보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개( ), 비공개( ), 발간등록번호(O)

발간등록번호
11-1543000-002667-01

HPAI 발생 시 지역 단위 권역화 방역체계 구축

최종보고서

2019. 02. 16.

주관연구기관 / (주)이지팜
협동연구기관 / 농림축산검역본부

농 림 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축"(개발기간 : 2016. 05. 19 ~ 2018. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 02. 16.

주관연구기관명 : ㈜이지팜 (대표자)김영국 (인)
협동연구기관명 : 농림축산검역본부 (대표자)박봉균 (인)

주관연구책임자 : 박 혁
협동연구책임자 : 이광녕

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	316041-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.05.19 - 2018.12.31	단 계 구 분	3년차/ 3년차
연 구 사 업 명	단 위 사 업	농림축산식품연구개발사업			
	사 업 명	가축질병대응기술개발사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축			
	세부 과제명	HPAI 발생 시 지역단위 권역화 산출 프로그램 개발			
연 구 책 임 자	박 혁	해당단계 참여연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 120,000천원 민간: 40,000천원 계: 160,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 51명 내부: 51명 외부: 명	총 연구개발비	정부:320,000천원 민간:107,000천원 계:427,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	㈜이지팜 축산연구소 농림축산검역본부 역학조사과			참여기업명: ㈜이지팜	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유					

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	10.13041/jpvm.2017.41.4.180					C-2018-037719, C-2018-037720					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수

<요약문>

연구의 목적 및 내용	1) 연구개발목적 ○ HPAI 확산의 주요 원인이 되고 있는 축산차량 및 인력의 이동을 발생 지역을 중심으로 제한하면서 독립적으로 사양관리가 가능하도록 권역을 설정하여 이동제한이 전국적으로 장기화될 경우 발생할 수 있는 피해의 파급효과를 최소화하고 추가 확산을 방지할 수 있는 권역화된 방역체계를 개발 ○ 권역화된 방역체계 개발을 위하여 HPAI의 위험요소를 사례 및 문헌연구를 통해 분석하고 발생농장의 위치, 철새서식지별 철새 이동 및 서식정보, 축산시설(농장 포함) 및 축산차량의 이동정보를 고려한 클러스터 형성 ○ HPAI의 위험요소 및 축산시설의 위치 및 축산차량 이동정보를 활용하여 확률기반의 클러스터를 형성하여 독립적 사양관리가 가능한 권역 산출 시스템 구성 ○ HPAI 발생 시 개발 시스템을 이용한 효과적인 방역조치 및 정책방안을 제시하고 해외 권역화 사례 수집 2) 연구개발내용 o **HPAI 위험요소(기계적 전파) 분석** : 기계적 전파의 형태로 HPAI를 확산시키는 위험요소를 파악하고 위험요소별 중요성 및 발생가능성을 고려한 위험분석을 확인하여 위험분석 결과에 따라 예방조치를 설정 o **클러스터 요건 선별 및 데이터 정제** - RFP에서 예시하고 있는 클러스터의 요건은 과거 발생농장의 지역별 현황, 철새도래지별 철새 이동 및 서식 정보, 축산시설의 분류 및 위치정보, 축산차량의 시설방문 정보, 기준 도시와의 교통량 등 - 클러스터 요건의 자료를 수집하기 위하여 각 자료의 생산처(검역본부 KAHIS, 환경부 국가환경지도시스템, 농어촌공사 등)와 생산현황을 파악하여 최신의 정보를 수집, 정제하여 분석에 제공 - 또한 RFP에서 예시된 내용 이외 종계, 실용계 및 알의 이동 정보, 도계(압)장의 도축능력, 사료공장의 사료생산량 등을 추가 수집, 정제하여 분석에 제공 **o 권역화 실행모델 개발** - 권역화 자료 수집 및 가공: KAHIS, 축산관련시설, 농장으로부터 제공된 자료를 권역화 관련 항목별로 정리하여 데이터베이스를 구축 - 거대 복잡계 네트워크 구성: 데이터베이스화된 자료를 변환하여 권역화 알고리즘의 구성요소에 대한 특성을 파악하고 적합한 수학적 원리를 통해 네트워크 구조 설계 - 군집화 여부 판별 및 분석: 빅데이터 분석기법을 적용하여 핵심시설을 중심으로 클러스터 구조를 생성하는지의 여부를 판별

	- 기존의 군집화 알고리즘과 축산시설 및 농장의 특징(예를 들어, 용적량, 자립 가능성 등)을 파악하여 이를 토대로 군집화 네트워크 모델 구축 - 게임이론과 휴리스틱 방법론에 기반한 권역화 알고리즘을 고안하고, 이를 앞서 구성된 네트워크모델에 적용하여 최적화된 권역화 구조 도출 **ㅇ 권역화 세부관리 방안 도출 : HPAI 발생 시** 권역화를 고려한 권역별 가축전염병 대응 방역조치(SOP) 마련하여 정책제안 제출, 해외 권역화 사례를 수집하여 보고서 제출 **ㅇ 연차별 개발 계획** - **1년차** : HPAI의 위험요소 분석 및 클러스터 요건 선별 및 데이터를 정제하고 클러스터 실행모델의 알고리즘을 개발 - **2년차** : 1년차에 수집·정제된 데이터와 개발된 알고리즘을 활용하여 권역 산출 프로그램 개발 및 검증 및 권역화 세부관리 방안 도출 - **3년차** : 2년차에 개발된 프로그램의 안정화 및 고도화, 권역화 세부관리 지침서 개발(e-book)
연구개발성과	o 본 과제의 최종 연구개발 산출물은 1) HPAI 위험요소 분석(보고서) 2) 권역화 실행 프로그램(SYS, 서버탑재형SW) 3) 권역화 세부관리 방안(보고서)임 1) HPAI 위험요소(기계적 전파) 분석 - 과거 발생사례 및 역학조사보고서를 바탕으로 위험요소 파악 - 위험요소별 중요성 및 발생가능성을 고려한 위험성 확인 - 위험분석 결과에 따라 예방조치 기술(예 : 방역대를 지역여건(지형, 역학적 특성)에 따라 조정) 2) 클러스터 요건 선별 및 데이터 정제 - 과거 발생농장의 지역별 현황, 철새도래지별 철새 이동 및 서식 정보, 축산시설의 분류 및 위치정보, 축산차량의 시설방문 정보, 기준 도시와의 교통량 등의 클러스터 요건 선별 - 위의 클러스터 요건 이외 종계, 실용계 및 알의 이동 정보, 도계(압)장의 도축능력, 사료공장의 사료생산량 등 추가 고려하여 클러스터 검출 - 권역화를 실행하기 위하여 선발된 요건의 데이터를 수집, 전처리 정제하여 권역화 실행모델 투입 3) 권역화 실행모델 개발 - 클러스터 요건을 고려한 권역화 알고리즘 개발 - 수리역학 프로그램을 이용하여 GIS기반의 클러스터 검출 - 질병 발생 전 가상 권역 권역화 정보 제공 - 질병 발생 시 권역화 정보 제공

	4) 권역화 세부관리 방안 도출 - 발생 시 권역화를 고려한 권역별 가축전염병 대응 방역조치(SOP)마련 - 해외 권역화 사례 수집
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	o 본 과제의 최종 연구개발 산출물은 농림축산검역본부와 농식품부에 기술이전하여 제공하거나 보고서로 제출하여 재난형 가축전염병의 발생 시 권역별 가축방역 정책에 활용될 예정임 o 기술적 측면 - 본 과제에서는 선진국에서 운용하고 있는 권역별 차단방역 시스템을 도입하여 운영할 수 있도록 우리나라의 축산 실정을 고려한 권역 산출시스템을 개발함으로써 가축전염병의 확산을 조기에 차단할 수 있는 기반을 구축할 수 있어 학술적 가치가 높을 것으로 기대됨 - 본 과제에서 개발되는 권역 산출 시스템은 농식품부 방역과와 역학조사 담당부서의 현업에 즉시 활용될 수 있음 ○ 경제적, 산업적 측면 - 질병에 의한 가축폐사로 발생하는 연간 손실액은 닭 686억원에 이르고 있으며, 전 축종에 대한 질병치료비도 연간 2,256-2,852억원으로 추정되고 있어 폐사율을 10%만 감소시켜도 가축폐사로 인한 손실을 예방하여 축산농가에 연간 약 850-1,500억원 정도의 생산성 향상 효과를 기대할 수 있음 - 본 과제의 개발품을 활용하여 가축전염병의 확산을 조기 차단하여 축산농가의 경제적 손실 최소화, 생산성 향상 및 방역당국의 기타 살처분 및 매몰 비용의 감소 등을 기대할 수 있음 - 본 과제에서 개발되는 권역 산출 프로그램에 적용된 원리와 방법론을 타 분야의 연구 사업으로 연계할 경우 사업화가 가능하며, 연관 산업에 대한 GIS와 IT 관련 기술이전을 통한 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 기대할 수 있음 ○ 사회적 측면 - 재난형 가축전염병의 빈번한 발생으로 축산물 안전에 대한 소비자의 불안이 높아지는 상황에서 가축전염병의 확산을 조기에 차단하여 국내산 축산물의 안전에 대한 우려 불식

국문핵심어 (5개 이내)	야생조류	조류인플루엔자	권역화	메뉴얼	동물질병관리
영문핵심어 (5개 이내)	Wild bird	Avian Influenza	regionalisation	manual	animal disease control

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

〈 **목 차** 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 8
2. 연구수행 내용 및 결과 ····· 10
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 111
4. 연구결과의 활용 계획 등 ····· 134

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제 1장 연구개발과제의 개요

1절. 연구개발의 목적

1. 연구개발의 목적

가. HPAI 확산의 주요 원인이 되고 있는 축산차량 및 인력의 이동을 발생지역을 중심으로 제한하면서 독립적으로 사양관리가 가능하도록 권역을 설정하여 이동제한이 전국적으로 장기화될 경우 발생할 수 있는 피해의 파급효과를 최소화하고 추가 확산을 방지할 수 있는 권역화된 방역체계를 개발

나. 권역화된 방역체계 개발을 위하여 HPAI의 위험요소를 사례 및 문헌연구를 통해 분석하고 발생농장의 위치, 철새서식지별 철새 이동 및 서식정보, 축산시설(농장 포함) 및 축산차량의 이동정보를 고려한 클러스터 형성

다. HPAI의 위험요소 및 축산시설의 위치 및 축산차량 이동정보를 활용하여 확률기반의 클러스터를 형성하여 독립적 사양관리가 가능한 권역 산출 시스템 구성

라. HPAI 발생시 개발 시스템을 이용한 효과적인 방역조치 및 정책방안을 제시하고 해외 권역화 사례 수집

2절. 연구개발의 필요성

1. HPAI 발생이 매년 반복되고 있고 새로운 HPAI 바이러스가 유입되고 있음

- 새로운 바이러스가 유입되면 살처분 등에 의한 직접적 피해 이외 매몰 및 방역조치에 대한 재정투입의 규모가 커질 수 있음
- 국내 농가의 밀집도가 매우 높고 축산시설의 출입이 중첩되어 전염병 발생 시 확산 차단이 매우 어려움
- HPAI와 같이 인수공통전염병에 대한 국민들의 불안감이 고조되어 장기적으로 축산물 소비의 위축으로 이어질 수 있음

2. 재난형 가축전염병 발생 시 조치되는 이동제한에 의한 추가적 피해를 예방하기 위한 대책 필요

- 재난형 가축전염병 발생 시 추가적 확산을 막기 위한 이동제한 등의 조치로 인해 출하가 예정된 농가의 출하, 사료 공급 등이 제한되어 축산농가의 피해가 커지고 있음

- 본 연구를 통해 재난형 가축전염병 발생 시 발생상황과 축산시설의 여건에 맞는 독립적 사양관리가 가능한 권역 설정으로 이동제한 등의 조치에 따른 추가적 피해를 예방하고 권역간 이동을 제한하여 가축전염병의 추가확산 차단에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

3절. 연구개발 범위

1. HPAI 위험요소(기계적 전파) 분석

- 과거 발생사례 및 역학조사보고서를 바탕으로 위험요소 파악
- 위험요소별 중요성 및 발생가능성을 고려한 위험성 확인
- 위험분석 결과에 따라 예방조치 기술 (예 : 방역대를 지역여건(지형, 역학적 특성)에 따라 조정)

2. 클러스터 요건 선별 및 데이터 정제

- 과거 발생농장의 지역별 현황, 철새도래지별 철새 이동 및 서식 정보, 축산시설의 분류 및 위치정보, 축산차량의 시설방문 정보, 기준 도시와의 교통량 등의 클러스터 요건 선별
- 클러스터 요건 선별 이외 종계, 실용계 및 알의 이동 정보, 도계(압)장의 도축능력, 사료공장의 사료생산량 등을 추가 고려하여 클러스터를 검출
- 권역화를 실행하기 위하여 선발된 요건의 데이터를 수집, 전처리 정제하여 권역화 실행모델에 투입

3. 권역화 실행모델 개발

- 클러스터 요건을 고려한 권역화 알고리즘 개발
- 수리역학 프로그램을 이용하여 GIS기반의 클러스터 검출
- KAHIS에 수집되고 갱신되어 축적되고 있는 축산시설 정보 및 축산차량 이동정보와의 연계방안 마련

4. 권역화 세부관리 방안 도출

- 발생 시 권역화를 고려한 권역별 가축전염병 대응 방역조치(SOP)마련
- 해외 권역화 사례 수집

제 2장 연구수행 내용 및 결과

1절. 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계

1. 연구개발 추진전략 · 방법

가. 참여기관 : 개발 목표 달성을 위하여 농축산 솔루션 전문기업인 ㈜이지팜과 가축전염병의 원인체 및 확산 실태를 파악하여 역학대책을 수립하는 농림축산검역본부 역학조사과가 협력하여 HPAI의 위험요소를 분석하고 권역화 산출 프로그램을 개발하고 이에 따른 권역화 세부관리방안 도출, 권역화 산출 프로그램의 알고리즘을 개발하기 위하여 2015년 구제역 권역화 산출 프로그램 개발 경력을 보유한 수학과 전공 후박사급 인력 2명을 신규 채용하여 개발에 투입

나. 자문단 구성 : 개발 목표 달성을 위하여 산업계와 학계 자문단을 구성함. 오리협회와 육용오리기업, 양계수의사회와 양계산업의 임원과 학계의 수의역학 전문가, 조류질병학 교수, 지리정보학 교수, 시스템공학 교수를 자문위원으로 위촉하여 자문위원단을 구성하고 연구방향 및 결과물에 대하여 수시로 자문 진행

구분	이름	소속	직위	전문 분야
정부	황성철	농림축산식품부 조류인플루엔자방역과	사무관	연구과제 진도점검 및 연구방향 자문
공공기관	신성호	가축방역위생지원본부	과장	축산 방역정책 자문
	유성룡	가축방역위생지원본부	주임	축산 방역정책 자문
농업	이강현	한국오리협회	전무	오리산업 정책 자문
	윤종웅	양계수의사회	회장	양계 방역정책 자문
	김만섭	㈜모란식품	회장	육용오리 기업실태 자문
	전재수	㈜마니커	부장	육계 기업실태 자문
대학	박선일	강원대학교	교수	수의역학
	배선학	강원대학교	교수	지도학
	권혁준	서울대학교	교수	조류질병학
	지인배	동국대학교	교수	식품산업관리학
연구	김세한	한국전자통신연구원	실장	IT 분야 자문
	유한영	한국전자통신연구원	박사	IT 분야 자문
	이종걸	국가수리과학연구소	연구원	알고리즘 자문

다. 협업방법 : 과제의 성공을 위한 참여기관 간의 협업적, 조직적 관리를 위해 정기적으로 오프라인 미팅과 워크숍을 가지면서 협업을 할 예정, 온라인 컨퍼런스 시스템을 활용하여 필요에 따라 유연하게 과제와 관련된 미팅을 갖고, 각 기관별 과제 진행사항을 투명하게 공개

라. 서비스 도출 방안 : 기술에 맞는 다양한 응용서비스를 고안하여 응용별 다양한 요구와 스테이크홀더(사용자, 개발자, 참여기관)를 고려하며 서비스에 대한 시장성 및 운영가능성(Operational Feasibility)을 협의 및 검토

마. 과제결과 검증 방안 : 제시된 정량적 평가항목에 대한 검증을 위하여 자체평가 워크숍을 개최, 진행 상황 보고와 정량적 기준에 대한 평가를 수행

바. 과제활용담당관과의 협의회 운영 : 과제 선정 후 과제활용담당관 및 본 연구팀의 농림축산검역본부 역학조사과와 연 2회 이상 협의회를 운영하여 연구과제의 진행상황 보고 및 결과 검증, 정책활용 제안 수행

2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참 여 연 구 원
과제명	**HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축**	주관연구책임자 (박 혁)외 총 17명

기 관 별 참 여 현 황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	6
국공립(연)	1	11

㈜ 이지팜	㈜ 농림축산검역본부
HPAI 발생 시 지역단위 권역화 산출 프로그램 개발	**HPAI 위험요소 분석 및 권역화 관리방안 개발**
연구책임자명 (박 혁)외 6명	연구책임자명 (이광녕)외 11명
담당기술개발내용	담당기술개발내용
- 권역화 알고리즘 기초자료 수집·가공·분석 - 권역화 알고리즘 개발 - 권역화 시각화 프로그램 개발	- HPAI 위험요소 분석 - 권역화 세부관리방안 도출

3. 추진일정

1차년도															
일련번호	연구내용	월별 추진 일정												연구개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	과제 계획 수립, 이해관계자 요구사항 조사 및 협의 자료조사					■	■							2,000	박혁 (이지팜)
2	개발 요소별 요구사항 정의						■	■						4,000	박혁 (이지팜)
3	차후 통합을 위한 각 개발 요소 연계 규격 정의							■	■					2,000	박혁 (이지팜)
4	HPAI 위험요소 분석 요구사항 및 기능 규격 정의								■	■				5,000	정우석 (검역본부)
5	클러스터 요건 선별/데이터 정제 요구사항 및 기능 규격 정의								■	■				20,000	박혁 (이지팜)
6	권역화 실행모델 개발 요구사항 및 기능 규격 정의								■	■				5,000	박혁 (이지팜)
7	HPAI 위험요소 분석 상위 레벨 설계 및 상세 설계									■	■			5,000	정우석 (검역본부)
8	클러스터 요건 선별/데이터 정제 상위 레벨 설계 및 상세 설계									■	■			2,000	박혁 (이지팜)
9	권역화 실행모델 개발 상위 레벨 설계 및 상세 설계									■	■			5,000	박혁 (이지팜)
10	HPAI 위험요소 분석 1차년도 해당 요소 설계 및 개발										■	■	■	10,000	정우석 (검역본부)
11	클러스터 요건 선별/데이터 정제 및 1차년도 해당 요소 설계 및 개발										■	■	■	30,000	박혁 (이지팜)
12	권역화 실행모델 개발 1차년도 해당 요소 설계 및 개발										■	■	■	5,000	박혁 (이지팜)
13	1차년도 해당 요소 설계 검토 및 개발 내용 테스트											■	■	5,000	박혁 (이지팜)

2차년도															
일련번호	연구내용	월별 추진 일정												연구개발비(단위:천원)	책임자(소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	클러스터 요건 선별/데이터 정제 및 요소 기술 설계													10,000	박혁(이지팜)
2	권역화 실행모델 개발을 위한 요소 기술 설계													10,000	박혁(이지팜)
3	권역화 세부관리 방안 도출을 위한 요소 기술 설계													10,000	이광녕(검역본부)
4	클러스터 요건 선별/데이터 정제 및 요소 기술 개발													15,000	박혁(이지팜)
5	권역화 실행모델 개발을 위한 요소 기술 개발													30,000	박혁(이지팜)
6	권역화 세부관리 방안 도출을 위한 요소 기술 개발													30,000	이광녕(검역본부)
7	개발 요소별 개발 기술 검토 및 테스트													5,000	박혁(이지팜)

3차년도															
일련번호	연구내용	월별 추진 일정												연구개발비(단위:천원)	책임자(소속기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	통합을 위한 각 개발 요소 연계 규격 검토 및 보완													10,000	박혁(이지팜)
2	권역화 세부관리 방안 고도화													10,000	이광녕(검역본부)
3	클러스터 요건 선별/데이터 정제 고도화													20,000	박혁(이지팜)
4	권역화 실행모델 개발 고도화													10,000	박혁(이지팜)
5	권역화 세부관리 방안 지침서 개발													30,000	이광녕(검역본부)
6	개발 요소별 통합 연동 기술 검토 및 테스트													10,000	박혁(이지팜)
7	시스템 통합, 기능 점검 및 성능 분석, 실증 테스트베드 구축													20,000	박혁(이지팜)

2절. 연구수행 방법

[1차년도, 2차년도]

1. 데이터 정제

가. 사용기술

(1). 관계형 데이터베이스 연산 규칙을 이용한 데이터 정제 및 결합

(2). 한글이 입력된 데이터의 추출과 오류 탐색 기술

나. 사용도구

(1) 프로그래밍 언어 : Scala, Python, C

(2) 데이터베이스 : MS-ACCESS

다. 구체적인 내용

(1) 수집한 데이터를 데이터베이스로 이식하는 과정에서 생성된 오류의 패턴 탐색

(2) 조사된 패턴을 보고 데이터 복원 가능성 확인 후 자동화 알고리즘 제작

(3) 프로그램을 제작 및 실행하여 데이터 정제

(4) 정제된 데이터를 데이터베이스에 이식 후 관계망에 따라 통합 및 분류

2. 데이터 가공 및 시각화

가. 사용기술

(1) 농장과 시설물 매칭 : OLAP(Online Analytical Processing)

(2) 데이터 분류 : 관계형 데이터베이스의 연산 규칙

나. 사용도구

(1) 데이터 분석 : MS-EXCEL

(2) 데이터베이스 : MS-ACCESS

다. 구체적인 내용

(1) 차량 이동 데이터의 이동 목적(도축, 사료, 분뇨처리, 종축)에 맞게 분류하고 관련 농장과 시설물 매칭 SQL문장 완성

(2) 시설물정보에 GPS정보 이식(2016년 10월 기준 KAHIS자료 변환 완료)

(3) 엑셀로 변환 후 지역별 축종별 사육두수 현황 시각화 로직 완성(산출물 : EXCEL 파일)

3. 자립 가능성 확인

가. 사용기술

(1) 매칭된 데이터를 그래프 형태의 행렬로 전환 : Graph Theory, OLAP

(2) 데이터에 GPS정보 이식 및 시각화 : Map-base Visualization

나. 사용도구

(1) 데이터 분석 및 변환 : MS-EXCEL

(2) 시각화 : Power BI

다. 구체적인 내용

(1) 지역별 매칭 자료를 엑셀로 변환

(2) 엑셀 데이터를 OLAP 기법을 이용하여 전이 행렬로 변환(산출물 : EXCEL 파일, VBA코드) 완성

(3) 도축장 별 관계망 시각화 로직 완성(산출물 : EXCEL 파일)

[3차년도]

1. 데이터 수집 및 정제

가. 사용기술

(1) 관계형 데이터베이스 연산 규칙을 이용한 데이터 정제(필터링, 병합 등)

(2) 파생변수 생성 및 loop 문 등을 이용한 이상치 삭제

(3) 외부 데이터 수집 및 기존 데이터와 병합

(4) 자체 DB서버(MySql)에 적재

나. 사용도구

(1) 데이터 분석 및 변환 : R, SQL, Excel

다. 구체적인 내용

(1) 분석에 필요한 대상 추출(필터링)

(2) 분석 편의를 제고할 수 있는 파생변수 생성

(3) 도계장 별 출현두수 및 주소 수집

(4) DB 서버에 정제된 데이터 적재(산출물 : SQL 테이블 및 R.file)

2. 데이터 시각화

가. 사용기술

(1) R-shiny 서버 구축

(2) GIS 표출

나. 사용도구

(1) 데이터 분석 및 변환 : R

(2) 시각화 : R-shiny, GIS

다. 구체적인 내용

(1) R-shiny를 활용하기 위한 리눅스 서버 구축 및 R-shiny 서버 구축

(2) GIS 기법을 활용한 권역화 시각화(산출물 : GIS를 활용한 권역화)

3. 계량/통계 모델

가. 사용기술

(1) Regression (OLS, GLS 등)

(2) Clustering method

(3) Linear/Integer Programming

나. 사용도구

(1) 데이터 분석 및 변환 : R

다. 구체적인 내용

(1) 농가 및 시설 규모 추정에 GLS 활용

(2) 클러스터링을 위해 spectrum 군집 방법 활용

(3) 최적의 권역화를 위해 선형/정수 계획법 적용

3절. 연차별 연구 수행 결과

[주관연구기관] ㈜이지팜

1. 1년차 연구 수행 결과

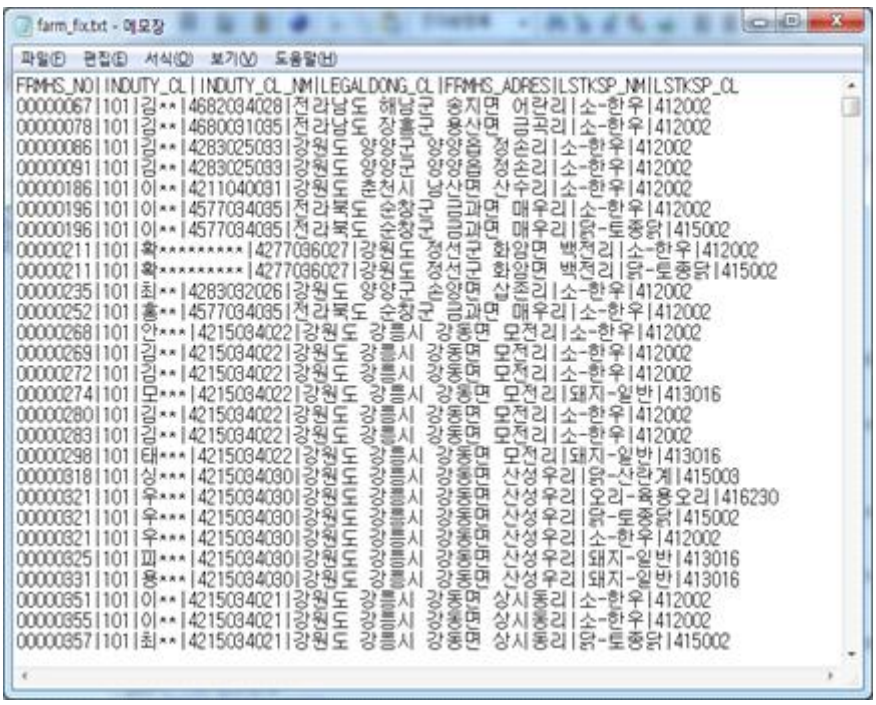
가. 클러스터 요건 선별 및 데이터 정제

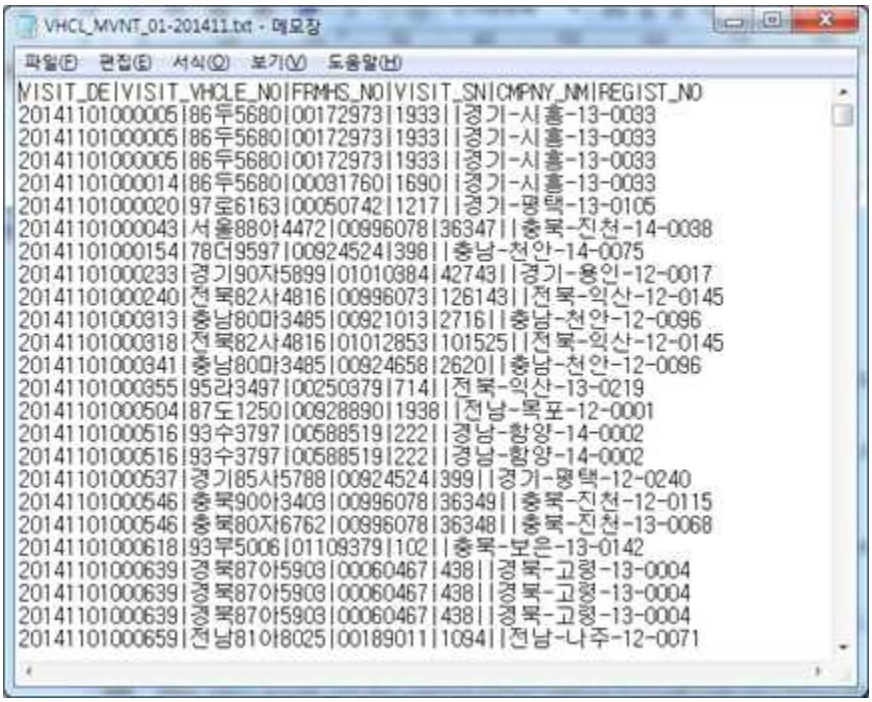
(1). 자료수집 및 가공

주요 자료수집 대상

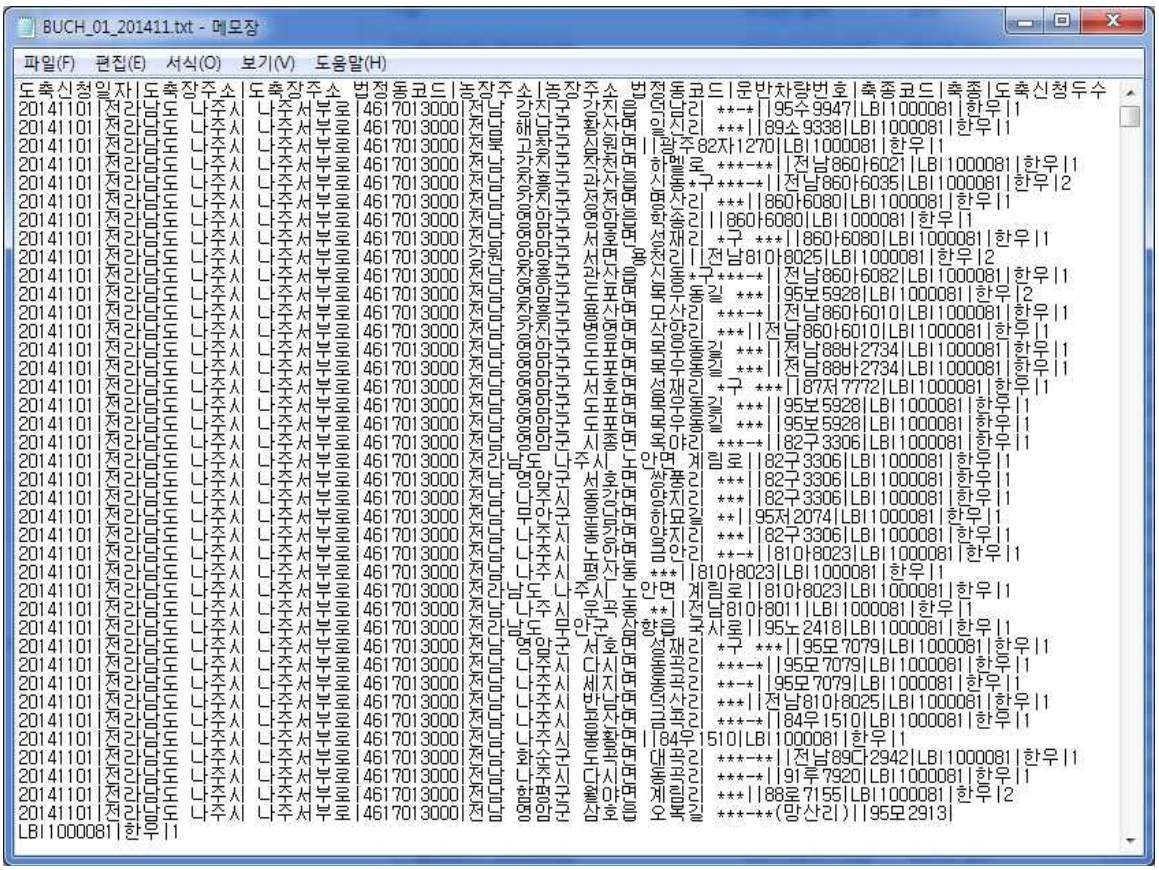
(가) KAHIS 기반의 빅데이터 마트에서 시설물 사이의 차량 운행 정보, 축산 시설 유형 및 용적량 등 닭, 오리 관련 자료를 수집

- 2014년 1월부터 2016년 10월까지의 1차 KAHIS 자료 수집 완료





- 검역본부에 도축 정보 수령 (2016.11.25)



- 축산물평가원등의 공공기관으로부터 종축이동 정보에 대한 정보 요청 : 개인정보 문제 등으로 데이터 수령 못함

(나) 축산 시설의 특성을 분석하여 자료화. (농장의 기업에 대한 종속성, 일일 사료 소비량, 도축 시설의 일일 용적량 등)

- 수령한 데이터에 대한 1차 가공

<농장, 시설물 정보 가공>

FRMHS_NO	INDUTY_CL	INDUTY_CL_NM	FRMHS_NM	LTKRSR_NM	FRMHS_DETAIL_ADRES	FRMHS_LA	FRMHS_LO	LSTKSP_CL	LSTKSP_NM	BRD_HAD_CO
01089081	101	농장	김**	김**	전라남도 광양시 **	34.9***	127.5***	412002	닭	100
01089081	101	농장	김**	김**	전라남도 광양시 **	34.9***	127.5***	412003	닭	200
01089081	101	농장	김**	김**	전라남도 광양시 **	34.9***	127.58***	412004	닭	200
00801914	101	농장	윤**	정**	경상북도 영천시 **	35.9***	129.0***	412002	닭	100
00801914	101	농장	윤**	정**	경상북도 영천시 **	35.9***	129.0***	412004	오리	100

KAHIS로부터 수집되는 농장, 시설물 자료

번호	컬럼영문명	컬럼한글명
1	FRMHS_NO	농가번호
2	INDUTY_CL	시설코드
3	INDUTY_CL_NM	시설명
4	FRMHS_NM	농장명
5	LTKRSR_NM	농장주
6	FRMHS_DETAIL_ADRES	농장주소
7	FRMHS_LA	위도
8	FRMHS_LO	경도
9	LSTKSP_NM	축종
10	BRD_HAD_CO	사육두수

가공된 농장, 시설물 자료의 스키마

<축산시설 방문 정보 가공>

VISIT_DE	INDUTY	INDUTY	FRMHS_NO	FRMHS_NM	LTKRSR_NM	FRMHS_DETAIL_ADRES	REGIST_NO	VISIT_NM	VISIT_TY	VISIT_PU	VISIT_VHCLE_NO
20150901000007	202	도계장	010******	(주)***	김**	전라북도 부안군 *** ***	전북 부안-13-0131	김**	01	가축운반	전북62******
20150901000046	202	도계장	010******	(주)******	이**	전라북도 김제시 *** ***	전북 익산-12-0291	이**	01	가축운반	전북62******
20150901000113	101	농장	000******	이**	이**	강원도 화천군 *** ****	강원 춘천-13-0008	최**	01	가축운반	강원80******
20150901000220	101	농장	063******	권**	정**	충청북도 증평군 ***	충북 증평-12-0050	권**	01	가축운반	충우****
20150901000235	101	농장	061******	**목장	이**	경상북도 상주시 ****	경북 상주-12-0038	남**	08	건강수정	경북12******

KAHIS로부터 수집되는 축산시설 방문 자료

번호	컬럼영문명	컬럼한글명
1	VISIT_DE	방문일자(일시)
2	INDUTY_CL	시설분류코드
3	INDUTY_CL_NM	시설분류명
4	FRMHS_NO	농가번호
5	FRMHS_NM	농장명
6	LTKRSR_NM	농장주
7	FRMHS_DETAIL_ADRES	농가 주소
8	LSTKSP	축종
9	REGIST_NO	등록번호
10	VISIT_NM	운전자명
11	VISIT_TY	차량유형코드
12	VISIT_PURPS_CN	차량유형명
13	VISIT_VHCLE_NO	차량번호

가공된 축산시설 방문 자료의 스키마

- 농식품부와 접촉하여 기업 종속성을 간접적으로 확인할 수 있는 (도축정보, 사료 정보, 생축이동 정보) 관련기관들의 자료 수집 요청 : 개인정보 문제 등으로 데이터 수령 못함
- KAHIS 내부 데이터(시설물 정보, 차량정보, 차량 방문 정보, 품목별 사육두수 정보)를 정제(오타수정, 잘못된 데이터 제거, 축종별 분류)
- 정적 데이터, 차량 방문 데이터에 대한 데이터베이스(MS ACCESS)로 변환된 데이터를 서비스 개발 호환성을 위해 R 프로그램에서 변환 후 MySQL 서버에 탑재

◎ R 프로그램의 변환 코드

```
#주소코드 추가 및 정리
data_fac <- data_fac %>% separate(FRMHS_ADRES, into = c('addr1','addr2'), sep = "
",remove=F)
data_fac <- data_fac %>% mutate(addr3 =
ifelse(addr1!='세종특별자치시',paste(addr1,addr2,sep='_'),addr1))

#농장/시설리스트 데이터가공 : 시설정보DB
tmp0 <- data_fac %>% group_by(FRMHS_NO) %>% tally()
data_fac2 <- merge(data_fac,tmp0,by='FRMHS_NO',all.t=T)
data_fac2 <- data_fac2[,-c(2,4,9)]
colnames(data_fac2)[8] <- 'LSTK_KIND_NO'
tmp1 <- data_fac %>% group_by(FRMHS_NO,LSTKSP_NM) %>% tally() %>%
spread(LSTKSP_NM,n,fill=0)
colnames(tmp1) <-
c('FRMHS_NO','LS_NA','LS_goo','LS_phe','LS_chi_Bek','LS_chi_egg','LS_chi_meat','LS_ch
i_bree','LS_chi_Toj','LS_pig_wild','LS_pig_comm','LS_pig_bree','LS_pig_blk','LS_qua',
'LS_cow_mix','LS_cow_meat','LS_cow_milk','LS_cow_Han','LS_duc_wild','LS_duc_egg','LS_
duc_meat','LS_duc_bree','LS_tur','LS_ost')
tmp1 <- merge(tmp1,tmp0,by='FRMHS_NO',all.t=T)
colnames(tmp1)[25] <- 'LS_KND_NO'
```

```
tmp1$LS_poultry <-
ifelse(apply(tmp1[,c('LS_goo','LS_phe','LS_chi_Bek','LS_chi_egg','LS_chi_meat','LS_ch
i_bree','LS_chi_Toj','LS_qua','LS_duc_wild','LS_duc_egg','LS_duc_meat','LS_duc_bree',
'LS_tur','LS_ost')],1,sum)==0,0,1)
tmp1$LS_hoofed <-
ifelse(apply(tmp1[,c('LS_pig_wild','LS_pig_comm','LS_pig_bree','LS_pig_blk','LS_cow_m
ix','LS_cow_meat','LS_cow_milk','LS_cow_Han')],1,sum)==0,0,1)
tmp1$LS_type <-
ifelse((tmp1$LS_poultry==1)&(tmp1$LS_hoofed==0),'poultry',ifelse(tmp1$LS_poultry==0 &
tmp1$LS_hoofed==1,'hoofed',ifelse(tmp1$LS_poultry==1 & tmp1$LS_hoofed==1,'both',NA)))
tmp2 <- data_fac2[,-c(6,8)] %>% distinct() %>% rename()
fac_info <- merge(tmp2,tmp1,by='FRMHS_NO',all.x=T)

#차량리스트 데이터가공 : 차량정보DB
tmp0 <- data_car %>% group_by(REGIST_NO) %>% tally()
data_car2 <- merge(data_car,tmp0,by='REGIST_NO',all.t=T)
data_car2 <- data_car2[which(ifelse(data_car2$VISIT_PURPS_CN!="",T,F)),]
car_info <- data_car2[,-c(2,4,7)] %>% distinct() %>% rename()

# 시설정보+차량정보 merge
data_merge <- merge(data_visit[,-5],fac_info[,c(1:6,33)],by='FRMHS_NO',all.x=T)
data_merge <- merge(data_merge,car_info,by='REGIST_NO',all.x=T)
```

(다) GPS 자료로부터 축산시설의 위치정보를 조사하여 시설물 간 거리 파악

- GPS변환 프로그램 수집
- 행정기관으로부터 법정동주소코드와 4단계 주소 관계 파일 수집
- 시설물 정보 데이터에 변환된 GPS좌표 추가

	A	B	C	D	E
1	addr	lng	lat	type	wide
2	강원도 강릉시	128.8181	37.87788391	종축장	종축
3	강원도 강릉시	128.836853	37.75792313	가축시장	출하
4	강원도 강릉시	128.8475342	37.73811722	식용란수집판매업	출하
5	강원도 강릉시	128.8880157	37.76740646	식용란수집판매업	출하
6	강원도 강릉시	128.8945313	37.72901917	가축검정기관	검정/소독
7	강원도 강릉시	128.907959	37.77410507	식용란수집판매업	출하
8	강원도 강릉시	128.9294281	37.76432419	도계장	출하
9	강원도 강릉시	128.9652863	37.66814041	비료제조업	분뇨/비료
10	강원도 강릉시	129.0034637	37.66318893	비료제조업	분뇨/비료
11	강원도 강릉시	129.0034637	37.66318893	종축장	종축
12	강원도 고성군	128.3776855	38.46059036	가든형식당	출하
13	강원도 고성군	128.4868927	38.3735733	비료제조업	분뇨/비료
14	강원도 고성군	128.5589752	38.24642563	식용란수집판매업	출하
15	강원도 동해시	129.0822754	37.58979797	비료제조업	분뇨/비료
16	강원도 삼척시	129.0659943	37.34991455	가든형식당	출하
17	강원도 삼척시	129.0942841	37.42838287	가축시장	출하
18	강원도 삼척시	129.2245026	37.35127258	가든형식당	출하
19	강원도 속초시	128.5578918	38.2141037	가축검정기관	검정/소독
20	강원도 양구군	128.0284882	38.08204269	비료제조업	분뇨/비료
21	강원도 양양군	128.6069031	38.14097977	가든형식당	출하
22	강원도 양양군	128.6215668	38.06163788	가축시장	출하
23	강원도 양양군	128.6348572	38.02563477	비료제조업	분뇨/비료
24	강원도 영월군	128.3227997	37.23771286	비료제조업	분뇨/비료
25	강원도 영월군	128.4287567	37.2298584	비료제조업	분뇨/비료
26	강원도 원주시	127.829422	37.31435394	집유장	출하
27	강원도 원주시	127.8349838	37.2735405	비료제조업	분뇨/비료
28	강원도 원주시	127.8389969	37.40726852	AI센터	종축

(라) 철새 도래지 및 이동 경로에 대한 분석 자료 수집

- 철새 도래지 위치 정보는 아래와 같이 조사되었으며, 철새 이동 경로 정보는 권역화 로직에 직접적으로 사용되지 않기 때문에 수집 대상에서 제외하였음

	A	B	C	D	E
1	addr	lng	lat	type	wide
2	강원도 속초시	128.5964203	38.19647217	철새도래지	철새/기타
3	경기도 안성시	127.428978	37.12927246	철새도래지	철새/기타
4	경기도 여주시	127.5408936	37.22374344	철새도래지	철새/기타
5	경기도 파주시	126.6780396	37.78171158	철새도래지	철새/기타
6	경상남도 양산시	129.0641632	35.45353699	철새도래지	철새/기타
7	경상남도 창녕군	128.5010529	35.43453598	철새도래지	철새/기타
8	대구광역시	128.7466125	35.86790085	철새도래지	철새/기타
9	울산광역시	129.2460327	35.57791519	철새도래지	철새/기타
10	울산광역시	129.2929077	35.55426788	철새도래지	철새/기타
11	전라남도 나주시	126.5855713	34.96575165	철새도래지	철새/기타
12	전라남도 나주시	126.5882797	34.94575119	철새도래지	철새/기타
13	전라남도 순천시	127.5068741	34.89092636	철새도래지	철새/기타
14	전라남도 함평군	126.5114746	35.14776611	철새도래지	철새/기타
15	전라북도 고창군	126.7288971	35.54011536	철새도래지	철새/기타
16	전라북도 군산시	126.7671509	36.01929092	철새도래지	철새/기타
17	제주특별자치도	126.1799164	33.32389069	철새도래지	철새/기타
18	제주특별자치도	126.8833466	33.51633835	철새도래지	철새/기타
19	충청남도 아산시	126.9984741	36.80425262	철새도래지	철새/기타
20	충청남도 예산군	126.7468872	36.69381332	철새도래지	철새/기타
21	충청남도 천안시	127.2796783	36.76551819	철새도래지	철새/기타
22	충청북도 청주시	127.3511887	36.66272736	철새도래지	철새/기타
23	충청북도 청주시	127.4506226	36.67158127	철새도래지	철새/기타

(마) 조류인플루엔자 전파경로, 확산속도 자료 수집

- 2014년 1월부터 2016년 11월까지 자료 수집

	A	B	C	D	E
1	연번	농장명 또는 농장주명	소재지	발생일시	가축의 종류 및 규모
2	1	라0묵	충북 진천군 덕산면 구산리	11월 30일	육용오리 9000
3	2	연0준	충북 괴산군 소수면 수리	11월 30일	종오리 6500
4	3	이0수	경기 이천시 설성면 신필리	11월 30일	육용오리 3000
5	4	신0문	강원 철원군 갈말읍 강포리	11월 30일	산란계 31620
6	5	이0노	충남 천안시 풍세면 내촌길	11월 30일	종오리 4349
7	6	김0두	충북 진천군 문백면 계산리	11월 29일	종오리 2242
8	7	박0영	경기 화성시 양감면 사창리	11월 29일	산란종계 23268
9	8	정0해	충북 진천군 이월면 삼용리	11월 29일	육용오리 14861
10	9	홍0표	충북 진천군 이월면 동성리	11월 29일	육용오리 17412
11	10	박0준	충북 진천군 이월면 동성리	11월 29일	육용오리 8920
12	11	정0훈	충북 음성군 감곡면 단평리	11월 28일	육용오리 8378
13	12	송0현	충북 음성군 원남면 덕정리	11월 28일	종오리 9627
14	13	김0자	충북 진천군 이월면 삼용리	11월 28일	육용오리 12806
15	14	오0권	경기 평택시 고덕북로	11월 28일	산란오리 2316
16	15	변0호	충북 청주시 오송읍 쌍청리	11월 28일	육용오리 11768
17	16	박0연	전남 나주시 공산면 중포리	11월 28일	종오리 23590
18	17	최0옥	충북 진천군 덕산면 화상리	11월 28일	육용오리 28040
19	18	최0복	경기 양주시 백석읍 오산리	11월 28일	산란계 15941
20	19	김0문	충북 음성군 맹동면 봉현리	11월 27일	육용종계 83000
21	20	윤0덕	세종 세종시 전동면 보덕리	11월 26일	산란계 703000
22	21	이0무	충북 진천군 이월면 미잠리	11월 26일	육용오리 8910
23	22	최0희	충북 진천군 초평면 오갑리	11월 26일	육용오리 9903
24	23	정0면	경기 이천시 부발읍 가산리	11월 26일	산란계 200000
25	24	유0준	경기 양주시 백석읍 가업리	11월 26일	산란계 96855
26	25	양0식	충북 음성군 삼성면 용대리	11월 25일	종오리 7886
27	26	최0웅	충북 진천군 초평면 오갑리	11월 25일	육용오리 12672
28	27	이0우	충북 진천군 이월면 삼용리	11월 25일	육용오리 7056

나. 알고리즘 구성요소 분석

(1). 주요 축산시설의 네트워크 구성을 위한 관련 정보 분석

(가) 차량 운행정보 분석 및 변환

- 차량 운행 정보 분석 절차

◎ 차량 운행정보 변환 기준

- 운행정보 중에서 필요한 정보를 분류 기준에 따라 분석하여 시설물 사이의 연결의 강도를 조사함.

