역: 목록 내 검색 가능
- 목록 영역: 농장 목록 확인 가능
- 농장 추가 버튼: 신규 농장 추가 가능

### 5-3. 질병 발생정보: 선택 시, 질병 발생정보 모달 호출(하단 이미지)

질병 발생정보						
HPAI		FMD		ASF		
CSV 다운로드	Search: <input type="text"/>					
농장 번호	농장명	농장주	시/도	시군구	읍면동	발생일자
70036			경기	이천시	부발읍	2015-02-12
70039			충북	진천군	진천읍	2014-12-03
70073			충남	당진시	합덕읍	2015-03-27
70085			충북	증평군	도안면	2014-12-25
70099			충남	아산시	신창면	2015-03-16
70122			경북	영천시	화산면	2014-12-30
70142			경북	의성군	금성면	2015-01-12
70151			경기	만성시	삼죽면	2002-05-02
70174			강원	횡성군	갈말읍	2015-03-12
70194			경기	안성시	죽산면	2015-01-08
70240			충남	천안시 동남구	병천면	2015-01-23
70321			충북	진천군	이월면	2014-12-13
70356			충북	음성군	상성면	2015-01-03
70388			충남	공주시	신동면	2015-02-08
70400			경북	봉화군	봉화읍	2015-02-24

Showing 1 to 15 of 220 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 15 Next

질병 발생정보 등록

- 필터 영역: 질병(HPAI, FMD, ASF)별 질병 발생정보 관리 가능
- CSV 다운로드 버튼: 해당 테이블을 CSV로 내보내기 가능
- 검색 입력 영역: 목록 내 검색 가능
- 목록 영역: 질병 발생정보 목록 확인 가능
- 질병 발생정보 등록 버튼: 신규 질병 발생정보 등록 가능

### 5-4. 분석데이터 갱신: 선택 시, 분석 데이터 갱신 실행

## 6. 상세분석 모달

**6-1** 농장정보

농장명: 신종리 187  
 농장주: -  
 주소: 충남 홍성군 장곡면 신종리 187  
 위경도: 36.4918663 126.6962865

축종: 소  
 사육두수: 65마리  
 최종평가점수: **위험 69.39점**

기간예측: 1일, 1일, 3일, 6일, 1년

최근 1년 발생일자: fmd 2015-04-28

**6-2** 농장 분석 보고서

세부 항목별 비율지표

**6-3** 인근농장 정보

위험도	농장명	농장주	주소	점수
위험	신종리 190-2	-	충남 홍성군 장곡면 신종리 190-2	56.63점
위험	신종리 252-1	-	충남 홍성군 장곡면 신종리 252-1	59.18점
위험	상송리 317-12	-	충남 홍성군 장곡면 상송리 317-12	63.27점
위험	신종리 383-18	-	충남 홍성군 장곡면 신종리 383-18	59.18점

**6-4** 인근농장 정보

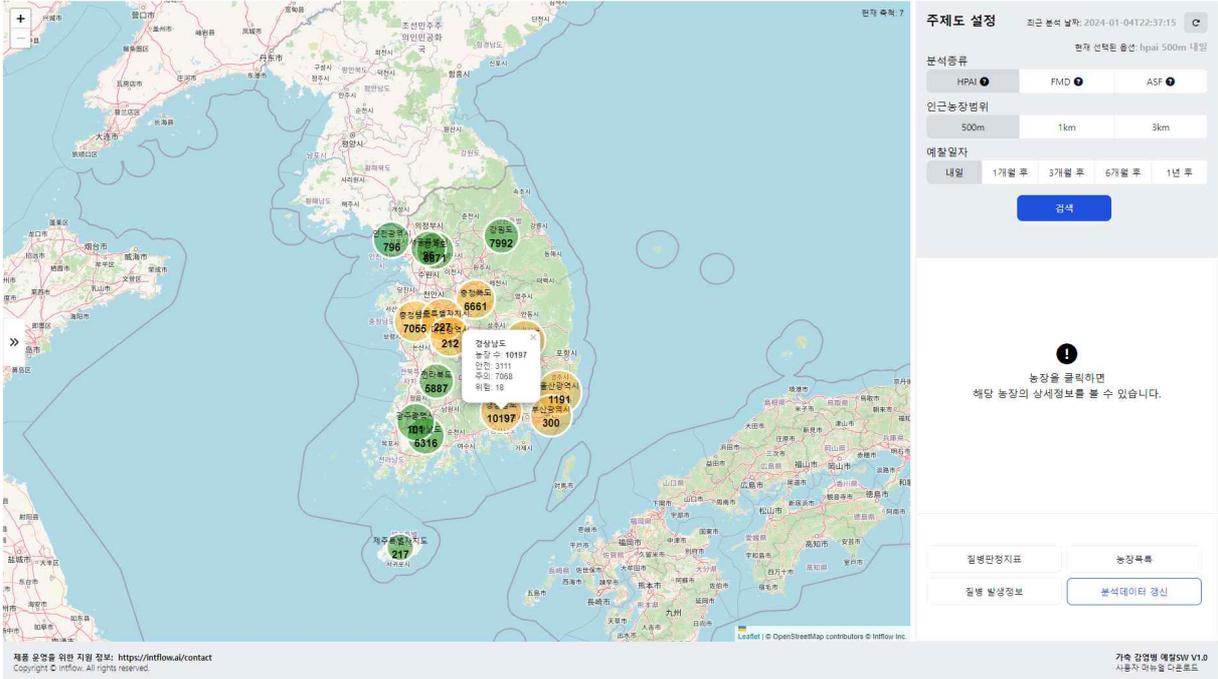
전국 농장 평가점수 분포

- 6-1. 농장정보: 농장에 대한 상세 정보 및 기간예측 정보 표시
- 6-2. 농장 분석 보고서 다운로드 버튼: 해당 농장에 대한 분석 보고서가 docx 파일로 다운로드됨
- 6-3. 인근 농장 정보: 인근 농장의 레벨, 주소, 점수 정보 표시
- 6-4. 인근농장 정보 다운로드 버튼: 인근 농장 정보가 xlsx 파일로 다운로드됨
- 6-5. 세부 항목별 비율지표: 세부 항목 별 비율지표 그래프 제공
- 6-6. 전국 농장 평가점수 분포: 전국 농장에 대한 평가점수 분포 그래프 제공

○ 수행내용 2: 시뮬레이션 기반 성능 실증

→ HPAI 500m 내일 기준

\* 안전: 3,111건, 주의: 7,068건, 위험: 18건



- 연구개발 내용 3: 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용

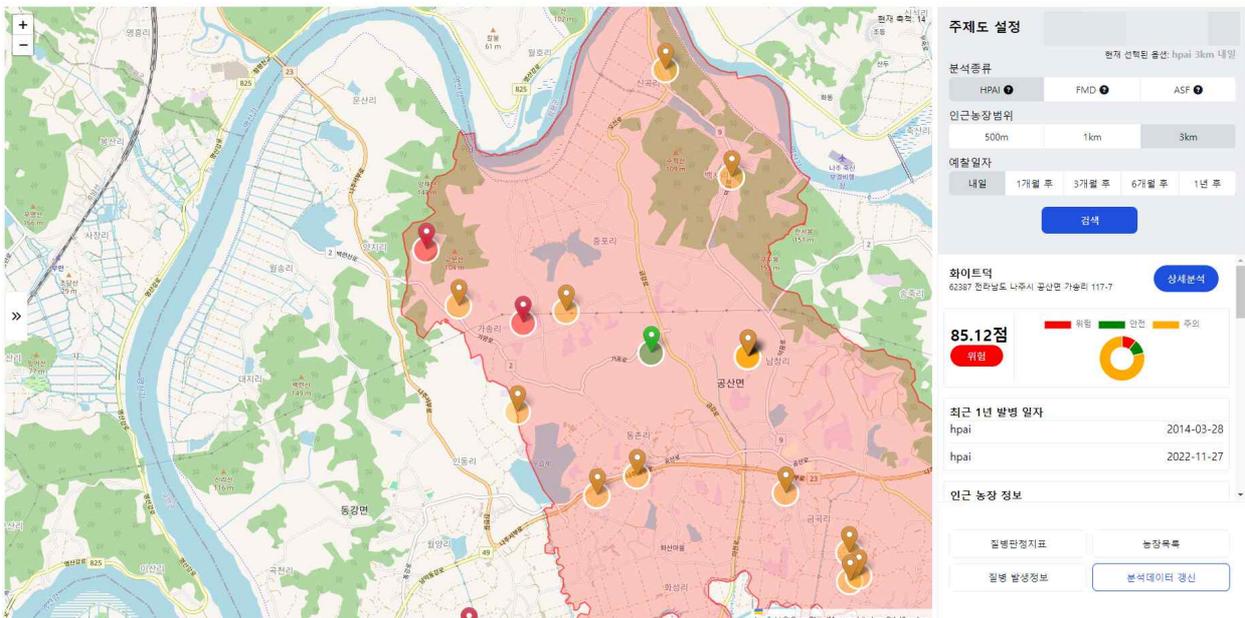
○ 수행내용 1: 정리 사례 기반 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용

→ 평가 방법

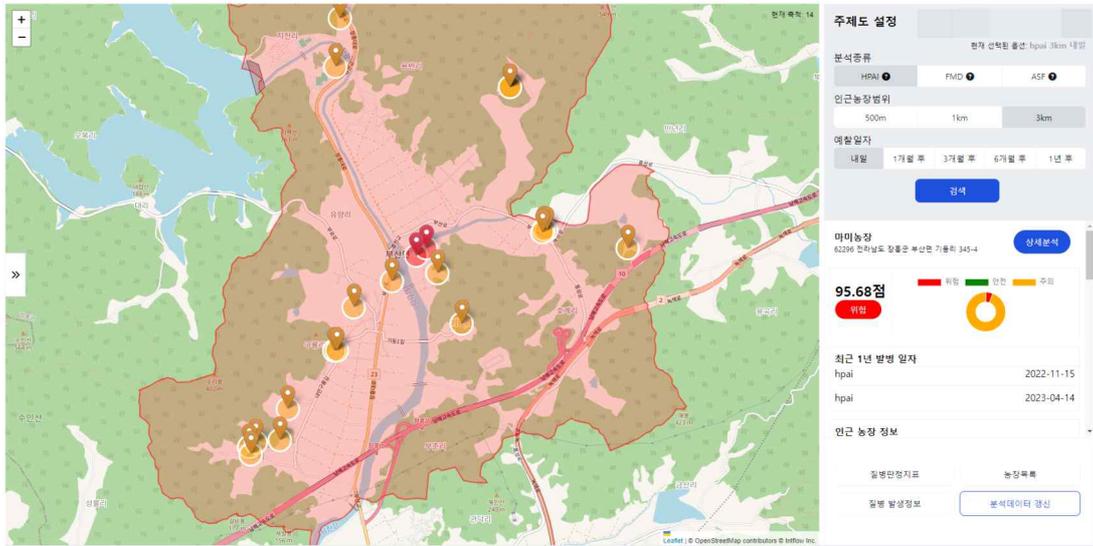
- \* 기존 살처분 방법을 통해 도출된 정확도와 규칙 엔진을 통해 도출된 위험도 평가에 따른 예측결과의 정확도를 비교
- \* 실제 발생했던 농장을 기준으로 발생일 시점의 분석을 통한 농장 위험도 파악 및 비교

→ HPAI 실제 발생 농장과 분석 결과 비교표

발생 농장	발생일	주소	분석 점수	분석 위험도
A농장	2022-11-27	전라남도 나주 공산면 가송리 117-6	85.12	위험
B농장	2023-04-14	전라남도 장흥 부산면 기동리 345-6	95.68	위험



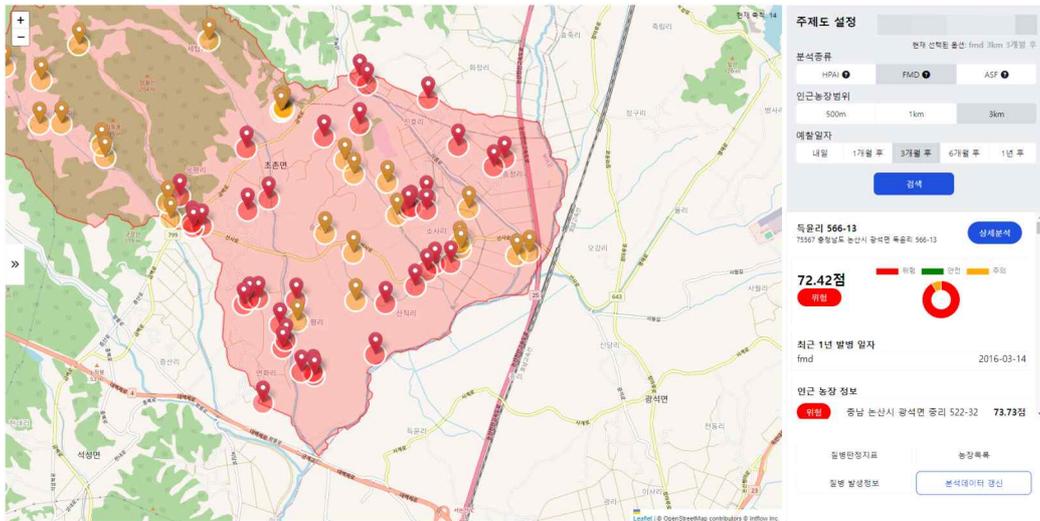
<A농장 GIS 판정대시보드 실증 결과>



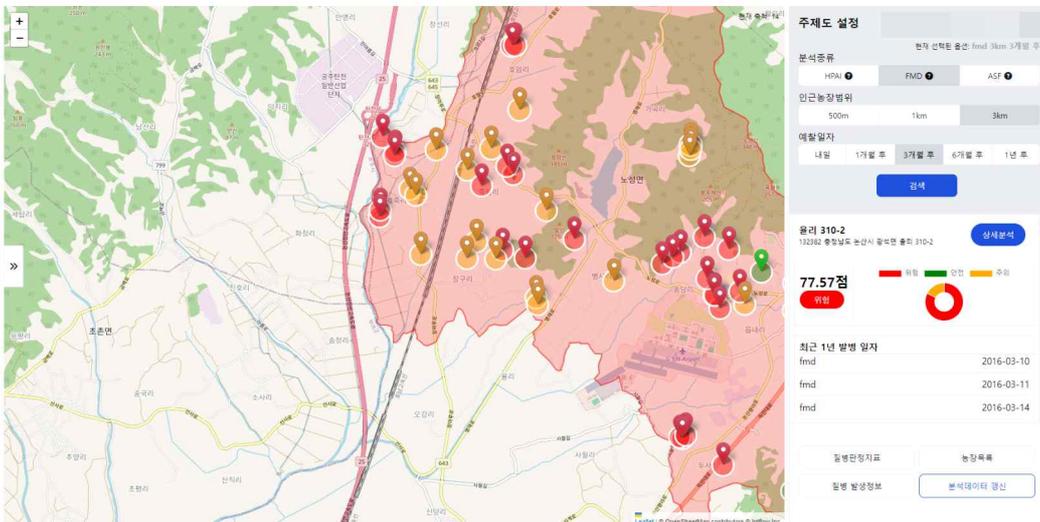
<B농장 GIS 판정대시보드 실증 결과>

→ FMD 실제 발생 농장과 분석 결과 비교표

발생 농장	발생일	주소	분석 점수	분석 위험도
C농장	2016-03-14	충청남도 논산시 광석면 득윤리 566-13	72.42	위험
D농장	2016-03-14	충청남도 논산시 광석면 울리 310-2	77.57	위험