시간 순서	출발노드	도착노드
1	2	1
2	1	2
3	2	1
4	1	3
5	3	2
6	2	1

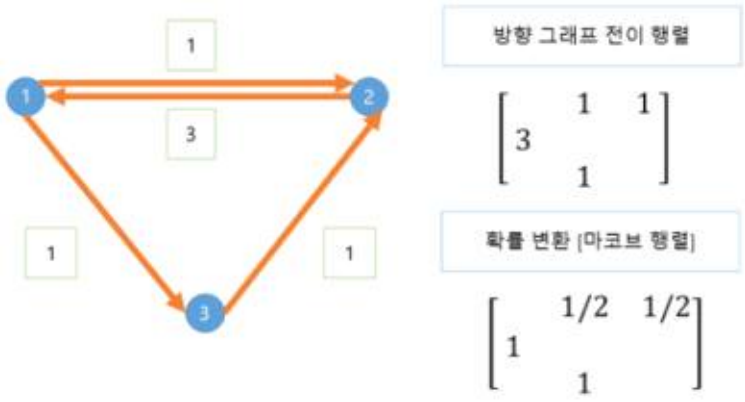
세 노드에서 발생하는 운행정보를 추출하여 자료화하는 과정

방문 정보를 변환하여 누적된 방문정보를 구성한 예

- 노드 구성 단위 : 시설물, 농장 단위 또는 읍, 면, 동 단위
- 계산 시간 단축을 위해 별렬 컴퓨팅 적용

◎ 기준 권역 설정을 위한 자료 선별 (방문정보 변환)

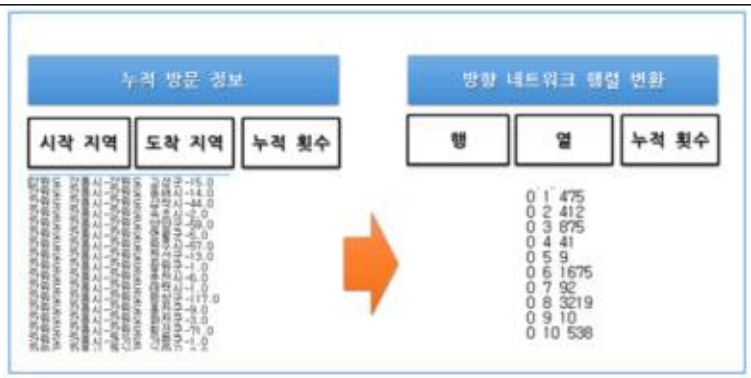
- 자료화된 방문정보를 이용하여 방향그래프 전이행렬 구성, 전이행렬을 확률변환하여 권역화 알고리즘에 적용할 마코프 행렬 구성



$$\begin{bmatrix} & 1 & 1 \\ 3 & & \\ & 1 & \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} & 1/2 & 1/2 \\ 1 & & \\ & 1 & \end{bmatrix}$$

방문정보를 방향 그래프 전이행렬과 마코프 행렬로 변환한 예



누적 방문정보를 방향 네트워크 행렬로 변환한 예

◎ 기준 권역 설정을 위한 자료 선별 (시설정보 변환)

- 시설물의 용적량 정보 수집 (예, 도계장의 경우 도계 가능 용량의 최대치와 실제 평균 도계량 정보 수집. 용적량 단위는 월 또는 일)
- 사료량을 가축 두수로 변환하는 공식 구성 (예, 사육두수를 기초로 사료량과 필요 도계량을 계산하는 공식 산출. 관련 조사와 분석 필요)

- 차량정보로부터 특정 용도의 차량만 추출 그래프 변환 알고리즘 로직 완성 (산출물 : R 코드)

◎ R 프로그램의 변환 코드

```
# Transision matrix를 인접도 matrix로 변환
mat1 <- addr_trmat[,-1]
for(i in 1:nrow(mat1)){  # Tr mat 대각에 1 매핑
  mat1[i,i] <- 1
}
mat3 <- mat1
for(i in 1:nrow(mat1)){  # Tr mat 대칭간 합산으로 대칭행렬로 변환
  for(j in 1:nrow(mat1)){
   mat3[i,j] <- mat1[i,j] + mat1[j,i]
  }
}
mat4 <- as.matrix(1/(mat3+1)) # 이동빈도 역수로 거리 개념으로 변환
for(i in 1:nrow(mat4)){
  mat4[i,i] <- 0
}
sig_sq <- var(as.numeric(as.matrix(mat4)))^2  # 거리를 gaussian kernel distance로
변환
for(i in 1:nrow(mat4)){
  for(j in 1:nrow(mat4)){
    mat4[i,j] <- exp(-(mat4[i,j]^2/(2*sig_sq)))
  }
}

# 매트릭스 형태의 그래프 데이터의 시각화
rgb.palette <- colorRampPalette(c("white", "blue"), space = "rgb")
levelplot(mat4, main="stage 12-14 array correlation matrix", xlab="",
ylab="", col.regions=rgb.palette(120), cuts=100, at=seq(0,1,0.01))
```

- 주어진 데이터에 대한 자동화는 R 프로그램으로 코딩

◎ R 프로그램의 자동화 코드

```
# Spectral Clustering auto function
gkd.fun <- function(addr_trmat){
  mat1 <- addr_trmat[,-1] ; for(i in 1:nrow(mat1)){ mat1[i,i] <- 1 }
  mat3 <- mat1 ; for(i in 1:nrow(mat1)){ for(j in 1:nrow(mat1)){ mat3[i,j] <-
mat1[i,j] + mat1[j,i] }}
  mat4 <- as.matrix(1/(mat3+1)) ; for(i in 1:nrow(mat4)){ mat4[i,i] <- 0 }
  sig_sq <- var(as.numeric(as.matrix(mat4)))^2
  for(i in 1:nrow(mat4)){ for(j in 1:nrow(mat4)){ mat4[i,j] <-
exp(-(mat4[i,j]^2/(2*sig_sq))) }}
  return(mat4)
}
sc.fun <- function(d.mat0,n.cl){
  sc <- specc(as.matrix(d.mat0), centers=n.cl)
  d.mat1 <- rbind(d.mat0,sc@.Data)
  d.mat1 <- cbind(d.mat1,c(sc@.Data,0))
  colnames(d.mat1)[nrow(d.mat1)] <- 'cluster'
  d.mat2 <- d.mat1
  for(i in 1:nrow(d.mat0)) {
    for(j in 1:nrow(d.mat0)) {
      d.mat2[i,j] <-
ifelse(d.mat1[i,nrow(d.mat1)]==d.mat1[nrow(d.mat1),j],d.mat1[i,j],0)
    }
  }
  d.mat2 <- d.mat2[1:nrow(d.mat0),1:nrow(d.mat0)]
  cut.score <- sum(d.mat2^2) / sum(d.mat0^2)
  return(cut.score)
}
```

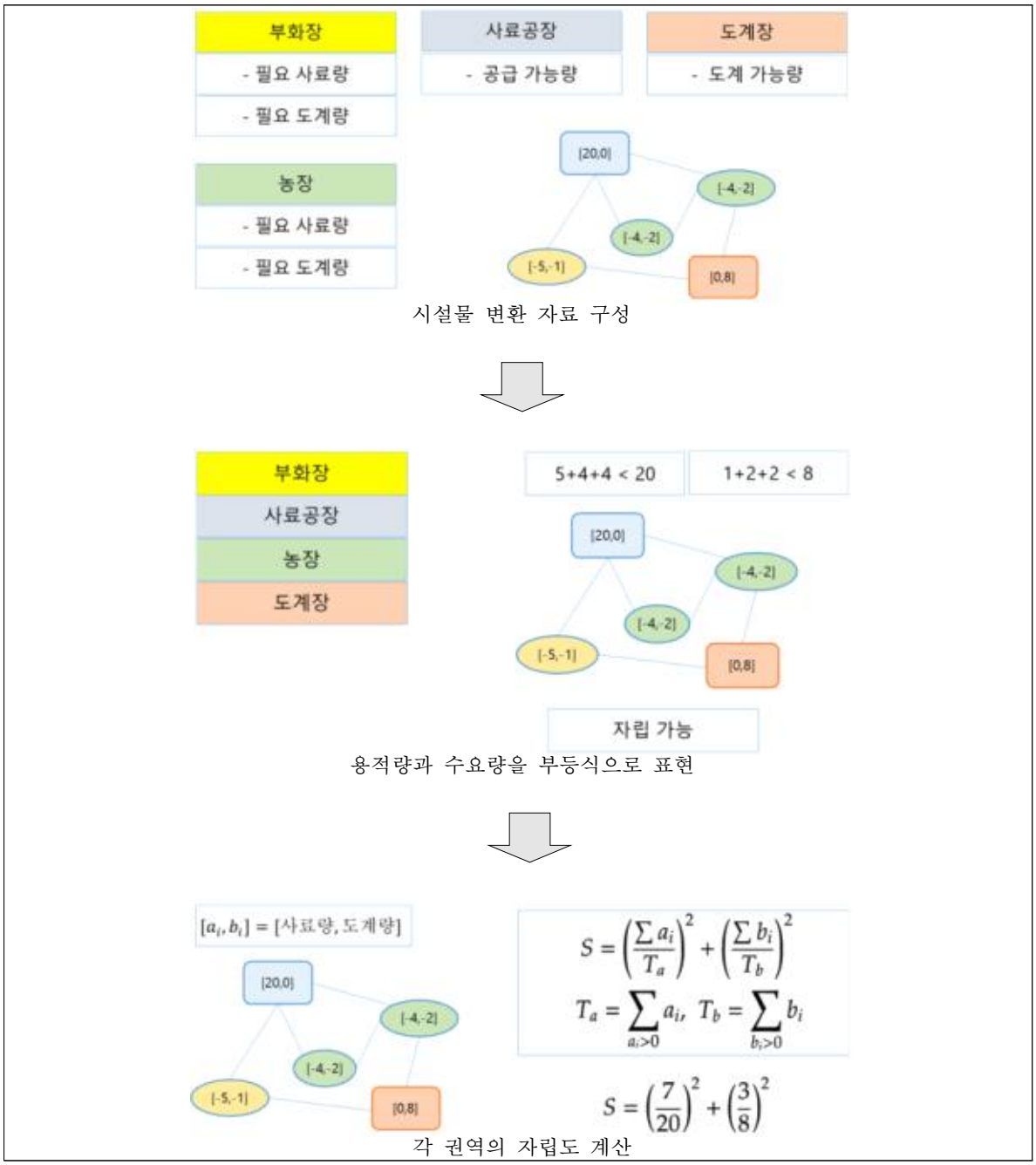
(2). 타당성 조사(자립 가능성 판단)

(가) 자립 가능성 확인

- 자립 가능성 확인 절차

- 권역화의 핵심은 알고리즘을 통해 구현된 군집의 '자립 가능성 판단'임. 즉, 권역화의 문제는 각 시설물의 공급과 농장의 수요의 차를 최소화하는 최적화 문제로 생각할 수 있음.

* 자립 가능성 판단 절차



- 2016년 10월 25일 현재 품목별 사육두수 현황에 대하여 시각화를 통한 권역화 가능성 분석
- 사육두수 현황에 대한 시각화 로직 개발
- 특정 목적(종축이동, 도축이동, 사료이동)으로 구분하여 권역화를 위한 최적화 모델 검토
- 최적화 모델 해결을 위해 엑셀에 대용량 선형계획 문제해결 프로그램 Add-in 장착 : 대용량 데이터 처리와 서비스 개발 호환을 위해 R 프로그램의 lpSolve 패키지 활용
- 특정 품종(식용오리, 육계)에 대한 도계, 도압 정보만 추출하여 권역화하는 로직 완성(산

출물 : R 코드)

◎ R 프로그램의 권역화 로직 코드 (일부)

```
# 축종별 특정 시설 이동 데이터를 가공 데이터에서 추출
tr_chi <- data_merge3 %>% filter((INDUTY_CL_NM=='농장' &
(LS_chi_Bek+LS_chi_meat+LS_chi_egg+LS_chi_bree+LS_chi_Toj)>=1 |

INDUTY_CL_NM%in%c('도계장','종축장','부화장','사료공장','가축분뇨처리장','식용란수집
판매업','철새도래지')))
tr_duc <- data_merge3 %>% filter((INDUTY_CL_NM=='농장' &
(LS_duc_wild+LS_duc_egg+LS_duc_bree+LS_duc_meat)>=1 |

INDUTY_CL_NM%in%c('도압장','종축장','부화장','사료공장','가축분뇨처리장','식용란수집
판매업','철새도래지')))

# 축종별 특정 시설 이동 행렬 생성
tr_chi_f1 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'도계장')
tr_chi_f2 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'사료공장')
tr_chi_f3 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'종축장')
tr_chi_f4 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'가축분뇨처리장')
tr_chi_f5 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'부화장')
tr_chi_f6 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'철새도래지')
tr_chi_f7 <- tr_lstk_f0(tr_chi,'식용란수집판매업')

tr_duc_f1 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'도압장')
tr_duc_f2 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'사료공장')
tr_duc_f3 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'종축장')
tr_duc_f4 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'가축분뇨처리장')
tr_duc_f5 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'부화장')
tr_duc_f6 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'철새도래지')
tr_duc_f7 <- tr_lstk_f0(tr_duc,'식용란수집판매업')

# 축종별 특정 시설 이동에 대한 전이 행렬 변환
trmat_chi_f1 <- tran_mat2(tr_chi_f1,'addr_from','addr_to')
trmat_chi_f2 <- tran_mat2(tr_chi_f2,'addr_from','addr_to')
trmat_chi_f3 <- tran_mat2(tr_chi_f3,'addr_from','addr_to')
trmat_chi_f4 <- tran_mat2(tr_chi_f4,'addr_from','addr_to')
trmat_chi_f5 <- tran_mat2(tr_chi_f5,'addr_from','addr_to')
trmat_chi_f6 <- tran_mat2(tr_chi_f6,'addr_from','addr_to')
trmat_chi_f7 <- tran_mat2(tr_chi_f7,'addr_from','addr_to')
trmat_chi <-
data.frame(addr_from=trmat_chi_f1[,1],addr_to=trmat_chi_f1[,2],f1=trmat_chi_f1[,3],f2
=trmat_chi_f2[,3],f3=trmat_chi_f3[,3],f4=trmat_chi_f4[,3],f5=trmat_chi_f5[,3],f6=trma
t_chi_f6[,3],f7=trmat_chi_f7[,3])

trmat_duc_f1 <- tran_mat2(tr_duc_f1,'addr_from','addr_to')
trmat_duc_f2 <- tran_mat2(tr_duc_f2,'addr_from','addr_to')
trmat_duc_f3 <- tran_mat2(tr_duc_f3,'addr_from','addr_to')
trmat_duc_f4 <- tran_mat2(tr_duc_f4,'addr_from','addr_to')
trmat_duc_f5 <- tran_mat2(tr_duc_f5,'addr_from','addr_to')
trmat_duc_f6 <- tran_mat2(tr_duc_f6,'addr_from','addr_to')
trmat_duc_f7 <- tran_mat2(tr_duc_f7,'addr_from','addr_to')
```

```
trmat_duc <-
data.frame(addr_from=trmat_duc_f1[,1],addr_to=trmat_duc_f1[,2],f1=trmat_duc_f1[,3],f2
=trmat_duc_f2[,3],f3=trmat_duc_f3[,3],f4=trmat_duc_f4[,3],f5=trmat_duc_f5[,3],f6=trma
t_duc_f6[,3],f7=trmat_duc_f7[,3])

# 전이행렬을 이용한 Spectral Clustering 수행 함수
map.fun <- function(addr_trmat,n.cl){
  d.mat0 <- gkd.fun(addr_trmat)
  sc <- specc(as.matrix(d.mat0), centers=n.cl)
  gr_list <- data.frame(addr3=addr_trmat[,1],cluster=sc@.Data)
  gr_list <- gr_list %>%
separate(addr3,into=c('metro_name','city_name2'),remove=F,sep='_')
  gr_list <- gr_list %>%
mutate(city_name2=ifelse(is.na(city_name2),metro_name,city_name2))
  return(gr_list)
}

# Spectral Clustering 결과에 의한 Cut score 도출 함수
sc.fun <- function(d.mat0,n.cl){
  sc <- specc(as.matrix(d.mat0), centers=n.cl)
  d.mat1 <- rbind(d.mat0,sc@.Data)
  d.mat1 <- cbind(d.mat1,c(sc@.Data,0))
  colnames(d.mat1)[nrow(d.mat1)] <- 'cluster'
  d.mat2 <- d.mat1
  for(i in 1:nrow(d.mat0)) {
    for(j in 1:nrow(d.mat0)) {
      d.mat2[i,j] <-
ifelse(d.mat1[i,nrow(d.mat1)]==d.mat1[nrow(d.mat1),j],d.mat1[i,j],0)
    }
  }
  d.mat2 <- d.mat2[1:nrow(d.mat0),1:nrow(d.mat0)]
  cut.score <- sum(d.mat2^2) / sum(d.mat0^2)
  return(cut.score)
}
```

2. 2년차 연구 수행 결과

가. 클러스터 구성

(1). 농가규모 추정

데이터 정제	→	트럭 종류별 용적량 추정	→	농가별 규모 추정
○ 가축운반에 활용된 케이스(row) 추출 ○ 축평원에서 제공되는 월별 출현두수 데이터 DB서버 적재 ○ 도계장 주소 관련 리스트 제작 및 DB서버 적재	→	○ 가축운반에 활용된 트럭 리스트 추출 ○ 트럭 별 용적량 계산 및 DB서버 적재	→	○ 추출된 데이터를 기반으로 n(농장)*p(도계장) 행렬 산출 ○ 출현두수를 이용해 트럭 1회 이동 시 운반량 산출 ○ 1회 운반량 및 트럭별 용적량을 기반으로 농가 규모 추정 ○ 추정된 농가규모 분포와 실제 농가규모 분포(통계청 데이터) 비교

(가). 데이터 정제

① 가축운반에 활용된 케이스(row) 추출

㉮ 농가규모를 추정하기 위한 선행 작업으로, 가축 운반 관련 건(row)을 일차적으로 추출

㉯ 가축운반에 활용된 건 중, 같은 날 특정 농장에서 머문 케이스는 제외

㉰ 아래 그림과 같이 특정 차량이 여러 농가를 방문했으나, 최종 목적지가 도계장이 아닌 케이스도 제외

FRMHS_NO	REGIST_NO	VISIT_DE	VISIT_VHCLE_NO	VISIT_SN	year	month	day	hour	minute	second	date	INDUTY_CL_NM
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1150	2017	03	26	10	32	43	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1151	2017	03	26	11	18	15	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1151	2017	03	26	11	18	15	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1152	2017	03	26	13	16	15	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1152	2017	03	26	13	16	15	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1153	2017	03	26	18	14	38	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1153	2017	03	26	18	14	38	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1154	2017	03	26	21	02	7	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1154	2017	03	26	21	02	7	2017-03-26	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1155	2017	03	27	11	02	30	2017-03-27	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1155	2017	03	27	11	02	30	2017-03-27	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1156	2017	03	27	17	51	27	2017-03-27	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1156	2017	03	27	17	51	27	2017-03-27	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1157	2017	03	28	12	37	15	2017-03-28	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1157	2017	03	28	12	37	15	2017-03-28	농장
978751	강원-강릉-12-0034	2.017033e+13	87보3098	1158	2017	03	29	14	28	39	2017-03-29	농장

<차량의 최종 목적지가 도계장이 아닌 케이스>

㉱ 그 외, 노이즈(noise)라 판단할 만한 케이스를 추가적으로 제외하여 최종 데이터를 구성

② 축평원에서 제공하는 월별 출현두수 및 도계장 위치 관련 데이터 DB 적재

㉮ 농가규모를 추정하기 위해 도계업체 별 출현두수 및 주소 데이터 구성 및 DB 적재

	addr	number	addr	yearm
1	(주)하림부산포스트	113675	부산광역시 해운대구 반여1동	201611
2	원식품	40934	대구시 달서구 장기동	201611
3	(주)키토랑	110820	대구광역시 서구 중리동	201611
4	(주)이가	109035	대구광역시 달서구 월암동	201611
5	주식회사하림디지포스터	46490	대구광역시 북구 동호동	201611
6	(주)하림(인천축산물센터)	140500	인천광역시 서구 석남동	201611
7	(주)조광식품	83144	광주광역시 서구 마륵동	201611
8	농업회사법인 정우식품(주)	177500	경기도 포천시 신북면 가채리	201611
9	주식회사 대한푸드	80350	경기도 구리시 사노동	201611
10	한국육계유통(주)	278260	경기도 구리시 수택동	201611
11	에비앙푸드 주식회사	94916	경기도 화성시 봉담읍 수영리	201611
12	정진식품(주)	129500	경기도 광주시 초월읍 신월리	201611
13	하림FS	109090	경기도 파주시 월롱면 도내리	201611
14	(주)마니커동두천지점	1073225	경기도 동두천시 하봉암동	201611
15	한강CM(주)	485710	경기도 화성군 태안읍 안녕리	201611
16	(주)현진	63900	강원도 춘천시 동면 만천리	201611
17	주식회사 해마로	39400	강원도 인제군 인제읍 덕산리	201611
18	(주)농협목우촌 음성육가공공장	370724	충청북도 음성군 금왕면 괴정리	201611
19	(주)케이씨푸드	27890	충청북도 청원군 내수읍 세교리	201611
20	체리부로	1219105	충청북도 진천군 이월면 중산리	201611

<도계업체 출현두수 및 주소>

(나). 트럭 종류별 용적량 추정

① 농가 규모를 파악하기 위해 트럭 종류 별 운반 가능한 가축수가 상이할 것이 자명하므로, 트럭의 크기에 따른 용적량을 추정할 필요가 있음

② 관련 데이터를 추출할 수 있는 코드를 작성해 트럭 종류 관련 데이터를 추출

예) SQL : SELECT Vehicle_type, COUNT(Vehicle_type) AS [Count] from trans_data GROUP BY Vehicle_type ORDER BY Count DESC;

예) R : Truck_type <- trans_data %>% filter(INDUTY = “가축운반”) %>% group_by(Vehicle_type) %>% tally() %>% arrange(desc(n))

③ 트럭 중량(t) 별 평균 적재 수수 파악

㉮ 육계 수송차량 관련, 트럭 중량(t) 별 평균 적재 수수에 대한 참고자료가 필요

㉯ 농촌진흥청 내 축산연구소가 진행한 ‘육계의 수송 및 계류 환경 조사 연구’를 참고해 트럭 중량(t) 별 평균 적재 수수를 파악

㉰ 육계 수송차량은 보통 5톤 또는 5.5톤 초 장축을 이용하고, 수송의 경우 1차량 당 평균 적재 수수 약 4천수, 2중량은 약 2.7톤

④ 트럭 명칭과 사진(구글 검색)을 고려해 각 트럭별 용적량을 산출

㉮ 가축 운반과 관련된 차량의 종류는 총 992개

㉯ 명칭에 중량(t)이 나타나 있는 차량도 있고, 중량 확인이 어려운 차량도 존재

㉰ 중량 확인이 어려운 경우, 구글 검색을 이용해 차량의 사진을 확인한 후 대략적인 중량을 추정

VEH_KIND	move
화물,포터터보초장축	727
화물,포터초장축슈퍼캡	727
화물,포터2	727
화물,이-마이티	2321
화물,봉고프런티어	727
화물,봉고3ㅂ	727
화물,메가트럭	2321
화물,마이티2	2321
화물,마이티	2321
화물,리베로슈퍼캡냉동탑차	727
화물,리베로	727
화물, 현대4.5톤트럭	3023
화물, 포터2	727
화물, 포터	727
화물, 코란도스포츠	3
화물, 이-마이티	2031
화물, 봉고3	727
화물, 대우4.5톤초장축카고트럭	3021
화물,	4011
화물(현대5톤트럭장축)	4011
화물(현대5톤트럭)	4011
화물(현대5톤초장축카고트럭)	4011
화물(현대5톤장축카고트럭)	4011
화물(현대4.5톤트럭)	3045

<트럭별 용적량 산출 결과 예시>

(다). 농가별 규모 추정

① 농가 규모 추정을 통해 지역별 출하 두수를 산출하게 되면 클러스터를 효과적으로 구성 가능

② 농가 규모 추정 프로세스

㉮ 데이터 정제 과정을 통해 도출된 데이터를 기반으로 특정 농가가 특정 도계장에 방문한 빈도를 산출

㉯ DB에 적재된 도계장 주소를 상기 빈도 데이터와 병합(merging) 처리

㉰ 병합된 데이터를 기반으로 n(농장)*p(도계장) 행렬 산출 (farm = 농가, slau = 도계장)

	$slau_1$	$slau_2$	$slau_3$	$slau_4$	• • •	• • •	$slau_n$	
$farm_1$	3	5	0	3	• • •	• • •	1	$\sum_{i=1}^{p} n_{1,i}$
$farm_2$	2	0	0	0	• • •	• • •	9	$\sum_{i=1}^{p} n_{2,i}$
$farm_3$	0	2	0	3	• • •	• • •	0	$\sum_{i=1}^{p} n_{3,i}$
$farm_4$	0	1	12	2	• • •	• • •	0	$\sum_{i=1}^{p} n_{4,i}$
• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •
• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •
$farm_n$	2	1	0	0	• • •	• • •	26	$\sum_{i=1}^{p} n_{n,i}$
	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,1}$	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,2}$	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,3}$	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,4}$	• • •	• • •	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,p}$	

<n(농장)*p(도계장) 행렬>

㉱ 상기 행렬과 도계장별 사육두수를 활용해 도계장을 목적지로 한 트럭 한 대의 운반량을 추정한 결과, 1회 운반량은 4,031 마리로 나타남

㉲ 예상 운반량보다 높은 수치가 도출된 원인으로는 데이터 정제 과정에서의 샘플 소실과 트럭 별 가중치가 적용되지 않았기 때문인 것으로 판단됨

③ 추정된 트럭 중량(t)을 활용한 농가 규모 추정

㉮ 먼저 육계 관련 Raw 데이터에서 농가별 가축운반에 활용된 차량 및 그에 대한 이동 횟수를 추출

코드 예시) farm_size <- chik %>% group_by(FRMHS_NO, VEH_KIND) %>% filter(INDUTY = “가축운반”) %>% tally()

㉯ 상기 데이터와 추정된 트럭 종류별 용적량 데이터를 병합

코드 예시) farm_size <- merge(farm_size, truck, by = c(“VEH_KIND“), all.x = TRUE)

㉰ 병합된 데이터를 활용해 각 농가의 규모를 산출

코드 예시) farm_size$f_size <- farm_size$n*farm_size$move

코드 예시) farm_size <- farm_size %>% group_by(FRMHS_NO) %>% summarise(f_size = sum(f_size, na.rm = TRUE))

FRMHS_NO	f_size	addr1	addr2	addr3
528	727	강원도	강릉시	강원도_강릉시
540	3022	강원도	강릉시	강원도_강릉시
565	1454	강원도	강릉시	강원도_강릉시
618	22438	강원도	강릉시	강원도_강릉시
688	727	강원도	강릉시	강원도_강릉시
731	727	강원도	강릉시	강원도_강릉시
1033	727	강원도	강릉시	강원도_강릉시
1170	727	강원도	강릉시	강원도_강릉시
1256	6315	강원도	강릉시	강원도_강릉시
1278	727	강원도	강릉시	강원도_강릉시
1632	10100	강원도	강릉시	강원도_강릉시
2050	1162	강원도	고성군	강원도_고성군
2445	8492	강원도	고성군	강원도_고성군
2759	2321	강원도	동해시	강원도_동해시
2891	727	강원도	동해시	강원도_동해시
2908	727	강원도	동해시	강원도_동해시
2948	1454	강원도	삼척시	강원도_삼척시
2984	1454	강원도	삼척시	강원도_삼척시
3010	727	강원도	삼척시	강원도_삼척시
3022	2739	강원도	삼척시	강원도_삼척시
3039	1454	강원도	삼척시	강원도_삼척시
3084	1454	강원도	삼척시	강원도_삼척시
3100	727	강원도	삼척시	강원도_삼척시
3139	727	강원도	삼척시	강원도_삼척시

<추정된 각 농가 규모 예시>

㉮ 각 농가 규모는 닭, 오리 등 모든 육계를 합한 산출치

㉯ 지역 별 농가규모(비율)

지역(도)	비율
전라북도	23.32
충청남도	18.04
전라남도	17.46
경상북도	12.02
경기도	11.63
충청북도	6.79
경상남도	6.28
강원도	2.52
제주도	1.39
세종시	0.20
울산광역시	0.11
인천광역시	0.08
부산광역시	0.07
대구광역시	0.04
광주광역시	0.02
대전광역시	0.02

<도 별 농가 규모 비율(닭, 오리 합산)>

지역(시군)	비율
익산시	4.16
남원시	3.98
나주시	3.28
정읍시	2.96
부여군	2.91
고창군	2.75
상주시	2.37
함평군	2.36
부안군	2.01
김천시	1.96
보령시	1.87
진안군	1.84
당진시	1.74
곡성군	1.62
김제시	1.61
연천군	1.60
논산시	1.58
영광군	1.55
청양군	1.48
홍성군	1.42
임실군	1.29
평택시	1.27
서산시	1.25
제주시	1.24
양평군	1.24
…	…

<시군 별 농가 규모 비율(닭, 오리 합산)>

(2) 사료회사, 분뇨처리장, 종계장 규모 추정

① 추정된 농가 규모를 이용하여 농가와 시설 간 이동량 변수를 이용하여 지역별 사료회사, 분뇨처리장, 종계장 규모를 추정이 가능함

② 시설 규모 추정 프로세스

㉮ 데이터 정제 과정을 통해 도출된 데이터를 기반으로 지역별 농장에서 특정 시설 유형에 방문한 빈도를 산출

㉯ DB에 적재된 시설 유형별 주소를 차량 이동 빈도 데이터와 병합(merging) 처리

㉰ 병합된 데이터를 기반으로 n(지역별 농가 규모)*p(지역별 시설물 규모) 행렬 산출 (farm = 지역별 농가, fac = 지역별 시설물)

	fac_1	fac_2	fac_3	fac_4	· · ·	· · ·	fac_n	
$farm_1$	121	234	23	34	· · ·	· · ·	12	$\sum_{i=1}^{p} n_{1,i}$
$farm_2$	234	532	65	45	· · ·	· · ·	18	$\sum_{i=1}^{p} n_{2,i}$
$farm_3$	12	131	43	43	· · ·	· · ·	14	$\sum_{i=1}^{p} n_{3,i}$
$farm_4$	44	21	11	33	· · ·	· · ·	8	$\sum_{i=1}^{p} n_{4,i}$
· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·
· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·
$farm_n$	16	23	27	18	· · ·	· · ·	3	$\sum_{i=1}^{p} n_{n,i}$
	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,1}$	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,2}$	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,3}$	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,4}$	· · ·	· · ·	$\sum_{i=1}^{n} n_{i,p}$	

<n(농장)*p(도계장) 행렬>

㉮ 상기 행렬의 계산을 통해 지역별로 추정된 농가규모를 통해 지역별 시설 유형별로 규모를 추정하였으며 추정결과는 권역화 모델의 입력변수로 사용될 수 있도록 하였음

(3). 클러스터 구성

(가). 시설 유형별 차량 이동량 기반의 클러스터 구성

① Gaussian Kernel을 이용한 시군 인접도 행렬 도출

㉮ 시군 단위 행정구역 간 차량 이동빈도를 이용하여 From-To 형태의 전이 행렬 산출

㉯ 전이행렬을 행렬을 Undirected Weighted Graph 계산을 위한 대칭행렬화

㉰ 대칭행렬화된 이동빈도 행렬을 Gaussian Kernel을 이용하여 인접도 행렬로 변환

Var1	강원도_강릉시	강원도_고성군	강원도_동해시	강원도_삼척시	강원도_속초시	강원도_양구군	강원도_양양군	강원도_영월군	강원도_원주시	강원도_인제군	강원도_정선군	강원도_철원군	강원도_춘천시	강원도_태백시	강원도_평창군	강원도_홍천군	강원도_화천군	강원도_횡성군	경기도_가평군	경기도_고양시	경기도_과천시	경기도_광명시	경기도_광주시	경기도_구리시	경기도_군포시	경기도_김포시	경기도_남양주시	경기도_동두천시
강원도_강릉시	3571	9	13	11	3	1	29	1	85	8	4	0	36	2	34	9	4	3	0	0	0	0	0	0	0	8	4	1
강원도_고성군	12	285	0	1	8	6	4	0	70	12	0	0	36	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_동해시	3	0	74	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_삼척시	53	5	56	5048	1	0	5	1	8	5	25	0	0	88	14	0	0	2	0	0	0	1	191	0	0	1	1	0
강원도_속초시	0	1	0	0	18	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_양구군	0	6	0	0	16	584	0	0	161	60	0	1	134	0	1	73	3	5	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
강원도_양양군	19	14	0	5	25	1	1063	1	8	0	0	1	0	0	5	2	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
강원도_영월군	0	0	0	0	0	0	5	404	0	0	3	0	6	0	10	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
강원도_원주시	242	181	0	30	0	270	216	3	10338	176	1	37	280	41	47	481	374	711	49	61	0	1	100	0	73	8	10	0
강원도_인제군	8	39	0	5	12	68	1	1	93	2339	0	2	102	0	0	97	152	60	127	17	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_정선군	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	0	0	0	2	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_철원군	1	0	0	0	0	2	0	0	33	1	0	8157	52	0	1	5	4	76	14	13	0	0	3	0	0	215	14	558
강원도_춘천시	0	1	0	0	0	208	0	1	107	64	0	35	4961	0	22	391	130	62	59	4	0	0	53	0	0	1	11	128
강원도_태백시	0	0	0	8	0	0	0	0	15	0	0	0	0	337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_평창군	11	1	0	1	0	0	4	11	35	0	2	0	36	0	473	18	0	40	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
강원도_홍천군	43	53	0	4	1	79	57	16	520	96	0	16	392	4	155	6508	40	1122	54	7	0	0	18	0	0	5	24	84
강원도_화천군	7	0	0	0	0	12	1	0	240	131	0	9	259	0	1	46	1629	7	15	30	0	1	1	0	0	5	2	34
강원도_횡성군	46	136	26	167	2	85	109	143	1654	73	313	214	924	26	371	1389	27	10132	32	77	0	22	5	0	8	0	14	15
경기도_가평군	0	0	0	0	0	1	0	0	12	121	0	1	112	0	1	9	9	5	1771	1	0	0	0	0	0	39	9	31
경기도_고양시	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	0	10	0	0	0	12	10	41	1	4707	0	0	5	0	0	57	6	1

<차량이동 빈도를 이용한 시군 간 전이행렬 산출 결과>

강원도_강릉시	강원도_고성군	강원도_동해시	강원도_삼척시	강원도_속초시	강원도_양구군	강원도_양양군	강원도_영월군	강원도_원주시	강원도_인제군	강원도_정선군	강원도_철원군	강원
1.000000e+00	9.581964e-01	9.309818e-01	9.951201e-01	2.747895e-01	5.701653e-03	9.914289e-01	5.701653e-03	9.998079e-01	9.309818e-01	5.632053e-01	5.701653e-03	9.85
9.581964e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	6.558679e-01	8.132799e-01	8.848865e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	9.996746e-01	9.923856e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.85
9.309818e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.959084e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.951201e-01	6.558679e-01	9.959084e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	8.429818e-01	5.701653e-03	9.865035e-01	8.429818e-01	9.698887e-01	1.056825e-09	1.05
2.747895e-01	8.132799e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	1.000000e+00	9.309818e-01	9.757240e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.309818e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	9.998893e-01	9.987588e-01	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
9.914289e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	8.429818e-01	9.757240e-01	5.701653e-03	1.000000e+00	6.558679e-01	9.995918e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	5.701653e-03	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	6.558679e-01	1.000000e+00	2.747895e-01	5.701653e-03	2.747895e-01	1.056825e-09	7.24
9.998079e-01	9.996746e-01	1.056825e-09	9.865035e-01	1.056825e-09	9.998893e-01	9.995918e-01	2.747895e-01	1.000000e+00	9.997165e-01	5.701653e-03	9.959084e-01	9.99
9.309818e-01	9.923856e-01	5.701653e-03	8.429818e-01	8.848865e-01	9.987588e-01	5.701653e-03	5.701653e-03	9.997165e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
5.632053e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.698887e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	1.000000e+00	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.959084e-01	2.747895e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.97
9.850162e-01	9.857889e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.998243e-01	1.056825e-09	7.240191e-01	9.998627e-01	9.992592e-01	1.056825e-09	9.973347e-01	1.000
1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.978058e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.936588e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.902801e-01	4.374819e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	8.132799e-01	9.581964e-01	9.970044e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.94
9.926692e-01	9.936588e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.991175e-01	9.942753e-01	9.496422e-01	9.999794e-01	9.994510e-01	1.056825e-09	9.581964e-01	9.99
8.662968e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.224387e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.999454e-01	9.997438e-01	1.056825e-09	8.999204e-01	9.99
9.917669e-01	9.989309e-01	9.720470e-01	9.992851e-01	1.006160e-01	9.975073e-01	9.993405e-01	9.990309e-01	9.999963e-01	9.988496e-01	9.998031e-01	9.997560e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.946377e-01	9.996667e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.949668e-01	9.800187e-01	1.056825e-09	9.647542e-01	4.37
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.994395e-01	1.056825e-09	1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.982619e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	9.92