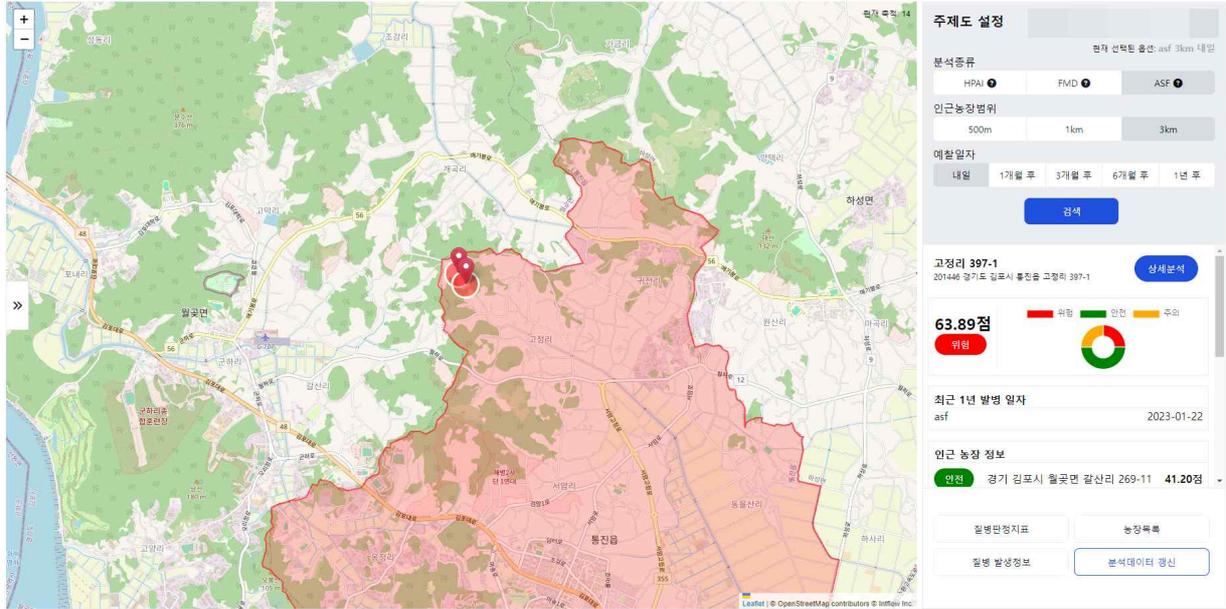
<C농장 GIS 판정대시보드 실증 결과>



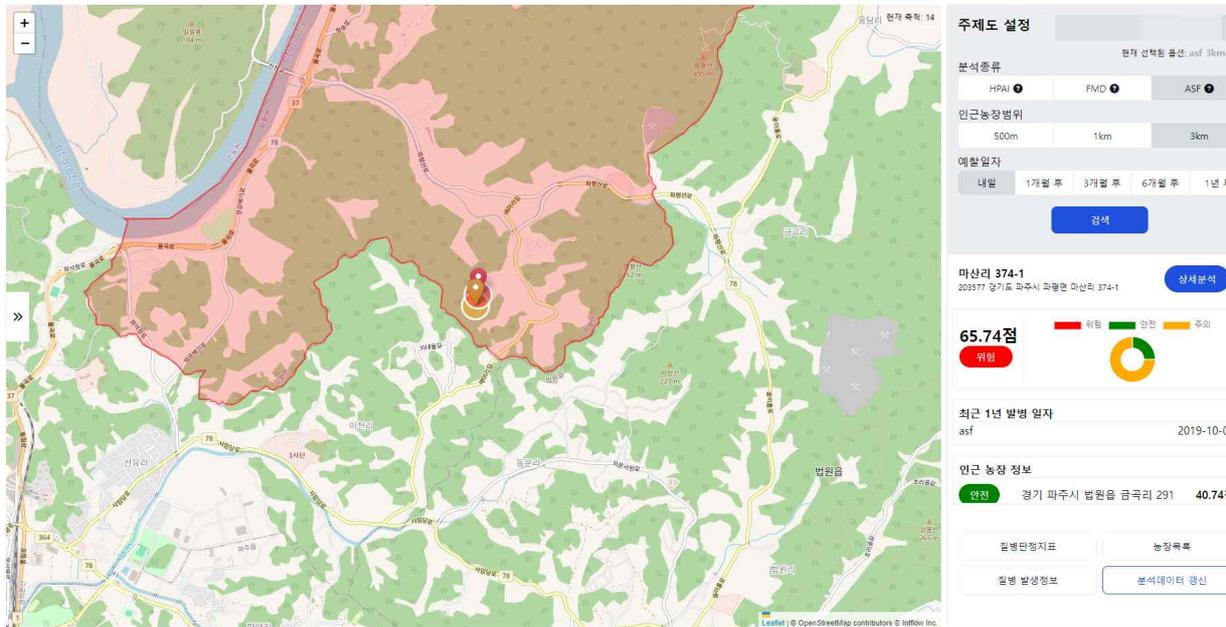
<D농장 GIS 판정대시보드 실증 결과>

→ ASF 실제 발생 농장과 분석 결과 비교표

발생 농장	발생일	주소	분석 점수	분석 위험도
E농장	2023-01-22	경기도 김포시 통진읍 고정리 397-1	63.89	위험
F농장	2019-10-01	경기도 파주시 파평면 마산리 374-1	65.74	위험



<E농장 GIS 판정대시보드 실증 결과>



<F농장 GIS 판정대시보드 실증 결과>

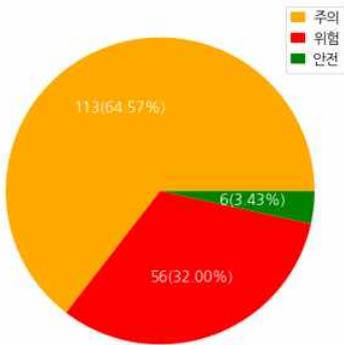
○ (공동연구개발기관) 전남대학교 산학협력단

- 연구개발 내용 1: 살처분 대상농장 선정과정 분석 및 평가

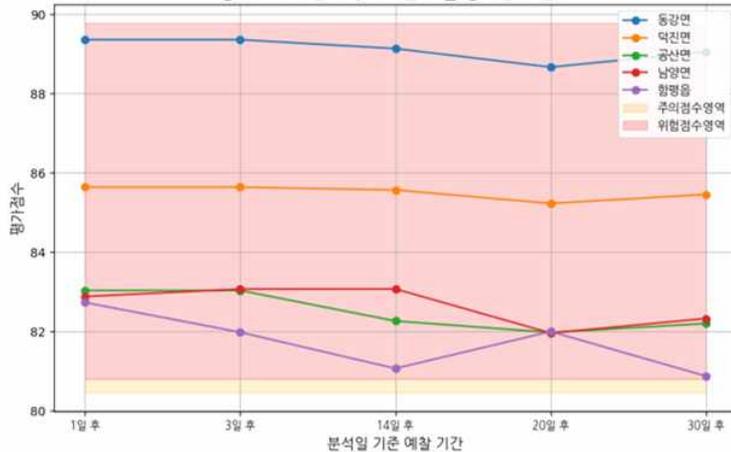
○ 수행내용 1: 신규방식 분석 및 피드백

- 시뮬레이션을 통한 실증 및 축산농장 대상 실제 적용
  - \* 설계된 DB를 바탕으로 개발 알고리즘의 시뮬레이션기반 성능실증 및 지정 축산농가 대상 직접 방문하여 실제 적용
  - \* 시나리오별 발생 위험지역 파악 및 발생시 예방적 살처분 파급효과 큰 농장을 파악
  - \* 실증 예 중 하나로써 전남 8개 시군구의 175개 농가를 방문하여 각 농가별 단위, 지역별 단위에서의 HPAI 위험도를 평가 수행하여 농장 위험도 평가 보고서를 작성
  - \* 기온 및 풍속과 같은 분석 시간대 별 평가 점수 변화 요인 등을 종합하여 각 지역별 관리(방역대 설정 제안 및 사육제한 설정) 의견 제시

175개 농가 위험도 평가 분포



상위 5개 위험지역의 시간대 별 평가점수 변화



<신규 방식을 활용한 HPAI 각 농가별 위험도 평가 및 시간대 별 평가점수 변화>

- 실증에 따른 신규방식의 평가 및 피드백 진행
  - \* 본 신규방식의 실증에 대한 내부 평가 뿐만 아니라 강원도청, 전남도청 방역과에 관련 방식의 실제 적용에 대한 피드백을 수행, 높은 만족도를 확인함
  - \* 고위험농장 및 지역에 대한 방역자원의 우선 배정이 가능할 것으로 판단되며 이를 기반으로 선제적, 효율적인 스마트 방역시스템 구축이 가능할 것으로 생각됨
  - \* 추후 협업체계 구축을 진행하여 모니터링을 통한 추가적인 데이터 확보 및 후속사업을 기획 중임
  - \* 이와 같은 기관-대학의 협업은 각 도의 지역 위험도 평가를 통한 예방적 살처분 평가시스템 구축에 기여하며, 위험도 기반의 가축전염병 방역시스템 정착이 가능할 것으로 사료됨

○ 수행내용 2: 판정정보 DB 구축

- 기본 판정 데이터
  - \* 전국 산맥, 도로, 하천, 시장, 철새도래지 등의 데이터를 저장하는 데이터베이스 구축
- 질병 별, 판정 데이터
  - \* 농장정보, 농장간 거리, 기준점수, 판정지표, 질병발생 데이터를 저장하는 데이터베이스 구축
- 질병 별, 분석 데이터
  - \* 최종 분석 데이터를 저장하는 데이터베이스 구축

- 연구개발 내용 2: 살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발

o 수행내용 1: 규칙(Rule) 기반 살처분 농장 판정 엔진 개발

1. 질병판정지표

- 판정지표란 특정한 조건에 따라서 점수를 부여하는 규칙들의 모음
- 각 질병의 판정지표는 각 질병의 전문가에 의해 설정
- <그림1> 은 HPAI 판정지표 예시 항목이고, 농장을 기준으로 각각의 판정규칙 항목의 조건에 해당하는 점수를 최종적으로 합산 평가
- 각 질병의 조건 정보는 수정이 불가능 하지만 각 항목의 점수는 전문가의 의해 수정 가능

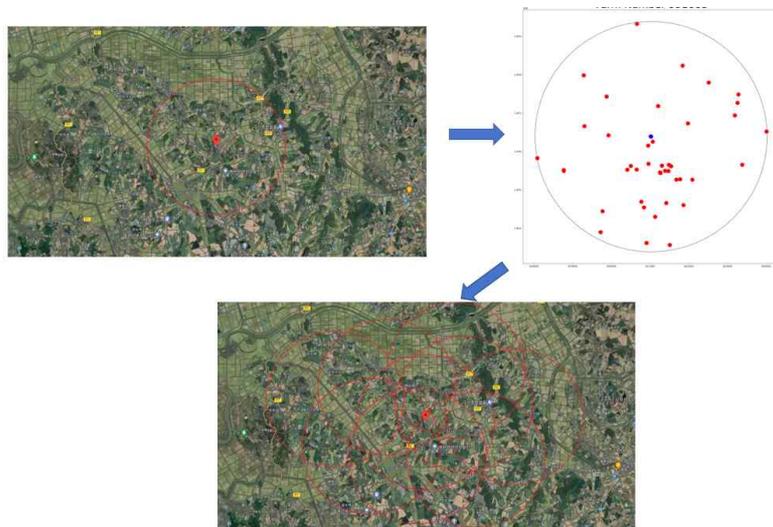
질병판정지표

HPAI		FMD		ASF	
ID	카테고리	규칙 정보	조건 정보	점수	점수 수정
1	1	직선 고도상의 산맥	분석대상 농장과 분석대상 인근농장 사이 직선경로상의 고도가 50m 이상 높은 산맥 등 지형으로 가로막혀있는 경우	-10	수정
2	2	산과의 거리	분석대상 농장이 산지에 있거나, 산이 100m 이내 인접할 경우	3	수정
3	3	하천 비율	분석대상 농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 3% 이상일 경우	6	수정
4	3	하천 비율	분석대상 농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 2%~3%일 경우	2	수정
5	3	하천 비율	분석대상 농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 1%~2%일 경우	5	수정
6	3	하천 비율	분석대상 농장 기준 3km 이내 국가하천 또는 지방하천의 비율이 1% 이내일 경우	-2	수정
7	4	도로 인접도	분석대상 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 1km 이내일 경우	1	수정
8	4	도로 인접도	분석대상 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 1km~3km 일 경우	2	수정
9	4	도로 인접도	분석대상 농장과 주변 도로(2차선 이상)의 거리가 3km를 초과할 경우	-3	수정
10	5	인구 밀집도	분석대상 농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1㎢당 100명 이상일 경우	5	수정
11	5	인구 밀집도	분석대상 농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1㎢당 50명 이상일 경우	2	수정
12	5	인구 밀집도	분석대상 농장 소재지의 행정구역(읍,면,동 기준)의 인구밀집도가 1㎢당 30명 이상일 경우	1	수정

<그림1 질병판정지표>

2. 평가점수 계산

- 같은 질병 발생이 가능한 전국 모든 농장은 한번씩 분석대상 농장이 돼서 특정 분석 범위 반경(500m, 1km, 3km) 내 인근 농장들의 평가점수를 판정규칙에 기반하여 계산
- 전국 농장이 한번 씩 기준이 돼서 특정 반경 내 인근 농장들의 평가점수를 계산한다면 같은 범위 내 농장들은 여러번 겹쳐질 경우가 생길 수 있음
- <그림2> 왼쪽 상단 지도는 단일 농장 특정 반경을 나타낸 예시, 오른쪽 상단 그림은 왼쪽 상단 지도의 단일 분석대상 농장 반경 내 인근 농장 개수를 나타낸 이미지, 하단의 지도는 모든 농장이 기준이 되면 인근 농장이 겹쳐질 수 있다는 의미를 포함한 지도