<Gassian Kernel을 이용한 시군 간 인접도 행렬 계산 결과>

② Spectral Clustering 기법 적용

㉮ 인접도 행렬을 이용하여 Spectral Clustering에 의한 클러스터 산출 알고리즘 개발

㉯ Spectral Clustering에 의한 Cut score 산출

addr3	metro_name	city_name2	cl2	cl3	cl4	cl5	cl6	cl7	cl8	cl9	cl10	cl11	cl12	cl13	cl14	cl15	cl16	cl17	cl18	cl19	cl20	cl21	cl22	cl23	cl24
강원도_강릉시	강원도	강릉시	1	2	4	2	2	3	2	2	10	2	9	8	3	8	4	5	5	5	8	21	12	17	5
강원도_고성군	강원도	고성군	1	2	4	2	2	7	6	2	1	8	7	9	14	2	16	3	1	4	8	21	12	17	5
강원도_동해시	강원도	동해시	1	2	4	2	2	7	6	2	1	8	7	9	14	2	16	7	1	4	19	12	19	4	23
강원도_삼척시	강원도	삼척시	1	2	4	2	2	3	6	2	1	8	9	4	3	8	4	5	5	5	8	21	12	17	5
강원도_속초시	강원도	속초시	1	2	4	2	2	7	6	2	1	8	7	9	14	2	16	7	1	4	19	12	19	4	23
강원도_양구군	강원도	양구군	1	2	4	2	2	3	2	2	10	2	9	4	3	8	4	5	2	4	8	21	12	17	5
강원도_양양군	강원도	양양군	1	2	4	2	2	7	6	2	1	8	7	4	3	8	4	5	2	4	8	21	12	17	5
강원도_영월군	강원도	영월군	1	2	4	2	2	3	2	2	10	2	9	8	3	9	4	5	5	5	8	21	12	17	5
강원도_원주시	강원도	원주시	2	3	2	4	3	5	4	6	7	3	5	10	5	14	12	11	3	9	13	18	8	11	9
강원도_인제군	강원도	인제군	2	3	2	4	3	5	4	6	7	3	6	2	12	9	14	11	18	17	5	19	13	11	9
강원도_정선군	강원도	정선군	1	2	4	2	2	7	6	2	1	8	7	9	14	2	16	3	1	4	10	4	21	18	1
강원도_철원군	강원도	철원군	2	3	2	4	3	5	4	6	7	3	6	2	12	9	14	12	18	17	5	19	1	15	14
강원도_춘천시	강원도	춘천시	2	3	2	4	3	5	4	6	7	3	6	2	12	9	14	11	18	17	5	19	13	11	9
강원도_태백시	강원도	태백시	1	2	4	2	2	7	6	2	1	8	7	9	14	2	16	3	1	4	10	4	21	18	1

<Spectral Clustering을 이용한 클러스터 개수별 클러스터-행정구역 맵핑 결과>

나. 핵심 변수 정리

(1) 평시 권역화 모델 관련 변수

(가) 농장-시설유형별 시/군 행정구역간 차량이동량 변수

- 농장과 특정 시설유형 간의 차량이동량 데이터는 평시 권역화 모델에서 사용되는 Spectral Clustering 분석에 필요한 Gaussian Kernel 인전도 행렬을 만드는데 필요한 데이터임
- From-to 형태의 방향성을 가진 이동량 데이터를 동일한 지역간의 중복 케이스를 합산하면 원하는 형태의 농장-시설유형별 행정구역 간 이동량 정보로 환산할 수 있음
- 변수명에서 F1 ~ F7은 시설유형을 의미하는 것으로 닭, 오리 농장의 경우 F1:도계장/도압장, F2:사료공장, F3:종축장, F4:부화장, F5:가축분뇨처리장, F6:식용란판매업, F7:철새도래지에 해당함
- Spectral Clustering 분석에서는 필요한 시설유형에 대한 컬럼을 선택하여 N*N 형태의 매트릭스 형태로 변환이 필요하며, 이 때 여러 유형의 시설물 이동량을 고려할 경우는 해당 유형에 대한 N*N 매트릭스를 구하고 필요시에는 각 매트릭스에 가중치를 적용한 후 합산하여 사용하게 됨

<농장-시설유형별 행정구역간 차량이동량 변수>

addr_from	addr_to	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7

강원도_강릉시	강원도_강릉시	108	214	2120	10	2	100	422
강원도_강릉시	강원도_고성군	0	0	6	0	0	0	5
강원도_강릉시	강원도_동해시	1	2	1	0	0	0	12
강원도_강릉시	강원도_삼척시	2	8	1	0	0	1	30
강원도_강릉시	강원도_속초시	0	0	0	0	0	0	3
강원도_강릉시	강원도_양구군	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_양양군	2	2	13	0	0	2	5
강원도_강릉시	강원도_영월군	0	1	0	0	0	0	1
강원도_강릉시	강원도_원주시	1	43	25	0	0	3	3
강원도_강릉시	강원도_인제군	8	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_정선군	0	0	5	0	0	8	2
강원도_강릉시	강원도_철원군	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_춘천시	0	0	1	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_태백시	0	1	3	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_평창군	0	1	16	1	0	9	8
강원도_강릉시	강원도_홍천군	0	13	6	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_화천군	0	1	3	0	0	0	0
강원도_강릉시	강원도_횡성군	0	31	2	0	0	1	2
강원도_강릉시	경기도_가평군	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_고양시	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_과천시	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_광명시	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_광주시	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_구리시	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_군포시	0	0	0	0	0	0	0
강원도_강릉시	경기도_김포시	0	0	0	0	5	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…

(나) 농장-시설유형별 행정구역간 Gaussian Kernel 인접도 Matrix

- Sprectral Clustering에서 사용되는 입력 데이터로 인접도 행렬이 필요한데 데이터를 가공하면 가장 빈도가 많은 관계는 행정구역 내에서의 이동량이며 지역별로 편차가 크게 나타나기 때문에 이 경우에 대한 표준화가 필요함
- 행정구역 내에서의 이동량의 경우 질병확산이나 유통구조 분석에서 필요한 정보를 제공하지 않기 때문에 타 지역간 인접도가 가장 높은 값을 지역내 인접도와 등치시켜서 표준화를 실시하였음

강원도_강릉시	강원도_고성군	강원도_동해시	강원도_삼척시	강원도_속초시	강원도_양구군	강원도_양양군	강원도_영월군	강원도_원주시	강원도_인제군	강원도_정선군	강원도_철원군	강원시
1.000000e+00	9.581964e-01	9.309818e-01	9.951201e-01	2.747895e-01	5.701653e-03	9.914289e-01	5.701653e-03	9.998079e-01	9.309818e-01	5.632053e-01	5.701653e-03	9.85
9.581964e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	6.558679e-01	8.132799e-01	8.848865e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	9.996746e-01	9.923856e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.85
9.309818e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.959084e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.951201e-01	6.558679e-01	9.959084e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	8.429818e-01	5.701653e-03	9.865035e-01	8.429818e-01	9.698887e-01	1.056825e-09	1.05
2.747895e-01	8.132799e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	1.000000e+00	9.309818e-01	9.757240e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.309818e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	9.998893e-01	9.987588e-01	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
9.914289e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	8.429818e-01	9.757240e-01	5.701653e-03	1.000000e+00	6.558679e-01	9.995918e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	5.701653e-03	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	6.558679e-01	1.000000e+00	2.747895e-01	5.701653e-03	2.747895e-01	1.056825e-09	7.24
9.998079e-01	9.996746e-01	1.056825e-09	9.865035e-01	1.056825e-09	9.998893e-01	9.995918e-01	2.747895e-01	1.000000e+00	9.997165e-01	5.701653e-03	9.959084e-01	9.99
9.309818e-01	9.923856e-01	5.701653e-03	8.429818e-01	8.848865e-01	9.987588e-01	5.701653e-03	5.701653e-03	9.997165e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
5.632053e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.698887e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	1.000000e+00	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.959084e-01	2.747895e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.97
9.850162e-01	9.857889e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.998243e-01	1.056825e-09	7.240191e-01	9.998627e-01	9.992592e-01	1.056825e-09	9.973347e-01	1.000
1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.978058e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.936588e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.902801e-01	4.374819e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	8.132799e-01	9.581964e-01	9.970044e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.94
9.926692e-01	9.936588e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.991175e-01	9.942753e-01	9.496422e-01	9.999794e-01	9.994510e-01	1.056825e-09	9.581964e-01	9.99
8.662968e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.224387e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.999454e-01	9.997438e-01	1.056825e-09	8.999204e-01	9.99
9.917669e-01	9.989309e-01	9.720470e-01	9.992851e-01	1.006160e-01	9.975073e-01	9.993405e-01	9.990309e-01	9.999963e-01	9.988496e-01	9.998031e-01	9.997560e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.946377e-01	9.996667e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.949668e-01	9.800187e-01	1.056825e-09	9.647542e-01	4.37
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.994395e-01	1.056825e-09	1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.982619e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	9.92

<차량 이동 패턴을 이용한 Gaussian Kernel 인접도 행렬>

(2) 발생시 권역화 모델 관련 변수

(가) 농장-시설유형별 시/군 행정구역간 차량이동량 변수

- Sprectral Clustering에서 사용되는 입력 데이터로 인접도 행렬이 필요하며
- 데이터를 가공하면 가장 빈도가 많은 관계는 행정구역 내에서의 이동량이며 지역별로 편차가 크게 나타나기 때문에 이 경우에 대한 표준화가 필요함
- 행정구역 내에서의 이동량의 경우 질병확산이나 유통구조 분석에서 필요한 정보를 제공하지 않기 때문에 타 지역간 인접도가 가장 높은 값을 지역내 인접도와 등치시켜서 표준화를 실시하였음

강원도_강릉시	강원도_고성군	강원도_동해시	강원도_삼척시	강원도_속초시	강원도_양구군	강원도_양양군	강원도_영월군	강원도_원주시	강원도_인제군	강원도_정선군	강원도_철원군	강원시
1.000000e+00	9.581964e-01	9.309818e-01	9.951201e-01	2.747895e-01	5.701653e-03	9.914289e-01	5.701653e-03	9.998079e-01	9.309818e-01	5.632053e-01	5.701653e-03	9.85
9.581964e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	6.558679e-01	8.132799e-01	8.848865e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	9.996746e-01	9.923856e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.85
9.309818e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.959084e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.951201e-01	6.558679e-01	9.959084e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	8.429818e-01	5.701653e-03	9.865035e-01	8.429818e-01	9.698887e-01	1.056825e-09	1.05
2.747895e-01	8.132799e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	1.000000e+00	9.309818e-01	9.757240e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.309818e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	9.998893e-01	9.987588e-01	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
9.914289e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	8.429818e-01	9.757240e-01	5.701653e-03	1.000000e+00	6.558679e-01	9.995918e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	5.701653e-03	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	6.558679e-01	1.000000e+00	2.747895e-01	5.701653e-03	2.747895e-01	1.056825e-09	7.24
9.998079e-01	9.996746e-01	1.056825e-09	9.865035e-01	1.056825e-09	9.998893e-01	9.995918e-01	2.747895e-01	1.000000e+00	9.997165e-01	5.701653e-03	9.959084e-01	9.99
9.309818e-01	9.923856e-01	5.701653e-03	8.429818e-01	8.848865e-01	9.987588e-01	5.701653e-03	5.701653e-03	9.997165e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
5.632053e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.698887e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	1.000000e+00	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.959084e-01	2.747895e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.97
9.850162e-01	9.857889e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.998243e-01	1.056825e-09	7.240191e-01	9.998627e-01	9.992592e-01	1.056825e-09	9.973347e-01	1.000
1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.978058e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.936588e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.902801e-01	4.374819e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	8.132799e-01	9.581964e-01	9.970044e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.94
9.926692e-01	9.936588e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.991175e-01	9.942753e-01	9.496422e-01	9.999794e-01	9.994510e-01	1.056825e-09	9.581964e-01	9.99
8.662968e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.224387e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.999454e-01	9.997438e-01	1.056825e-09	8.999204e-01	9.99
9.917669e-01	9.989309e-01	9.720470e-01	9.992851e-01	1.006160e-01	9.975073e-01	9.993405e-01	9.990309e-01	9.999963e-01	9.988496e-01	9.998031e-01	9.997560e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.946377e-01	9.996667e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.949668e-01	9.800187e-01	1.056825e-09	9.647542e-01	4.37
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.994395e-01	1.056825e-09	1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.982619e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	9.92

<차량 이동 패턴을 이용한 Gaussian Kernel 인접도 행렬>

(나) 농장-시설유형별 시/군 행정구역간 차량이동량 변수

- 발생시 권역화 모델에서 고려되는 첫 번째로 행정구역간 질병 확산 위험도는 Markov Chain Model로 계산되었다면 두 번째로 고려되어야 하는 것은 권역화에 의한 축산시설들의 자립도임

- 자립도의 개념은 권역 모델에서 사용되는 공식에 나와있으며 자립도 계산을 위해서는 시/군 행정구역별 사육두수 정보와 축산 시설들의 1일 처리 가능 용적량 정보가 필요함

- 시/군 행정구역별 사육두수 정보는 다시 축산 시설물 유형의 1일 사용량으로 추정하여 반기 단위로 환산하였으며 아래 표와 같이 시/군 행정구역별 축산 시설 사용량 변수를 도출하였음

- f1은 도계/도압장에 대한 사용량, f2는 사료공장에 대한 사용량, f3은 종축장에 대한 사용량, f4는 분뇨처리장에 대한 사용량을 의미하며, chi는 사육되는 닭에 대한 사용량, duc는 사육되는 오리에 대한 사용량을 의미함

<시/군 행정구역별 축종별 시설유형별 사용량>

address	f1_chi	f2_chi	f3_chi	f4_chi	f1_duc	f2_duc	f3_duc	f4_duc
강원도_강릉시	928	614	2641	12	846	370	66	1
강원도_고성군	196	149	9	0	461	353	15	4
강원도_동해시	4	0	0	0	48	39	3	0
강원도_삼척시	31	60	9	0	454	556	20	0
강원도_속초시	0	0	0	0	52	3	0	0
강원도_양구군	116	260	9	4	643	840	10	45
강원도_양양군	245	146	91	3	176	232	2	3
강원도_영월군	164	393	110	3	899	581	36	12
강원도_원주시	1530	1855	509	1378	2179	4734	15	1084
강원도_인제군	37	97	0	2	189	136	1	1
강원도_정선군	10	28	0	2	405	1003	28	19
강원도_철원군	2999	2972	1614	1824	1977	11939	1092	193
강원도_춘천시	533	776	218	42	1053	6848	58	683
강원도_태백시	6	29	6	0	80	54	0	0
강원도_평창군	192	71	68	9	952	2053	24	26
강원도_홍천군	856	1087	70	1312	2164	10431	58	566
강원도_화천군	291	487	43	13	569	417	55	35
강원도_횡성군	436	680	24	692	6071	16115	267	466
경기도_가평군	346	308	39	359	1075	3142	15	177
경기도_고양시	198	243	0	199	953	6083	19	605
경기도_과천시	0	0	0	0	5	50	0	0
경기도_광명시	46	53	0	0	40	215	0	0
경기도_광주시	38	46	1	45	646	794	9	172
경기도_구리시	0	0	0	0	22	46	0	0
경기도_군포시	0	0	0	0	21	65	0	0

경기도_김포시	401	1160	7	9	835	3275	18	159
경기도_남양주시	49	73	0	176	2061	3832	3	535
경기도_동두천시	390	556	5	1	323	1586	4	1
경기도_부천시	0	0	0	0	1	4	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...

- 앞서 시/군 행정구역별 축종별 사육규모에 맞는 사용량이 변수가 정의되었다면 다음은 시/군 행정구역별 축산시설의 용적량 변수를 추출한 것임
- 시/군 행정구역별 축산시설의 용적량 정보는 1일 처리량 데이터를 활용하거나 데이터가 없는 경우는 추정치를 사용하여 반기 단위로 환산하였으며 아래 표와 같이 시/군 행정구역별 축산 시설 용적량 변수를 도출하였음
- f1은 도계/도압장에 대한 용적량, f2는 사료공장에 대한 용적량, f3은 종축장에 대한 용적량, f4는 분뇨처리장에 대한 용적량을 의미하며, chi는 사육되는 닭에 대한 용적량, duc는 사육되는 오리에 대한 용적량을 의미함

<시/군 행정구역별 축종별 시설유형별 용적량>

address	f1_chi	f2_chi	f3_chi	f4_chi	f1_duc	f2_duc	f3_duc	f4_duc
강원도_강릉시	0	0	2228	0	0	0	186	0
강원도_고성군	0	0	0	0	56	0	74	0
강원도_동해시	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_삼척시	0	0	0	0	0	0	56	0
강원도_속초시	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_양구군	0	0	0	0	0	0	45	0
강원도_양양군	0	0	0	0	0	0	232	718
강원도_영월군	0	0	0	0	0	881	142	0
강원도_원주시	4755	10926	371	855	8014	2668	0	0
강원도_인제군	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_정선군	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_철원군	1608	3114	1930	1345	0	4701	0	0
강원도_춘천시	838	1842	212	1142	14	0	0	0
강원도_태백시	0	0	0	0	0	4711	176	806
강원도_평창군	1261	0	0	0	2530	10595	0	0
강원도_홍천군	1430	4027	0	963	730	5669	1173	197
강원도_화천군	0	0	196	0	0	0	302	0
강원도_횡성군	2496	12427	305	719	0	212	0	4
경기도_가평군	0	0	0	196	0	0	132	231
경기도_고양시	0	2493	0	842	0	0	0	2
경기도_과천시	0	0	0	0	0	0	0	0

경기도_광명시	0	0	0	0	0	0	0	0
경기도_광주시	5411	0	0	435	2437	85	574	916
경기도_구리시	0	0	0	0	3941	4951	0	0
경기도_군포시	0	0	0	0	0	1601	972	4291
경기도_김포시	1833	0	39	81	0	0	374	1870
경기도_남양주시	3233	0	0	612	3722	2298	630	1465
경기도_동두천시	2	0	0	0	0	0	0	955
경기도_부천시	8679	3503	0	0	548	0	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…

다. 권역화 알고리즘

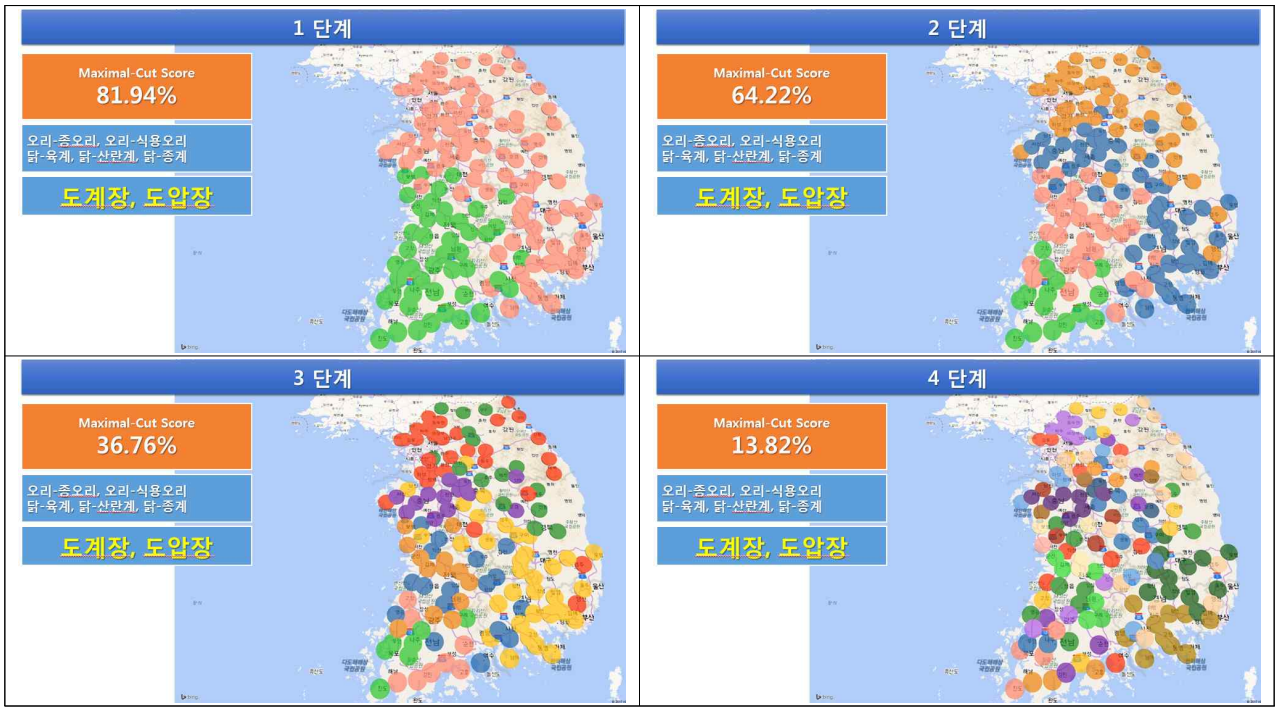
(1). 자립 가능성 기반 권역화

(가). 가축차량 이동량 기반의 자립 가능 권역화 검토

① 시설유형별 이동량 기반의 Cut score 분석

㉮ 권역화에 의해 차량이동량 손실을 고려한 Cut score 분석 결과 권역화 단계가 세분화 될 경우 급격히 하락하는 경향을 보임

㉯ 차량이동량 기준의 자립도 산출의 경우 농장규모, 도축장/사료공장/종축장/분뇨처리장 처리 가능한 최대 용적량이 고려되지 않기 때문에 각 시설별 용적량 추산 후 권역화 알고리즘 적용 필요

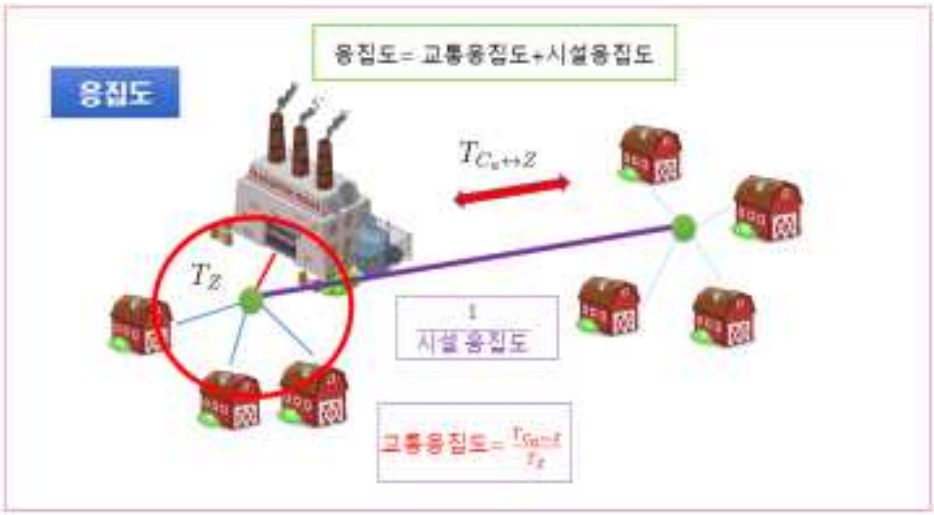


(2) 권역내 자립도 계산 공식

- 권역이 커질수록 인접지역의 축산 시설과 관련성이 상대적으로 옅어지도록 하는 수치가 필요함.

- 즉, 절대적인 기준으로 보면 이웃한 시군과 관계가 밀접하더라도 권역의 크기가 인접시군보다 상대적으로 크다면 그 값은 작아야 하며, 이와 같은 원리에 기반하여 다음의 지표를 정의하였음

- 응집도 : 교통 응집도와 시설 응집도를 종합 평가한 값. 값이 작다는 것은 권역의 크기가 이웃 시군보다 크거나 이웃 시군과의 교류가 권역에 비해 상대적으로 작다는 뜻.
- 교통 응집도 : 권역 내 교통량과 권역과 추가 지역 사이의 교통량 비율
- 시설 응집도 : 권역과 추가 지역 사이의 중심 거리
- 응집한계 : 인접 지역의 샘플을 추출하여 교통 응집도와 시설 응집도 분포를 계산하여 최댓값과 최솟값의 한계를 추정, 선형성을 가정하여 표준화하여 알고리즘의 제약조건으로 사용.



<응집도 개념>

- $C=\{C_1, C_2, \cdots, C_n\}$: 시군 집합.
- $Z=\{C_{z_1}, C_{z_2}, \cdots, C_{z_m}\} \subset C$: 권역 집합, $C_a \in C|_Z$: 추가 지역
- $T_{Z_i}=\sum_{j=1}^{m}\sum_{\mu=1}^{\alpha}\sum_{\nu=1}^{\beta}[M_{Z_i Z_j}]_{\mu\nu}$, $i=1,2,\cdots,m$: C_{Z_i} 시군의 권역 내 교통량
- $T_Z=\sum T_{Z_i}$: 권역 내 교통량
- $T_{C_i \leftrightarrow Z}=\sum_{j=1}^{m}\sum_{\mu=1}^{\alpha}\sum_{\nu=1}^{\beta}[M_{C_i Z_j}]_{\mu\nu}+\sum_{j=1}^{m}\sum_{\mu=1}^{\alpha}\sum_{\nu=1}^{\beta}[M_{Z_j C_i}]_{\mu\nu}$: 권역과 추가 지역간 교통량
- $T_{Z,C_i}=T_i/T_Z$: 교통 응집도
- $Z(\overline{x_Z}, \overline{y_Z})$: 권역 중심위치, $A_{C_i}(\overline{x_A}, \overline{y_A})$: 추가 지역 중심위치
- $F_{Z,C_i}=1/d(Z, A_{C_i})$: 시설 응집도
- $\max(\cdot)$, $\min(\cdot)$: 응집한계($\cdot = F, T$)
- $s(T_{Z,C_i})=\frac{T_{Z,C_i}-\min(T)}{\max(T)-\min(T)}$, $s(F_{Z,C_i})=\frac{F_{Z,C_i}-\min(F)}{\max(F)-\min(F)}$: 표준화
- $C_{Z,C_i}=\alpha s(T_{Z,C_i})+(1-\alpha)s(F_{Z,C_i})$, $0 \le \alpha \le 1$, (α : 스케일 조정 상수) : 응집도

<응집도 변수 정의 및 관련 공식>

- 균형지수 : 권역내 사료 공급과 도축량이 균형을 이루는 지 판단하는 지표.
- 권역지수 : 균형지수와 응집도를 이용하여 권역으로서 적당한지 판단하는 지표.
  응집도는 권역이 커지는 것을 막는 Barrier Term으로 사용.

(참고1 : 도별로 응집한계와 권역지수를 계산했을 경우 제주도가 최소가 될 가능성이 크다. 유통구조 분석을 통해 청정지역이나 통제가능 지역의 권역 패턴의 분석하여 권역지수들을 파라메터 설정 기준으로 사용.)

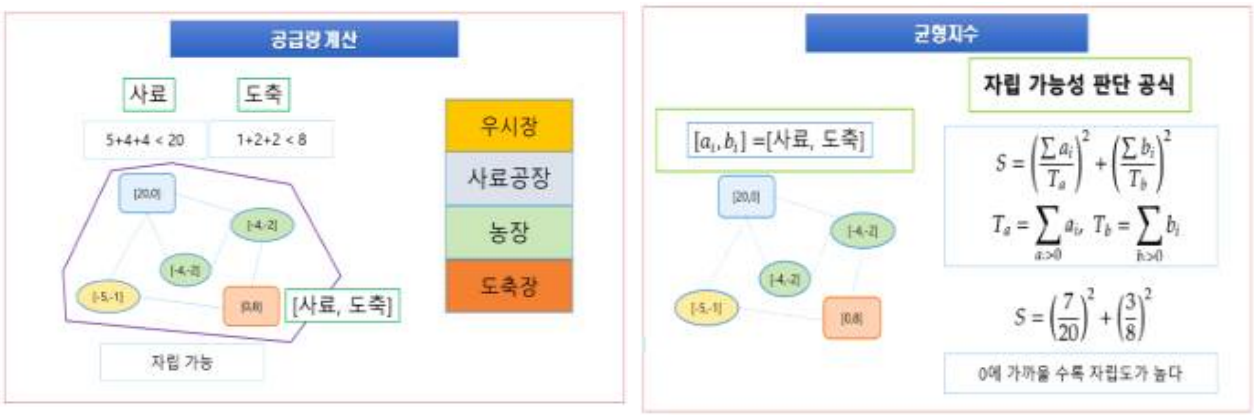
(참고2 : 균형지수는 수십 개의 인접 지역 샘플을 추출하여 발견한 표본평균과 표본표준편차를 이용하여 표준화)

- $B_Z=\frac{\sum_{\text{축종}}\left|\frac{\text{사육두수}-\text{사료공급량}}{\text{사육두수}+\text{사료공급량}}\right|^2+\left(\frac{\text{출하량}-\text{도축량}}{\text{출하량}+\text{도축량}}\right)^2}{\text{축종가지수}}$: 균형지수

  (참고) 유통구조 분석 결과에 따라 계열사별로 계산 가능

- $E_Z=\beta s(\sqrt{B_Z})+(1-\beta)\ln\left|\frac{1}{C_Z}\right|$, $0 \le \beta \le 1$: **권역지수**

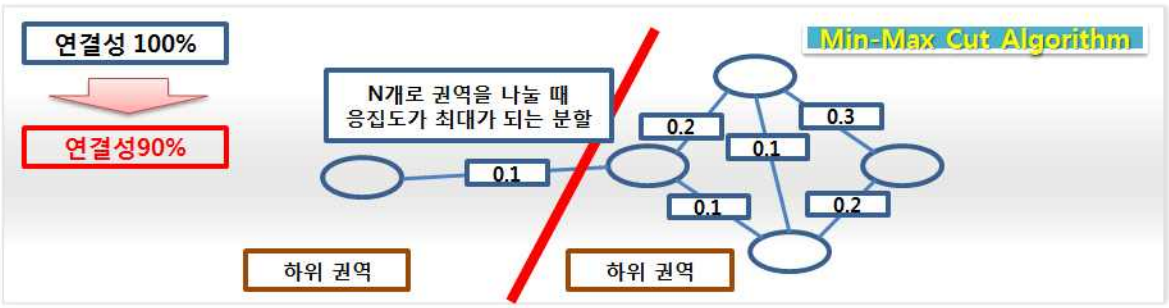
<권역지수 공식>



<균형지수 개념 및 공식>

(3) Spectral Clustering

- Spectral Clustering 기법은 네트워크 기반의 군집분석 방법 중 하나로 질병이 발생하지 않은 평시의 최적 권역을 산출하기 위해 사용됨
- 시군 간 이동량이 많은(인접도가 높은) 지역들을 네트워크로 묶어서 군집화를 하고 N개의 권역을 나눌 때 네트워크 응집도가 최대가 될 수 있도록 하는 Link를 Cutting하는 방법론임



<Spectral Clustering 기본 원리>

- 차량 이동 패턴으로부터 지역간 인접도를 계산하기 위해서 시군 단위 행정구역 간 차량 이동량을 From-To 형태의 전이행렬로 산출하고 이를 토대로 Gaussian Kernel을 이용한 시군 인접도 행렬을 도출하여 Spectral Clustering이 가능하도록 하는 메트릭스 형태의 데이터를 생성함

Var1	강원도_강릉시	강원도_고성군	강원도_동해시	강원도_삼척시	강원도_속초시	강원도_양구군	강원도_양양군	강원도_영월군	강원도_원주시	강원도_인제군	강원도_정선군	강원도_철원군	강원도_춘천군	강원도_태백시	강원도_평창군	강원도_홍천군	강원도_화천군	강원도_횡성군	경기도_가평군	경기도_고양시	경기도_과천시	경기도_광명시	경기도_광주시	경기도_구리시	경기도_군포시	경기도_김포시	경기도_남양주시	경기도_동두천시
강원도_강릉시	3571	9	13	11	3	1	29	1	85	8	4	0	36	2	34	9	4	3	0	0	0	0	0	0	0	8	4	1
강원도_고성군	12	285	0	1	8	6	4	0	70	12	0	0	36	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_동해시	3	0	74	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_삼척시	53	5	56	5048	1	0	5	1	8	5	25	0	0	88	14	0	0	2	0	0	0	1	191	0	0	1	1	0
강원도_속초시	0	1	0	0	18	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_양구군	0	6	0	0	16	584	0	0	161	60	0	1	134	0	1	73	3	5	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
강원도_양양군	19	14	0	5	25	1	1063	1	8	0	0	1	0	0	5	2	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
강원도_영월군	0	0	0	0	0	0	5	404	0	0	3	0	6	0	10	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
강원도_원주시	242	181	0	30	0	270	216	3	10338	176	1	37	280	41	47	481	374	711	49	61	0	1	100	0	73	8	10	0
강원도_인제군	8	39	0	5	12	68	1	1	93	2339	0	2	102	0	0	97	152	60	127	17	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_정선군	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	0	0	0	2	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_철원군	1	0	0	0	0	2	0	0	33	1	0	8157	52	0	1	5	4	76	14	13	0	0	3	0	0	215	14	558
강원도_춘천시	0	1	0	0	0	208	0	1	107	64	0	35	4961	0	22	391	130	62	99	4	0	0	53	0	0	1	11	128
강원도_태백시	0	0	0	8	0	0	0	0	15	0	0	0	0	337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
강원도_평창군	11	1	0	1	0	0	4	11	35	0	2	0	36	0	473	18	0	40	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
강원도_홍천군	43	53	0	4	1	79	57	16	520	96	0	16	392	4	155	6508	40	1122	54	7	0	0	18	0	0	5	24	84
강원도_화천군	7	0	0	0	0	12	1	0	240	131	0	9	259	0	1	46	1629	7	15	30	0	1	1	0	0	5	2	34
강원도_횡성군	46	136	26	167	2	85	109	143	1654	73	313	214	924	26	371	1389	27	10132	32	77	0	22	5	0	8	0	14	15
경기도_가평군	0	0	0	0	0	1	0	0	12	121	0	1	112	0	1	9	9	5	1771	1	0	0	0	0	0	39	9	31
경기도_고양시	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	0	10	0	0	0	12	10	41	1	4707	0	0	5	0	0	57	6	1

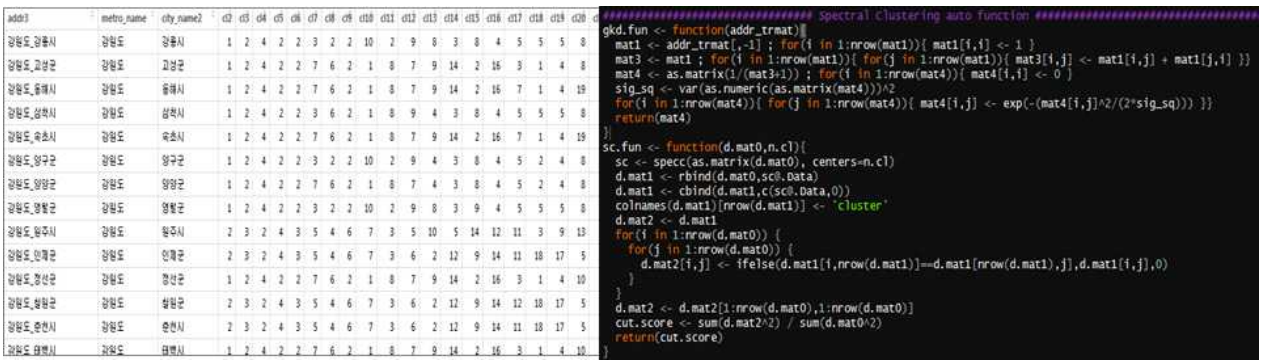
<차량 이동 패턴을 이용한 From-To 전이행렬>

강원도_강릉시	강원도_고성군	강원도_동해시	강원도_삼척시	강원도_속초시	강원도_양구군	강원도_양양군	강원도_영월군	강원도_원주시	강원도_인제군	강원도_정선군	강원도_철원군	강원
1.000000e+00	9.581964e-01	9.309818e-01	9.951201e-01	2.747895e-01	5.701653e-03	9.914289e-01	5.701653e-03	9.998079e-01	9.309818e-01	5.632053e-01	5.701653e-03	9.85
9.581964e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	6.558679e-01	8.132799e-01	8.848865e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	9.996746e-01	9.923856e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.85
9.309818e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.959084e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.951201e-01	6.558679e-01	9.959084e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	8.429818e-01	5.701653e-03	9.865035e-01	8.429818e-01	9.698887e-01	1.056825e-09	1.05
2.747895e-01	8.132799e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	1.000000e+00	9.309818e-01	9.757240e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	8.848865e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.309818e-01	1.000000e+00	5.701653e-03	1.056825e-09	9.998893e-01	9.987588e-01	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
9.914289e-01	9.443560e-01	1.056825e-09	8.429818e-01	9.757240e-01	5.701653e-03	1.000000e+00	6.558679e-01	9.995918e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	5.701653e-03	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	6.558679e-01	1.000000e+00	2.747895e-01	5.701653e-03	2.747895e-01	1.056825e-09	7.24
9.998079e-01	9.996746e-01	1.056825e-09	9.865035e-01	1.056825e-09	9.998893e-01	9.995918e-01	2.747895e-01	1.000000e+00	9.997165e-01	5.701653e-03	9.959084e-01	9.99
9.309818e-01	9.923856e-01	5.701653e-03	8.429818e-01	8.848865e-01	9.987588e-01	5.701653e-03	5.701653e-03	9.997165e-01	1.000000e+00	1.056825e-09	2.747895e-01	9.99
5.632053e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.698887e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	1.000000e+00	1.056825e-09	1.05
5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.959084e-01	2.747895e-01	1.056825e-09	1.000000e+00	9.97
9.850162e-01	9.857889e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.998243e-01	1.056825e-09	7.240191e-01	9.998627e-01	9.992592e-01	1.056825e-09	9.973347e-01	1.00
1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.978058e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.936588e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
9.902801e-01	4.374819e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	1.056825e-09	5.701653e-03	8.132799e-01	9.581964e-01	9.970044e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.94
9.926692e-01	9.936588e-01	1.056825e-09	4.374819e-01	5.701653e-03	9.991175e-01	9.942753e-01	9.496422e-01	9.999794e-01	9.994510e-01	1.056825e-09	9.581964e-01	9.99
8.662968e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.224387e-01	5.701653e-03	1.056825e-09	9.999454e-01	9.997438e-01	1.056825e-09	8.999204e-01	9.99
9.917669e-01	9.989309e-01	9.720470e-01	9.992851e-01	1.006160e-01	9.975073e-01	9.993405e-01	9.990309e-01	9.999963e-01	9.988496e-01	9.998031e-01	9.997560e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.946377e-01	9.996667e-01	1.056825e-09	9.224387e-01	9.99
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	9.949668e-01	9.800187e-01	1.056825e-09	9.647542e-01	4.37
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	5.701653e-03	1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	1.05
1.056825e-09	1.056825e-09	1.056825e-09	9.994395e-01	1.056825e-09	1.006160e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	9.982619e-01	1.056825e-09	1.056825e-09	2.747895e-01	9.92

<차량 이동 패턴을 이용한 Gaussian Kernel 인접도 행렬>

- Spectral Clustering 기법 적용은 축종별, 차량이동에 포함시킬 시설물 유형의 구성별로 Spectral Clustering 실행시 유형별로 상이한 최적 권역이 도출되게 됨
- 질병 발생이 없는 평시의 권역화 시나리오이기 때문에 권역 설정 시 해당 권역에 의해 기존 시설 방문이 단절되는 정도를 고려하는 Cut-score 기준의 자립도 지표 계산하여 자립도 수준과 지리적 인접도를 이용한 권역화 단계별 최적 권역 산출하였음
- 전체 대비 1개 권역의 비중을 기준으로 대(25% 이상) , 중(12%~17%), 소(6~9%), 세분(3~5%)으로 4단계의 권역화 단계 구분하였고 Spectral Clustering 결과만 이용한 권역 설정 시 권역의 경계가 분리되는 경우가 발생가능하여 각 단계별 범위 내에서 권역별 자립도 수준뿐만 아니라 지리적 인접도가 가장 높은 지점을 최적 권역으로 결정함

- 그러나 이와 같은 Spectral Clustering에 의한 평시 권역 결과는 질병 발생이 전제되지 않은 상황이기 때문에 평시의 권역 내에서 차량 이동을 제한하거나 질병발생 대비 행정 조치를 유효하게 하기 위해서는 법 제정 또는 경제적 유인에 의한 제도화가 선행되어야 할 것으로 판단됨

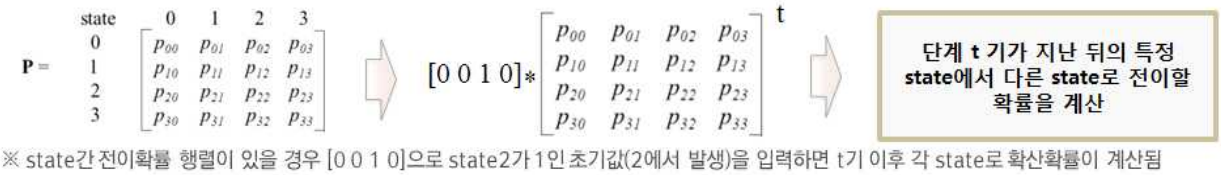


```
########################## Spectral Clustering auto function ##########################
gkd.fun <- function(addr_trmat){
  mat1 <- addr_trmat[,-1] ; for(i in 1:nrow(mat1)){ mat1[i,i] <- 1 }
  mat3 <- mat1 ; for(i in 1:nrow(mat1)){ for(j in 1:nrow(mat1)){ mat3[i,j] <- mat1[i,j] + mat1[j,i] }}
  mat4 <- as.matrix(1/(mat3+1)) ; for(i in 1:nrow(mat4)){ mat4[i,i] <- 0 }
  sig_sq <- var(as.numeric(as.matrix(mat4)))^2
  for(i in 1:nrow(mat4)){ for(j in 1:nrow(mat4)){ mat4[i,j] <- exp(-(mat4[i,j]^2/(2*sig_sq))) }}
  return(mat4)
}
sc.fun <- function(d.mat0,n.cl){
  sc <- specc(as.matrix(d.mat0), centers=n.cl)
  d.mat1 <- rbind(d.mat0,sc@.Data)
  d.mat1 <- cbind(d.mat1,c(sc@.Data,0))
  colnames(d.mat1)[nrow(d.mat1)] <- 'cluster'
  d.mat2 <- d.mat1
  for(i in 1:nrow(d.mat0)) {
    for(j in 1:nrow(d.mat0)) {
      d.mat2[i,j] <- ifelse(d.mat1[i,nrow(d.mat1)]==d.mat1[nrow(d.mat1),j],d.mat1[i,j],0)
    }
  }
  d.mat2 <- d.mat2[1:nrow(d.mat0),1:nrow(d.mat0)]
  cut.score <- sum(d.mat2^2) / sum(d.mat0^2)
  return(cut.score)
}
```

<Spectral clustering 결과 및 계산 R 코드>

(4) Markov Chain Model

- 질병 발생시 최적 권역을 도출하기 위해 사용된 방법론 중 최적화 문제로 변환하기 이전 단계에서 시/군 단위 행정구역 간의 질병 확산 확률 계산에 사용된 방법은 Markov Chain Model임
- 이는 전이확률 행렬을 이용하여 시간의 흐름에 따른 확률 변화를 계산함