<그림2 평가 점수 계산 흐름도>

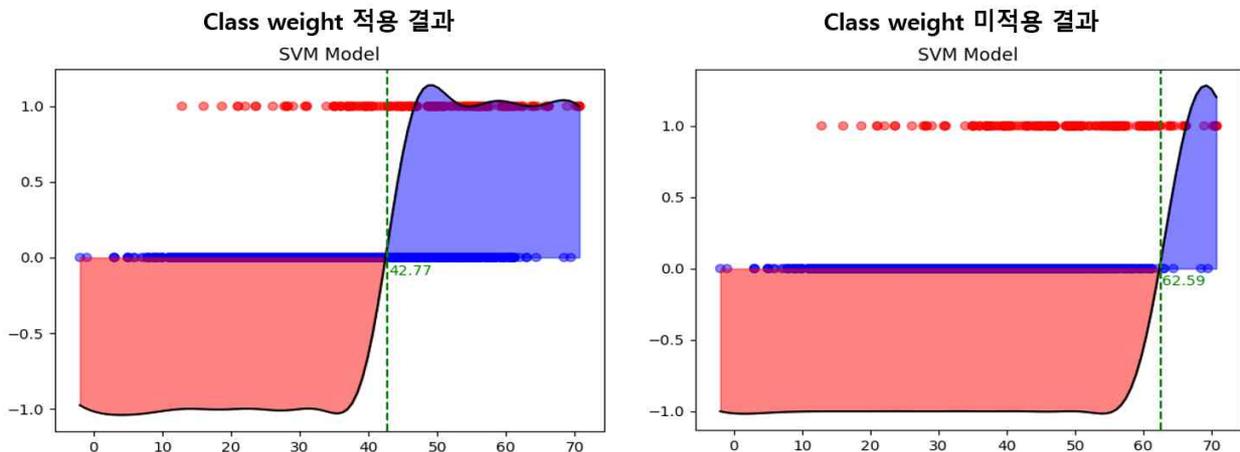
- 전국 농장이 한번씩 분석대상 농장이 되서 평가 점수 분석이 완료되면 각 농장은 다수의 평가점수를 가질 수 있음
- 최종적으로 다수의 평가점수 중 이상치를 제거하고 평균한 값으로 최종 평가점수 도출
- 분석대상 농장의 인근 농장이 없는 경우 판정지표의 상호 간의 계산이 필요한 항목을 제외하고 나머지 판정지표 규칙만 계산

### 3. SVC 모델 사용 이유

- SVC는 일반화 능력이 뛰어나서 적은 양의 데이터로 정확하고 신뢰할 수 있는 분류 모델을 구축할 수 있으며, 전체 농장의 평가점수를 도출하더라도 위험도 기준 점수가 필요하기 때문에 위험도 기준 점수를 도출하기 위해 분류 모델 사용

### 4. SVC 분류 모델 학습 과정

- 질병별 전국 모든 농장의 최종점수 도출 후 평가점수와 과거 질병 발생 이력 정보를 학습데이터로 생성
- 과거 질병 발생한 농장은 전국 농장을 기준으로 발생하지 않은 농장이 많고, 이를 해결하기 위해 class weight 조정하고 학습을 진행함으로써 불균형 문제 해결
- <그림3> 은 class weight를 적용한 결과와 미적용한 결과를 그래프로 표현한 분석 결과로써 class 0(미발생), 1(발생)의 분포도와 기준점수를 나타내고 있음



<그림3>

- 최종적으로 기준점수 이상 값을 가진 농장을 위험군으로 구분하고, 기준점수 이하의 모든 농장의 평가점수의 평균으로 안전, 주의를 구분한다

ex) 위 그래프 기준으로 기준점수 42점, 기준점수 이하의 모든 농장 평가점수 평균값 20점  
**위험 = 42 이상, 주의 = 42~20, 안전 = 20 이하**

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

○ 정성적 연구개발 성과

- [인증 획득] 가축 감염병 예찰 SW v1.0 GS인증(소프트웨어품질인증) 1등급 획득
- [제품화] 가축 감염병 예찰 SW v1.0 시제품 제작 완료(제품출시 예정)
- [특허 출원] 규칙을 기반으로 재난형 가축질병을 예찰하는 장치 및 방법(10-2023-0085264), 인공지능을 기반으로 가축 질병의 발생을 예측하는 장치 및 방법(10-2023-0107379) 특허 출원 완료(등록 진행 중)

##### (2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도		1단계 (2022~2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	특허등록	목표(단계별)	2	2	10
		실적(누적)	0	0	-
	SW저작권	목표(단계별)	1	1	20
		실적(누적)	1	1	20
	논문 SCI	목표(단계별)	5	5	-
		실적(누적)	6	6	-
학술발표	목표(단계별)	1	1	-	
	실적(누적)	2	2	-	
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	기술실시 (이전)	목표(단계별)	1	1	10
		실적(누적)	1	1	10
	제품화	목표(단계별)	1	1	5
		실적(누적)	1	1	5
	고용창출	목표(단계별)	10	10	15
		실적(누적)	10	10	15
	기술인증	목표(단계별)	1	1	10
		실적(누적)	1	1	10
	교육지도	목표(단계별)	5	5	5
		실적(누적)	5	5	5
	인력양성	목표(단계별)	6	6	5
		실적(누적)	6	6	5
	정책활용	목표(단계별)	2	2	10
		실적(누적)	2	2	10
	홍보전시	목표(단계별)	1	1	10
		실적(누적)	2	2	10
계	목표(단계별)	47	47	100	
	실적(누적)	49	49	90	

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치	연구개발 달성치	목표설정 근거
			보유국/ 보유기관	성능수준				
1 판정정보 DB 구축 규모	데이터 셋 개수	20	-	-	-	20,000	208,329	년간 국내 가축질병 발생 10% 수준
2 규칙(Rule) 기반 살처분농장 판정 엔진 정확성	정확성 (%)	25	-	-	50	70	90.61	타분야 전문가시스 템 정확성 수준

3	GAN기반 가축질병 발생 시나리오 생성알고리 즘 성능	상관성 (%)	10	-	-	-	95	96.62	사용 가능한 상관성 수준
4	GAN기반 살처분농장 판정 엔진 정확성	정확성 (%)	25	-	-	-	80	84.19	전문가 시스템 상회
5	시뮬레이션 기반 성능 실증	실험 회수	10	-	-	-	10,000	10,197	목표수집 DB 50% 수준
6	살처분 대상농장 선정 SW 실증	실험 회수	10	-	-	-	500	8,916	전남권 실증데이터 규모 고려