※ state간 전이확률 행렬이 있을 경우 [0 0 1 0]으로 state2가 1인 초기값(2에서 발생)을 입력하면 t기 이후 각 state로 확산확률이 계산됨

<Markov Chain Model 기본 원리>

- 엑셀시트로 표현되어있는 지역별 전파확률 예시를 보면 전북 고창에서 발생했을 단계가 지남에 따라 인근 지역으로 확산되는 확률로 계산되는 것을 확인할 수 있음
- 확산 확률이 높은 곳은 빨간색의 진하기가 짙은 곳으고 확률이 낮은 곳은 흰색에 가까운 것으로 나타남

주소	초기값	단계1	단계2	단계3	단계4	단계5	단계6	단계7	단계8	단계9	단계10	단계11	단계12	단계13	단계14	단계15	단계16	단계17	단계18	단계19	단계20
전라남도 무안군	0	0.02088	0.03077	0.03399	0.03442	0.03378	0.03274	0.03157	0.03039	0.02925	0.02818	0.02717	0.02623	0.02536	0.02454	0.02378	0.02307	0.02241	0.02179	0.02121	0.02067
전라남도 보성군	0	0.01496	0.02424	0.02902	0.03126	0.03203	0.03195	0.03141	0.03061	0.02969	0.02874	0.02778	0.02686	0.02598	0.02514	0.02435	0.02361	0.02292	0.02227	0.02166	0.02109
전라남도 순천시	0	0.01458	0.0233	0.02823	0.03071	0.03169	0.03176	0.0313	0.03057	0.02969	0.02876	0.02782	0.0269	0.02602	0.02518	0.02439	0.02365	0.02295	0.0223	0.02169	0.02112
전라남도 신안군	0	0.00845	0.02606	0.0327	0.03449	0.03441	0.03359	0.03248	0.03129	0.03012	0.029	0.02794	0.02695	0.02603	0.02517	0.02437	0.02362	0.02292	0.02227	0.02166	0.02109
전라남도 여수시	0	0.04483	0.0406	0.03692	0.03447	0.03264	0.03113	0.02982	0.02865	0.02758	0.0266	0.02569	0.02485	0.02407	0.02334	0.02266	0.02203	0.02143	0.02088	0.02036	0.01987
전라남도 영광군	0	0.04392	0.03897	0.03638	0.0345	0.03291	0.0315	0.03021	0.02904	0.02795	0.02695	0.02602	0.02516	0.02436	0.02361	0.02291	0.02226	0.02165	0.02108	0.02055	0.02005
전라남도 영암군	0	0.02707	0.03411	0.03526	0.0348	0.03378	0.03258	0.03134	0.03015	0.02901	0.02795	0.02696	0.02603	0.02517	0.02437	0.02362	0.02292	0.02227	0.02166	0.02109	0.02055
전라남도 완도군	0	0.00027	0.02668	0.03389	0.03516	0.03474	0.03375	0.03256	0.03133	0.03014	0.02901	0.02795	0.02696	0.02603	0.02517	0.02437	0.02362	0.02292	0.02227	0.02166	0.02109
전라남도 장성군	0	0.0334	0.03676	0.03586	0.0345	0.03312	0.03179	0.03053	0.02935	0.02825	0.02723	0.02629	0.02541	0.02459	0.02382	0.02311	0.02245	0.02182	0.02124	0.0207	0.02019
전라남도 장흥군	0	0.02667	0.03397	0.03516	0.03473	0.03375	0.03256	0.03135	0.03016	0.02903	0.02797	0.02698	0.02605	0.02519	0.02439	0.02364	0.02294	0.02228	0.02167	0.0211	0.02057
전라남도 진도군	0	0.01843	0.03123	0.03447	0.03484	0.03416	0.03308	0.03189	0.03068	0.02953	0.02843	0.02741	0.02646	0.02557	0.02474	0.02396	0.02324	0.02257	0.02194	0.02135	0.0208
전라남도 함평군	0	0.03738	0.03462	0.03469	0.03425	0.03331	0.03216	0.03096	0.0298	0.02869	0.02765	0.02668	0.02577	0.02493	0.02414	0.02341	0.02273	0.02209	0.02149	0.02093	0.0204
전라남도 해남군	0	0.03005	0.03524	0.03562	0.03483	0.03367	0.03241	0.03116	0.02996	0.02883	0.02777	0.02679	0.02588	0.02503	0.02423	0.02349	0.0228	0.02216	0.02156	0.02099	0.02046
전라남도 화순군	0	0.02025	0.03088	0.03384	0.03415	0.03348	0.03244	0.03128	0.03012	0.029	0.02795	0.02696	0.02603	0.02517	0.02437	0.02362	0.02292	0.02227	0.02166	0.02109	0.02055
전라북도 고창군	1	0.0905	0.04249	0.03659	0.03407	0.03226	0.03079	0.0295	0.02835	0.0273	0.02634	0.02545	0.02463	0.02386	0.02314	0.02248	0.02185	0.02127	0.02073	0.02022	0.01974
전라북도 군산시	0	0.04584	0.04037	0.03637	0.03384	0.03199	0.0305	0.02921	0.02808	0.02704	0.0261	0.02523	0.02442	0.02366	0.02296	0.02231	0.0217	0.02112	0.02059	0.02009	0.01961
전라북도 김제시	0	0.05189	0.04186	0.03709	0.03437	0.03243	0.03088	0.02955	0.02838	0.02733	0.02636	0.02546	0.02464	0.02387	0.02315	0.02249	0.02186	0.02128	0.02073	0.02022	0.01974
전라북도 남원시	0	0.03238	0.03768	0.03682	0.03495	0.03314	0.03156	0.03017	0.02894	0.02784	0.02683	0.0259	0.02504	0.02424	0.0235	0.02281	0.02216	0.02156	0.021	0.02047	0.01997
전라북도 무주군	0	0.04123	0.03672	0.03314	0.03091	0.02931	0.02802	0.02691	0.02593	0.02504	0.02422	0.02347	0.02277	0.02211	0.0215	0.02094	0.0204	0.01991	0.01944	0.019	0.01859
전라북도 부안군	0	0.05594	0.04186	0.03696	0.03428	0.03237	0.03083	0.02952	0.02835	0.0273	0.02633	0.02544	0.02462	0.02385	0.02314	0.02247	0.02185	0.02126	0.02072	0.02021	0.01973
전라북도 순창군	0	0.0404	0.03954	0.03709	0.03486	0.033	0.03142	0.03006	0.02885	0.02773	0.02675	0.02583	0.02498	0.02419	0.02345	0.02276	0.02212	0.02152	0.02096	0.02043	0.01994
전라북도 완주군	0	0.04734	0.04089	0.0365	0.03388	0.032	0.03049	0.0292	0.02806	0.02702	0.02608	0.0252	0.02439	0.02364	0.02294	0.02228	0.02167	0.0211	0.02056	0.02006	0.01959
전라북도 익산시	0	0.04255	0.04037	0.03664	0.03404	0.03214	0.03061	0.02931	0.02816	0.02712	0.02617	0.02529	0.02447	0.02372	0.02301	0.02235	0.02174	0.02116	0.02062	0.02012	0.01964
전라북도 임실군	0	0.02822	0.03702	0.03721	0.0355	0.03365	0.032	0.03056	0.02928	0.02814	0.02711	0.02616	0.02528	0.02447	0.02371	0.023	0.02234	0.02173	0.02115	0.02062	0.02011
전라북도 장수군	0	0.04261	0.03961	0.03645	0.03429	0.0326	0.03115	0.02987	0.02871	0.02764	0.02666	0.02575	0.02491	0.02412	0.02339	0.02271	0.02207	0.02147	0.02091	0.02039	0.0199
전라북도 전주시	0	0.04046	0.03861	0.03428	0.03174	0.03	0.02864	0.02749	0.02648	0.02557	0.02474	0.02396	0.02324	0.02258	0.02195	0.02137	0.02082	0.0203	0.01982	0.01937	0.01894
전라북도 정읍시	0	0.04445	0.04076	0.03733	0.03498	0.03317	0.03165	0.03031	0.02911	0.02801	0.027	0.02606	0.0252	0.02439	0.02364	0.02294	0.02229	0.02168	0.02111	0.02057	0.02007
전라북도 진안군	0	0.04313	0.04014	0.0368	0.0344	0.03255	0.03102	0.02969	0.02852	0.02745	0.02647	0.02557	0.02474	0.02397	0.02324	0.02257	0.02194	0.02135	0.0208	0.02029	0.0198
제주특별자치도	0	0	4E-07	1.3E-06	2.6E-06	4.3E-06	6.4E-06	8.8E-06	1.2E-05	1.4E-05	1.8E-05	2.1E-05	2.5E-05	2.8E-05	3.2E-05	3.6E-05	4.1E-05	4.5E-05	4.9E-05	5.4E-05	5.9E-05
강원특별자치시	0	0.00475	0.00758	0.00891	0.00965	0.01014	0.01052	0.01084	0.01111	0.01134	0.01153	0.0117	0.01184	0.01195	0.01204	0.01212	0.01218	0.01222	0.01225	0.01228	0.01229
세종특별자치시	0	0.00297	0.00522	0.00655	0.00739	0.00802	0.00855	0.009	0.00939	0.00973	0.01003	0.01029	0.01051	0.01071	0.01088	0.01102	0.01114	0.01125	0.01134	0.01141	0.01147
충청남도 계룡시	0	0.04841	0.04134	0.03645	0.03345	0.03139	0.02983	0.02854	0.02742	0.02642	0.02551	0.02468	0.0239	0.02318	0.02251	0.02189	0.0213	0.02076	0.02024	0.01976	0.01931
충청남도 공주시	0	0.01115	0.01407	0.01457	0.01462	0.0146	0.01458	0.01457	0.01454	0.01451	0.01446	0.01441	0.01435	0.01428	0.01421	0.01413	0.01405	0.01397	0.01389	0.0138	0.01372

<Markov Chain Model을 이용한 단계별 확률 계산 결과 : 전북 고창군 발생 케이스>

- 연구 개발 목표에서는 질병 발생 상황에서 단일 발생지만 고려하는 것이 아니라 최초 발생 이후에 일정 시간이 흐른 뒤의 추가 발생을 전제로 하기 때문에 추가 발생의 종합적인 확률 계산도 고려되어야 함
- Markov Chain Model은 이와 같은 상황에서 가장 적절한 방법으로 추가로 발생하는 단계에서 발생지역의 확률값으로 1의 값을 대체해주면 그 이후의 지역 간 확산 확률이 기존 발생지로 인한 전파 확률에 추가 지역으로 인한 전파확률을 종합적으로 계산할 수 있게 해줌
- 본 연구에서 개발되는 시스템에서는 최대 3개 지역에 대한 발생을 처리할 수 있도록 하였으며 각 단계의 시간 기준은 3일로 설정하여 3일 경과시 1단계, 6일 경과시 2단계, 9일 경과시 3단계로 계산하였음

$$\left(\left([1\,0\,0\,0]*\begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} & p_{02} & p_{03} \\ p_{10} & p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{20} & p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{30} & p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}^{P,t1} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}\right) * \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} & p_{02} & p_{03} \\ p_{10} & p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{20} & p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{30} & p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}^{P,t2} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}\right) * P$$

지역1 첫발생 이후 t1 단계 후 지역2 발생을 지역2만 1인 행렬 합으로 계산하며 이후 t2 단계 후 지역3 발생도 동일한 방법으로 계산함

※ Markov chain의 각 단계의 시간 기준은 3일로 설정하여 3일 경과시 1단계, 6일 경과시 2단계, 9일 경과시 3단계로 계산함

<추가 질병 발생지 조건시 Markov Chain Model 계산>

주소	초깃값	단계1	단계2	단계3	단계4	단계5	단계6	단계7	단계8	단계9	단계10	단계11	단계12	단계13	단계14	단계15	단계16	단계17	단계18
전라북도_고창군	1	0.251681	0.06727	0.021378	0.010135	0.007751	0.007729	0.008411	0.009371	0.038017	0.05241	0.062403	0.071346	0.080527	0.090513	0.101614	0.11405	0.128021	0.146777
전라북도_군산시	0	0.02541	0.01651	0.011193	0.009592	0.009699	0.01052	0.011688	0.013086	0.051619	0.071883	0.085874	0.098463	0.11144	0.125553	0.141213	0.158723	0.178362	0.211927
전라북도_김제시	0	0.01463	0.016159	0.015776	0.015991	0.017009	0.018636	0.020717	0.023175	0.088707	0.127982	0.155593	0.179182	0.202442	0.227207	0.254498	0.284996	0.319258	0.390168
전라북도_남원시	0	0.002179	0.004828	0.005751	0.00627	0.006857	0.007593	0.008474	0.009492	0.051573	0.066976	0.075819	0.08342	0.091395	0.100343	0.110556	0.122239	0.135578	0.155398
전라북도_무주군	0	0	0.000287	0.000327	0.000344	0.000371	0.00041	0.000457	0.000512	0.00251	0.003151	0.00364	0.004098	0.004578	0.005105	0.005695	0.00636	0.007109	0.008489
전라북도_부안군	0	0.015119	0.008994	0.005739	0.0048	0.004825	0.005227	0.005805	0.006498	0.030006	0.039796	0.04626	0.052077	0.058133	0.064796	0.072266	0.08069	0.090202	0.104976
전라북도_순창군	0	0.000789	0.001646	0.001949	0.002143	0.002364	0.00263	0.002942	0.003299	0.01585	0.020265	0.023348	0.026262	0.029346	0.03275	0.036566	0.040866	0.045717	0.055821
전라북도_완주군	0	0.000676	0.002462	0.002811	0.002981	0.003234	0.003577	0.003992	0.004473	0.024394	0.030088	0.033921	0.037586	0.041523	0.045925	0.050909	0.056568	0.06299	0.075858
전라북도_익산시	0	0.02911	0.041182	0.048816	0.055517	0.062424	0.06998	0.078413	1	0.966908	0.960341	0.972127	0.999674	1.042197	1.099736	1.172798	1.262234	1.369177	1.531481
전라북도_임실군	0	0.001014	0.003671	0.004184	0.00436	0.004669	0.005134	0.005718	0.006404	0.029181	0.039055	0.045595	0.051405	0.057399	0.063969	0.071324	0.079616	0.088979	0.10313
전라북도_장수군	0	0.000113	0.000826	0.000898	0.000926	0.000992	0.001094	0.00122	0.001368	0.003815	0.006015	0.007675	0.009169	0.010675	0.012276	0.014022	0.015948	0.018086	0.022667
전라북도_전주시	0	0.000657	0.00059	0.000569	0.000588	0.000635	0.000701	0.000783	0.000878	0.003349	0.004629	0.005581	0.006455	0.00735	0.008316	0.009381	0.010568	0.011896	0.014092
전라북도_정읍시	0	0.026913	0.040258	0.049044	0.056685	0.064455	0.072873	0.0822	0.092614	0.173023	0.2663	0.367083	0.474367	0.588674	0.711179	0.843393	0.987057	1.144109	1.333714
전라북도_진안군	0	0.00169	0.002933	0.003189	0.003378	0.003674	0.004071	0.004547	0.005097	0.028846	0.035546	0.039722	0.043702	0.048039	0.052943	0.058534	0.064912	0.072172	0.081563
제주특별자치도_서	0	0	9.56E-08	4.09E-07	7.05E-07	9.34E-07	1.12E-06	1.29E-06	1.47E-06	1.66E-06	2.12E-06	3.4E-06	5.15E-06	7.17E-06	9.36E-06	1.17E-05	1.42E-05	1.69E-05	1.98E-05
제주특별자치도_제	0	0	6.43E-06	1.23E-05	1.65E-05	1.99E-05	2.3E-05	2.61E-05	2.95E-05	3.32E-05	5.56E-05	8.72E-05	0.000124	0.000163	0.000205	0.00025	0.000298	0.00035	0.000407
충청남도_계룡시	0	1.88E-05	4.64E-05	5.94E-05	6.82E-05	7.65E-05	8.55E-05	9.57E-05	0.000107	0.000891	0.000983	0.001046	0.00111	0.001182	0.001267	0.001367	0.001485	0.001622	0.002897
충청남도_공주시	0	0.000169	0.001456	0.001644	0.001651	0.001722	0.001866	0.002063	0.002302	0.01003	0.013759	0.01629	0.018502	0.020728	0.023121	0.025769	0.028735	0.032076	0.044559
충청남도_금산군	0	9.39E-05	0.000489	0.00054	0.000564	0.000608	0.00067	0.000746	0.000835	0.003489	0.004806	0.005767	0.006614	0.007454	0.008344	0.009319	0.010406	0.011625	0.023128
충청남도_논산시	0	0.000545	0.003658	0.005741	0.007083	0.008143	0.009171	0.010277	0.011514	0.041809	0.064003	0.080684	0.094366	0.106865	0.119385	0.132719	0.147405	1	0.623319
충청남도_당진시	0	0.001277	0.001699	0.001743	0.001719	0.001736	0.001815	0.001952	0.00214	0.009154	0.013751	0.016927	0.019384	0.021549	0.023678	0.025935	0.028429	0.03124	0.037781
충청남도_보령시	0	0.001071	0.002556	0.003059	0.003192	0.003297	0.003478	0.003754	0.004118	0.012769	0.020976	0.027626	0.033095	0.037932	0.042584	0.047375	0.052538	0.058249	0.069599
충청남도_부여군	0	0.002066	0.003544	0.00408	0.004485	0.004958	0.005521	0.006175	0.00692	0.039233	0.048483	0.054259	0.059773	0.065737	0.072423	0.080003	0.088624	0.098427	0.139931

<다중 발생시 단계별 확률 계산 결과 : 전북고창→전북익산→충남논산 전파 케이스>

(5). 권역화 시각화

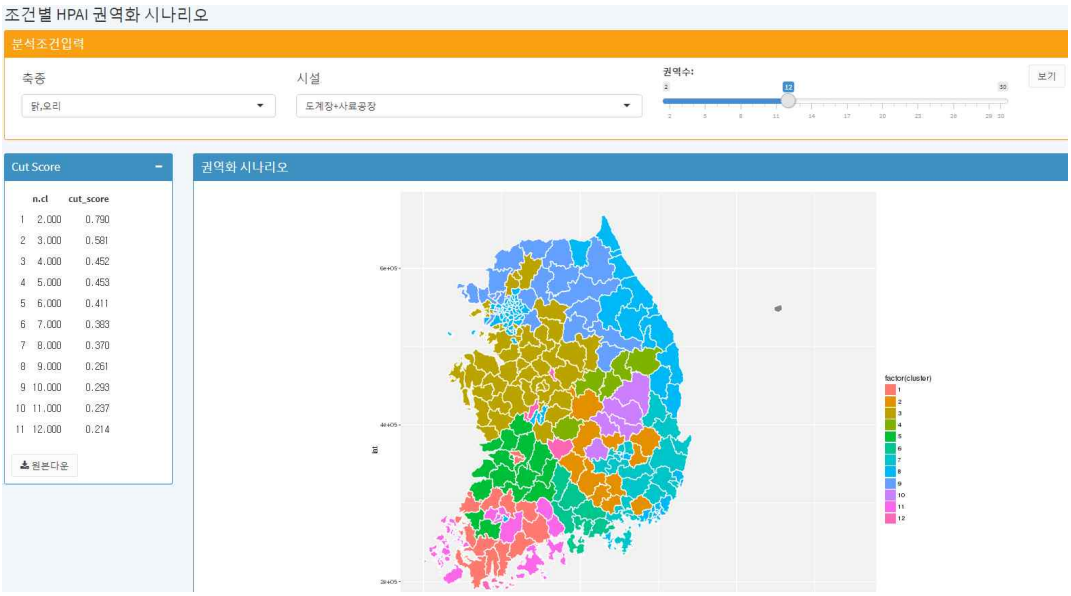
(가). GIS 기반의 권역화 단계별 시각화 방안 연구

① Spectral Clustering에 의해 도출된 클러스터 구성 적용

- GIS 데이터의 시군 행정구역 정보에 Spectal Clustering에 의해 도출된 클러스터 맵핑 결과 적용

- R Shiny 툴을 이용한 프로토타입 웹서비스 개발

  - 시설유형별, 권역화 단계별로 권역화 결과를 GIS 지도 데이터로 시각화 결과 확인 가능
  - 권역화 결과에 대한 Cut score 정보 확인 가능
  - 권역화 결과에 의해 산출된 시군별 클러스터 ID 맵핑 결과 다운로드 가능



<R Shiny 툴을 이용한 프로토타입 웹서비스>

3. 3년차 연구 수행 결과

가. 권역화 알고리즘 속도 개선을 위한 최적화 모델 적용

(1) 권역화 알고리즘의 최적화 변환 개념

- 질병 발생시 발생 지역을 입력값으로 받고 인접 지역에 대한 모든 가능한 경우의 수에 대한 자립도 계산을 수행할 경우 소요시간이 지나치게 길어지는 문제가 발생함
- 때문에 질병 발생시의 최적 권역 도출 모델은 최적화 문제로 변환하여 생각해볼 수 있으며 최적화 문제에서 일반적으로 사용되는 방법으로 선형계획법을 들 수 있음
- 선형계획법은 목적함수를 최소로 또는 최대로 하는 최적 해를 찾는 것을 목표로 하며 이 때 정의된 여러 가지 제약조건의 범위가 하에서 최적해 리스트를 제공함
- 선형계획법에 의한 최적화를 거치면 최적해가 1차로 도출되는데 이 때 단일 해가 아닌 다수의 해를 얻는 것도 가능하며, 따라서 도출된 최적해의 권역 리스트를 이용해서 자립도가 최적이 되는 권역을 계산하게 되면 계산 속도가 현저히 개선될 수 있음
- 아래의 도면은 권역 모델의 최적화 문제로의 변환 개념으로 목적함수는 권역의 크기를 최소화하는 것으로 정의하였고 제약조건은 해당 발생지역 인근의 교통량 네트워크를 이용하여 자립도와 관련된 요소들의 제약 조건을 지정하는 것으로 최적화 문제를 정의할 수 있음
- 이 때 제약조건에서 지나치게 많은 조건이 들어가게 되면 최적해가 구해지지 않는 문제가 발생하기 때문에 1차 최적화 문제에서는 제약조건을 넓은 범위로 지정하고 1차 선별 리스트가 도출된 후에는 제약조건을 엄격하게 적용하는 2단계 방법을 사용하는 것이 적절함

<최적화 문제로 도식화된 권역 모델>

(2) 권역화 알고리즘의 최적화 방정식

- 앞서 기술된 최적화 문제를 해석하면 다음과 같음.
- 목적함수는 권역으로 설정된 지역들의 행정구역 수가 최소가 되는 것을 목표로 하였고 이 경우 다수의 해가 도출될 수 있음
- 제약조건으로는 첫 번째로 발생지역이 반드시 포함되는 것인데 이 제약 조건이 없게 되면 질병발생지역이 포함되지 않을 수 있기 때문에 반드시 필요함
- 두 번째로 권역 내 표준화 질병전파 확률의 합이 130% 이상인 조건은 질병전파의 위험도가 높지 않은 지역이 권역으로 묶이게 되는 경우를 제한하기 위해서 포함됨
- 세 번째부터 여섯 번째까지는 권역 내 도축장, 사료공장, 종축장, 분뇨처리장 시설의 표준화 용적량 합이 10% 이상으로 제한하는 제약식이며 이 제약식은 네 가지 종류의 시설 유형의 용적량이 설정된 권역의 사용량 대비 10% 수준보다는 커야 한다는 조건으로 권역화로 인해 자립도가 기준 이하인 경우의 수를 제거하는 역할을 함
- 질병 발생 지역 인근에 축산 시설이 고르게 분포해있다면 지금까지의 제약조건에서도 다수의 최적해가 도출되게 되나 축산 시설이 인근에 없는 지역의 경우 해당 조건에서의 최적해가 도출되지 않게됨
- 이 경우는 제약조건들을 완화해가면서 최적해를 다시 구할 수 있도록 조치를 취해야만 No Solution 문제를 해결할 수 있음

목적함수 : 행정구역 수가 최소 (Multiple Solution 조건)

<제약식>
제약조건1 : 발생지역은 반드시 포함
제약조건2 : 권역 내 표준화 질병전파 확률의 합이 130% 이상
제약조건3~6 : 권역 내 도계/도압장, 사료공장, 종축장, 분뇨처리장 시설의 표준화 용적량 합이 10% 이상

<최적 조건 미발견시>
제약조건2 : 권역 내 표준화 질병전파 확률의 합이 130% 120% → 110% → 100%이상으로 단계적 하향
제약조건3~6 : 권역 내 도계/도압장, 사료공장, 종축장, 분뇨처리장 시설의 표준화 용적량 합이 10% 이상 5% 이상 0% 이상으로 단계적 하향

(3) 권역화 알고리즘 최적화를 위한 R 프로그래밍 코드

```
min_sprd_prob <- 1.3 # LP 제약식에서 권역내 확산확률 합의 최소값
min_capa_rate <- 0.1

obj.func <- rep(1,nrow(near2.df))
```

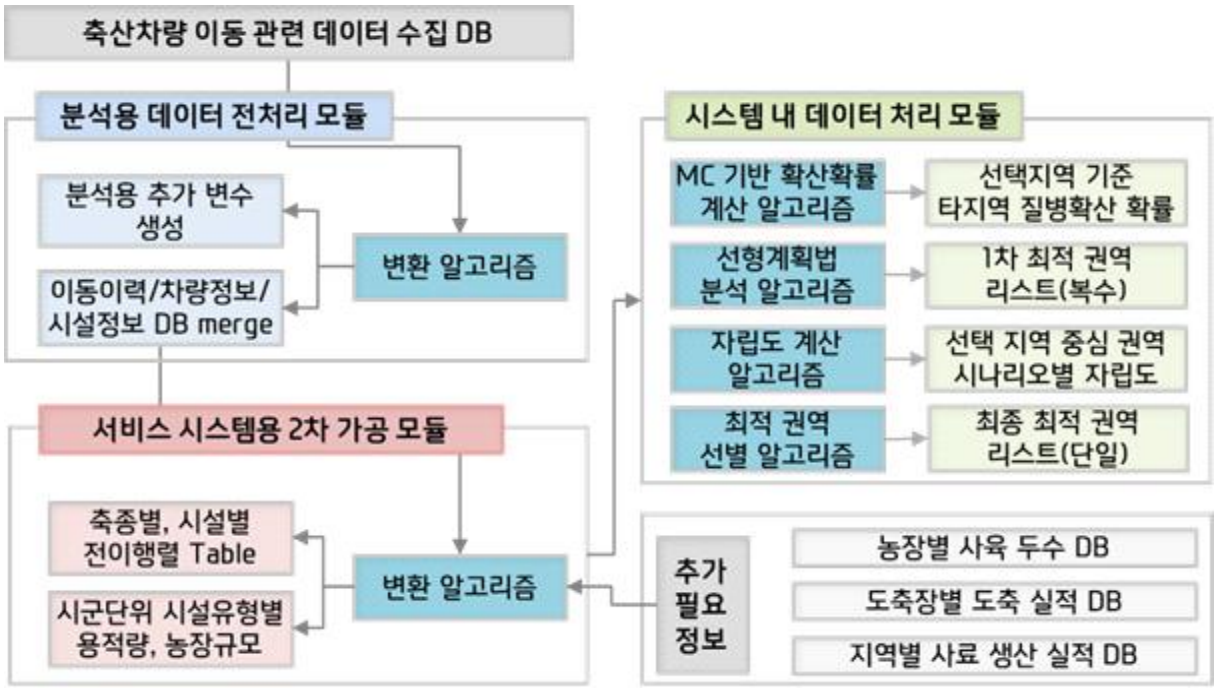
```
st.func1 <- as.integer(t(near2.df %>% mutate(brk.out=ifelse(near_rank==0,1,0)) %>% select(brk.out)))
st.func2 <- sprd_prob_std

st.func3 <- fac_capa_clu_std$f1_pig
st.func4 <- fac_capa_clu_std$f2_pig
st.func5 <- fac_capa_clu_std$f3_pig
st.func6 <- fac_capa_clu_std$f4_pig

st.func <- rbind(st.func1,st.func2,st.func3,st.func4,st.func5,st.func6)
dir.func <- c("=",">",">=",">=",">=",">=")
rhs.func <- c(1,min_sprd_prob,rep(min_capa_rate,4))
numsols <- 50; numcols <- nrow(near2.df)
sel_sols <- lp_solve(obj.func, st.func, dir.func, rhs.func, numcols, numsols)

lp_solve <- function(obj.func, st.func, dir.func, rhs.func, numcols, numsols) {
  lp.sol <- lp('min', obj.func, st.func, dir.func, rhs.func, all.bin=T, num.bin.solns=numsols)
  solutions <- as.data.frame(matrix(head(lp.sol$solution, numcols*numsols), nrow=numsols, byrow=TRUE))
  solutions$neg <- apply(solutions,1,FUN=function(x) any(x<0))
  solutions$zero <- apply(solutions[,1:numcols],1,FUN=function(x) ifelse(sum(x==0)>=(numcols-1),T,F))
  sel_sols <- solutions[!(solutions$neg | solutions$zero),1:numcols]
  return(sel_sols)
}
```

나. 선형계획법 기반의 시군단위 축산시설 자립도 최적 권역 산출 알고리즘 개발

(1) 축산시설 자립도 최적 권역 산출 알고리즘 구성 요소

- 알고리즘은 분석용 데이터 전처리 모듈, 서비스 시스템용 2차 가공 모듈, 시스템 내 데이터 처리 모듈의 3개의 모듈로 구성되며 축산차량 이동 데이터 수집 DB, 농장별 사육두수 DB, 도계/도압장별 도축 실적 DB, 지역별 사료 생산 실적 DB의 외부 데이터를 필요로 함

- 각각의 모듈의 기능과 특징은 다음과 같음



(가) 분석용 데이터 전처리 모듈

시스템에서 표출되는 정보는 KAHIS에 저장되어 있는 축산차량 이동 관련 raw 데이터가 의미있는 데이터로 여러 차례 가공되어서 만들어지는 정보이다. raw데이터는 차량이동 이력정보, 차량 프로파일, 시설 프로파일 데이터가 있다. 본 모듈은 이 세 raw 데이터를 변환 알고리즘을 이용하여 의한 분석용 추가 변수를 생성하고 각각의 데이터를 시설ID, 차량ID를 기준으로merge(join)하여 분석이 가능한 데이터로 변환한다.

(나) 서비스 시스템용 2차 가공 모듈

1차 가공된 데이터는 시스템에서 사용될 수 있는 분석 데이터로의 변환이 필요하다. 본 모듈에서는 축종별, 시설별 전이행렬 Table과 시군 단위 시설 유형별 용적량, 농장규모 Table이 변환 알고리즘에 의해 생성되어 시스템 내의 DB에 저장된다.

(다) 시스템 내 데이터 처리 모듈

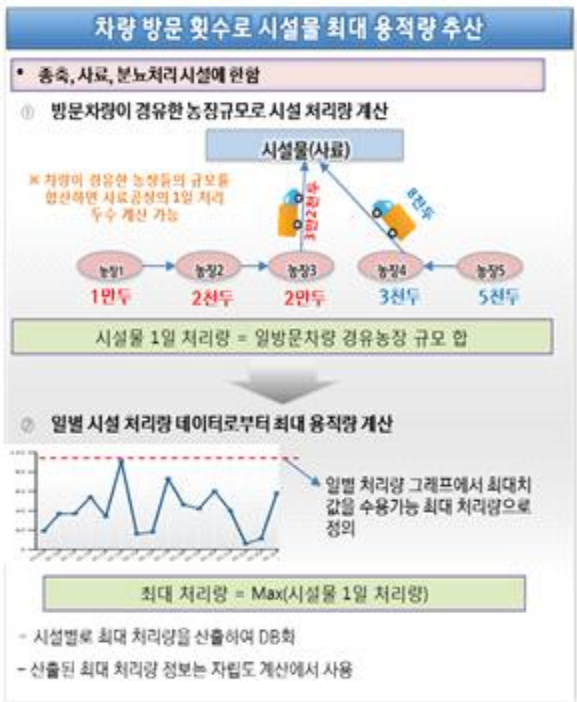
본 모듈은 2차 가공된 Table들을 이용하여 질병이 발생한 지역들과 일시, 축종 선택, 시설별 가중치 정보를 이용하여 시스템에서 표출할 데이터를 생성한다. Markov Chain 기반 확산확률 계산 알고리즘은 선택지역 기준으로 타지역으로의 질병확산 확률을 계산하며, 자립도 계산 알고리즘은 선택 지역 중심으로 가능한 권역 시나리오별 자립도를 계산한다. 선형계획법 분석 알고리즘은 제약조건의 범위 내에서 선택된 질병발생 지역을 중심으로 최적 권역의 후보군을 1차로 선별하여 리스트를 뽑는다. 최적 권역 선별 알고리즘은 지리적 인접도와 자립도가 모두 최적이 될 수 있는 최종 최적 권역을 결정한다.

(2) 축산시설 자립도 최적 권역 산출 알고리즘 하위 모듈 구동 원리

- 알고리즘의 핵심 기술은 서비스 시스템용 2차 가공에서의 시군 단위 시설 유형별 용적량과 농장규모를 추정하는 방법과 시스템 내 데이터 처리 모듈에서의 각각의 알고리즘들임
- 각각의 방법과 알고리즘은 다음과 같이 구동함

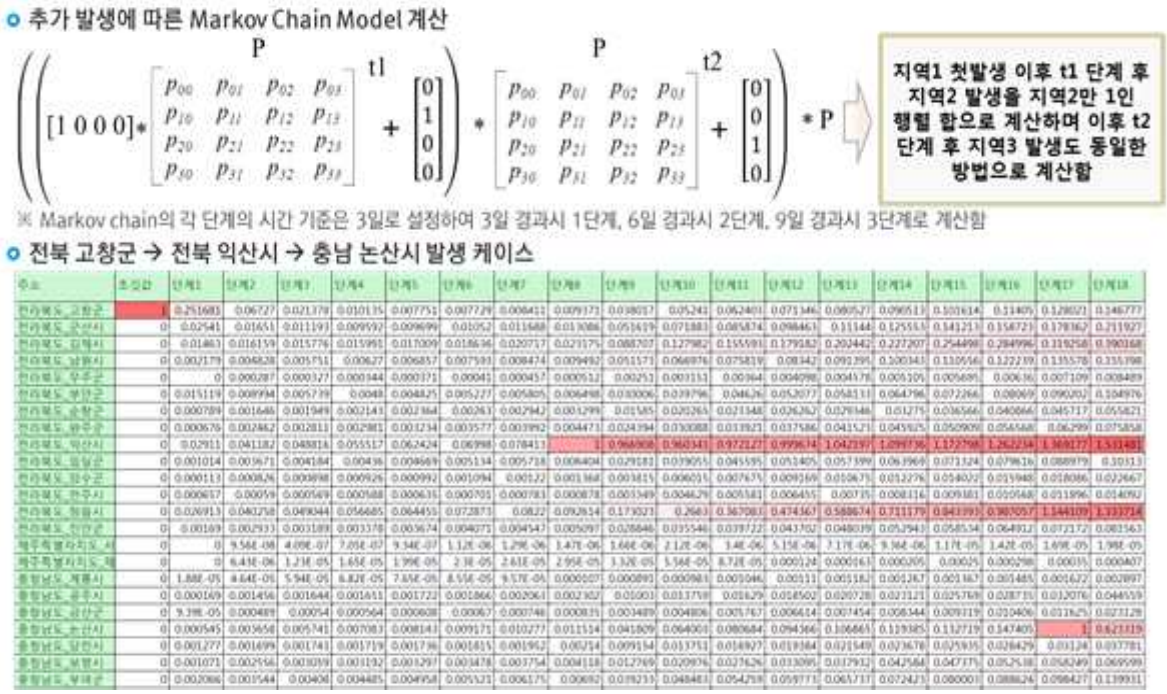
(가) 시군 단위 시설 유형별 용적량 및 농장 규모 추정

- 도축, 종축, 사료, 분뇨처리 시설 중 도축장의 처리량 데이터만 수집이 가능하며 사료공장은 광역도단위 지역별 사료 생산량 통계만 수집이 가능한 한계가 있음
- 농장별 사육두수에 대한 정보는 관련 DB에서 수집이 가능므로 농장에서 도계/도압장으로 이동하는 차량의 유형과 횟수를 이용하면 각 도계/도압장의 도축실적과 농장의 출하규모(사육두수)를 이용하여 출하 차량이 한 번 이동에 어느정도의 가축을 실을 수 있는지에 대한 파라메터 추정이 가능함
- 각 도계/도압장의 용적량은 도축장 통계자료에 나타난 일처리량, 과거 도축실적에서의 일 최대 처리두수를 이용하여 결정할 수 있음
- 사료공장의 용적량은 지역별 사료 생산량과 사료공장-농장간의 차량 방문횟수 간 관계를 이용하여 지역별 사료공장의 처리 가능한 용적량을 추정함
- 종축, 분뇨처리 시설의 경우 용적량 추정시 비교 가능한 절대량이 없기 때문에 차량 이동 패턴만을 고려한 상대적 용적량을 산출함



(나) Markov Chain Model 기반 확산확률 계산 알고리즘

- Markov Chain Model은 From-To 형태의 State간 전이행렬 P가 도출되는 경우 이 행렬을 이용하여 단계의 진행에 따른 전파 확률을 계산할 수 있음
- 특정 지역에서 최초발생된 경우에 해당 지역이 1, 나머지 지역은 0으로 하는 벡터를 전이행렬에 곱해주면 해당 발생지역의 감염에 의해 타 지역으로 전파될 수 있는 가능성을 모든 지역수*지역수만큼의 확률을 표현하는 정사각행렬을 구할 수 있음
- 하나의 지역이 아닌 다수의 지역에서 동시간 흐름에서 발생을 할 경우에는 제 2 발생일에 해당하는 단계에 발생지역이 1, 타 지역이 0인 벡터를 더해서 최대값이 1이 되도록 한 후 다시 전이 행렬을 다음 발생시점까지의 단계 수만큼 곱해주는 방법으로 다수 발생지를 고려한 단계별 확산확률 Table을 계산할 수 있음



(다) 선형계획법 분석 알고리즘

- 앞선 가., 나.의 하위 알고리즘에 의해 만들어진 시군 단위 시설 유형별 용적량과 질병 발생지역 설정에 의한 시군 단위에서의 질병 확산확률 데이터는 최적 권역을 산출하기 위한 주요 정보로 활용됨
- 가.에 의한 결과 데이터를 data1이라고 하고 나.에 의한 결과 데이터를 data2라고 명명했을 때 선형계획법 분석 알고리즘은 이 두 데이터의 정보를 이용하여 제약식을 고려한 목적함수를 해를 구함
- 선형계획법의 목적함수는 권역에 포함되는 행정구역(시/군)의 수가 최소가 되는 조건을

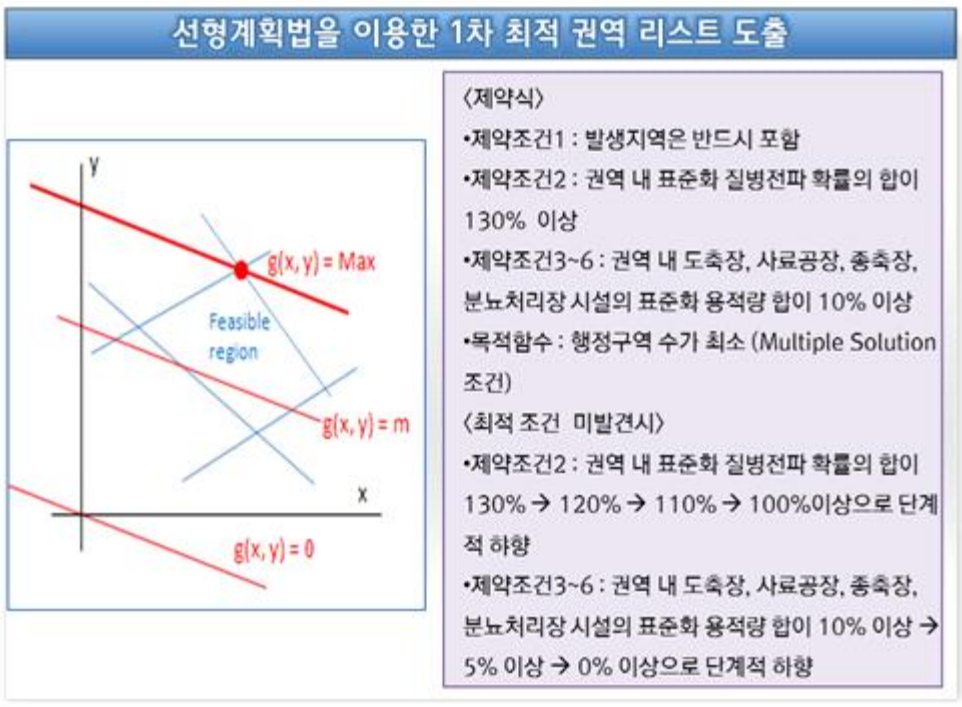
찾는데 이 때 동일한 수의 행정구역 수 내에서는 중복해를 인정하는 조건임

- 이 목적함수의 제약식은 첫째, 발생지역은 반드시 포함해야하며, 둘째 권역 내 표준화 질병전파 확률의 합이 130% 이상, 셋째, 권역 내 도계/도압장의 표준화 용적량 합이 10% 이상, 넷째, 권역 내 사료공장의 표준화 용적량 합이 10% 이상, 다섯째, 권역 내 종축장의 표준화 용적량 합이 10% 이상, 여섯째, 권역 내 분뇨처리장의 표준화 용적량 합이 10% 이상의 조건임

- 시군 단위 지역별로 축산시설의 분포와 축산 농장의 규모의 분포가 상이하기 때문에 해당 조건에서 최적 해가 도출되지 않는 경우도 존재할 수 있음

- 이 경우에는 최적 해가 도출될 때까지 제약식의 조건을 완화하는 방법을 사용하며 첫 번째 완화 방법은 표준화 질병전파 확률이 130% 이상에서 120%, 110%, 100%로 단계적으로 하향시키는 방법이고 두 번째 완화 방법은 시설의 표준화 용적량 합이 10% 이상에서 5%, 0% 이상으로 단계적으로 하향시키는 방법임

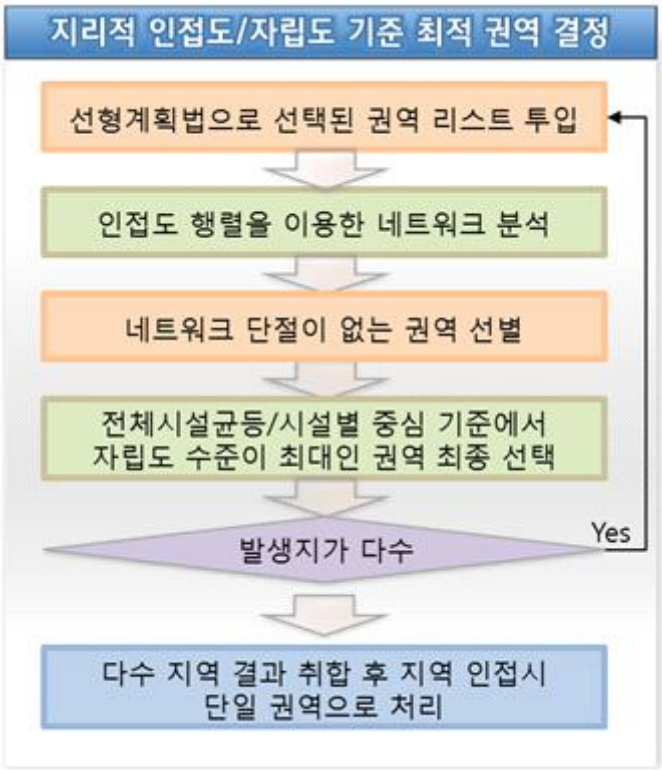
- 이와 같은 방법을 적용하여 최적 해가 도출되지 않는 경우가 발생되지 않도록 하였으며 선형계획법 분석 알고리즘에 의해서 입력된 질병발생 지역에 대한 최적의 권역이 될 수 있는 경우들의 리스트가 결과로 도출됨



(라) 최적 권역 선별 알고리즘

- 최적 권역 선별 알고리즘은 다.의 알고리즘에 의해 도출되는 최적 권역 후보 리스트들 중 시/군 행정구역의 인접도와 시설유형별 자립도 수준이 최대가 되는 단 하나의 최적

권역을 결정하는 알고리즘임



- 다.에서 선택된 권역 리스트를 입력값으로 받으면 우선 인접도 행렬을 이용한 네트워크 분석을 실시함
- Igraph R패키지에서 제공하는 함수로 graph.adjacency() 함수를 사용하면 해당 권역에 선택된 시/군 지역으로 필터링한 시/군 경계가 접해 있는지에 대한 경계인접도 매트릭스를 함수에 입력하면 경계가 인접하지 않은 지역이 포함되어 있는 경우 클러스터 개수가 1이 아닌 2를 출력하게 됨
- 따라서 graph.adjacency()에 의한 클러스터링 결과가 클러스터 1개가 아닌 경우는 후보 리스트에서 제외시킴
- 그 다음으로 모든 후보 리스트에 대하여 해당 권역으로 선택된 시/군 행정구역 내의 도계/도압장, 사료공장, 종축장, 분뇨처리장의 용적량 합과 전체 농장 요구량 합을 비교하여 농장규모보다 용적량이 더 클 경우는 각 시설 유형별로 자립도를 100%로 처리하고 거 용적량이 적은 경우에는 용적량 / 농장 요구량으로 자립도를 계산하여 각 후보 리스트별 시설유형별 자립도 테이블을 생성함
- 서비스 UI에서 옵션으로 전체시설 균등, 도축장 중심, 사료공장 중심, 종축장 중심, 분뇨처리장 중심의 5가지 기준으로의 시설 자립도 최적 조건을 선정하게 되는데 네트워크 단절이 없는 최적 권역 후보 리스트 전체에 대하여 앞서 계산된 시설 유형별 자립도 기준으로 랭킹을 매길 때 전체시설 균등은 4개 시설 자립도 평균을 사용, 각 시설

유형별 중심의 경우 각 시설 유형의 자립도를 기준으로 랭킹을 매김

- 시스템 UI에서 특정 조건을 선택하면 그 조건을 기준으로 정렬된 랭킹에서 최상위에 랭크된 권역 리스트를 반환하여 최종 최적 권역으로 결정함

다. 월별 차량 유입량(농장⇒도계/도압장)과 축평원 도축량 비교

(1) 닭

(가) 차량 적재량을 고려하여 도계/도압장 차량 방문정보로부터 도계/도압장 유입 두수 산출 가능 (1톤당 닭 600마리 적재 가정)

(나) 평균 7톤 이동 가정시 축평원 판정량 증감 패턴과 유사

① 가축이동 차량의 적재율이 월별, 지역별로 상이한 경우 존재

지역(차량데이터 내 도축장 위치)	시설ID	17.4 차량이동 횟수	17.4 도축실적
전라북도_익산시	996073	12,746	49,253,173
경상북도_상주시	1012462	7,185	35,884,523
전라북도_정읍시	996098	5,607	32,006,230
충청북도_진천군	996078	5,588	30,237,862
경기도_동두천시	996079	3,919	20,757,073
전라북도_군산시	996080	3,275	31,631,089
충청남도_천안시	996076	3,246	13,406,638
전라북도_부안군	80004485	2,955	37,465,895
경기도_화성시	996082	2,497	11,505,399
경기도_용인시	996077	2,062	9,495,845
대구광역시_서구	996086	2,057	9,396,485
충청북도_충주시	986696	1,978	19,079,518
충청남도_보령시	986690	1,733	6,697,522
충청남도_부여군	986689	1,652	8,029,893
전라북도_김제시	997346	1,307	5,931,935
전라남도_무안군	80003393	1,220	9,893,663
경기도_김포시	996081	1,137	6,568,457
제주특별자치도_제주시	996089	1,009	2,194,291
강원도_인제군	996097	991	4,465,688
경기도_화성시	996094	955	4,231,923
충청남도_아산시	986694	772	3,980,258
충청남도_당진시	996092	686	3,342,411
경상남도_거창군	1010041	681	3,850,443
경기도_포천시	80004474	638	4,274,574
경기도_양주시	996093	628	2,983,001
충청북도_충주시	986691	561	3,128,737
제주특별자치도_제주시	996101	505	1,727,589
...	...	...	...

(2) 오리

(가) 차량 적재량을 고려하여 도압, 도계장 차량 방문정보로부터 도압,도계장 유입 두수 산출 가능(1톤당 오리 300마리 적재 가정)

(나) 축평원 판정량과 비교한 결과 평균 7톤 트럭으로 계산시 축평원 판정량과 유사해지며 월별로 상승,하강 트렌드는 비슷함

① 가축이동 차량의 적재율이 월별, 지역별로 상이한 경우 존재

② 특정 도압,도계장은 차량이동은 있으나 도축실적과 일치하지 않음

지역(차량데이터 내 도축장 위치)	시설ID	17.4 차량이동 횟수	17.4 도축실적
전라남도_나주시	996102	1,589	3,061,434
전라남도_나주시	996111	847	4,291,398
전라북도_정읍시	996107	573	1,046,363
전라북도_부안군	80004485	341	1,543,828
충청북도_음성군	996103	289	750,612
전라북도_익산시	80006447	257	1,125,930
전라북도_정읍시	996098	217	-
충청북도_진천군	996078	206	-
전라북도_익산시	996073	174	-
제주특별자치도_제주시	996089	98	71,886
전라북도_군산시	996080	78	-
경기도_화성시	996082	57	-
전라북도_남원시	996105	44	-
전라북도_김제시	997346	40	-
충청북도_진천군	986697	39	45,040
경상북도_상주시	1012462	26	-
충청북도_충주시	986691	25	-
충청남도_천안시	996076	25	-
경상남도_거창군	1010041	24	-
충청남도_아산시	986694	20	-
대구광역시_서구	996086	16	-
경기도_용인시	996077	15	-
인천광역시_서구	996096	14	-
경기도_동두천시	996079	13	-
강원도_인제군	996097	11	-
충청북도_충주시	986696	10	-
전라남도_무안군	80003393	9	-
...	...	...	...

다. 도계/도압장 방문차량 특징 분석 - 경유 농장 수, 단독출하 농장 비율

(1) 닭

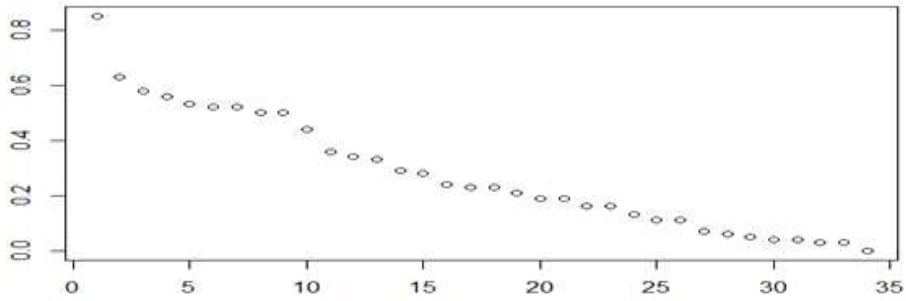
(가) DB에 저장된 양계 농장 5,448 개소 중 양계농장을 경유한 가축이동 차량의 도계/도압장 방문(243.7만건) 패턴 분석

(나) 61.9%의 농장에서 농장 1곳에서 바로 도계장 방문, 33.4%는 농장 2곳 거친 후 도계장 방문, 4.6%는 3곳 이상 거친 후 도계장 방문

① 농장간 이동 차량의 질병전파 확률이 높음으로 모니터링 필요

방문 농장	방문빈도	방문비중	방문 농장	방문빈도	방문비중
1	65393	61.9%	6	341	0.3%
2	35273	33.4%	7	252	0.2%
3	2247	2.1%	8	198	0.2%
4	1102	1.0%	9	152	0.1%
5	475	0.4%	10	127	0.1%

② 10 개 이상 농가가 이용하는 36개소 도계장 중 단독 출하 농장 비율이 50% 이상은 9개소로 특정 도계장의 단독 이용 농장 비율 높음 → 계열 출하 원활



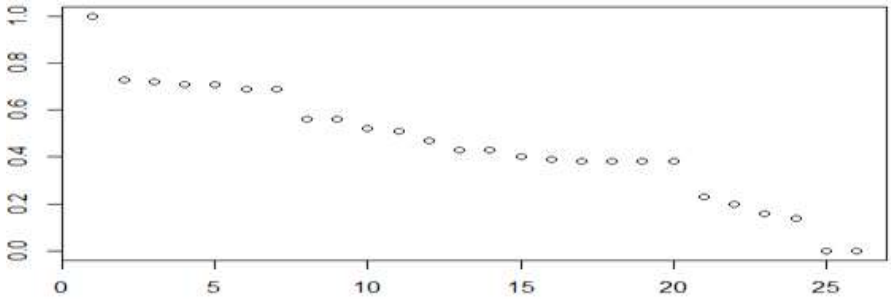
시설코드	이용농가수	단독이용 농가수	단독이용 농가비율
996089	46	39	0.85
1012798	60	38	0.63
986691	93	54	0.58
80004483	87	49	0.56
986692	115	61	0.53
1010041	77	40	0.52
80004474	172	89	0.52
996086	127	64	0.5
1012462	278	139	0.5
996081	89	39	0.44
996101	15	6	0.4
996080	378	137	0.36
986696	220	74	0.34
996096	57	19	0.33
997346	143	41	0.29
997345	25	7	0.28
80004485	227	54	0.24
996078	346	80	0.23
996082	278	64	0.23
996079	258	55	0.21
986694	263	49	0.19
996076	199	37	0.19
986689	135	21	0.16
996097	176	28	0.16
…	…	…	…

(2) 오리

(가) DB에 저장된 오리 농장 10,270 개소 중 오리농장을 경유한 가축이동 차량의 도계, 도압장 방문(174만건) 패턴 분석

(나) 55.8%의 농장에서 농장 1곳에서 바로 도계, 도압장 방문, 35.2%는 농장 2곳 거친 후 방문, 9.1%는 3곳 이상 거친 후 방문

① 오리에 의한 HPAI 전파위험이 높으므로 여러 농장 방문 차량 모니터링 필요



시설코드	이용농가수	단독이용 농가수	단독이용 농가비율
996089	6	6	1
996105	55	40	0.73
996103	90	65	0.72
996080	35	25	0.71
1012462	7	5	0.71
986697	16	11	0.69
80000042	140	96	0.69
996082	9	5	0.56
1010041	9	5	0.56
996111	206	107	0.52
996107	82	42	0.51
996102	187	88	0.47
996096	7	3	0.43
80004483	7	3	0.43
80006447	45	18	0.4
80004485	54	21	0.39
996075	8	3	0.38
996076	8	3	0.38
996077	8	3	0.38
996078	21	8	0.38
996073	26	6	0.23
986694	10	2	0.2
996098	32	5	0.16
80003393	7	1	0.14
650865	6	0	0
997346	8	0	0

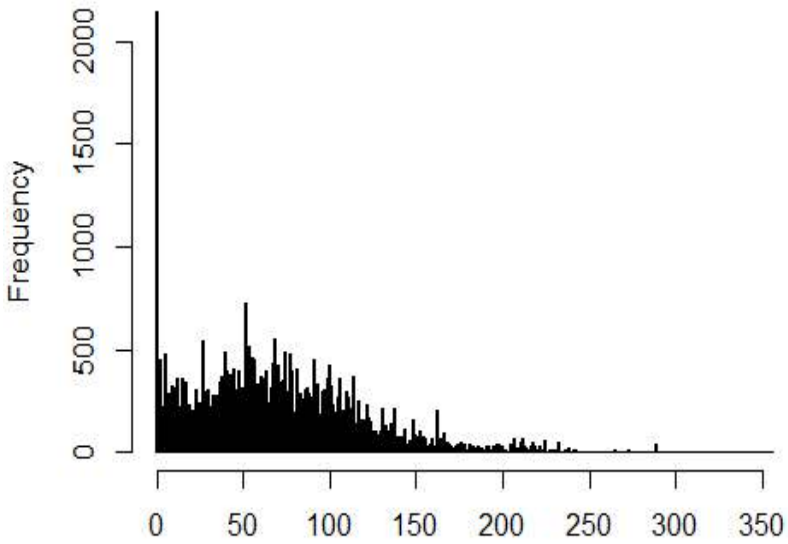
라. 도계/도압장 방문차량 특징 분석 - 차량 이동 거리

(1) 닭

(가) 양계 농장에서 도계장으로 이동한 차량의 평균 이동거리는 68.7km이며 38.7% 경우만 이동거리가 50km를 넘지 않는 반면 22.5%의 농장에서 100km 이상 이동하고 있음

① 닭의 경우 이동거리가 긴 농장이 많으므로 현황 파악 필요

이동거리	10km 이하	10~50km	50~100km	100km 이상
비중	10.7%	28.0%	38.8%	22.5%



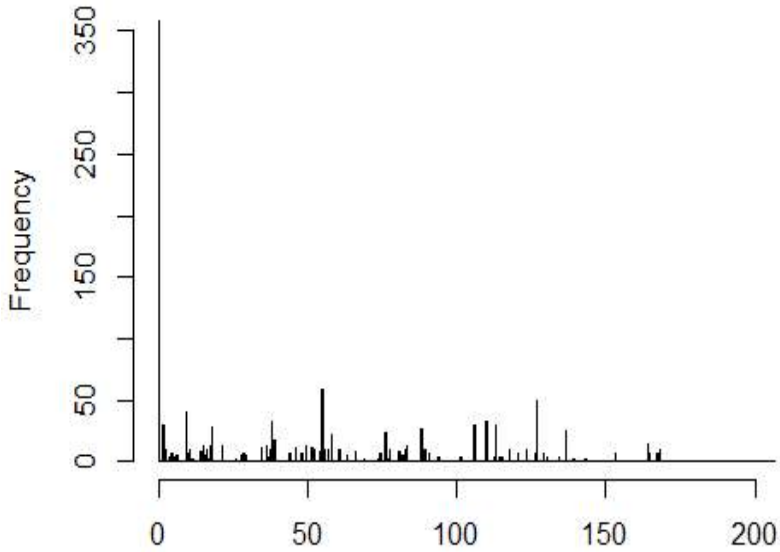
출발지 주소	도착지 주소	출발시설	도착시설	거리(km)
경상남도 거제시 사등면 정곡리	경기도 동두천시 상패동	농장	도계장	355.9
제주특별자치도 제주시 구좌읍 행원리	경상북도 의성군 안계면 도덕리	농장	도계장	349.5
경기도 포천시 신북면 가채리	경상남도 양산시 상북면 외석리	농장	도계장	315.5
경기도 포천시 신북면 가채리	경상남도 양산시 상북면 외석리	농장	도계장	315.5
경기도 포천시 신북면 가채리	경상남도 양산시 상북면 외석리	농장	도계장	315.5
경기도 포천시 신북면 가채리	경상남도 양산시 상북면 외석리	농장	도계장	315.5
경기도 포천시 신북면 가채리	경상남도 양산시 상북면 외석리	농장	도계장	315.5
강원도 인제군 인제읍 덕산리	전라북도 고창군 부안면 수앙리	농장	도계장	311.3
강원도 인제군 인제읍 덕산리	전라북도 고창군 부안면 수앙리	농장	도계장	311.3
강원도 인제군 인제읍 덕산리	전라북도 고창군 부안면 수앙리	농장	도계장	311.3
경기도 포천시 신북면 가채리	전라남도 곡성군 곡성읍 구원리	농장	도계장	293.0
경기도 포천시 신북면 가채리	전라남도 곡성군 곡성읍 구원리	농장	도계장	293.0
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
경기도 동두천시 하봉암동	전라북도 남원시 송동면 송기리	농장	도계장	288.6
...	...	...	...	...

(2) 오리

(가) 오리 농장에서 도압, 도계장으로 이동한 차량의 평균 이동거리는 50.1km이며 57.2% 경우에서는 이동거리가 50km를 넘지 않는 반면 100km 이상 이동하는 경우도 19.7%나 있음

① 효과적 질병 방역을 위해 이동거리가 많은 농장 파악 필요

이동거리	10km 이하	10~50km	50~100km	100km 이상
비중	37.8%	19.4%	23.1%	19.7%



출발지 주소	도착지 주소	출발시설	도착시설	거리(km)
경기도 용인시 처인구 고림동	전라북도 남원시 송동면 혹송리	농장	도계장	206.4
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 강진군 칠량면 영동리	농장	도계장	168.0
충청북도 진천군 이월면 중산리	전라북도 고창군 신림면 도림리	농장	도계장	167.3
충청북도 진천군 이월면 중산리	전라북도 고창군 신림면 도림리	농장	도계장	167.3
충청북도 진천군 이월면 중산리	전라북도 고창군 신림면 도림리	농장	도계장	167.3
충청북도 진천군 이월면 중산리	전라북도 고창군 신림면 도림리	농장	도계장	167.3
충청북도 진천군 이월면 중산리	전라북도 고창군 신림면 도림리	농장	도계장	167.3
충청북도 진천군 이월면 중산리	전라북도 고창군 신림면 도림리	농장	도계장	167.3
대구광역시 서구 중리동	경기도 이천시 설성면 장천리	농장	도계장	167.0
대구광역시 서구 중리동	경기도 이천시 설성면 장천리	농장	도계장	167.0
대구광역시 서구 중리동	경기도 이천시 설성면 장천리	농장	도계장	167.0
대구광역시 서구 중리동	경기도 이천시 설성면 장천리	농장	도계장	167.0
대구광역시 서구 중리동	경기도 이천시 설성면 장천리	농장	도계장	167.0
전라북도 익산시 용안면 송산리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.7
전라북도 익산시 용안면 송산리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.7
전라북도 익산시 용안면 송산리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.7
전라북도 익산시 용안면 송산리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.7
전라북도 익산시 용안면 송산리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.7
전라북도 익산시 용안면 송산리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.7
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.1
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.1
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.1
전라북도 익산시 망성면 어량리	전라남도 장흥군 용산면 상금리	농장	도계장	164.1
...	...	...	...	...

마. 권역화 모델 평가 및 개선

(1) 1차 권역 모델 개선 사항

(가) 발병지역 문제 해결

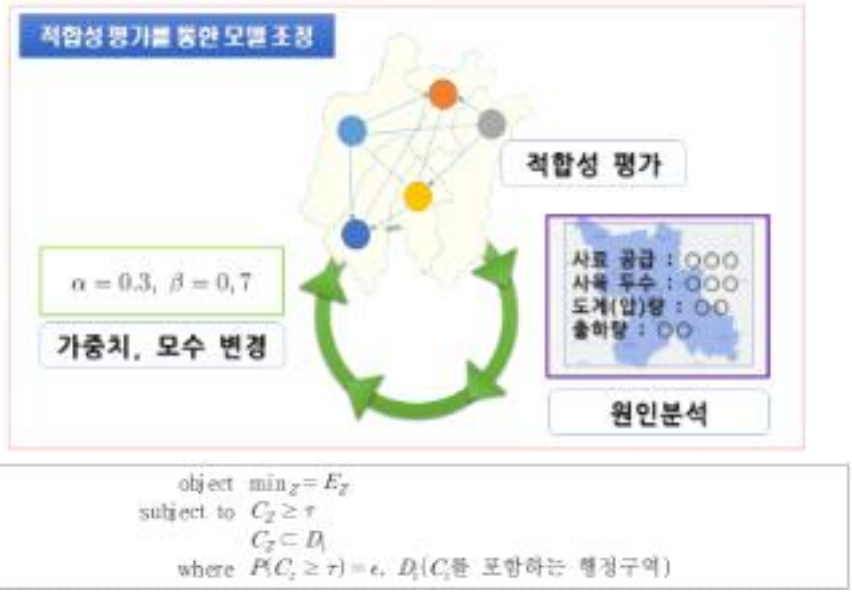
- 두 개 이상의 발병 지역이 제시된 경우 가각의 권역이 인접하게 되면 권역을 하나의 추가 지역으로 간주하고 권역지수를 이용한 테스트를 통해 결합 및 분리를 판단해야 함
- 이를 개선하기 위해 Markov Chain 모델에서 세 개 지역의 질병 발생에 대한 계산이 가능하도록 하여 적용하였음
- 또한 다수 지역의 발생으로 권역에 중첩이 발생하는 경우는 권역을 묶어서 하나의 권역을 가정하고 최적화 문제를 계산하여 최적해를 구하도록 개선하였음

(나) 최적화 문제 해결

- 초기 권역에서 두 후보 지역들의 응집도가 근소한 경우 다수의 권역을 동시에 고려할 필요가 있음
- 해당 문제의 해결을 위해 최적화 문제에서 1차 선형계획법 계산에서는 제약식의 제약조건을 다수의 최적해가 도출될 수 있도록 하여 해결하였음
- 이렇게 선택된 다수의 최적해는 재귀적인 방법으로 병렬기법을 이용하여 다양한 권역을 계산하고 최적 권역 선택하도록 개선하였음

(다) 광역도 단위의 권역 제약조건 타당성 검토

- 각 시군에 대하여 해당 시가 소속된 도내에서만 권역화를 실시했을 경우 독립적인 사양관리가 가능한 권역을 이룰 수 있는지를 평가하고 각각의 평가에 대하여 적합성을 검토 하여 가중치, 모수 변경하여 알고리즘 개선을 검토하였음
- 그 결과 광역도 단위 내에서의 권역을 제약할 경우 광역도 단위 제약이 없는 최적 권역과 비교하여 자립도 측면에서의 대등한 결과가 도출되지 않고 대부분 열등한 권역이 산출되는 문제로 인해 광역도 단위 내의 최적 권역 제약 조건은 고려하지 않는 것이 타당함

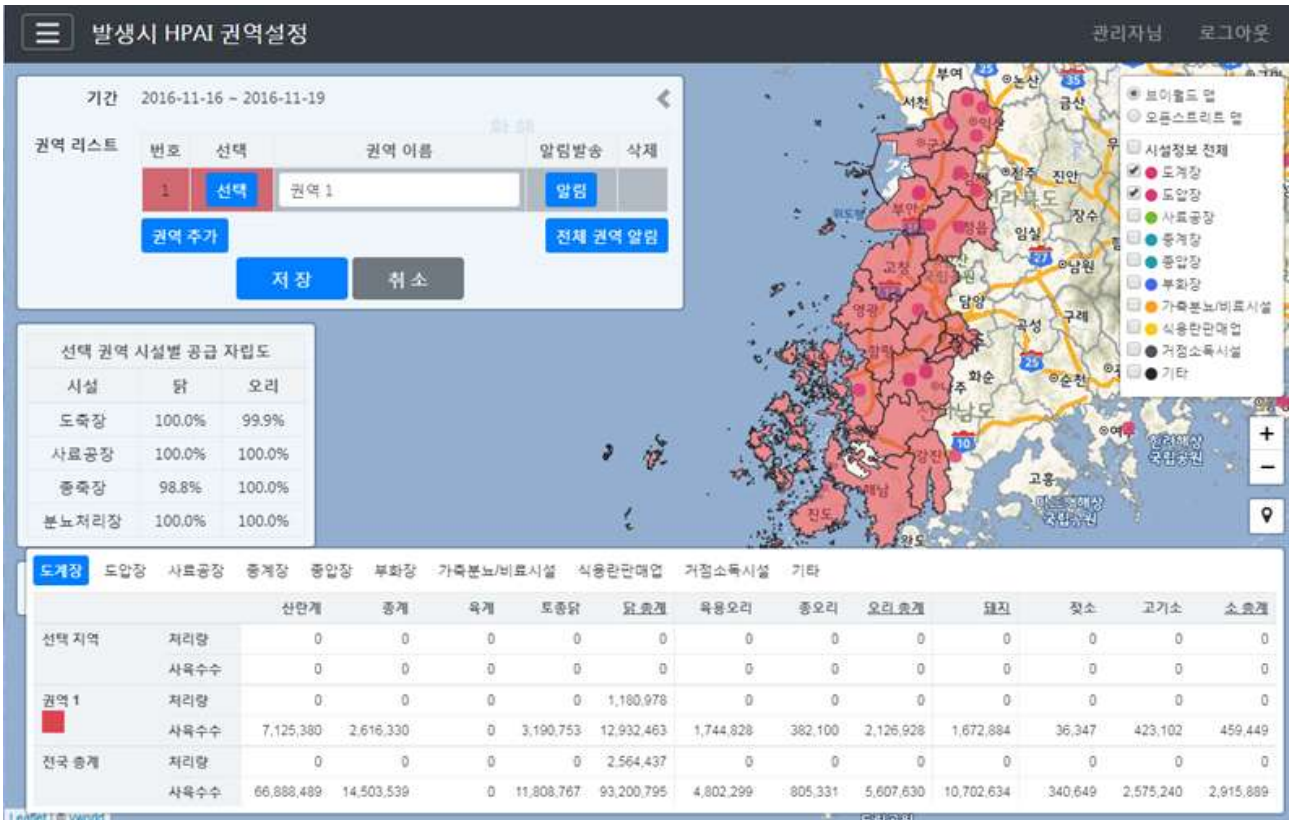


<행정구역 제약조건이 포함된 최적화 권역 모델>

(2) 권역화를 통한 방역체계 실행이 축산관련 산업(유통)에 미치는 영향 분석

- 질병발생시 최적 권역을 도출하여 설정할 경우 도계/도압장, 사료공장, 종축장, 분뇨처리장 중 자립도가 100%가 되지 않는 시설이 있을 경우 권역이 장기화되어 고립될 경우 경제적 피해가 발생하게 됨
- 축산관련 산업 중 가장 직접적인 영향은 출하시기가 된 가축들이 인근의 도계/도압장을 이용해야 하는 상황에서 도축 용량이 부족하여 출하가 되지 않는 문제가 가장 큼
- 최적 권역 설정에 의하여 도계/도압장 자립도가 100%인 권역의 경우는 문제가 되지 않으나 도계/도압장 자립도가 100%가 되지 않는 지역의 경우 해당 지역의 사육두수에 (100 – 자립도) 비율을 곱해주면 해당 권역에서 도축 시설 부족으로 인한 피해 두수를 계산할 수 있음
- 도계/도압장 이용으로 인해 피해가 예상되는 권역의 경우 해당 사육두수만큼의 경제적 피해를 예방하기 위해서는 권역 외부의 도계/도압장으로 가축을 이동할 수 있는 거점소독장소를 마련하고 권역 외부의 도계/도압장까지의 가축 이동 차량에 대한 방역을 철저하게 할 수 있도록 관리가 필요함
- 권역 내 도계/도압장의 자립도는 100%를 초과하는 경우라 하더라도 권역 내의 도계/도압장이 대규모 도계/도압장으로 권역 외부의 농장들과의 거래량이 상당한 경우에는 권역 내/외부의 단절은 권역 외부의 농장에게도 거리가 더 먼 도계/도압장을 이용해야 하거나 일시적으로 인근 도계/도압장의 처리 용량이 초과되어 한참 멀리 있는 도계/도압장을 이용해야 하는 문제도 발생할 수 있음
- 이로 인한 축산 관련 산업의 영향은 여러 가지 고려해야 하는 요소가 많고 권역 설

정으로 인한 방역조치 시기에 반드시 권역 내부의 도계/도압장을 이용할 것이라고 가정하기가 어렵기 때문에 분석 사항에서 제외하였음



<시스템에서의 권역 설정에 따른 권역내 공급 자립도와 사육두수>

- 도계/도압장 다음으로 고려할 시설은 사료공장으로 권역 내의 사료공장의 공급 자립도가 100%가 되지 않을 경우 권역 외부에서 사료를 조달하는 것이 필요함
- 권역 내 사료 공장들의 사료 생산량을 최대생산량 수준으로 늘리는 것으로 해결될 수 없다면 해당 지역의 사육두수에 (100 – 자립도) 비율을 곱해준 두수의 사료섭취량 만큼을 권역 외부로부터 조달하는 계획을 세워야 함
- 이를 위해서는 사료 공급을 위한 거점 소독장소를 지정하고 지정 장소에서 권역 외부로부터 사료를 반입하여 사료 공급망으로 전달될 수 있는 체계를 마련해야 함
- 이와 같이 권역화를 통한 방역체계 실행으로 인한 축산 관련 산업 영향은 전국 160여개의 시/군 행정구역에 대한 질병 발생시의 최적 권역과 축산 시설들의 자립도 지수, 권역 내 축종별 사육두수 에 대한 추출 자료를 기반으로 예상되는 피해를 산출할 수 있음
- 아래 표는 닭에 대하여 시설별 가중치를 도계/도압장 3, 종축장 2, 분뇨처리장 2, 나머지 돼지 관련 시설은 1로 두었을 때 전체시설의 자립도가 균등한 것을 기준으로 최적권역과 해당 권역의 공급자립도를 추출한 데이터임
- 축산시설의 분포가 많은 반면 농장의 수가 적은 대도시 지역은 자립도가 대부분 100

을 만족하고 있으나 축산 시설이 부족한 강원도 동해안 지역은 자립도가 0인 지역도 있는 것을 확인할 수 있음

- 전남 나주 지역과 같이 오리 농장이 많은 지역은 상대적으로 시설 용적량이 만족되지 않아 공급 자립도가 낮은 것을 확인할 수 있음

- 따라서 이와 같은 행정구역별 공급자립도 지수를 활용할 경우 질병 장기화시 축산업 관련 유통망에 미칠 수 있는 부정적인 영향이 발생할 수 있는 지역을 확인할 수 있고 장기적인 관점에서 필요 시설을 인근 지역에 건립하는 정책을 수행하는 기초자료로 활용할 수 있음

<전국 시/군 행정구역 최적권역 리스트 및 시설유형별 공급 자립도>

번호	발생시	최적권역리스트	공급자립도			
			도축장	사료공장	종축장	분뇨처리장
1	서울특별시	경기도 양주시, 경기도 포천시, 서울특별시	41	100	100	100
2	부산광역시	경상남도 김해시, 부산광역시	0	100	100	100
3	대구광역시	경상북도 성주군, 대구광역시	50	100	100	100
4	인천광역시	경기도 김포시, 경기도 파주시, 인천광역시	36	100	75	92
5	광주광역시	광주광역시, 전라남도 나주시, 전라남도 무안군	100	100	100	100
6	대전광역시	대전광역시, 충청남도 천안시, 충청북도 청주시	46	100	100	100
7	울산광역시	경상남도 양산시, 울산광역시	0	100	100	100
8	세종특별자치시	세종특별자치시, 충청남도 천안시, 충청북도 청주시	38	100	100	100
9	경기도 수원시	경기도 수원시, 경기도 용인시	50	100	100	100
10	경기도 성남시	경기도 성남시, 경기도 용인시, 경기도 평택시	39	100	100	100
11	경기도 의정부시	경기도 동두천시, 경기도 의정부시, 경기도 포천시	50	100	100	100
12	경기도 안양시	경기도 안산시, 경기도 안양시	0	100	100	100
13	경기도 부천시	경기도 부천시, 인천광역시	50	100	73	100
14	경기도 광명시	경기도 광명시, 경기도 시흥시, 경기도 안산시	0	100	100	100
15	경기도 평택시	경기도 안성시, 경기도 평택시, 충청남도 천안시	34	100	100	100
16	경기도 동두천시	경기도 동두천시, 경기도 포천시	50	100	100	100
17	경기도 안산시	경기도 안산시, 경기도 화성시	50	100	81	100
18	경기도 고양시	경기도 고양시, 경기도 김포시, 경기도 양주시, 경기도 파주시, 경기도 포천시, 인천광역시	37	100	88	100
19	경기도 과천시	경기도 과천시, 경기도 성남시	100	50	100	100
20	경기도 구리시	경기도 구리시, 경기도 남양주시	0	0	50	77
21	경기도 남양주시	경기도 남양주시, 경기도 양주시, 경기도 포천시	39	100	100	100
22	경기도 오산시	경기도 오산시, 경기도 평택시, 경기도 화성시, 충청남도 천안시	50	100	100	100
23	경기도 시흥시	경기도 시흥시, 경기도 안산시	0	100	100	100
24	경기도 군포시	경기도 군포시, 경기도 안산시	0	100	50	100
25	경기도 의왕시	경기도 안산시, 경기도 의왕시	0	100	100	100
26	경기도 하남시	경기도 광주시, 경기도 하남시	0	0	50	100
27	경기도 용인시	경기도 안성시, 경기도 용인시, 경기도 평택시, 경기도 화성시, 충청북도 음성군	87	100	100	100
28	경기도 파주시	경기도 김포시, 경기도 양주시, 경기도 연천군, 경기도 파주시, 인천광역시	21	100	76	100
29	경기도 이천시	경기도 안성시, 경기도 용인시, 경기도 이천시, 충청북도 진천군	91	100	100	100
30	경기도 안성시	경기도 안성시, 경기도 용인시, 충청북도 음성군, 충청북도 진천군	100	100	100	100
31	경기도 김포시	경기도 김포시, 인천광역시	50	100	72	100
32	경기도 화성시	경기도 안산시, 경기도 안성시, 경기도 용인시, 경기도 평택시, 경기도 화성시, 충청남도 당진시, 충청남도 천안시	48	100	100	100
33	경기도 광주시	경기도 광주시, 경기도 용인시, 경기도 이천시, 충청북도 음성군	75	100	100	100
34	경기도 양주시	경기도 동두천시, 경기도 양주시, 경기도 포천시	50	100	100	100
35	경기도 포천시	강원도 철원군, 경기도 가평군, 경기도 고양시, 경기도 남양주시, 경기도 동두천시, 경기도 양주시, 경기도 연천군, 경기도 파주시, 경기도 포천시, 경기도 하남시, 서울특별시	34	100	100	100

36	경기도 여주시	강원도 원주시, 경기도 여주시, 경기도 용인시, 경기도 이천시, 충청북도 음성군, 충청북도 진천군, 충청북도 충주시	100	100	100	100
37	경기도 연천군	경기도 동두천시, 경기도 연천군, 경기도 포천시	50	100	100	100
38	경기도 가평군	강원도 인제군, 강원도 춘천시, 경기도 가평군, 경기도 남양주시, 경기도 동두천시, 경기도 포천시	50	100	100	100
39	경기도 양평군	강원도 원주시, 경기도 가평군, 경기도 남양주시, 경기도 양평군, 경기도 여주시, 경기도 용인시, 경기도 이천시, 충청북도 음성군	62	100	100	100
40	강원도 춘천시	강원도 양구군, 강원도 인제군, 강원도 춘천시, 강원도 홍천군, 강원도 화천군, 강원도 횡성군	9	96	81	100
41	강원도 원주시	강원도 원주시, 강원도 횡성군, 경기도 이천시, 충청북도 음성군, 충청북도 충주시	100	100	99	100
42	강원도 강릉시	강원도 강릉시, 강원도 동해시	2	81	100	100
43	강원도 동해시	강원도 강릉시, 강원도 동해시	7	0	100	50
44	강원도 태백시	강원도 태백시, 경상북도 봉화군, 경상북도 영주시	0	64	100	100
45	강원도 속초시	강원도 속초시, 강원도 양양군	0	50	50	50
46	강원도 삼척시	강원도 삼척시, 강원도 정선군	0	0	50	50
47	강원도 홍천군	강원도 강릉시, 강원도 고성군, 강원도 양구군, 강원도 양양군, 강원도 영월군, 강원도 원주시, 강원도 인제군, 강원도 춘천시, 강원도 평창군, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군, 경기도 가평군, 경기도 남양주시, 경기도 양평군, 경기도 여주시, 경기도 포천시	9	100	100	100
48	강원도 횡성군	강원도 원주시, 강원도 춘천시, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군, 충청북도 충주시	50	100	100	100
49	강원도 영월군	강원도 영월군, 강원도 평창군, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군, 경기도 여주시, 경상북도 안동시, 경상북도 영주시, 충청북도 제천시, 충청북도 충주시	40	100	100	100
50	강원도 평창군	강원도 강릉시, 강원도 원주시, 강원도 인제군, 강원도 춘천시, 강원도 평창군, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군	8	100	100	100
51	강원도 정선군	강원도 정선군, 강원도 태백시	0	0	50	0
52	강원도 철원군	강원도 철원군, 경기도 동두천시, 경기도 포천시	50	100	100	100
53	강원도 화천군	강원도 양구군, 강원도 인제군, 강원도 춘천시, 강원도 홍천군, 강원도 화천군, 경기도 가평군, 경기도 동두천시, 경기도 양주시, 경기도 포천시	50	100	100	100
54	강원도 양구군	강원도 양구군, 강원도 춘천시	0	74	75	100
55	강원도 인제군	강원도 인제군, 강원도 홍천군, 강원도 화천군, 강원도 횡성군, 경기도 가평군	9	98	83	100
56	강원도 고성군	강원도 고성군, 강원도 속초시, 강원도 인제군, 강원도 춘천시	44	74	72	100
57	강원도 양양군	강원도 강릉시, 강원도 고성군, 강원도 속초시, 강원도 양양군, 강원도 인제군, 강원도 평창군, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군	10	97	100	100
58	충청북도 청주시	세종특별자치시, 충청남도 천안시, 충청북도 진천군, 충청북도 청주시	100	100	100	100
59	충청북도 충주시	강원도 원주시, 경기도 안성시, 경기도 여주시, 경기도 이천시, 충청북도 음성군, 충청북도 진천군, 충청북도 충주시	100	100	100	100
60	충청북도 제천시	강원도 영월군, 강원도 원주시, 강원도 횡성군, 충청북도 음성군, 충청북도 제천시, 충청북도 충주시	100	100	100	100
61	충청북도 보은군	경상북도 김천시, 경상북도 상주시, 대전광역시, 충청남도 금산군, 충청남도 논산시, 충청남도 천안시, 충청북도 괴산군, 충청북도 보은군, 충청북도 영동군, 충청북도 옥천군, 충청북도 음성군, 충청북도 진천군, 충청북도 청주시, 충청북도 충주시	100	100	100	100
62	충청북도 옥천군	경상북도 상주시, 경상북도 의성군, 충청북도 옥천군	50	100	100	100
63	충청북도 영동군	경상북도 상주시, 충청북도 영동군	50	82	0	100
64	충청북도 증평군	충청북도 음성군, 충청북도 증평군, 충청북도 청주시	50	100	98	100
65	충청북도 진천군	경기도 안성시, 경기도 여주시, 충청북도 괴산군, 충청북도 음성군, 충청북도 진천군, 충청북도 청주시, 충청북도 충주시	100	100	100	100
66	충청북도 괴산군	충청북도 괴산군, 충청북도 보은군, 충청북도 증평군, 충청북	100	100	96	100

		도 충주시				
67	충청북도 음성군	경기도 안성시, 충청북도 음성군, 충청북도 진천군	100	100	100	100
68	충청북도 단양군	강원도 원주시, 경상북도 영주시, 충청북도 단양군, 충청북도 제천시	1	100	100	100
69	충청남도 천안시	세종특별자치시, 충청남도 아산시, 충청남도 천안시	47	100	100	100
70	충청남도 공주시	대전광역시, 세종특별자치시, 전라북도 익산시, 충청남도 공주시, 충청남도 논산시, 충청남도 부여군, 충청남도 아산시, 충청남도 천안시, 충청남도 청양군, 충청북도 진천군	95	100	94	100
71	충청남도 보령시	전라북도 익산시, 충청남도 보령시, 충청남도 부여군, 충청남도 홍성군	69	100	84	100
72	충청남도 아산시	경기도 평택시, 충청남도 아산시, 충청남도 천안시	44	100	100	100
73	충청남도 서산시	경기도 평택시, 충청남도 당진시, 충청남도 서산시, 충청남도 아산시	22	100	89	100
74	충청남도 논산시	전라북도 군산시, 전라북도 김제시, 전라북도 익산시, 전라북도 정읍시, 충청남도 금산군, 충청남도 논산시, 충청남도 부여군	84	100	88	100
75	충청남도 계룡시	충청남도 계룡시, 충청남도 논산시	0	100	100	100
76	충청남도 당진시	충청남도 당진시, 충청남도 아산시, 충청남도 예산군	16	100	93	100
77	충청남도 금산군	전라북도 김제시, 전라북도 익산시, 전라북도 정읍시, 충청남도 금산군, 충청남도 논산시	87	100	89	100
78	충청남도 부여군	전라북도 군산시, 전라북도 익산시, 충청남도 부여군	97	100	81	100
79	충청남도 서천군	전라북도 군산시, 전라북도 익산시, 충청남도 서천군	100	100	82	100
80	충청남도 청양군	전라북도 익산시, 충청남도 부여군, 충청남도 청양군, 충청남도 홍성군	71	100	81	100
81	충청남도 홍성군	충청남도 당진시, 충청남도 보령시, 충청남도 서산시, 충청남도 홍성군	17	100	87	100
82	충청남도 예산군	충청남도 아산시, 충청남도 예산군, 충청남도 홍성군	7	100	91	100
83	충청남도 태안군	충청남도 당진시, 충청남도 서산시, 충청남도 태안군	22	100	84	97
84	전라북도 전주시	전라북도 익산시, 전라북도 전주시	100	100	82	100
85	전라북도 군산시	전라북도 군산시, 전라북도 익산시	100	100	82	100
86	전라북도 익산시	전라북도 군산시, 전라북도 김제시, 전라북도 완주군, 전라북도 익산시, 전라북도 임실군, 전라북도 정읍시, 전라북도 진안군, 충청남도 논산시	83	100	94	100
87	전라북도 정읍시	전라북도 군산시, 전라북도 김제시, 전라북도 익산시, 전라북도 임실군, 전라북도 정읍시, 충청남도 논산시	84	100	93	100
88	전라북도 남원시	전라북도 남원시, 전라북도 순창군, 전라북도 완주군, 전라북도 임실군, 전라북도 장수군, 전라북도 정읍시	48	100	100	100
89	전라북도 김제시	전라북도 김제시, 전라북도 익산시, 전라북도 정읍시	94	100	84	100
90	전라북도 완주군	전라북도 군산시, 전라북도 완주군, 전라북도 익산시, 전라북도 임실군	100	100	89	100
91	전라북도 진안군	전라북도 진안군, 충청남도 금산군	0	55	85	100
92	전라북도 무주군	경상북도 김천시, 전라북도 무주군, 전라북도 장수군, 충청북도 영동군, 충청북도 옥천군	0	100	89	100
93	전라북도 장수군	전라북도 남원시, 전라북도 무주군, 전라북도 완주군, 전라북도 임실군, 전라북도 장수군, 전라북도 정읍시	53	100	100	100
94	전라북도 임실군	전라북도 김제시, 전라북도 남원시, 전라북도 익산시, 전라북도 임실군, 전라북도 정읍시, 충청남도 논산시	80	100	93	100
95	전라북도 순창군	전라북도 순창군, 전라북도 정읍시	84	100	88	100
96	전라북도 고창군	전라남도 영광군, 전라북도 고창군, 전라북도 군산시, 전라북도 김제시, 전라북도 정읍시	67	100	99	100
97	전라북도 부안군	전라북도 군산시, 전라북도 부안군, 전라북도 정읍시	71	100	89	100
98	전라남도 목포시	전라남도 목포시, 전라남도 무안군	50	100	98	100
99	전라남도 여수시	전라남도 곡성군, 전라남도 순천시, 전라남도 여수시	0	66	100	100
100	전라남도 순천시	전라남도 고흥군, 전라남도 곡성군, 전라남도 보성군, 전라남도 순천시	0	66	100	100
101	전라남도 나주시	광주광역시, 전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 영암군, 전라남도 함평군, 전라남도 화순군	76	100	100	100
102	전라남도 광양시	경상남도 사천시, 경상남도 하동군, 경상남도 함양군, 전라남도 광양시, 전라남도 순천시, 전라북도 남원시	50	90	100	100
103	전라남도 담양군	전라남도 담양군, 전라남도 장성군, 전라북도 정읍시	79	100	93	100
104	전라남도 곡성군	전라남도 곡성군, 전라남도 구례군	0	0	53	96