\* 성능지표는 모두 자체평가로 수행되었으며, 각 절차 및 과정은 관련 논문에 소개함

### (3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

#### [과학적 성과]

#### 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Impact of inland waters on highly pathogenic avian influenza outbreaks in neighboring poultry farms in South Korea	Journal of Veterinary Science	Saleem Ahmad, Kyeyoung Koh	3	대한민국	대한수의학회	SCIE	2022.05.01	1229-845X	100
2	Immunohistochemical analysis of extracellular signal-regulated kinase expression in mature and immature bulls' testes and epididymides	Veterinari medicina	Sungwoong Jang, Changjin Yun	6	체코	ČAZV	SCIE	2023.06.28	1805-9392	100
3	Case report: Successful medical management of adrenocortical carcinoma with metastasis in a Maltese dog	Frontiers in Veterinary Science	Sin-wook Park, Keon Kim	10	스위스	Frontiers	SCIE	2023.07.14	ISSN 2297-1769	80
4	Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella spp. isolated from duck farms in Jeollanam-do Province, South Korea	Korean Journal of Veterinary Service	Guk-Hyun Suh	3	대한민국	대한수의사회	SCIE	2023.08.16	ISSN 1225-6552	100
5	Effect of a Mismatched Vaccine against the Outbreak of a Novel FMD Strain in a Pig Population	Animals	Jun-Hee Han, Dae-Sung Yoo	19	스위스	MDPI	SCIE	2023.10.02	ISSN 2076-2615	50
6	Identification of Pre-Emptive Biosecurity Zone Areas for Highly Pathogenic Avian Influenza Based on Machine Learning-Driven Risk Analysis	Animals	Kwang-Myung Jeon	23	스위스	MDPI	SCIE	2023.12.01	ISSN 2076-2615	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	대한수의학회 학술대회	김옥규	2022.11.17	제주국제컨벤션센터	대한민국
2	Digital Agriculture Solutions Forum 2023	전광명	2023.09.27	Hotel Berkeley	태국

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	규칙을 기반으로 재난형 가축질병을 예찰하는 장치 및 방법	대한민 국	전광명, 정진우	2023.06. 30	10-2023- 0085264	-	-	-	-	100	
2	인공지능을 기반으로 가축 질병의 발생을 예측하는 장치 및 방법	대한민 국	전광명, 정진우	2023.08. 17.	10-2023- 0107379	-	-	-	-	100	

○ 지식재산권 활용 유형

\* 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능)

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	가축 감염병 예찰 SW v1.0	2023.06.14	인트플로우 주식회사	2023.12.20	C-2023-026990-2	인트플로우 주식회사	100

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	GS인증 1등급	한국정보통신기술협회 (TTA)	가축 감염병 예찰 SW v1.0	24-0050	2024.01.29	대한민국

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램	2024.01.29	인트플로우 주식회사	인트플로우 주식회사	감염병 예찰	2년		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시권	인공지능 방역대 설정을 위한 조류 인플루엔자의 살처분 농장 판정지표 설정 노하우	인트플로우 주식회사	2022.11.25	10,000,000	10,000,000

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	국내	방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 사업화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재난형 가축 질병 (ASF, FMD, HPAI) 발생 확률 예측을 통한 살처분 농장 선정을 통한 살처분 농장 선정</li> <li>- 인공지능으로 질병 발생 여부를 빠르게 예측</li> <li>- 규칙 엔진을 활용하여 가축 질병과 관련 요인 분석 및 개선</li> <li>- 예측된 발생 점수를 기반으로 효율적인 살처분 농장 선택 및 방역자원 효율화</li> <li>- GIS 직관적인 기반 시각화로 전국 농장의 질병 위험도를 손쉽게 관리</li> </ul>	인트플로우 주식회사	-	-	-	사업화 예정

\* 1) 기술이전 또는 자기실시

\* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

\* 3) 국내 또는 국외

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 보급사업		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3		
	소요예산(천원)	500,000		
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		-	-	-
		단위(%)	3년 후	5년 후
	시장 점유율	국내	30	50
국외		1	3	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	지능형 축산관리 솔루션 연계 방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 고도화			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
		-	-	-
	수출	300,000	1,000,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2022년	2023년	
1	청년의무고용	인트플로우(주)	1	0	1
2	신규채용	인트플로우(주)	4	5	9
합계					10

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	양돈밀집단지 가축방역관련 교육	2023-09-07	전남도청 방역담당 공무원	전라남도도청	9
2	구제역(FMD) 및 관련 농장 판정 규칙에 대한 소개	2023-09-05	전남대학교 수의학과 본과 3학년	전남대학교 수의과대학	40
3	인공지능 및 빅데이터 활용 질병에 대한 역학 연구	2023-08-28	전남대학교 수의학과 교원	전남대학교 수의과대학	12
4	재난형 가축전염병 교육 운영 지도	2023-08-21	전남대학교 수의학과 교원	전남대학교 수의과대학	8
5	수의역학의 현장 적용 사례를 통한 가축전염병 예방	2023-06-29	전라남도 농업기술원 축산연구소 직원	전남 나주시 배곶2길 13, 듀플렉스 레지던스 호텔	17

[사회적 성과]

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	재난형가축전염병에 대한 과도한 예방적 살처분으로 인한 살처분 참여자 보상 제도	농림축산식품부	2023-12-13	-
2	제안	재난형가축전염병에 대한 과도한 예방적 살처분에 대한 현재 제도 개선을 위한 방역인증농장제도	농림축산식품부	2023-12-13	-

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	수의학	2023		3	3		6					6	

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	홍보전시	박람회	EuroTier2022	2022.11.15.-18
2	홍보전시	박람회	VIV ASIA 2023	2023.03.08.-10

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
인트플로우 주식회사	GPU Server	ASUS GPU Server ESC8000- G4 (RTX3090 * 4)	○	미등록	-	2022.07.01	27,000	기업부설 연구소
인트플로우 주식회사	WORKSTATION	RTX4090 * 4EA	○	미등록	-	2023.07.06	24,424	기업부설 연구소

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	최우수상	2023 G-유니콘 경진대회	인트플로우 주식회사	23.08.11	광주광역시
2	수상	입선	2023 농식품 창업콘테스트	인트플로우 주식회사	23.10.12	농림축산식품부

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

유엔식량농업기구 주최 아-태지역 디지털농업솔루션포럼 2023(DASf, Digital Agriculture Solutions Forum 2023 for Asia and the Pacific)에 참석하여 인공지능을 활용한 가축동물 감염병 예방 기술에 대해 소개하여, 본 수행 연구가 세계적 수준임을 해외 전문가들에게 알림

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ SCI 논문 5편	○ SCI 논문 6편 완료	○ 100
○ 해외학회 1편	○ 해외학회 2편 완료	○ 100
○ 특허등록 2건	○ 특허등록 2건 진행 중(출원 완료)	○ 0
○ SW등록 1건	○ 가축 감염병 예찰 SW v1.0 SW등록 1건 완료	○ 100
○ 정책건의 2건	○ 정책건의 2건 완료	○ 100
○ 교육지도 5건	○ 교육지도 5건 완료	○ 100
○ 연구인력 6명	○ 연구인력 양성(학사3, 석사3) 6명 완료	○ 100
○ 기술이전 1건	○ 기술이전(노하우) 1건 완료	○ 100
○ 홍보/전시 1건	○ 독일-EuroTier 2022, 태국-VIV ASIA 2023 출품	○ 100
○ 기술인증 1건	○ 가축 감염병 예찰 SW GS인증 1등급 획득	○ 100
○ 고용창출 10명	○ 고용창출 10명 완료	○ 100
○ 제품화 1건	○ 제품화 1건 완료(가축 감염병 예찰 SW v1.0 시제품 제작, 출시 예정)	○ 100