105	전라남도 구례군	경상남도 하동군, 전라남도 구례군, 전라남도 순천시, 전라북도 남원시, 전라북도 순창군	39	73	100	100
106	전라남도 고흥군	전라남도 고흥군, 전라남도 보성군	0	38	0	39
107	전라남도 보성군	광주광역시, 전라남도 나주시, 전라남도 보성군, 전라남도 화순군	68	100	100	100
108	전라남도 화순군	광주광역시, 전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 영암군, 전라남도 화순군	85	100	100	100
109	전라남도 장흥군	전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 장흥군, 전라남도 화순군	91	100	100	100
110	전라남도 강진군	전라남도 강진군, 전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 영암군, 전라남도 장흥군	81	100	100	100
111	전라남도 해남군	전라남도 강진군, 전라남도 나주시, 전라남도 영암군, 전라남도 해남군	64	100	100	100
112	전라남도 영암군	전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 영암군, 전라남도 장흥군	86	100	100	100
113	전라남도 무안군	전라남도 나주시, 전라남도 목포시, 전라남도 무안군, 전라남도 신안군, 전라남도 영광군, 전라남도 영암군, 전라남도 함평군	73	100	100	100
114	전라남도 함평군	전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 함평군	84	100	99	100
115	전라남도 영광군	전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 영광군, 전라북도 고창군, 전라북도 정읍시	93	100	100	100
116	전라남도 장성군	광주광역시, 전라남도 나주시, 전라남도 무안군, 전라남도 장성군, 전라남도 함평군, 전라북도 정읍시	100	100	100	100
117	전라남도 완도군	전라남도 강진군, 전라남도 완도군, 전라남도 장흥군, 전라남도 해남군	0	100	100	100
118	전라남도 진도군	전라남도 진도군, 전라남도 해남군	0	64	100	83
119	전라남도 신안군	전라남도 나주시, 전라남도 목포시, 전라남도 무안군, 전라남도 신안군, 전라남도 영암군, 전라남도 해남군	85	100	100	100
120	경상북도 포항시	경상북도 경산시, 경상북도 경주시, 경상북도 영천시, 경상북도 포항시, 대구광역시	40	100	100	100
121	경상북도 경주시	경상남도 양산시, 경상북도 경산시, 경상북도 경주시, 경상북도 영천시, 경상북도 포항시, 대구광역시, 울산광역시	31	100	100	100
122	경상북도 김천시	경상북도 김천시, 경상북도 상주시	50	78	89	100
123	경상북도 안동시	경상북도 상주시, 경상북도 안동시, 경상북도 의성군	50	100	100	100
124	경상북도 구미시	경상북도 구미시, 경상북도 상주시, 충청북도 옥천군	50	100	100	100
125	경상북도 영주시	경상북도 봉화군, 경상북도 안동시, 경상북도 영주시	0	100	100	100
126	경상북도 영천시	경상남도 밀양시, 경상남도 창녕군, 경상북도 경산시, 경상북도 경주시, 경상북도 고령군, 경상북도 영천시, 경상북도 의성군, 경상북도 청송군, 경상북도 칠곡군, 경상북도 포항시, 대구광역시	15	100	100	100
127	경상북도 상주시	경상북도 김천시, 경상북도 문경시, 경상북도 상주시, 경상북도 안동시, 경상북도 영주시, 경상북도 의성군, 충청북도 옥천군, 충청북도 충주시	50	100	100	100
128	경상북도 문경시	경상북도 문경시, 경상북도 상주시	50	76	72	100
129	경상북도 경산시	경상북도 경산시, 경상북도 청도군	0	100	100	100
130	경상북도 군위군	경상북도 경산시, 경상북도 군위군, 대구광역시	50	100	100	99
131	경상북도 의성군	경상북도 상주시, 경상북도 안동시, 경상북도 의성군	50	100	100	100
132	경상북도 청송군	경상북도 안동시, 경상북도 영천시, 경상북도 청송군	0	100	100	100
133	경상북도 영양군	경상북도 안동시, 경상북도 영양군	0	100	100	100
134	경상북도 영덕군	경상북도 영덕군, 경상북도 영양군	0	65	0	50
135	경상북도 청도군	경상북도 경주시, 경상북도 청도군, 대구광역시	50	100	100	50
136	경상북도 고령군	경상남도 창녕군, 경상남도 합천군, 경상북도 경산시, 경상북도 고령군, 대구광역시	26	100	100	100
137	경상북도 성주군	경상북도 성주군, 대구광역시	50	100	100	100
138	경상북도 칠곡군	경상북도 칠곡군, 대구광역시	50	100	73	100
139	경상북도 예천군	경상북도 상주시, 경상북도 안동시, 경상북도 예천군	50	100	100	100
140	경상북도 봉화군	경상북도 봉화군, 경상북도 안동시	0	100	100	100
141	경상북도 울진군	강원도 삼척시, 경상북도 봉화군, 경상북도 영덕군, 경상북도 영양군, 경상북도 울진군	0	0	88	100

142	경상남도 창원시	경상남도 밀양시, 경상남도 창녕군, 경상남도 창원시, 대구광역시	36	100	100	100
143	경상남도 진주시	경상남도 진주시, 경상남도 하동군, 경상남도 함안군, 경상남도 함양군	51	100	100	100
144	경상남도 통영시	경상남도 거제시, 경상남도 고성군, 경상남도 통영시	12	83	100	100
145	경상남도 사천시	경상남도 고성군, 경상남도 사천시, 경상남도 하동군	50	100	100	100
146	경상남도 김해시	경상남도 고성군, 경상남도 김해시, 경상남도 밀양시, 경상남도 창녕군, 경상남도 창원시	0	100	100	100
147	경상남도 밀양시	경상남도 김해시, 경상남도 밀양시, 경상남도 양산시, 경상남도 창녕군, 경상남도 창원시, 경상남도 함안군, 경상북도 경산시, 경상북도 영천시, 대구광역시, 부산광역시	19	100	100	100
148	경상남도 거제시	경상남도 거제시, 경상남도 통영시	28	100	0	0
149	경상남도 양산시	경상남도 김해시, 경상남도 양산시, 경상남도 창원시, 경상북도 경주시, 부산광역시, 울산광역시	0	100	100	100
150	경상남도 의령군	경상남도 거창군, 경상남도 의령군, 경상남도 함안군, 경상남도 합천군	17	100	100	100
151	경상남도 함안군	경상남도 진주시, 경상남도 창녕군, 경상남도 하동군, 경상남도 함안군	51	100	100	100
152	경상남도 창녕군	경상남도 거창군, 경상남도 밀양시, 경상남도 창녕군, 경상남도 합천군, 대구광역시	33	100	100	100
153	경상남도 고성군	경상남도 고성군, 경상남도 사천시, 경상남도 진주시, 경상남도 통영시	0	100	100	100
154	경상남도 남해군	경상남도 남해군, 경상남도 사천시	50	0	100	100
155	경상남도 하동군	경상남도 거창군, 경상남도 사천시, 경상남도 하동군, 경상남도 함양군	77	98	100	100
156	경상남도 산청군	경상남도 거창군, 경상남도 사천시, 경상남도 산청군, 경상남도 진주시, 경상남도 하동군, 경상남도 함안군, 경상남도 함양군	58	100	100	100
157	경상남도 함양군	경상남도 거창군, 경상남도 산청군, 경상남도 함양군	26	84	100	100
158	경상남도 거창군	경상남도 거창군, 경상남도 산청군	32	88	100	100
159	경상남도 합천군	경상남도 거창군, 경상남도 창녕군, 경상남도 함안군, 경상남도 합천군, 대구광역시	34	100	100	100
160	제주특별자치도 제주시	제주특별자치도 서귀포시, 제주특별자치도 제주시	35	100	100	100
161	제주특별자치도 서귀포시	제주특별자치도 서귀포시, 제주특별자치도 제주시	35	100	100	100

(3) 과거 질병 발생 사례에 대한 권역화 모델 적용 결과 평가

(가) 2016년 11월 HPAI 발생 사례 개요

- 2016년 전남 해남, 에서 발생한 HPAI의 발생일과 발생지역 정보, 이에 따른 방역 조치 사항은 아래 표와 같음

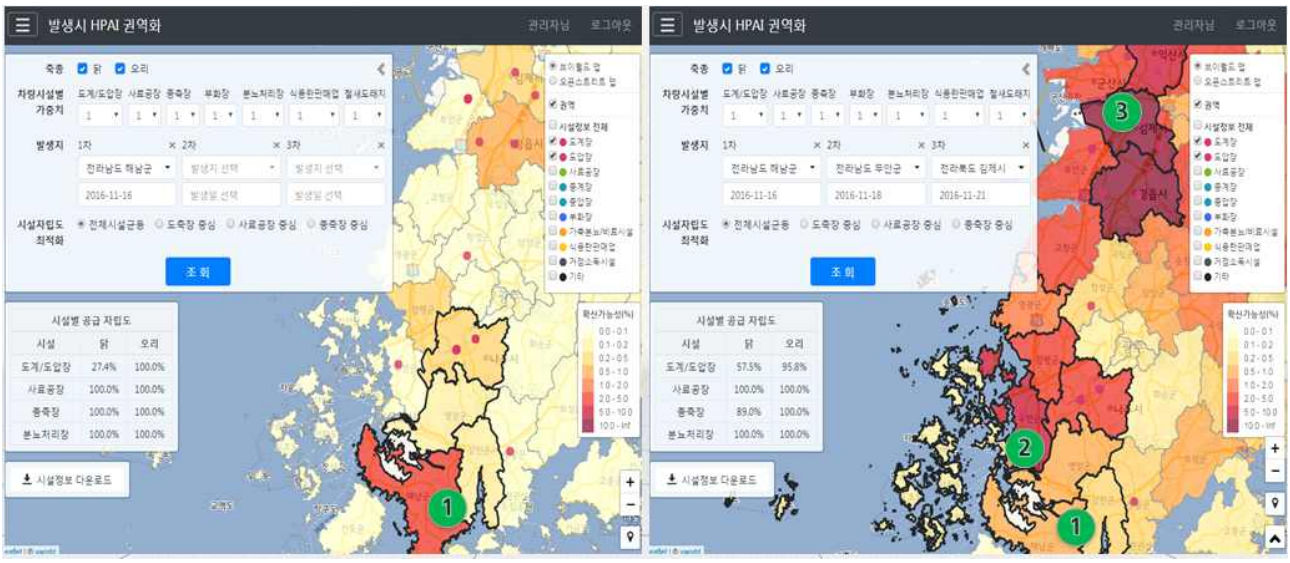
발생 지역

차수	신고(접수)일자	지역	유형(농장수)
1	2016-11-16	전남 해남	산란계1
2	2016-11-16	충북 음성	육용오리1
3	2016-11-17	충북 음성	육용오리1
4	2016-11-18	충북 음성	육용오리2
5	2016-11-18	전남 무안	육용오리1
6	2016-11-19	충북 음성	육용오리5
7	2016-11-19	충북 청주	육용오리1
8	2016-11-20	충북 음성	육용오리3
9	2016-11-20	경기 양주	산란계1
10	2016-11-21	충북 음성	육용오리3,종오리1
11	2016-11-21	전북 김제	육용오리1
12	2016-11-22	충북 음성	육용오리4
13	2016-11-22	경기 포천	산란계1
14	2016-11-23	충북 음성	육용오리4
15	2016-11-23	충북 진천	종오리1
16	2016-11-23	충남 아산	산란계1
17	2016-11-24	충남 천안	육용오리2
18	2016-11-25	충북 음성	육용오리1,종오리1
19	2016-11-25	충북 진천	육용오리3
20	2016-11-25	경기 이천	산란계1
21	2016-11-25	경기 안성	토종닭1

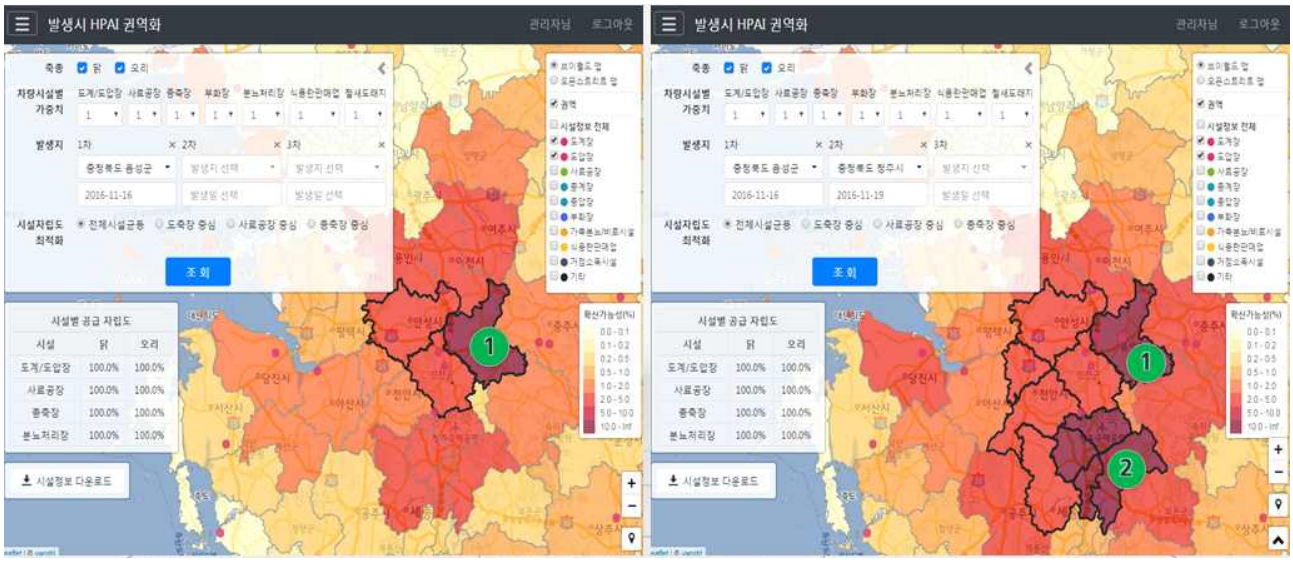
방역 조치

방역조치	적용지역	방역기간
이동중지	해남 발생지 반경 10km	11/17
이동중지	전남 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	전북 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	광주 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	충남 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	충남 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	충남 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	대전 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	세종 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	경기 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	인천 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	서울 전지역	11/19일0시~20일12시
이동중지	전국 모든 시도	11/26일0시~28일0시

<2016년 11월 닭, 오리농장 HPAI 발생 및 방역조치 정보>



<2016년 11월 전남/전북 닭, 오리농장 HPAI 전파 경로>



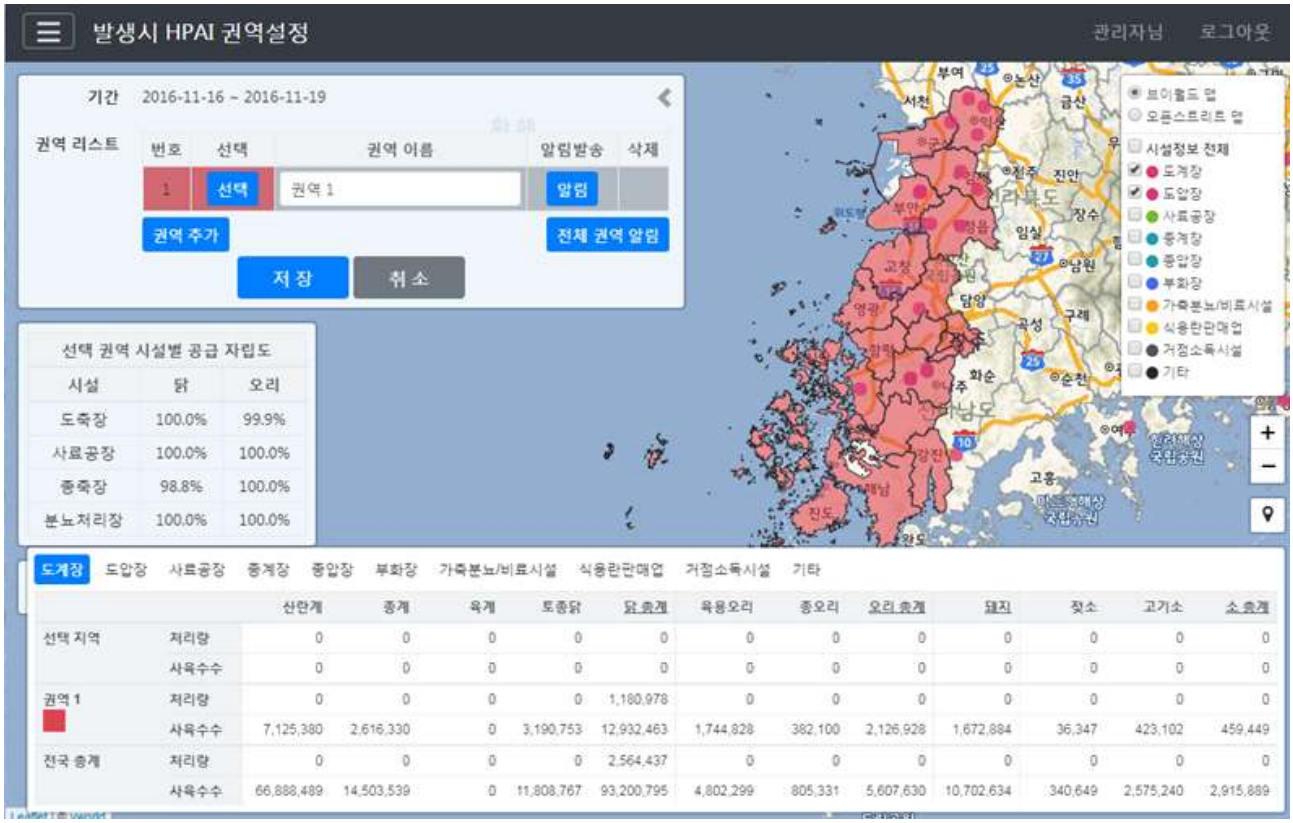
<2016년 11월 충북 닭, 오리농장 HPAI 전파 경로>

- 해당 기간의 HPAI 발생 사례는 광역도 경계를 넘어서 전파되었으며 철새에 의한 넓은 범위로의 HPAI 바이러스 전파의 특징으로 인해 전남 해남에서 발생한 시점과 충북 음성에서 발생한 시점이 크게 차이가 없음
- 전남 지역에서는 개발된 시스템에서 최초 발생한 해남 지역을 발생지로 선택했을 때의 화면으로 전파 경로는 함평, 나주, 김제, 정읍의 확산가능성이 높은 것으로 나타났는데 실제 2차 발생지는 무안 김제로 시스템에서의 확산가능성이 실제 발생 사례에서도 동일하게 반영되는 것이 확인되었음
- 충북 지역에서는 최초 발생한 음성 지역을 발생지로 선택했을 때의 화면으로 전파 경로는 안성, 진천, 청주, 용인, 이천, 여주의 전파가능성이 가장 높았고 다음으로 충주, 천안, 아산, 당진, 예산이 높게 나타났는데 실제 발생 사례에서도 청주, 진천, 아산, 천안, 이천, 안성에서 HPAI가 전파되어 개발 시스템의 신뢰성이 확인되었음
- 질병발생으로 인해 이동중지, 반출금지와 같은 방역 조치는 전라북도 도단위, 충청남도 도단위로 이루어졌음
- 전남 해남 최초 발생시 최적 권역은 해남, 나주, 영암, 강진의 4개 행정구역으로 도계장의 자립도가 27.4%로 열악
- 차량이동에 의한 전파 가능성과 도계/도압장 자립도을 위해 김제, 정읍 지역도 권역에 포함여부 고려 필요
- 무안, 김제 추가 발생지 입력시 추가로 영광, 함평, 익산, 정읍 지역이 권역에 포함되나 도계장 자립도는 57.5%로 여전히 부족
- 충북 음성 최초 발생시 최적 권역은 음성, 안성, 진천의 3개 행정구역으로 축산 시설

이 많은 지역이라 자립도가 100%로 만족

- 차량이동에 의한 전파 가능성이 용인, 이천, 여주, 청주, 세종 지역도 높기 때문에 권역에 포함여부 고려 필요

- 3일 후 청주 발생시 추가 발생지 입력시 추가로 천안, 세종 지역이 권역에 포함되며 자립도는 100%로 만족

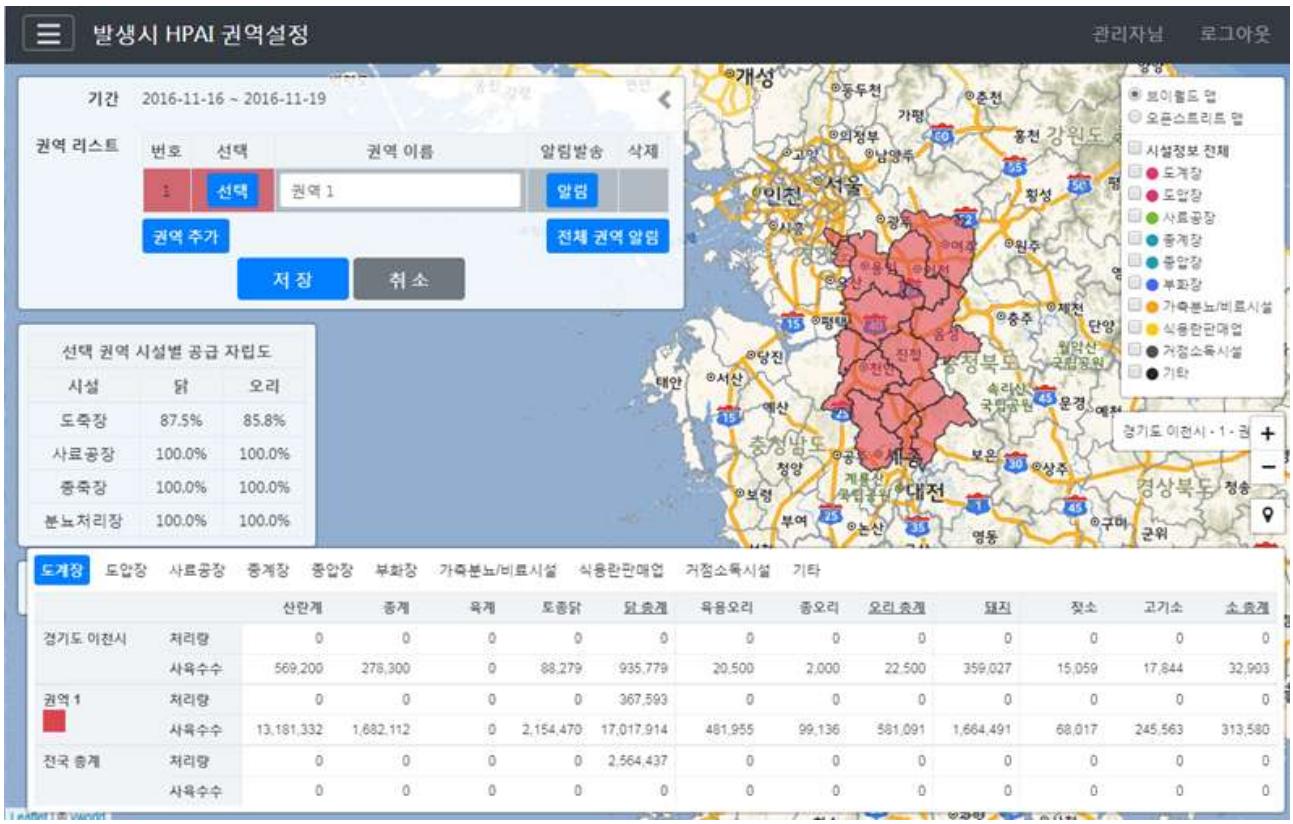


<전남 해남 HPAI 발생에 따른 자립도 확보를 위한 권역화 예시>

- 최초 해남 발생시 전파 가능성이 있는 김제, 정읍 지역과 도축시설이 많은 익산을 포함하는 단일 권역으로 설정이 가능함

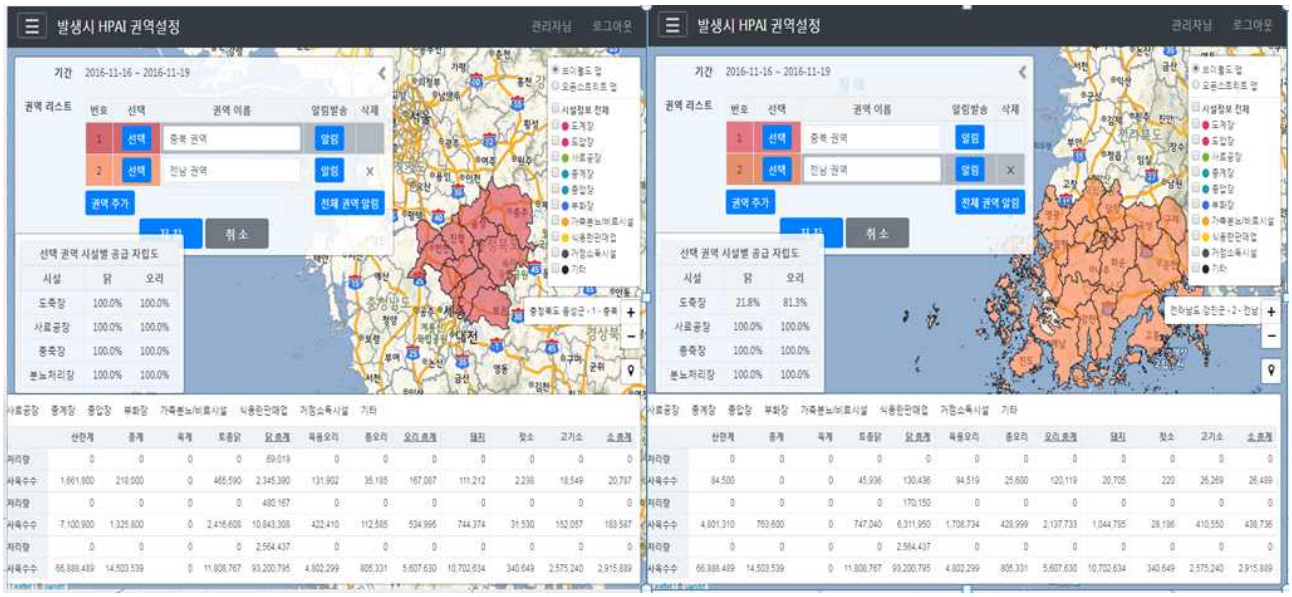
- 설정된 권역 내에서 닭 종축장, 오리 도압장 자립도가 99%로 높은 편이며 나머지 시설의 자립도는 100% 만족함

- 축산시설 자립도를 고려한 권역 설정으로 자립도가 확보된 권역 내에서 이동제한 연장 가능할 것으로 예상됨



<충북 음성 HPAI 발생에 따른 자립도 확보를 위한 권역화 예시>

- 최초 음성 발생시 전파 가능성이 높은 용인, 이천, 여주, 청주, 세종 지역과 지리적 인접도가 높은 천안을 단일 권역으로 설정하였음
- 설정된 권역 내에서 닭, 오리의 도압장 자립도는 80% 이상으로 높은 편이며 나머지 시설의 자립도는 100%를 만족함
- 전파 가능성을 고려한 권역 설정으로 자립도가 높은 권역 내에서 이동제한 연장을 고려할 수 있을 것임



<광역도 단위 방역조치 시행에 의한 자립도 예시>

- 광역도 단위 이동제한 장기화시 권역내의 축산 시설이 부족한 지역은 농가 피해가 예상됨
- 자립도 비교 그림에서 빨간색의 충청북도 전체를 권역으로 할 경우의 자립도는 닭, 오리 관련 모든 시설의 자립도가 100%를 만족함
- 전라북도 전체를 권역으로 할 경우는 닭 도계장은 21.8%,로 심각했고, 오리 도압장 81.3%, 나머지 시설의 자립도는 100%로 나타났음
- 따라서 실제로 광역도 단위의 권역화를 했을 경우 충청북도 권역은 경제적 자립이 가능하나 전라남도 권역은 광역도 단위 반출금지가 장기화될 경우 경제적 피해가 발생할 것으로 예상할 수 있음
- 따라서 현행의 광역도 단위의 방역조치 실행보다는 본 연구에서 제안하는 자립도 기준의 권역화를 기준으로 방역조치를 실행하는 것이 축산 관련 산업에 미치는 부정적인 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 평가됨

마. 개발된 모델을 활용한 시뮬레이션 분석을 통한 체재 개편방안 제시

- 개발된 권역화 모델을 이용하여 HPAI 발생상황을 가상하여 시나리오를 정의하고 시나리오별 시뮬레이션을 실행할 수 있음
- 앞서 과거 발생 사례를 개발된 권역화 모델을 이용한 시뮬레이션을 통해 경제적 영향 및 발생지 추가시 기존 권역을 고려한 권역화 전략을 제시하는 것을 확인하였음
- 시뮬레이션 분석은 과거 발생사례뿐만 아니라 현재시점에 발생한다는 가정을 했을

때 경제적 피해를 최소화할 수 있으면서 미래에 질병이 확산될 위험을 고려하여 최적 권역을 어떻게 설정할 것인지에 대한 근거 자료를 제공함

- 연구에서 사용된 데이터가 2017년 4월까지의 데이터이기 때문에 2017년 4월에 전북 고창군에서 HPAI가 발생한 상황에 대한 시뮬레이션 분석 결과는 다음과 같음

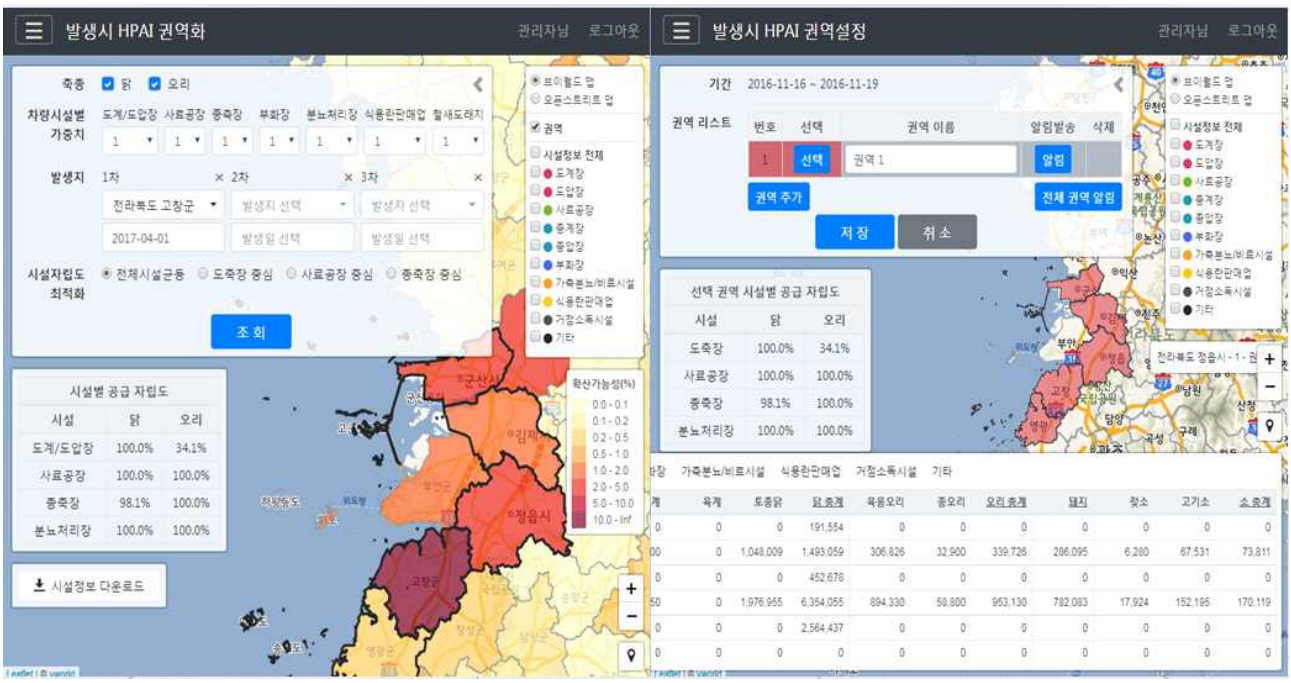
(1) 가상의 질병 발생시 권역화 전략 수립 시뮬레이션

(가) 발생시 HPAI 권역화 메뉴에서 추천 권역결과 확인 및 권역설정 기능으로 권역 정보 확인

- 먼저 발생시 HPAI 권역화 메뉴에서 고창을 발생지로 입력을 하고 고창을 가정했을 때 최적 권역이 도출되는 것을 확인함

- 그러나 오리 관련 도축시설이 부족한 문제로 도계/도압장 자립도가 현저히 낮은 것을 확인할 수 있음

- 자립도 수준을 높이기 위해 권역을 확대하는 방향으로 권역 선택이 필요하므로 새로운 브라우저 창에 발생시 HPAI 권역설정 메뉴를 열어서 먼저 추천받은 권역을 선택하여 해당 권역의 농장 사육두수, 축산 시설 정보를 확인함



(나) HPAI 시설 규모 기능을 활용한 HPAI 권역 보완

- 보다 효율적이면서 정확한 정보를 바탕으로 권역 설정을 하기 위해서는 새로운 브라우저 창에 HPAI 시설 규모 메뉴를 띄움

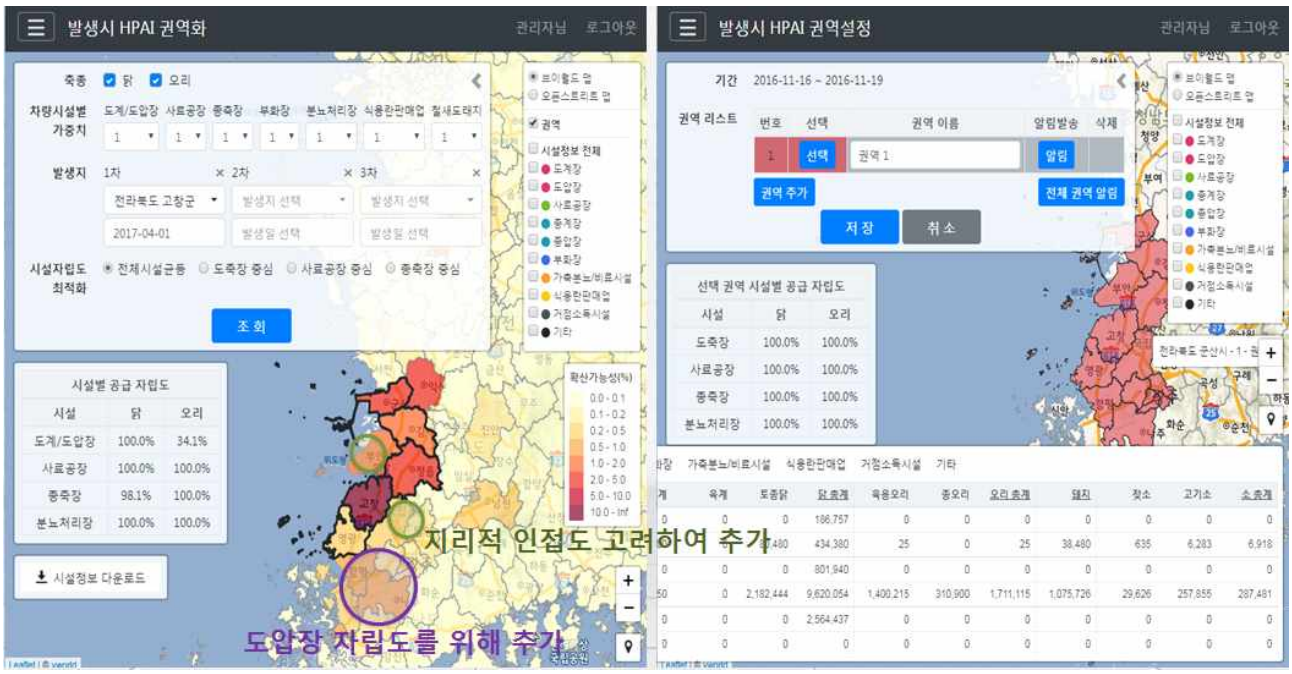
- 추천 권역에서는 도압장 자립도가 매우 낮았기 때문에 시설 규모 지도를 보고 규모

가 큰 도압장이 있는 지역을 살펴봄

- 남쪽으로 전남 나주 지역에 큰 원이 다수 확인되고 큰 원을 클릭하면 규모가 큰 다오네 도압장이 확인됨

- 추천 권역에서 도압장 자립도를 고려해 나주를 포함시키고 권역 내 단절이 되지 않도록 부안, 영광, 함평, 광주까지 포함시킴

- 이와 같은 절차를 통해 도압장 자립도가 100%로 높아진 것을 확인할 수 있음



(다) 발생시 HPAI 권역화 메뉴 질병 전파 확률 고려

- HPAI 시설 규모 메뉴를 이용하여 자립도가 100%가 되는 최적 권역을 설정할 수 있었으나 질병 확산가능성을 나타내는 빨간색 표시를 보면 익산시의 전파 확률이 높은 것을 알 수 있음
- 이 경우 익산이 포함되지 않아도 자립도 기준 최적 권역 설정이 가능하나 추가 확산이 발생할 것을 고려하여 사전에 익산을 권역으로 포함시키는 것을 검토할 필요가 있음

(2) 시뮬레이션 분석을 통한 체제 개편 방안

- 앞서 살펴본 가상의 질병발생에 대한 시뮬레이션 분석은 발생시 HPAI 권역화 기능만으로 전략적인 최적 결정을 내리기 어려운 상황에서 발생시 HPAI 권역설정, HPAI 시설규모 기능을 이용하여 권역의 크기가 넓어지더라도 보다 더 최적의 권역을 설정하는 방향으로 의사결정을 하는 것이 가능하였으며 이 외에도 발생시 HPAI 권역화 기능을 이용하여 축산 시설의 체제 개편 방안을 도출하는 것도 가능함
- 앞서 살펴본 고창 인근 지역은 축산 농가가 많은 지역으로 권역의 크기를 최소화하는 조건에서는 시설별 공급 자립도가 만족되지 않는 것을 확인할 수 있음. 즉, 해당 지역에는 시설을 추가로 더 건설하는 것이 질병 발생시 경제적 피해 최소화를 위해서는 바람직함. 반대로 강원도, 경북 동쪽 지역의 경우는 인근에 축산 시설이 없는 문제로 최적 권역을 설정하여도 자립도 수치가 굉장히 낮은 것을 확인할 수 있음
- 이 경우는 해당 지역의 환경이나 다른 요인들은 배제 하더라도 경제적 자립도만을 고려한다면 시설물이 추가로 건설될 필요가 있음
- 전국 160여개 행정구역에 대한 최적권역 리스트는 자동으로 추출이 가능한데 이 경우 자립도가 매우 낮은 지역 리스트를 정리할 수 있음
- 해당 지역에 대하여 자립도가 낮은 행정구역들 중 한 곳에 축산 시설을 건설하는 계획을 수립한다고 가정하면 새롭게 추가될 시설물의 처리용량을 결정하고 용적량 DB에서 해당 행정구역에 시설 추가로 인해 증가하는 용적량을 반영함
- 새롭게 반영된 용적량 DB를 이용하여 다시 문제가 되었던 지역의 발생시 HPAI 권역화 기능에 의한 자립도 정보를 뽑아보면 시설의 추가로 인해 개선되는 자립도의 정도를 확인할 수 있음
- 이와 같은 시뮬레이션 분석 방법을 이용하여 축산 시설이 부족한 지역에 대하여 적절한 시설의 적절한 용적량을 제안할 수 있고 이와 같은 근거자료를 활용하여 정책결정에 활용할 수 있을 것임

[1협동] 검역본부

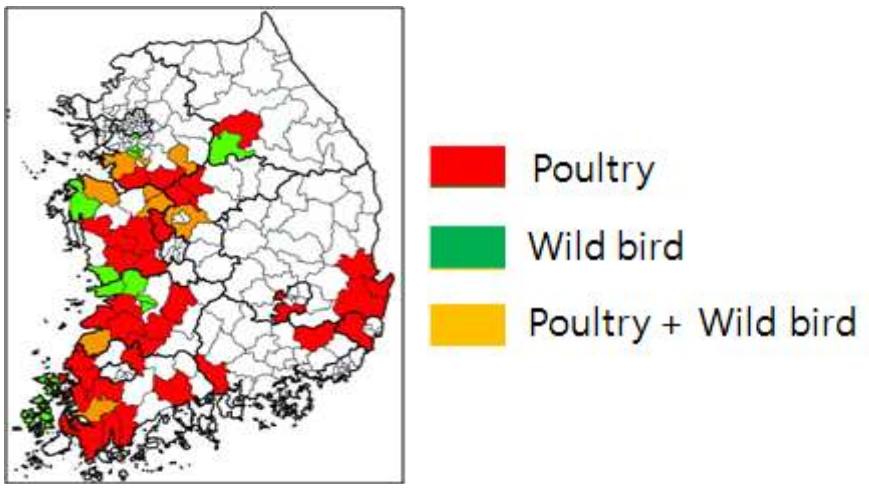
1. 1년차 연구 수행 결과

가. HPAI 워험요소 분석 보고서

(1). ’ 14~’ 16년 기간 우리나라 HPAI H5N8 발생현황

(가). ‘14.1.16. 전북 고창 종오리 농장에서 HPAI 발생 보고 이후 2-3개월 간격을 두고 전국의 가금농장 등에서 총 4차례, 393건이 발생하였으며 금번 발생은 과거에 국내에서 발생한 바이러스(H5N1)와 다른 유형인 H5N8 바이러스가 발생하였으며, 매우 장기간 발생(약 2년 3개월) 하였음

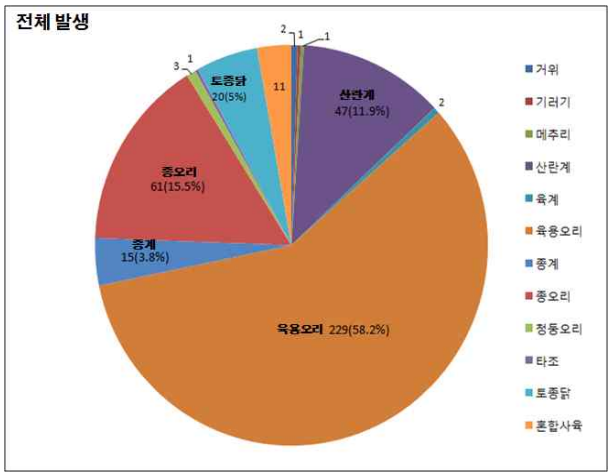
구분	합계	의사환축	역학관련	예방적살처분	병성감정	예찰
1차	212	29	12	104	61	6
2차	162	9	19	49	6	79
3차	17	0	2	2	0	13
4차	2	0	0	0	0	2
총계	393	38	33	155	67	100



(나). 금번 발생은 전국 13개 시·도, 59개 시·군·구 등 매우 넓은 지역에 걸쳐 발생하였고 특히 전남·전북 지역 등 서해안 지역에서 다발함

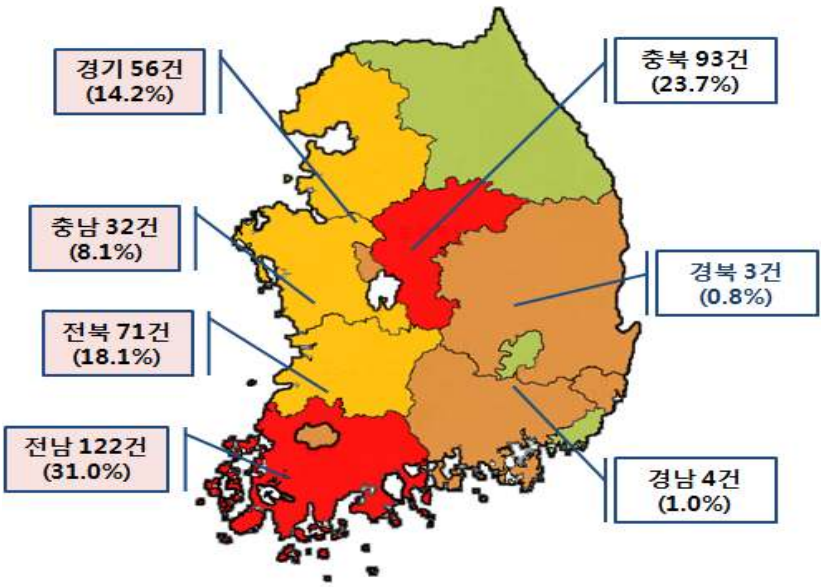
발생시기	부산	대구	광주	울산	세종	경기	강원	경남	경북	전남	전북	충남	충북	계
1차	-	1	-	4	1	23	1	2	2	47	47	26	58	212
2차	1	-	-	2	-	31	-	2	1	60	24	6	35	162
3차	-	-	2	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	17
4차	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2

(다). 전체 발생 건(393건) 중 축종별로는 육용오리 229건(58.2%), 종오리 61건(15.5%), 산란계 47건(11.9%), 토종닭 20건(5%) 순으로 나타났으며, 그 중 오리가 총 290건으로 전체 73.7%를 차지하였고 농장은 373건, 농장외 시설에서는 총 20건(전통시장 14건, 중개상 계류장 3건, 가든형 식당 3건)이 발생함



(2). 발생원인 분석

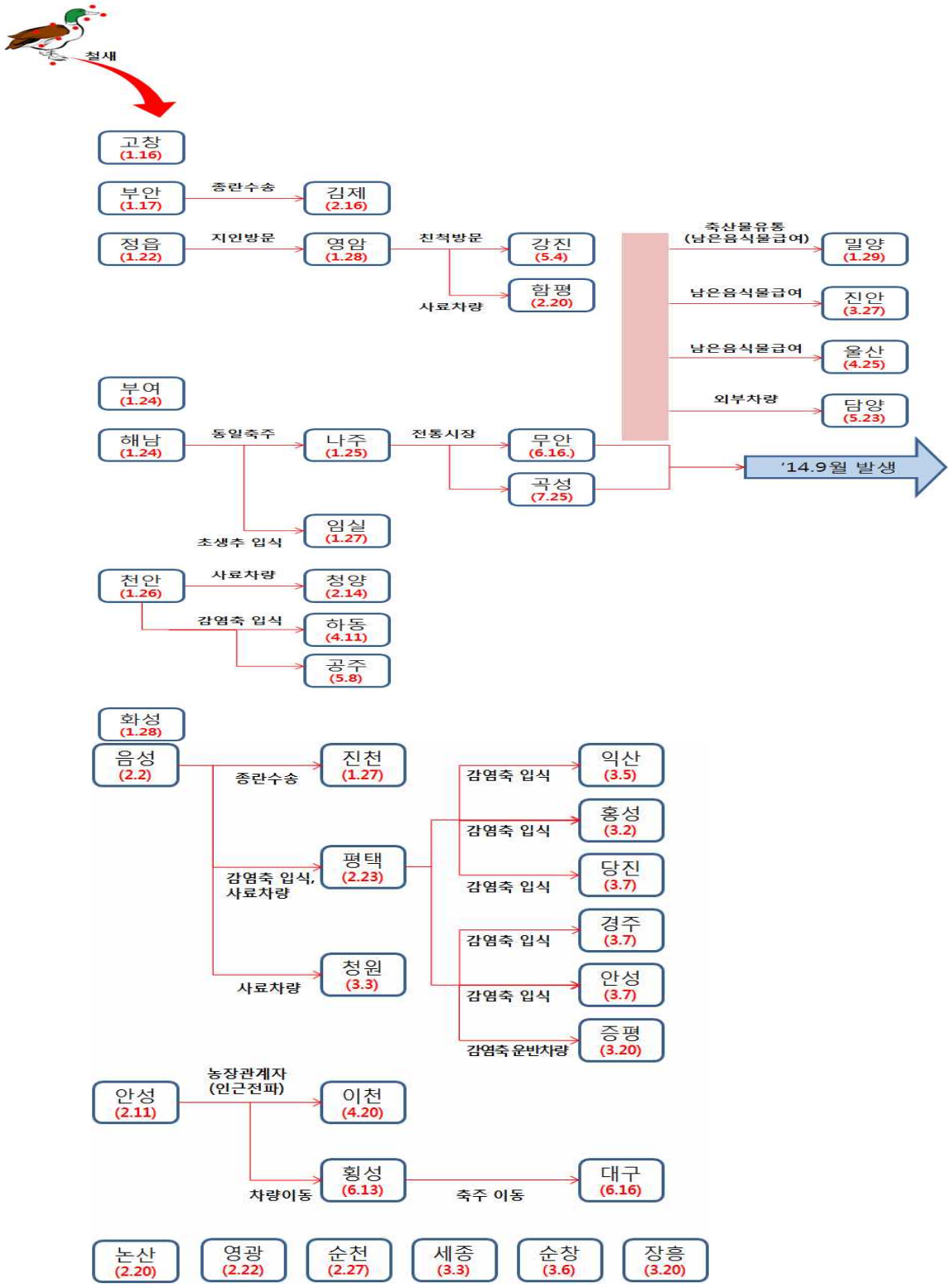
(가). '14~'16기간 중 HPAI 발생은 경기, 충남, 전북, 전남 등 주로 서해안지역에 발생이 집중된 것을 알 수 있으며 충북까지 포함하면 전체 발생의 약 95%가 이들 지역에서 집중되었음을 확인할 수 있으며 이는 주요 HPAI의 주요 유입원인인 야생조류(철새)가 겨울철에 다수 서식하며 주요 가금사육시설도 서해안에 집중되어 있는 것과 관련됨



(3). 발생시기 및 지역별 주요 전파 경로 분석

(가). 발생지역 유입 및 전파모식도(시군별 최초농가 기준)

① <1차> 철새에 의하여 각 시·군으로 독자적인 유입과 동물, 차량, 사람, 물품 등의 이동에 의해 전파가 일어났음



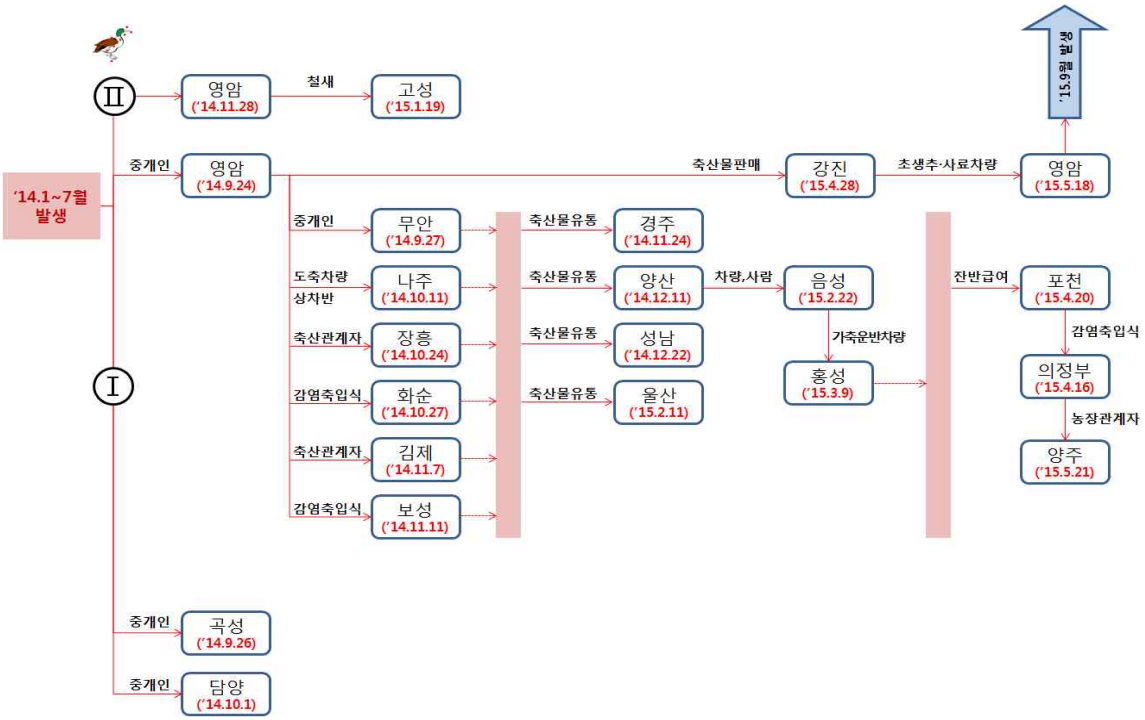
② <2차>

㉮ I형은 '14.1~7월 발생에 따른 잔존 바이러스가 감염축·축산물·사람·차량 등의 이동에 의하여 유입·전파

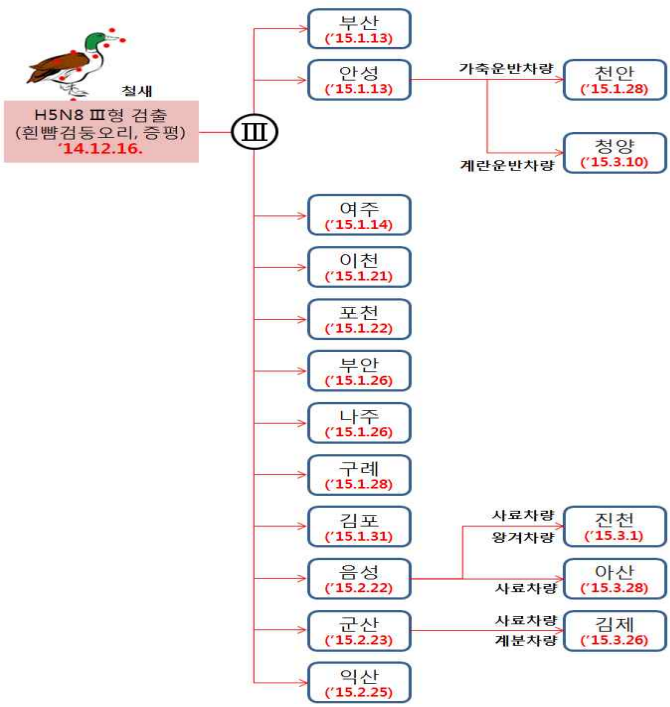
㉯ Ⅱ형 발생농장 2개소 간 역학적 연관성이 확인되지 않음(철새 유입)

㉰ Ⅲ형은 철새와 관련하여 각 시·군으로 독자적인 유입된 후, 축산 관련 차량을 통한 제한적인 전파 확인(철새 유입)

['14.9월~'15.6월]

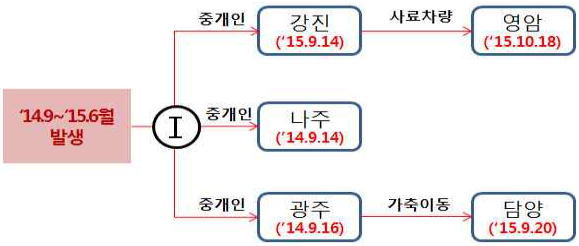


['14.9월~'15.6월]



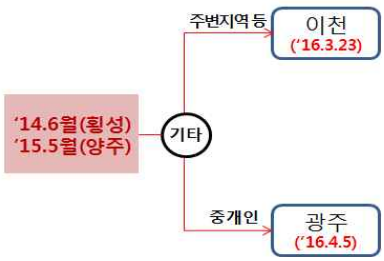
③ <3차> ‘15.9월 이후 발생은 기존 발생한 I형 발생농가와 관련된 잔존 바이러스에 의해 오염된 가금 중개상, 가금 이동 및 사료차량 등을 통해 의하여 유입·전파

[’15.9월~11월]



④ <4차> ‘16.3월, 4월 2건의 발생은 기존 발생한 발생농가(’ 14년 6월 횡성·대구, ‘15년 5월 양주)과 근원관계가 높은 잔존 바이러스에 의해 유입·전파

[’16.3월~4월]



(나). 농장별 바이러스 유입경로 분석

국내 가금 사육농장으로 HPAI 바이러스가 유입된 경로 분석

구분	철새, 야생조류	축주, 종사자	차량	가축 이동	가금 거래상	인근 전파	계열 관리	남은 음식물	계
1차	60 (28.3%)	58 (27.4%)	57 (26.9%)	15 (7.1%)	-	15 (7.1%)	4 (1.9%)	3 (2.3%)	212 (100%)
2차	13 (8%)	32 (19.7%)	54 (33.3%)	2 (1.2%)	17 (10.4)	40 (24.6%)	2 (1.2%)	2 (1.2%)	162 (100%)
3차	-	1 (5.8%)	3 (17.6%)	4 (23.5%)	3 (17.6%)	6 (35.2%)	-	-	17 (100%)
4차					1 (50%)	1 (50%)			2 (100%)
합계	73 (18.5%)	91 (23.1%)	114 (29%)	21 (5.5%)	21 (5.5%)	62 (15.7%)	6 (1.5%)	5 (1.2%)	393 (100%)

* 상기 유입경로는 가장 높은 가능성을 추정함

① 철새 및 야생조수류와 관련된 발생

㉮ 철새의 분변이 철새도래지, 농장 인근, 축사 주변 등에 오염된 후, 소형 야생조류(텃새), 사람, 기구 등과 연관되어 축사 내부로 유입

㉯ ‘14년 최초 발생지역인 전북 및 전남 지역의 종오리 농장에서는 농장관계자에 의한 농장내 및 축사내 유입이 가장 큰 요인이었음

㉰ 육용오리 농장에서는 왕겨살포 및 분동 과정에서의 오염이 축사내 유입요인으로 중요한 역할을 함

② 농장관계자 및 축산관계자에 의한 전파

㉮ 동일 축주(또는 가족)이 다수의 농장, 부화장 등 축산시설을 경영하며, 실질적으로 동일인에 의해 관리되는 경우(음성, 영암 등)

㉯ 오염된 계열사의 농장을 출입한 차량에 의하여 계열사 시설(부화장, 도축장 등)이 오염되고, 계열사 농장으로 오염원이 확산되는 경로가 됨

㉰ 농장관계자들이 이웃과 교류하는 과정에서 인근전파 위험 높음

㉱ 농장주 또는 친인척이 축산 관련 유통업(식당, 가공, 약품, 왕겨 등)을 겸업하는 농장에서 발생한 사례

③ 동물 이동

㉮ 산란계·종계에서 초생추를 입식하여 중추까지 사육한 후 산란장으로 이동시키거나 위축 개체 등을 처리하면서 감염축 이동

㉯ 종오리장과 동일 구역에서 운영되는 부화장에서 초생추를 입식 받은 농장에서의 발생 또는 항체양성 확인

㉰ 감염축을 운반한 차량이 다음 날 운반한 계군을 입식받은 농장에서의 발생

④ 분뇨처리

㉮ 산란계 농장에서 동일 구역에 분뇨를 이용한 비료공장 운영과 관련한 전파

⑤ 특수가금

㉮ ‘14.1~4월 집중 발생시, 예찰검사가 가금(특히 오리)에 대하여 집중되었으며, 특수 가금에 대한 정밀검사는 누락됨

㉯ 청둥오리 등 특수가금 농가는 임상증상이 나타나지 않아 신고 지연 사례가 있었음

⑥ 잔반공급 과정

㉮ 잔반 공급과 관련된 발생농장은 기존 발생지역과 지리적으로 거리가 있는 지역(밀양, 울산, 부산, 담양, 진안 등)에 위치한 것이 특징임

⑦ 전통시장 및 중개인

㉮ 전통시장(5일장, 상설판매점)의 생축에 대한 상시예찰 검사에서 양성축 확인

㉯ ‘14.6월~7월, ’ 14.9월, ‘15.9월 재발시 동일한 중개인, 시장 등과의 연관성이 발견되었음

㉰ 전통시장 판매상점에 도축육 및 가공육을 유통하는 과정에서도 오염원이 전파될 위험을 배제할 수 없음

㉱ 기 감염된 닭 및 오리를 전통시장 소재 가금판매소에 공급하는 과정에서 감염된 가금 이동을 통해 전파

㉲ 방역이 취약한 가금 중개상의 소유 계류장에서 바이러스 지속 순환

(3). 발생농가와 재발생농가 위험요소에 관한 분석

(가). 1회 발생한 농가가 전체 발생농장 360개 중 334개를 차지하였고 26개 농장은 재발생하였고 재발생 농가는 육용오리 18, 종오리 7, 종계 1개 순서였다.(X2 value=5.34(자유도=4), p-value=0.254)

	닭	오리	총합
재발생	1 (4.55)	25 (21.4)	26
1회발생	62	272	334
총합	63	297	360

	종계	산란계	육계	종오리	육용오리	총합
재발생	1 (1.08)	0 (3.39)	0 (0.007)	7 (4.48)	18 (17.0)	26
1회발생	14	47	1	55	217	334
총합	15	47	1	62	235	121

(나). 행정구역별로는 재발생 농가 26개 중 충북 11개, 전남 10개, 경기 5개의 순서였다. (X2 value=15.6(자유도=8), p-value=0.048)

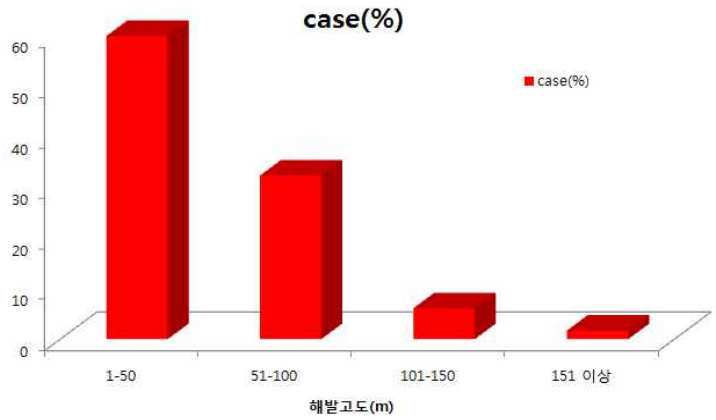
	경기도	경상남도	경상북도	광주시	세종시	전라남도	전라북도	충청남도	충청북도	총합
재발생	5 (2.82)	0 (0.14)	0 (0.14)	0 (0.29)	0 (0.29)	10 (8.74)	0 (5.42)	0 (2.17)	11 (5.99)	26
1회발생	34	2	2	4	4	111	75	30	72	334
총합	39	2	2	4	4	121	75	30	83	360

(4). 지리적 위치에 따른 차이

(가). 해발고도

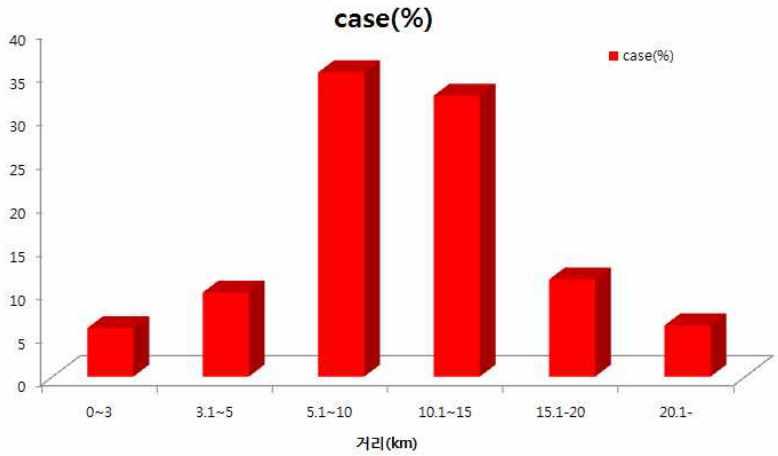
- 국토정보지리원에서 제공하는 해발고도 데이터를 이용하여 발생 농장의 해발고도를 비교한 결과 해발고도 1~50m에 위치한 농장이 전체의 약 60%를, 151m 이상의

해발고도에 위치한 농장이 환례군은 1.7%으로 HPAI 발생농장들이 대부분 해발고도가 낮은 곳에 농장이 위치하고 있음



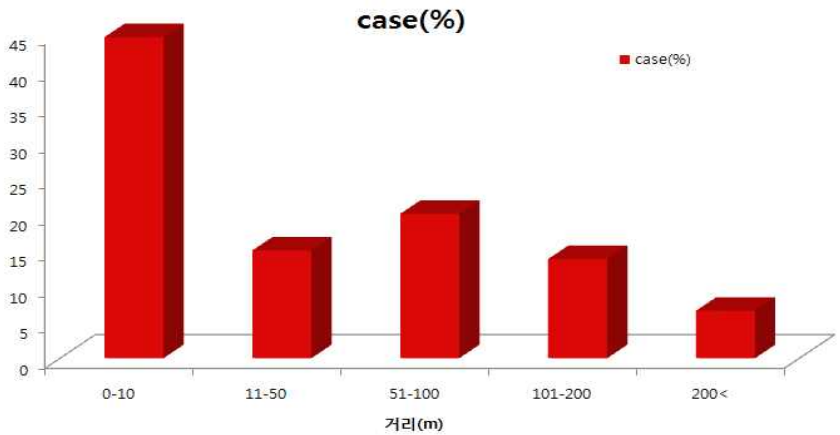
(나). 철새도래지와의 거리

- 철새도래지와의 거리를 비교할 때 대부분의 농가가 5.1~15m의 거리에 있는 것으로 확인됨



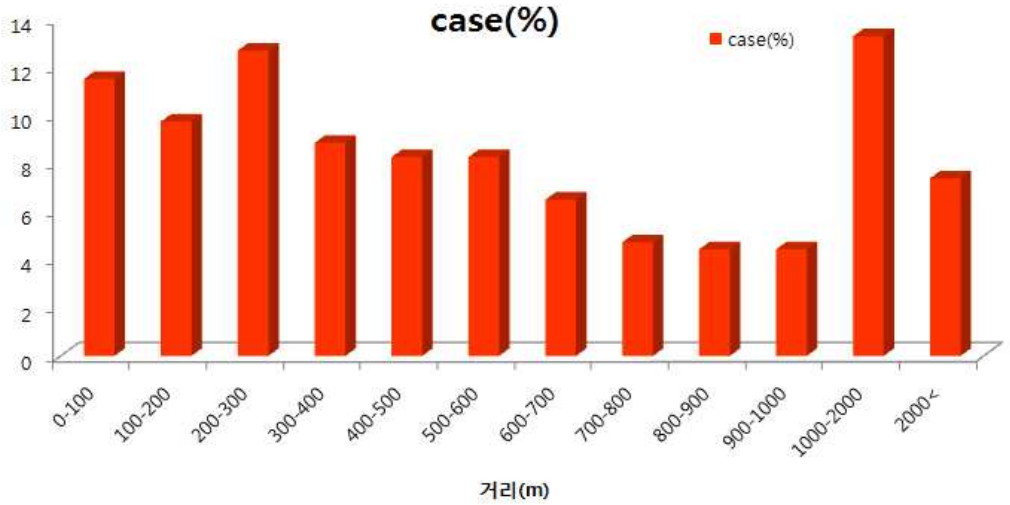
(다). 농경지와의 거리

- 발생농가의 45%는 농경지에 인접~10m거리에. 15%는 51~100m에 위치하였음



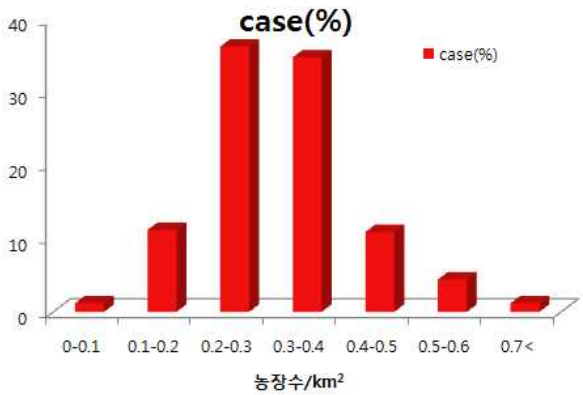
(라). 도로와의 거리

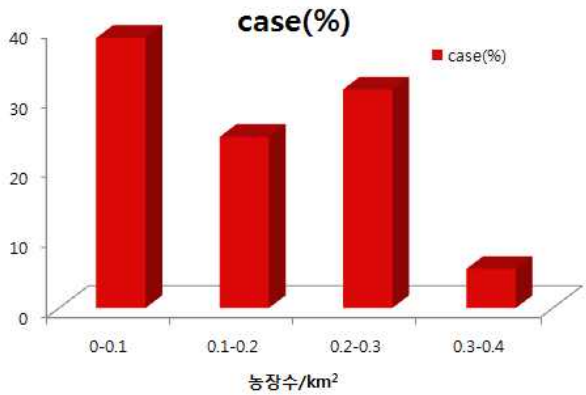
- 발생농장과 도로와의 거리는 비교적 다양하게 나타났음



(마). 가금농장 밀도

- 발생농장 가금농장의 밀도를 비교했을 때, 닭의 경우(좌쪽) 0.2~0.4농장/km2가 약 70%를, 오리의 경우(우측) 0~0.1농장수/km2이 40%, 0.2~0.3농장수/km2이 30%를 차지하였음





2. 2년차 연구 수행 결과

가. 권역별 맞춤형 세부관리 방안 도출

(1). 권역별 맞춤형 세부관리 방안 도출을 위한 자료 조사 및 정리

(가) KAHIS에 등록된 도계장(도압장 포함), 사료공장, 분뇨처리장의 3가지 유형과 관련되는 권역화를 구분하였고 이에 대한 세부관리 방안 도출 방안 모색

① 닭과 오리는 도축장(대부분의 도계장에서 도압 가능), 사료공장이 중복되는 구조이므로

축종에 관계없이 가금 대상 권역화 관리 방안이 필요함

② 도계장, 사료공장, 분뇨처리 시설과 관련되는 권역화를 1~4단계(1단계 초대권역, 2단계 대권역, 3단계 중권역, 4단계 소권역)로 설정하되 실질적인 관리를 원활히 하기 위해 행정구역 단위(시·도, 시·군·구) 중심으로 조정함

(나) 일시이동중지 명령시 관리 방안

① HPAI 발생에 따른 일시이동중지 명령이 발령될 경우 발생상황, 시기 등에 따라 1~4단계 권역 중 가장 적합한 단계를 설정할 수 있으며 이 경우 아래의 각 권역별 관리방안을 적용할 수 있음

② 초대권역 관리 방안

㉮ 전국 단위에서 HPAI가 발생할 경우 2~3개 이상의 시·도를 초대권역으로 설정하여 해당 시·도간에는 가금과 축산차량의 자유로운 이동이 가능하며 타 초대권역으로 넘어가는 경우는 불가하며 이를 확인하기 위하여 각 초대권역간 경계의 주요 도로에 가금과 축산차량 이동을 통제·확인하는 통제초소를 설치함

㉯ 만약, 시·도간 일부 시·군이 다른 초권역권으로 묶이게 되는 경우 해당 시·군의 가금과 축산차량의 이동을 가장 가까운 시·군으로 이동하도록 유도하며 일정기간 동안 가금과 축산차량의 흐름을 해당 시·도에서 관리·통제해야 함

㉰ 초대권역내에서 도축과 사료공급의 원활히 이루어지도록 하기 위하여 시·군별 도축물량과 사료공급을 조절함

(다) 대권역권 관리 방안

- 시·도간 HPAI 전파를 차단하기 위한 목적으로 1개의 시·도를 대권역으로 설정하며 타 대권역과의 주요 도로에는 가금과 축산차량 이동을 통제·확인하는 통제초소를 설치함
- 해당 대권역내 도축과 사료공급이 원활히 이루어지도록 하기 위하여 시·군별 도축물량과 사료공급 조정이 필요하며 여유가 있는 인접 시·군으로의 유도가 필요함

(라) 중권역 관리 방안

- 시·군간 HPAI 전파를 차단하기 위한 목적으로 다수의 시·군을 중권역으로 설정하여 타 중권역과의 주요 도로에 가금과 축산차량 이동을 통제·확인하는 통제초소를 설치함
- 중권역을 단기간 운영하는 경우 중권역을 설정시 도축장, 사료공장이 없는 경우 이를 보유한 중권역과 통합할 수도 있음
- HPAI 위험 중권역의 경우 해당 중권역에 다수의 거점소독시설을 설치하여 이동하는 축산차량을 소독, 소독필증을 발급하고 방문 축산시설에서 확인하는 시스템을 도입함
- 다수의 지역들과 가금과 축산차량을 공유하여 HPAI 발생 시 확산의 허브(Hub)로 작용할 수 있는 중권역에 대해서는 별도의 사료환적장 운영하여 사료를 공급하고 HPAI 발생

위험성이 낮아지는 경우에 한하여 도축을 허가함

(마) 소권역 관리 방안

- 단위 시・군간 HPAI 전파를 차단하기 위한 목적으로 1개 시・군을 소권역으로 설정하여 타 중권역과의 주요 도로에 가금과 축산차량 이동을 통제・확인하는 통제초소를 설치함
- 소권역을 단기간 운영하는 경우에는 도축과 사료공급을 제한해도 되나 기간이 길어지게 되는 경우 전파 위험도가 낮은 인접 소권역으로 도축과 사료공급을 가능하도록 조치함
- HPAI 위험 소권역의 경우 해당 소권역에 다수의 거점소독시설을 설치하여 이동하는 축산차량을 소독, 소독필증을 발급하고 방문 축산시설에서 확인하는 시스템을 도입함
- 다수의 지역들과 가금과 축산차량을 공유하여 HPAI 발생 시 확산의 허브(Hub)로 작용할 수 있는 소권역에 대해서는 별도의 사료환적장 운영하여 사료를 공급하고 HPAI 발생 위험성이 낮아지는 경우에 한하여 도축을 허가함

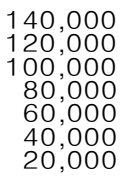
(2). 주요 축산시설의 산업네트워크

(가). 주요 축산시설의 산업 네트워크 정리

① 검역본부 홈페이지에 매월 공개하는 가금도축현황을 분석

- 닭 : 8월 수요가 급증하여 도축량(최근 4년간 기준 평균 10만수 이상)이 증가하는 것 이외에는 월별 편차가 6~8만수 내외로 유지하며 전북지역이 물량의 30% 이상을 차지하며 충북, 경기, 충남, 경북, 강원 순서로 물량을 차지함

<'14-'17.9월 기간 월별 닭 도축두수>



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014년	63,513	64,604	62,701	65,607	79,156	81,289	105,496	81,747	70,113	70,943	65,045	75,110
2015년	70,032	59,809	72,065	75,027	81,846	91,816	115,520	90,618	75,087	79,256	74,565	81,322
2016년	72,420	70,565	82,821	81,786	86,338	90,033	107,493	90,283	73,596	75,116	80,326	81,780
2017년	68,871	62,218	72,061	67,040	77,391	88,521	102,899	89,014	79,024			

- 오리 : 시기별 큰 변화는 없이 HPAI 발생에 따라 도축물량의 변화가 있으며 월 평균 59만수 도축되며 계열사 도압장이 밀집된 전남지역이 물량의 50% 이상을 차지하며 전북, 충북, 경기, 경남 순서로 물량을 차지함

② 축종별 지역별 도축물량

- 닭 : ' 17년도 기준 ㈜하림(184,206천수), ㈜올품(79,355천수), ㈜참프레(75,528천수), ㈜동우(73,141천수), ㈜체리부로(64,894천수), ㈜마니커 동두천(48,771천수),

㈜씨에스코리아(42,325천수), 성화식품(주)(31,357천수), ㈜마니커 충주(21,869천수) 순서로 도축량이 많았으며 전북, 충북지역 도축장의 집중화가 심하였으나 오리에 비해서는 도축장이 전국 널리 분포됨

- 오리 : ’17년도 기준 ㈜다솔(18,674천수), ㈜정다운(8,164천수), ㈜사조화인코리아(8,042천수), ㈜참프레(6,790천수), 주원산오리(6,539천수), 모란식품(5,136천수) 순서로 도축량이 많았으며 주로 전남지역 소재 도압장의 집중화가 심함

(3). 권역화에 따른 산업 네트워크

(가). 권역화에 따른 산업 네트워크 영향 분석

① 도축물량 기준 권역화에 따른 영향

- 닭 : 주로 5개 시・도(충북, 경기, 충남, 경북, 강원)가 도축물량을 차지하고 있으며 단기간 권역화 설정에 따라 타지역으로 도축물량을 배정하더라도 큰 닭고기 유통체계에 큰 경제적 영향(운송비 등의 추가 유통비용)의 크지 않을 것이지만 HPAI 발생 등으로 장기간 권역화를 관리하게 되면 이로 인한 피해가 커지게 되므로 도축장 신설의 조치가 필요함. 특히, 닭의 사육이 집중된 전북지역에서 HPAI가 발생하는 경우 해당지역 도축물량을 해소할 수 있는 지역이 거의 없어 이로 인해 닭고기 공급에 영향을 미칠 수 있음
- 오리 : 전국 여러 지역으로부터 전남지역 도압장으로 많은 도축물량이 이동하고 있으므로 장단기적으로 권역화를 설정할 경우 큰 경제적 손실이 우려되므로 지역별 사육두수(도축물량)와 위치를 고려하여 도압장 신설의 조치가 필요함. 특히, 도압량이 몰리는 전남지역에서 HPAI 발생하는 경우를 대비해서 도축물량을 분산할 수 있는 타지역 도축장 건설이 필요함

② 사료공급 기준 권역화에 따른 영향

- 대한사료협회에 따른 가금사료회사 수를 기준으로 분석한 결과 인천, 전북, 충남의 서해안 시・도에 사료회사가 집중되어 있으며 전북 소재 사료회사는 주로 전남북 지역내 가금농장에, 인천 소재 사료공장은 경기, 강원내 가금농가에 사료를 공급하므로 시・도간 이동이 매우 빈번함
- 시・도 기반의 권역화를 설정할 경우에는 해당 2~3개 시・도를 묶어야하며 이 경우 운송비 증가로 인한 경제적 피해는 적을 것으로 예상되나 시・군 단위의 소권역으로 설정할 경우에는 운송비가 매우 증가할 것이므로 이를 완화하기 위해서는 소권역별 사료환적장을 임시로 지정・운영 필요

<시·도별 가금사료회사 업체 현황>

	인천	경기	강원	충남	대전	충북	경북	전북	전남	경남	대구	울산	부산
1	대한사료㈜	㈜선진	사조동아원㈜	㈜우성사료천안	제일사료㈜	㈜에이티면역	㈜케이씨피드	㈜고려특수사료	㈜이지팜스	대한사료㈜	고려산업㈜	대한제당㈜	고려산업㈜
2	대주산업㈜	㈜카길애그리퓨리나		㈜우성사료논산		㈜나람	㈜우성사료	㈜참프레		㈜한탑			
3	대한제당㈜	한일사료㈜		㈜한국축산의희망서울사료		㈜체리부로	㈜한국축산의희망서울사료	㈜팜스코		제일사료㈜			
4	부국사료㈜	흥성사료㈜		현대사료㈜				㈜카길애그리퓨리나군산		㈜카길애그리퓨리나			
5	서부사료㈜	㈜팜스코		㈜이지팜스				CJ제일제당㈜		㈜에이스인티그레이션			
6	CJ제일제당㈜			대주산업㈜				㈜한국축산의희망서울사료					
7	제일사료㈜			사조동아원㈜				㈜카길애그리퓨리나정읍					
8	한국축산의희망서울사료			㈜이지바이오직산				제일사료㈜					
9	중앙축산사료㈜			㈜이지바이오입장				㈜하림김제					
10								㈜체리부로					
11								㈜하림정읍					
12								대한사료㈜					
합계	**9**	**5**	**1**	**9**	**1**	**3**	**3**	**12**	**1**	**5**	**1**	**1**	**1**

③ 가축분뇨처리 기준 권역화에 따른 영향

- 일반적으로 가금농장은 가축분뇨를 장단기 동안 반출하지 않아도 사육체계에 큰 영향이 없으므로 경제적 손실이 크지 않은 것으로 예상됨
- 일부 대규모 산란계 농가의 경우 해당 농가의 가축분뇨를 처리하는 자체 비료공장을 소유하거나 계약하는 경우가 빈번하므로 소권역화를 중장기간 동안 적용하더라도 경제적 영향은 미미할 것임

(4). 축산시설 추가설립, 재배치 등 보완대책

(가). 축산시설 추가 설립, 재배치 등 보완대책 제시

① 도축시설 관련 보완대책

- 권역화 설정을 하여 도축시설을 추가 설립 및 재배치 할 경우 도축장 추가 설립에 상당한 시간이 소요되므로 그 전까지는 초대권역권, 대권역별로 인접 권역에 위치한 도축장을 지정하여 운영
- 권역권이 형성된 지역별 도축수를 바탕으로 지역별 지정 도축장을 운영할 필요

② 사료공급 관련 보완대책

- 사료공장이 원거리에 위치하는 권역의 경우 권역 경계에 사료환적장을 운영하여 사료 공급
- 계열사를 통한 각 지역별 사료배송의 경우 소권역별 사료환적장을 임시로 지정·운영 필요

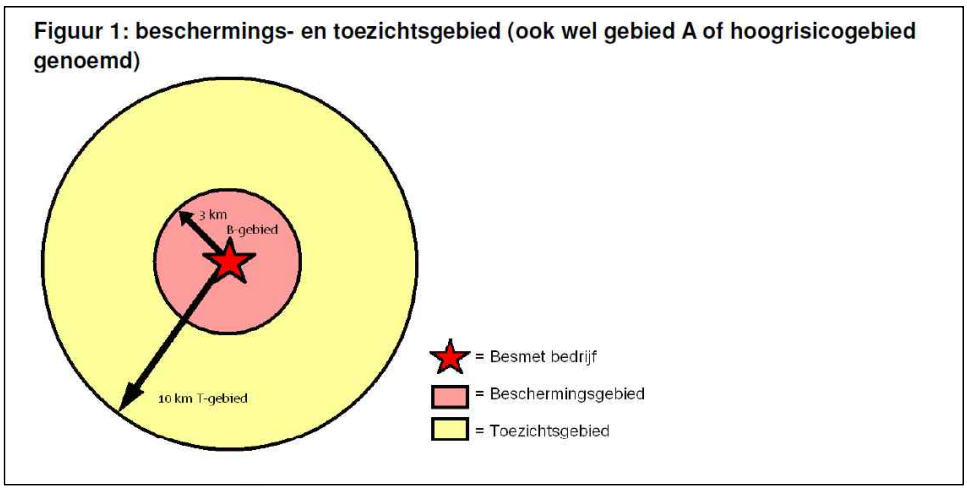
② 분뇨처리 관련 보완대책

- 대부분 사양관리에서 위탁업체를 통해 농가의 가축분뇨를 처리하거나 자체 비료공장을 소유하고 있음
- 위탁업체를 통해 농가의 가축분뇨를 처리할 경우 이동거리가 제한적인 지역별 지정 분뇨처리가 보완되어야 하며, 자체 비료농장을 소유한 경우 생산된 비료의 배송을 소권역별로 환적장을 임시로 지정·운영할 필요가 있음

3. 3년차 연구 수행 결과

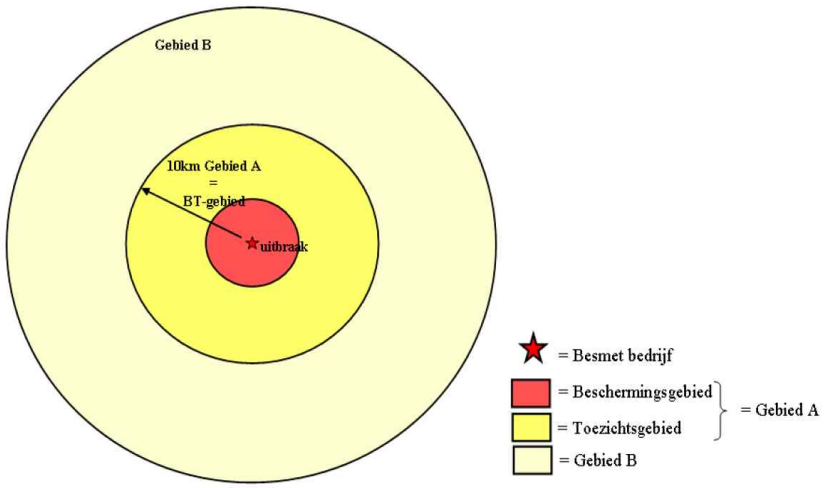
가. 네덜란드 AI 권역화 지침 주요 내용 분석

(1). 방역대(Area A) 설치: 발생농장 인근의 3km 이내를 보호구역(protected area), 10km까지를 예찰구역(surveillance)으로 정하여 방역대를 운영함. 유럽 및 한국에서도 유사하게 운영되는 시스템임



(2). 방역대 밖의 완충지역(Area B) 설치: 네덜란드는 높은 가금 밀도와 AI 전파 속도를 고려하여 일반적인 방역대(10km이내) 외곽에 완충지역을 설치하며 이 지역의 범위는 네덜란드의 20개 소권역(subregion)중 하나로 귀결되거나 경우에 따라 인접한 1~2개의 소권역도 포함하게 된다.