## 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---

- 특허 출원 2건 완료하였으나 등록 진행중에 있음
    - 규칙을 기반으로 재난형 가축질병을 예찰하는 장치 및 방법(10-2023-0085264) 출원 완료
    - 인공지능을 기반으로 가축 질병의 발생을 예측하는 장치 및 방법(10-2023-0107379) 출원 완료
  - 출원 부터 등록까지의 소요 기간이 기술의 복잡성, 특허청의 심사 절차 및 법적 요구사항등에 의해 영향을 받아 등록까지의 기간이 예상보다 더 소요되고 있으나, 현재 두 건의 특허는 모두 등록을 목표로 순조롭게 진행 중이며 등록 완료 후 IRIS에 관련 성과를 추가 업로드할 예정
- 

### 2) 자체 보완활동

---

- 출원 완료한 특허의 완성도를 검토하여 부족한 부분을 식별하고 누락된 정보나 부정확한 내용을 확인 및 보완함과 동시에, 특허 출원 프로세스를 철저히 관리하고 출원 상태를 주시하여 필요한 서류나 절차를 정확히 준수함으로써 특허 등록을 원활하게 진행하고자 함. **24.06** 까지 등록 특허 확보 예정
- 

### 3) 연구개발 과정의 성실성

---

- GS 인증 심사 시 SW 저작권 정보와 인증 정보가 동일해야하는 점을 고려하여, 사업 기간 내 필요한 부분을 수정 반영하였고 최종적으로 무리없이 GS인증 1등급을 획득하여 최종 목표 달성을 성실히 수행함
  - 가축 감염병 예찰 관련 기술의 홍보 및 피드백 등을 위해, 기존 홍보전시 목표 1건 대비 2건으로 초과 달성함. 독일-하노버의 EuroTier 2022와 태국-방콕의 VIV ASIA 2023에 참여하여 수행 중인 연구개발 수준의 글로벌 레벨을 판단하고 해외 선도기간에 관련 기술을 적극 홍보함
  - 일부 연구가 양돈이 아닌 타 동물을 대상으로 한 연구 내용이지만 각 논문의 연구 과정과 본 과제 수행 과정에서의 상호 연관성이 일부 존재하다고 판단되어 관련 연구로써 사사를 표기하였음
- 

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

- 종래의 동물 감염병 관리 시스템이 감염병 발생 후 역학조사에 쓰이는 ‘사후관리’ 도구였다면 금번 연구개발 성과로써 개발된 “방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램”은 주요 동물 감염병의 발병 현황은 물론 기간별, 지역별 예측 정보를 정량적으로 제시하여 감염병의 ‘사전관리’를 가능하게 한다는 의의가 있음
  - 특히 감염병 발생 사례 데이터가 희박한 문제를 극복하기 위한 생성형 AI 모델인 GAN 기반의 감염병 발생 데이터 시나리오 생성 및 판별 기술은 세계 최초로 시도된 연구 방향임
-

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### ○ 가축감염병 예찰시스템 실용화를 통한 축산 스마트팜 시장 진출

- 축사 관제 시스템의 직관성을 개선하여 차세대 디지털트윈 축사 설비의 핵심 기술 마련
- 한우, 육우, 육계 등 다른 가축을 대상으로 한 감염병 및 사육 모니터링에도 활용 가능
- 축사 주요 화재 원인인 전기 누전, 합선 등에 대한 정보를 표출하여 빠른 대응 가능
- 축사 내 출입자에 대한 실시간 현장 모니터링을 통해 작업자의 출입, 위치, 동선파악 및 안전 관리 가능
- 축사 맵(Map)을 기반으로 인가구역과 비인가 구역을 나누어 비인가 구역 내 출입자 발생 시 경보 발생 및 관리자에 통보로 효율적인 축사관리 가능
- 가축 동물 관제시스템을 개선한 차세대 디지털트윈 축사 설비와 예방적 살처분 시스템을 연계한 사양 + 방역 통합관리 솔루션을 제품화 하여 해외진출을 목표로 함



<양돈 사양+방역 통합관리 솔루션 개요도>

### ○ 연구개발 과제 결과물의 제품화 계획

- 방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 엔진을 활용한 가축 감염병 예찰 시스템 제품화 계획 수립 (현재 시제품 제작 완료, 출시 준비)
- 가축감염병 통제에 관심이 높은 해외 방역당국 및 글로벌 백신 제조업체 대상의 시스템 운영 영업 수행

### ○ 사업화를 위한 목표 고객 및 시장 설정

- 지역별 축산조합과 업무협약을 통한 판로개척
- 국내/외 축산관련 협회 회원가입을 통한 판로개척
- 농촌진흥원, EPIS 등과 DB 연계를 통한 시장 영향력 확대



<목표 시장 규모>

○ 사업화를 위한 비즈니스 모델

- 구독 모델 확산을 통한 시장 선점

→ 사료 기업, 축산 기자재, 축산 제약 회사와의 업무 협력을 통해 전국적인 영업망을 강화

업무 파트너	가격 모델	세일즈 파트너
사료기업, 축산제약회사, 영농조합법인	구독/일부 선납	축산기자재 업체



<사업모델 흐름도>

○ 단계별 사업화 계획

1단계 (23~24년) 과제 수행 및 제품화	2단계 (25년~26년) 시제품 생산 및 고도화	3단계 (27년~) 해외 진출 등
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 전라남지역 감염병 발생 사례별로 실제 농장에 시스템을 설치하여 실효성을 검증</li> <li>✓ 전라남도청 방역과에서의 시범 운영을 통해 검증</li> <li>✓ 검역본부 정식 운영 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 조달청 제품 등록</li> <li>✓ 국내 감염병 예찰 시스템 유지 보수, 고도화 지원</li> <li>✓ 제품의 시장 출시를 위해 필요한 인증 절차의 완료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 시범 운영의 성공적 결과를 기반으로 전국의 영업 파트너들과 전략적 제휴를 맺고, 이를 통해 공격적인 시장 마케팅 활동을 전개</li> <li>✓ 감염병 예찰 시스템 해외 수출 (중국, 미국, 베트남)</li> </ul>

○ 사업화 이후 모니터링 및 수정보완 계획

- 시스템 운용 정기 모니터링을 통한 문제점 분석

- 
- 감염병 예찰 관련 데이터베이스 최신화를 통한 예찰 정확성 관리
  - 수요처 요구에 따른 UI/UX 고도화 및 질병판별 모델 갱신
  - 매월 시스템 정기점검을 통한 상시 가동체계 점검
  - 실증, 상용화, 검증 등 후속 활용 과정에서 지역별, 축종별 실험결과에 대한 데이터 확보 및 AI 성능측정 관련 공인인증 기관을 통한 감염병 예찰 정확성의 3자검증 결과 확보 및 향후 국내외 논문/학술대회 등에 발표 예정

○ 후속 진행 연구 계획

- 질병 예찰에 살처분 횟수 감소, 질병발병률 감소, 그리고 이 예측에 따른 경제성 분석에 대한 후속 연구를 진행할 계획
  - 농장 외 요인 뿐 아니라 질병과 밀접한 농장 내부 요인 (출입관리, 방역활동관리, 가축 생체정보 모니터링) 등에 대한 데이터 취합 체계 구축 및 감염병 예찰 시스템과의 연계를 통한 가축 질병 예찰 정확성 및 효율성의 고도화 후속 연구 진행 계획
-

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 공통 요구자료	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	322002-2		
사업구분	가축질병대응기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	가축질병대응기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상농장 선정 기술개발			과제유형	개발
연구개발기관	인트플로우 주식회사			연구책임자	전광명
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	22.04.01 ~22.12.31	550,000	75,000	625,000
	2차년도	23.01.01 ~23.12.31	733,000	133,334	866,334
	계	22.04.01 ~23.12.31	1,283,000	208,334	1,491,334
참여기업	전남대학교 산학협력단				
상대국				상대국연구개발기관	

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2024.02.

3. 평가자(연구책임자) : 전광명

소속	직위	성명
인트플로우 주식회사	대표이사	전광명

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

[별첨 1]

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

- 재난형 가축질병(HPAI, ASF, FMD 등) 발생시 인공지능 및 규칙엔진을 활용한 방역대 설정 예방적 방역대 설정/예방적 살처분 대상 농장선정 기술개발이라는 최종 목표 달성을 위한 전략성과 “방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 개발”를 성공 개발 및 실증 하였으며 관련 실적 (SCI 논문 6편, 특허 2건, SW 등록1건, GS 1등급 인증 등)을 성공적으로 달성함

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

- 연구 개발 과정부터 전라남도청 (HPAI), 강원도청 (ASF, FMD) 등 각 지자체별 동물방역과에서 관심 대상이 주요 고병원성 질병에 대한 예찰 및 관리순위 제어가 가능하다는 점을 실증하여, 국내에 절대적으로 부족한 방역 수의사의 업무 공백을 지원하여 방역 위험도를 낮추는 데 크게 기여할 것으로 기대

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

- 단순히 기술 구현이나 연구결과 확보가 아닌, “방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 개발”을 성공적으로 진행하여 GS 1등급까지 확보하였음. 따라서 과업수행 이후 24년도부터 본 프로그램을 활용한 감염병 방역관리 사업 추진이 가능함. 특히 방역관리의 디지털 전환이 늦은 태국, 베트남 등 동남아 지역으로 해당 기술 및 SW의 사업화 가능성이 높을 것으로 예상함

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

- 수행기관 연구원간 긴밀한 협조와 성실한 연구활동으로 1년 9개월이라는 다소 짧은 연구기간 동안 모든 핵심성과 달성을 성공함

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

- 6편의 SCI 논문 (Q1 급 포함), 특허 출원 2건 등 해외 학술발표 2건, SW등록 1건,기술홍보 2건 등 과제 기획 당시의 RFP 제안 목표치를 상회한 우수한 연구개발 성과 달성  
\* 특허 등록심사 일정이 늦어짐에 따라 특허등록 2건이 과업기간 내 미제출 된 점은 다소 아쉬움

[별첨 1]

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
살처분 대상농장 선정과정 분석 및 평가	20	100	분석 및 평가 기반 가축질병 발생 데이터셋 2만건 이상 구축 완료
살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발	20	100	규칙(Rule)기반 살처분농장 판정 엔진 개발 및 목표성능 달성
살처분 대상농장 선정 시알고리즘 개발	30	100	GAN기반 살처분농장 판정 엔진 개발 및 목표성능 달성
살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발	20	100	방역대 설정/예방적 살처분 대상선정 프로그램 개발 완료
살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용	10	100	살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용 : 최신사례 500건 이상 실증 완료
합계	100점	100	

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 연구는 방역대 설정 및 예방적 살처분 농장 선정을 위한 전문가 판정규칙 및 인공지능 엔진을 개발하고 이를 가축질병 관리 대시보드에 구현하여 재난형 가축질병 확산을 억제하는 것을 그 목적에 맞게 관련 연구성과, 기술구현, SW 개발 및 실증까지 주요 가축질병의 예찰을 위한 기술 개발부터 시제품 개발까지 완료 함 (TRL 6단계 수준)

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 가축 감염병의 실제 발발 사례가 가축 질병별로 다른 관계로, HPAI, ASF, FMD 각각의 실험 결과의 신뢰성과 현장 적용 가능성에 대해서 가축 질병 별로 개별 검토할 필요가 있음

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 추후 가축동물이 많은 각 지자체 동물방역과 대상 시운전 제공 및 납품계약 등 B2G 사업화에 활용할 것을 권장  
- 과업기간 내 미달성한 특허등록 2건의 조속한 달성 관리 필요

[별첨 1]

#### IV. 보안성 검토

- 과제 수행 목적과 의의 등이 비보안성 성격을 지니며, 연구수행 중 진행된 요소 기술들은 특허 출원 및 SW 등록, 인증 획득 등으로 소유권의 보호를 받을 수 있도록 조치하였으므로 보안성 검토에 해당사항이 없다고 판단됨.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

##### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당사항 없음

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	가축질병대응기술고도화지원	
연구과제명	재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 및 예방적 살처분 대상 농장선정 기술개발				
주관연구개발기관	인트플로우 주식회사			주관연구책임자	전 광 명
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타		총연구개발비
	1,283,000	208,334			1,491,334
연구개발기간	2022.04.01. ~ 2023.12.31. (21개월)				
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( 사업화 ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: )				

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
1) 살처분 대상농장 선정과정 분석 및 평가	살처분 대상농장 선정과정 평가 지표 개발
2) 살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 개발	살처분 대상농장 선정 규칙(Rule) 엔진 구현
3) 살처분 대상농장 선정 AI알고리즘 개발	살처분 대상농장 선정 AI알고리즘 개발
4) 살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발	살처분 대상농장 선정 데이터 분석 및 시각화 기술 개발 및 SW 구현
5) 살처분 대상농장 선정 SW 실증 및 시험적용	500건의 농장 발생사례에 대한 실증 및 시험적용

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책·홍보		기타 (타연구활용연계)	
	특허출원	특허등록	품종등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문·평판·IF			학술발표	정책 활용		홍보 전시
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	명	건	건			
가중치		10	20		10		5			15		10			5	5	10	10			
최종 목표		2	1	BB	1	10	1			10		1	5	1.0	1	5	6	2	1		
당해 년도	목표	2	1		1	10	1			10		1	5		1	5	6	2	1		
	실적	2		1		1	10	1			10		1	6		2	5	6	2	2	
달성률 (%)		0	100		100	100	100			100		100			100	100	100	100	100		

[별첨 2]

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	규칙(Rule)기반 살처분농장 판정 엔진
②	GAN기반 살처분농장 판정 엔진 개발
③	의사결정 지원데이터 시각화 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 결해	정책 자료	기타
①의 기술	√					√	√	√		
②의 기술	√					√	√	√		
③의 기술	√						√	√		

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	각 지자체별 가축질병 예찰 활용을 통한 방역 비용 절감
②의 기술	각 지자체별 가축질병 예찰 활용을 통한 방역 비용 절감
③의 기술	각 지자체별 가축질병 예찰 활용을 통한 방역 비용 절감

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출		투자유치	논문				학술발표	정책 활용	
											SCI		비SCI	논문평균 I-F					
단위	건	건	건	평인건수	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건		
가중치	100																		
최종목표	2		BB																
연구기간내 달성실적	0																		
연구종료후 성과창출 계획	2																		

[별첨 2]

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	재난형 가축질병 대응을 위한 인공지능 방역대 설정 노하우		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	200,000천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	1개월 내외	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2024년 중 예상
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	: 기술을 운영하고 관리 할 수 있는 전문 인력 구성 ( 기술 지도 제공 ) : 대량의 데이터를 처리하고 분석 할 수 있는 충분한 컴퓨팅 자원 : 가축전염병에 대한 법적 규제 및 산업 표준에 대한 이해가 있는 기관		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
 통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술고도화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술고도화지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.