Figuur 2: Gebied A (bt-gebied) en gebied B (buffergebied)



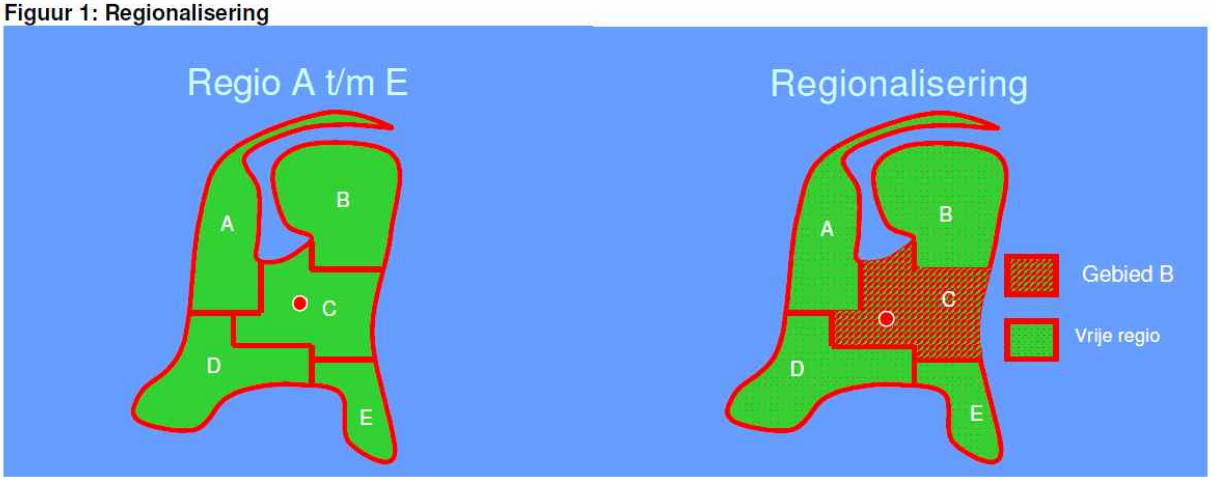
Beleidsdraaiboek aviaire influenza - 65 –
Versie 2.0 september 2013

(3). 네덜란드는 20개의 소권역(subregion)이 기 규정되어 있으며 이들은 도로와 강 등 자연 경계로 구획되어 있음. 질병 발생 시에 이들 소구역들을 몇 개로 묶어서 5~6개의 권역(final regions)을 형성시킴. 발생지가 포함된 권역은 완충지역(Area B)을 갖게 됨. 아래와 같이 AI 발생에 따라 5개의 권역이 만들어 졌고, 방역대가 있는 C 권역은 방역대 이외의 지역을 완충지역(Area B)으로 규정함

BIJLAGE 6: REGIONALISERING

Regio begrenzing
Regio nummer

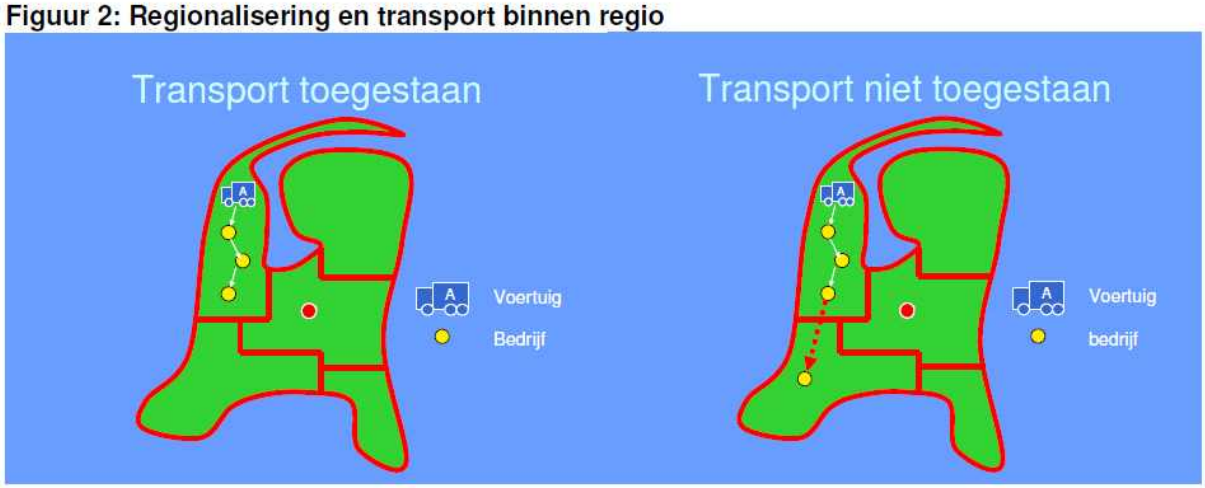
Figuur 1: Regionalisering



* Gebied B: 발생권역, Vrije regio: 비발생권역

(4). 권역이 설정되는 가금농장과 직접적인 관련이 있는 차량과 사람은 원칙적으로 권역내에서만 이동하거나 일할 수 있음. 권역을 벗어난 수의사, 인공수정사, 농장관리자 등의 이동과 가금과 가금 산물의 이동, 가금시설과 관련되 직접적으로 접촉하여 일하는 사람 들의 이동 등이 이동 제한 대상이 됨.

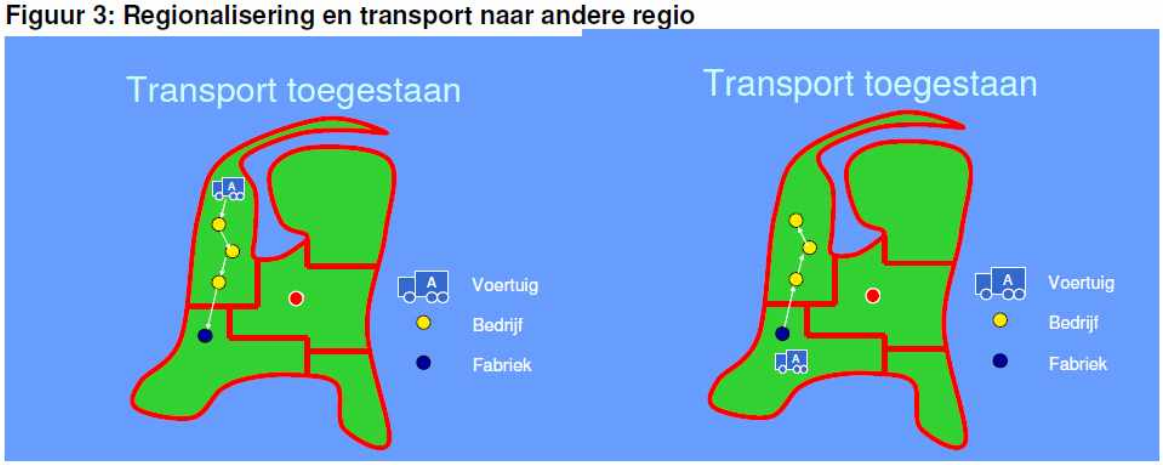
Figuur 2: Regionalisering en transport binnen regio



* Voertuig: 차량, Bedrijf: 농장, Transport niet toegestaan: 이동 금지

(5). 비발생 권역에서의 가금이 없는 시설(농장)에서 공장으로의 또한 이러한 공장에서 가금이 없는 시설(농장)으로의 권역간 이동은 제한적으로 허용될 수 있음. 예를 들면 가금과 관련이 없는 시설이나 농장의 원유를 인접한 권역의 우유공장으로 이동시키는 경우 허용이 가능함. 단, 이러한 이동은 다른 시설의 경유가 없이 직접적인 이동이어야 함. 도축장이나 사료공장의 경우도 이에 해당함.

Figuur 3: Regionalisering en transport naar andere regio



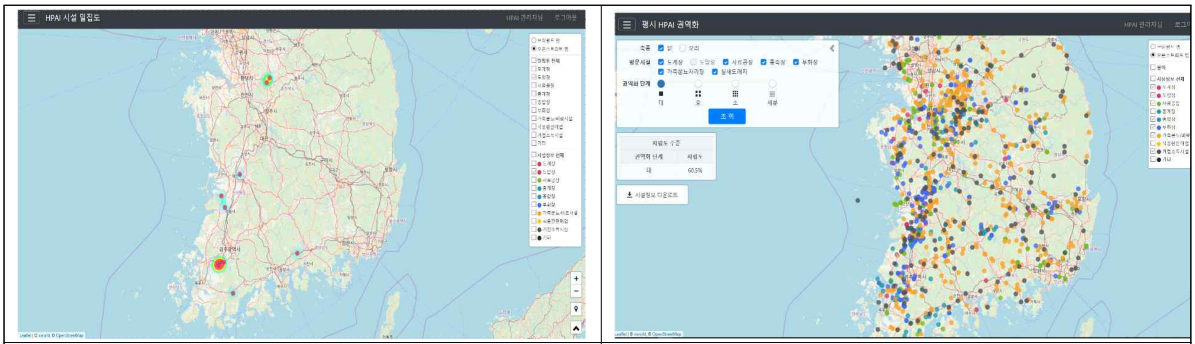
* Voertuig: 차량, Bedrijf: 농장, Fabriek: 공장, Transport toegestaan: 이동허용

나. 국내 AI 권역화 설정 방향 및 기본 성격

(1). 방역대 밖으로의 질병 확산을 대비하는 버퍼 ZONE

(2). 방역대 밖으로 질병 확산 시, 확산 범위를 최소화하고 일정 구역으로 억제하는 추가 조치

(3). 가용한 축산 시·공간 자료를 활용, 방역대 설정의 바탕 마련, KAHIS의 방대한 자료를 효과적으로 활용



도압장 밀집도	축산시설별 위치

(4). 모든 축산 주체의 적극적인 참여와 이해, 협조가 필요

(5). 성공적인 방역과 지속 가능한 축산을 병행할 수 있는 디딤돌

(6). “위험도”와 “자립도”가 권역 설정의 핵심 요소

다. AI 권역화의 주체별 역할(안)

주체		주요 역할	비고
중앙정부	농림축산식품부	광역권역 및 소권역 설정 및 공표 발생지 권역 인증스티커 시도 배부	권역 설정 및 운영 감독
	농림축산검역본부	권역 설정을 위한 시스템 유지 및 관리 축산차량 이동 모니터링 및 결과 전파	권역 시스템 운영 및 차량 이동 모니터링
지방정부	시·도	발생지 권역 및 소권역 설정 및 공표(시·군·구 단위) 권역 인증스티커 시군구 배부 권역간 통제초소 설치(군경 합동단속 요청) 및 운영 권역간 이동상황 승인 및 관리	소권역 설정, 관리 및 운용, 권역 활성화에 따른 소관 업무
	시·군·구	발생지 권역 유지 및 관리 권역 인증스티커 차량대상 배부 통제초소 설치(군경 합동단속 요청) 축산차량 이동 확인	발생지 권역 운영, 권역 활성화에 따른 소관 업무 수행
민간단체	생산자단체	권역화 이행 세부(안) 마련, 권역 활성시 준수사항 이행	
	연관산업부문 (사료, 도축, 분뇨 업체 등)	권역화 이행 세부(안) 마련, 권역 활성시 준수사항 이행	
	축산 농가	권역 활성화에 따른 준수 사항 이행	

라. AI 권역화 관리지침 (안)

제1조(목적) 이 지침서는 HPAI 발생시 질병의 전파와 확산을 막아 AI을 신속히 근절하는데 그 목적이 있다.

제2조(정의) 이 지침서에서 사용하는 용어의 정의는 다음의 각 호와 같다.

○조류인플루엔자(AI) : 조류인플루엔자 A형 바이러스 감염에 의한 닭·오리 등 조류의 가축전염병을 말하며, 고병원성 및 저병원성으로 구분된다. 고병원성 조류인플루엔자(HPAI)는 안면, 벼슬, 다리의 부종, 출혈반 또는 청색증이 나타나고, 급작스러운 폐사율 증가와 함께 호흡기증상, 신경증상, 산란율 저하 등 증상이 다양하며, 가축전염병예방법상 제1종 가축전염병이며, 세계동물보건기구(OIE)에서 관리대상 질병으로 분류·지정하고 있으며 OIE 의무 보고 질병이다.

○감수성동물 : 닭·오리·칠면조·메추리·거위·돼지·개·고양이 등의 가축과 조류인플루엔자에 감수성이 있는 야생조류 및 그 밖의 동물

○적용대상 동물 : 닭·칠면조·메추리·오리(생물의 분류체계에 따라 오리과에 해당되어 농장에서 사육되는 동물)·돼지·개·고양이와 조류인플루엔자에 감수성이 있는 야생조류 다만, 가축방역관이 감수성동물 중 임상증상 등 의심소견을 관찰한 동물의 경우 적용대상 동물에 포함시킬 수 있음

○세계동물보건기구(OIE) : 동물질병 방역에 대한 국제적 협력을 위하여 1924년 28개국의 참여로 The Office International des Epizooties(OIE)를 창설한 이래 2003년 5월에 The World Organisation for Animal Health로 이름을 변경하였으나 OIE라는 약자는 그

대로 사용하기로 하였다. 2016년 6월 현재 180개의 회원국으로 구성되어 있으며, 본부는 프랑스 파리에 있다.

○발생농장 : 조류인플루엔자 환축 또는 의사환축이 발생된 가축의 사육시설(축사)이 있는 농장

○발생지 : 발생농장이 소재한 마을로서 동일한 생활권으로 리 단위 보다 작은 부락단위 개념으로 쥐 등 야생동물의 이동거리 등을 감안하여 시장·군수가 시·도 가축방역 기관장과 협의하여 설정한다.

○관리지역 : 고병원성 조류인플루엔자에 오염되었거나 오염되었다고 의심되는 지역으로서 발생농장을 중심으로 하여 반경 500m 이내의 지역을 말한다. 다만, 시장·군수 또는 자치구의 구청장(이하 “시장·군수”라 한다)은 해당지역의 축산업 형태, 지형적 여건, 야생조수류 서식실태, 계절적 요인 또는 역학적 특성 등 위험도(별표7)를 감안하여 관리지역의 범위를 특별시장·광역시장·특별자치도지사 또는 도지사(이하 “시·도지사”라 한다) 소속 지방 가축방역심의회 위원, 시·도 및 시·군 관계관 및 농림축산검역본부 현지 파견 담당관과 협의를 거쳐 이를 확대하거나 축소할 수 있다.

○보호지역 : 고병원성 조류인플루엔자의 확산이 우려되는 지역으로서 발생농장을 중심으로 하여 반경 500m부터 3km 이내의 지역을 말한다. 다만, 시장·군수는 해당지역의 축산업 형태, 지형적 여건, 야생조수류 서식실태, 계절적 요인 또는 역학적 특성 등 위험도(별표7)를 감안하여 보호지역의 범위를 시·도지사 소속 가축방역심의회 위원, 시·도 및 시·군 관계관 및 검역본부 담당관과 협의를 거쳐 설정하여야 한다. 다만, 방역상 필요한 경우 검역본부장은 방역지역의 조정을 요구할 수 있다.

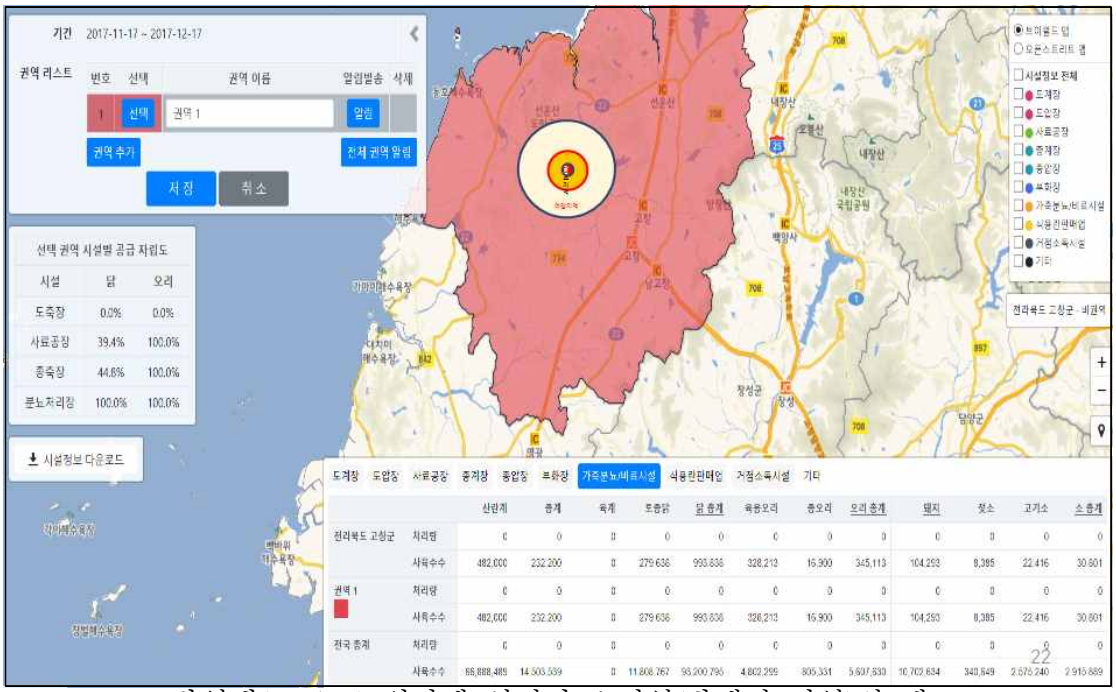
○예찰지역 : 보호지역으로부터 고병원성 조류인플루엔자의 확산을 차단하기 위하여 방역조치를 하여야 하는 지역으로서 발생농장을 중심으로 하여 반경 3km를 초과하여 10km 이내의 지역을 말한다. 다만, 시장·군수는 해당지역의 축산업 형태, 지형적 여건, 야생조수류 서식실태, 계절적 요인 또는 역학적 특성 등 위험도(별표 7)를 감안하여 시·도지사 소속 지방 가축방역심의회 위원, 시·도 및 시·군관계관 및 검역본부 담당관과 협의를 거쳐 예찰지역의 범위를 확대하거나 축소할 수 있다. 다만, 방역상 필요한 경우 검역본부장은 방역지역의 조정을 요구할 수 있다.

○권역 : 평상시 검역본부장이 가축의 사육밀도, 사료공급, 종축이동, 도축장 이용형태 등 역학사항을 고려하여 전국을 몇 개의 광역단위로 지역화한 것 권역이라고 하며,“평시권역”과 동일한 의미이다. 해당 영역내에 고병원성 조류인플루엔자가 발생한 권역을 “발생권역”이라 하며, 발생건이 존재하지 않는 권역을 비발생권역이라 한다. 권역은 그 규모에 따라서 “광역권역”과 “소권역”으로도 나뉘고, 활성화 여부에 따라 “휴면권역”과 “활성권역”으로 나뉜다. 발생권역인데 소권역이고 아직 활성화되지 않은 권역의 경우 “발생권역(발생 여부)·소권역(구역의 크기)·휴면권역(권역화 규정 작동 여부)”으로 규정할 수 있다. AI 발생에 따른 일시이동중지 명령과 동시에 농식품부와 시·도는 AI 권역화 관리시스템(http://rapse.ezfarm.co.kr)을 활용하여 AI 발생일, 발생 시·군·구, 관련 축산시설 가중치를 중심으로 AI 확산가능성과 자립도를 고려하여 권역을 설정한다. 농식품부는 전국에 대해서 시·도는 관할 시·군·구에 대해서 지정할 수 있다.

○광역권역 : (시·도 또는 시·군·구로 구분된 행정 구역으로서) 농림축산식품부장관이 가

축 사육밀도, 사료공급, 종축이동, 도축장 이용 형태 등 역학사항을 고려하여 전국을 몇 개의 광역단위로 지역화 한 것으로서, 비발생 시에는 휴면 권역이었다가 질병 발생 시에는 명령에 의해 가축의 이동 등이 권역간에 통제되는 활성 권역이 될 수 있음

○소권역: (시·군·구로 구분된 행정 구역으로서) 농림축산식품부장관이나 시·도지사가 가축 사육밀도, 사료공급, 종축이동, 도축장 이용 형태 등 역학사항을 고려하여 인접한 몇 개의 시·군·구를 묶어서 지역화한 것으로, 비발생시에는 휴면 권역이었다가 질병 발생 시 가축의 이동 등이 권역간에 통제되는 활성 권역이 될 수 있음



* 방역대(~10km) 외곽에 선정된 소권역(발생지 권역)의 예

○휴면 권역: 설정· 공지는 되었으나 가축이동 통제 등 제한이 실시되지 않는 권역

○활성 권역: 질병 발생 등으로 가축이동 통제 등 제한이 실시되는 권역

○평시 권역: 비 발생 시에 설정되는 권역 통칭

○발생지 권역: AI 발생에 따른 일시이동중지 명령과 동시에 농식품부장관 또는 시·도가 발생일, 발생 시·군·구, 관련 축산시설 가중치 중심으로 확산 가능성과 자립도를 고려하여 새롭게 설정되며, 일반적으로 방역대 외곽에 소권역으로 설정됨

○발생권역: 방역대 외곽의 발생지 권역을 포함하는 평시 권역이 활성화된 권역

○비발생권역 : 발생지를 포함하지 않는 모든 권역

○방역지역 : 관리지역·보호지역·예찰지역·발생지 권역을 말한다.

○발생일: 신고를 받은 날을 말하며, 신고를 받지 아니하고 검역본부 또는 시・도지사 소속 가축방역기관(이하 “시・도가축방역기관”이라 한다)이 정밀검사를 실시한 경우에는 당해 환축으로부터 시료를 채취한 날을 말한다.

○야생조수류 예찰지역 : 야생조수류 및 그 분변에서 고병원성 조류인플루엔자의 감염이 확인되었을 경우 해당 야생조수류 및 그 분변시료를 채취한 지점을 중심으로 반경 10 킬로미터 이내의 지역을 말한다.

○일시이동중지(가축 등에 대한 일시 이동중지, standstill): 가축전염병예방법 제19조의 2

의 규정에 따라 HPAI가 발생하였거나 전국적으로 확산되어 국가경제에 심각한 피해가 발생할 것으로 판단하는 경우 해당 가축전염병의 전국적 확산을 방지하기 위하여 HPAI의 전파 가능성이 있는 가축, 시설출입차량, 수의사·가축방역사·가축인공수정사 등 축산 관련 종사자에 대해여 일시적으로 이동을 중지하도록 할 수 있음. 일시 이동중지는 48시간을 초과할 수 없으나, 농림축산식품부장관, 시·도지사 또는 특별자치시장은 필요한 경우 1회에 한하여 48시간 범위내 연장할 수 있음

○신고 : 축주 또는 축산관련 종사자 등이 고병원성 AI에 감염된 것으로 의심되어 가축방역기관에 유선 등을 통하여 알리는 것을 말한다.

○의사환축 검사 : 시·도 가축방역기관 또는 검역본부 가축방역관이 임상검사 등을 실시한 결과 고병원성 AI에 걸렸다고 믿을 만한 상당한 이유가 있는 가축에 대해 검사를 하는 경우를 말한다.

○병성감정 검사 : 시·도 가축방역기관 또는 검역본부 가축방역관이 임상검사 등을 실시한 결과 고병원성 AI 이외의 가축질병으로 의심되어 임상검사, 병리검사, 혈청검사 등의 방법으로 가축전염병 감염여부를 확인하는 검사를 말한다.

○예방적살처분 검사 : 고병원성 AI가 확진되지 않았지만 위험성이 있어, 고병원성 AI의 추가확산 또는 발생을 사전에 예방하기 위하여 가축방역기관의 판단에 따라 농가의 가금류를 미리 살처분 할 때 고병원성 AI가 감염되었는지 여부에 대해 검사하는 경우를 말한다.

○역학관련 검사 : 고병원성 AI 발생농가 또는 고병원성 AI 오염시설과 사람, 차량 등에 의해 역학적으로 관련이 있어 고병원성 AI 오염여부에 대해 검사하는 것을 말한다.

○상시예찰 검사 : 정부 가축방역관이 가축 방역프로그램(상시예찰검사)에 따라 가금류 등에 대해 고병원성 AI가 오염되었는지 여부를 검사하는 경우를 말한다.

○유입경계상황 : 중국·대만·홍콩·일본·북한 등 지리적으로 우리나라와 인접한 국가(지역)에서 고병원성 조류인플루엔자가 발생하거나 우리나라와 인적·물적 교류가 많은 나라에서 발생하는 상황

○의심축 신고상황 : 축주 및 축산관련 종사자 등이 고병원성 조류인플루엔자에 감염된 것으로 의심되어 가축방역기관에 유선 등을 통하여 신고된 상황을 말한다.

○의사환축 발생상황 : 고병원성 조류인플루엔자에 감염된 것으로 의심되는 동물 즉 의사환축이 발견되었을 때를 말한다.

○발생확인상황 : 고병원성 조류인플루엔자에 감염된 동물의 확진이 이루어졌을 때를 말한다.

○발생확산상황 : 인근지역 및 전국으로 고병원성 조류인플루엔자가 확산되고 있는 상태를 뜻한다.

○의심축 : 축주 또는 축산관련 종사자 등이 고병원성 조류인플루엔자로 의심되어 신고한 가축으로 시·도 가축방역기관 또는 검역본부 가축방역관이 확인하기 전의 가축을 말한다.

○의사환축 : 시·도 가축방역기관 또는 검역본부 가축방역관이 임상검사 등을 실시한 결과 고병원성 조류인플루엔자에 걸렸다고 믿을 만한 상당한 이유가 있는 가축으로서 정밀검사가 진행 중인 가축을 말한다.

○환축 : 의사환축에 대한 정밀검사에서 고병원성 조류인플루엔자에 걸린 것으로 확인된 가축을 말한다.
○잠복기 : 특정병원체가 동물에 침입한 후 그 질병의 최초 임상증상이 발현될 때까지 소요되는 기간을 말한다.
○살처분 : 국가 또는 시·도 가축방역기관의 감독 하에 특정질병의 발생 시 취할 수 있는 가장 강력한 방역조치의 하나로서 이는 감염동물 및 동일군 내 감염의심 동물과, 필요 시 직접 접촉이나 병원체를 전파시킬 수 있는 정도의 간접 접촉으로 감염이 의심되는 다른 동물군의 동물을 죽이는 것을 말한다. 살처분된 동물의 사체 혹은 생산물을 통한 질병의 전파를 방지하기 위하여 사체 등은 소각 또는 매몰하거나 기타의 방법으로 폐기되어야 한다.
○소독 : 전염병 병원체를 사멸시키기 위해 실시하는 작업을 뜻하며, 소독은 동물, 배설물 또는 동물유래 생산물 등에 의해 직접 혹은 간접적으로 병원체에 오염될 수 있는 동물, 사람, 시설, 운반차량 및 기타 대상물에 대해 실시한다.
○위험도평가 : 고병원성 조류인플루엔자 발생 관련 이동제한 중인 가축·알·분뇨 등의 이동 또는 축산시설의 운영을 위해 축산업형태, 지형적 여건, 야생조수류 서식실태, 계절적 요인, 역학적 특성 및 정밀검사 등을 감안하여 위험성을 평가하는 조치를 말한다.
○운송 : 차량을 이용하여 국내에서 가축을 이동시키는 것을 말하며 가축의 상차, 운전, 휴식 및 하차 등 출발에서 도착까지 작업 과정을 말한다.
○가축운송자 등 : 가축운송에 관련된 축주, 동물취급자, 동물운송자 및 가축거래상인을 말한다.
○방역강화관리대상 : 살아있는 닭과 오리 판매소, 가든형식당, 가축거래상인 및 상기 유통경로를 통해 판매하는 가금농장(임시 사육하는 계류장 포함)과 식용란 수집판매업자를 말한다.
○이동제한 : 전염병의 확산 및 전파를 차단하기 위해서 오염되었거나 역학적으로 관련되어진 시설·물건·차량·사람 등에 정해진 기간 동안 이동을 차단하는 것을 말한다.
○역학조사 : 전염병의 원인과 전파와 관련된 요인들을 신속하게 파악하여 추가적인 확산을 차단하기 위한 일련의 조사를 말한다.
○거점소독시설 : 축산관련차량(운전자)의 방역지역별 이동시 소독을 실시하는 시설을 말한다.
○긴급 백신접종 : 고병원성 조류인플루엔자가 발생한 경우 확산방지를 위해 긴급하게 발생농장을 중심으로 일정 범위 내 또는 역학적 상황을 고려하여 특정지역의 가금류 가축에 접종하는 것을 말한다.
○백신주: 백신제조용 바이러스로, 실험동물에 접종실험을 거쳐서 질병에 방어할 수 있는지 능력평가를 마친 바이러스를 말한다.
○항원뱅크 : 백신 완제품을 만들기 전 단계로, 백신주를 대량으로 생산해서 냉동 비축해 놓은 상태를 말한다.
○계통군(Clade): 바이러스 계통 분기를 구별하기 위해 정한 분류기준을 말한다.

제3조(적용시기) AI 의심신고에 따른 일시이동중지 명령 발령부터 전국의 AI 방역대가

모두 해제되는 시점 또는 그 이전 까지 발생 및 비발생권역이 전국적으로 또는 지역적으로 적용된다.

제4조(평시권역) AI 비발생 기간 동안에 가금 관련 축산차량의 이동에 따라 구분되는 권역으로 각 권역별 시·군·구 목록은 아래와 같다.

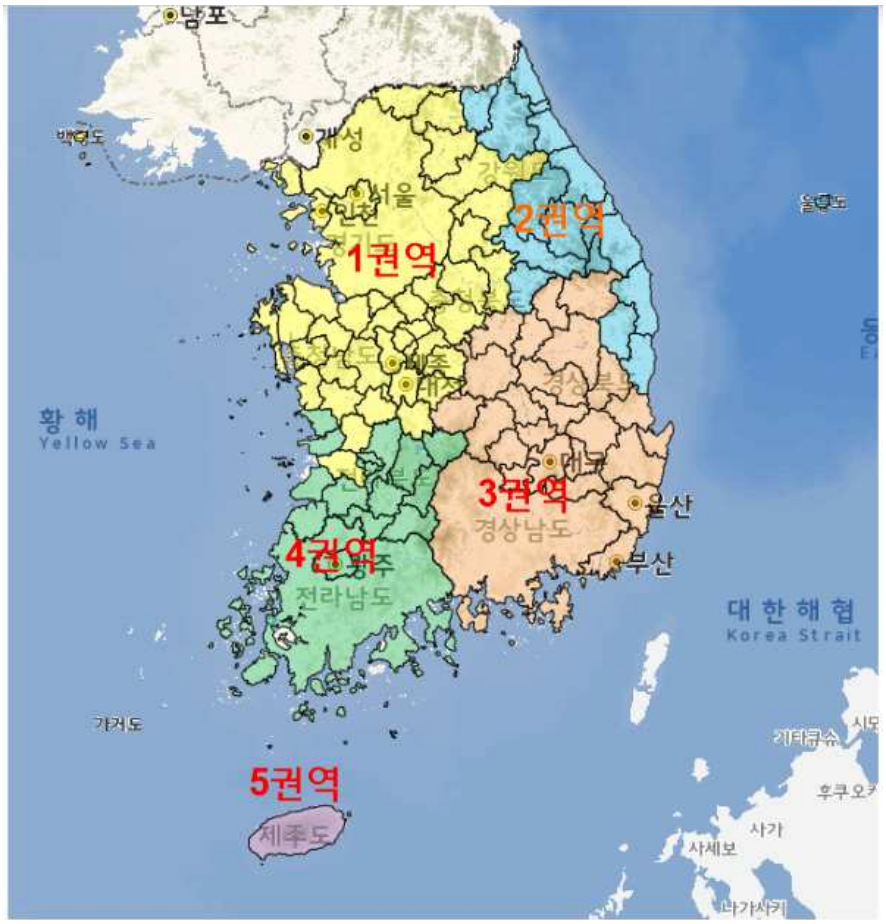
1.제1권역(경기중부권): 경기도, 대전, 서울, 세종,인천, 충남(서천군 제외), 강원도 원주·철원·춘천·홍천·화천·횡성군, 충북 괴산·보은·옥천·음성·제천·진천·청주·증평·충주시, 전북 김제·익산시

2.제2권역(강원권): 강원도(원주, 철원, 춘천, 홍천, 화천, 횡성군 제외), 경북 영덕·영양·울릉·울진군, 충북 단양군

3.제3권역 (경상권): 경상남도, 경상북도(영덕, 영양, 울릉, 울진군 제외), 대구, 부산, 충북, 영동군,울산

4.제4권역(전라권): 전라남도,광주,전라북도(김제, 익산 제외), 충남 서천군

5.제5권역(제주권): 제주특별자치도



* AI 평시 권역(광역 권역) 설정(안)

제5조(발생 및 비발생 권역의 지정) 농림축산식품부장관은 AI 권역화 관리시스템(http://rapse.ezfarm.co.kr)에서 AI 발생일, 발생 시·군·구, 관련 축산시설 가중치를 중심으로 AI 확산가능성과 자립도를 고려하여 발생지 권역과 발생권역을 설정한다. 시·도지사는 관할 행정구역내에서 발생지 권역을 지정할 수 있다.

①발생권역과 비발생권역은 평시에 정한 평시권역이 그대로 활성화되어 작동하나, 발생 시·군이 권역의 경계에 위치하거나 두 개 이상의 권역에서 동시에 발생을 하거나 발생위험이 있을 경우, 이러한 상황을 감안하여 권역의 범위를 재조정할 수 있다.

②발생지 중심으로 방역대 외곽에 설정되는 구역은 평시권역(광역)보다 작은 소구역으로 발생지 권역이라 하며, 일반적으로 몇 개의 시·군으로 구성된다.

③발생지를 포함하는 평시권역(광역)은 발생권역(광역)이 되고 방역대와 발생지권역(소권역)을 포함하며, 방역지역과 타 비발생권역의 중간지대로서 이동제한 조치가 취해지며 추가 발생을 대비하는 완충지대로서의 역할을 하게 된다.

제6조(발생권역 및 비발생역의 관리) 농림축산식품부장관은 발생지 권역과 발생권역을 설정한 후에 활성화 할 경우, 아래와 같이 공지하여 권역화에 따른 규정이 준수될 수 있도록 한다.

①발생권역과 비발생권역에 포함된 시·도와 시·군·구를 전국에 공표하고 발생권역 인증스티커를 발생권역을 포함한 시·도를 통해 시·군·구에 신속히 배부한다.

②발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 해당 권역에 등록된 모든 축산차량 대상에 발생권역 인증스티커를 배부하여 차량 전면 유리창에 부착하도록 조치하며 해당 차량이 비발생권역으로의 이동이 불가함을 그리고 비발생 권역 간의 이동도 규정에 따라 이동이 제한되는 사실을 통보한다. 축산시설 대상으로는 발생권역 인증스티커를 부착한 축산차량만 출입을 허용하도록 지도하며 이를 위반하는 축산차량이 있을 경우 해당 시·군에 신고하도록 교육·홍보한다.

③비발생권역에 포함된 시·도와 시·군·구에서는 해당 권역에 등록된 모든 축산차량 대상으로 발생권역으로 이동이 불가함과 타 비발생 권역으로의 이동도 제한됨을 통보하며, 축산시설 대상으로는 발생권역은 물로 타 비발생권역으로부터 온 축산차량도 출입을 허용하지 않도록 지도하며 이를 위반하는 경우 해당 차량을 시·군·구에 신고하도록 교육·홍보한다.

④비발생권역에 포함된 시·도와 시·군·구는 권역간 경계의 주요 도로에서 타 권역에서의 축산차량의 진입이나 타 권역으로의 축산차량의 진출에 대한 통제와 단속을 하여야 하며, 이를 위해 세척 및 소독(대인소독 포함), 출발용 및 복귀용 소독증명서를 발급할 수 있는 통제초소를 설치하고 군·경에 협조 요청하여 합동단속 준비를 실시한다.

⑤비발생권역에 포함된 시·도와 시·군·구는 권역간의 이동이 허용되는 축산차량에 대한 차량 확인, 세척 및 소독(대인소독 포함), 출발용 및 복귀용 소독증명서를 발급할 수 있는 통제초소를 설치하고 군·경에 협조 요청하여 합동단속을 준비한다.

⑥농림축산검역본부장과 시장·군수는 농가, 축산시설, 생산자 협회에 위의 사항을 SMS

문자 발송 등으로 홍보한다.

제6조(발생권역 및 비발생권역 관리 및 운용) 발생 및 비발생권역이 활성화가 된 이후에는 아래와 같은 조치가 시행된다.

①발생권역 포함 시·도와 시·군·구에서는 해당 권역에 등록된 축산차량이 비발생권역으로 이동하지 않도록 발생권역과 비발생권역 경계에 설치된 통제초소에서 군·경의 협조를 받아 단속을 실시한다. 또한 비발생권역에 포함된 시·도와 시·군·구에서는 해당 권역에 등록된 축산차량이 발생권역이나 타 비발생권역으로 이동하지 않도록 발생권역과 비발생권역 경계와 비발생권역간 설치된 통제초소에서 군·경의 협조를 받아 단속을 실시한다.

②발생권역 포함 시·도 또는 시·군·구는 관할 지역에내의 등록된 축산차량에 대해서 권역내 축산시설에만 출입을 허용하며, 원칙적으로 비발생권역으로의 이동 금지를 명령한다.

③발생권역에 포함된 시·도는 비발생권역으로 이동이 불가피하다고 판단되는 축산차량에 대하여 예외적으로 규정된 상황에서 승인을 할 수 있다. 이 경우 비발생권역으로 이동 전 통제초소에서 이동승인여부 확인, 세척 및 소독(대인소독 포함), 출발용 소독증명서를 발급받으며 발생권역으로 복귀시 이동승인여부 확인, 세척 및 소독(대인소독 포함), 복귀용 소독증명서를 발급받는다.

③발생권역과 비발생권역의 축산차량은 이동할 수 있는 권역내에서 출입할 수 있는 축산시설을 AI 권역화 관리앱에서 확인할 수 있다.

④모든 발생·비발생권역에 위치한 감수성 가축 관련 축산시설은 모든 출입 축산차량이 관할 권역에 맞는 인증스티커를 부착했는지 확인하고 비발생권역에서 축산차량이 온 경우 이를 관할 시·군·구에 신고한다.

⑤비발생권역에 위치한 감수성 가축 관련 축산시설은 모든 출입하는 축산차량에 대해서 어느 권역 소속인 지 확인하고 타 권역의 차량인 경우 이동을 중지시키고 이를 관할 시·군·구에 신고한다.

⑥발생권역과 비발생권역을 포함하는 모든 시·도와 시·군·구는 1차적으로 국가동물방역통합시스템(KAHIS)에서 축산차량 이동통제현황을 모니터링하고 위반하는 경우 현장확인을 실시한다.

⑦중앙정부(농림축산검역본부)는 축산차량 통합관제센터에서 2차 모니터링을 실시하며 1차 확인이 원활하게 이루어질 수 있도록 지자체에 축산차량 모니터링 결과를 정기적으로 제공한다.

⑧발생권역과 비발생권역간 미승인 차량의 이동, 발생권역 등록 축산차량의 인증스티커 미부착 등의 위반사항을 확인한 경우에는 시·군·구가 이동중지 명령과 과태료를 부고한다.

제7조(발생 및 비발생 권역 관리 해제) 전국 AI 방역대 해제가 되는 경우 발생권역 및 비발생 권역의 관리도 아래와 같이 해제된다.

①발생 및 비발생 권역을 포함하거나 그 일부를 포함한 시·도와 시·군·구는 등록된 모

든 축산차량에 발생권역 해제를 알리고 축산차량에 부착된 인증스티커를 제거하도록 홍보한다.

②발생 및 비발생 권역을 포함하거나 그 일부를 포함한 시·도와 시·군·구는 권역간 경계에 설치된 통제초소를 해체한다.

③중앙정부(농림축산검역본부)와 지자체(시·도 및 시·군·구)에서는 위에 해당하는 사항을 SMS 문자

제8조(권역 설정에 따른 이동제한 요령)

①아래의 축산관련 동물, 사람 및 관련 차량의 이동은 응급한 경우를 제외하고는 발생권역 밖 이동을 금지한다. 또한 비발생 권역간에도 원칙적으로 아래의 축산관련 동물, 사람 및 차량의 이동은 응급한 경우 또는 예외 사유를 외에는 금한다.

- 가금농장 방문 후 7일 이내인 사람
- 가금수의사 및 가금을 사육 또는 혼합 사육하는 농장 수의사
- 인공수정사
- 농장종사자
- 가금
- 가금이 존재한 농장이나 시설에서 유래한 동물(포유류 포함)
- 알, 우유, 분뇨
- 사료
- 농장시설 관련 수리자 및 원자재 공급자
- 농장컨설턴트
- 백신접종팀
- 가금 상하차반

②비발생권역간 축산관련 사람과 차량의 이동 허용 사례

- 비발생권역 A에 위치한 가금이 없는 시설이나 공장으로 인접한 비발생권역 B로부터 물자(우유, 사체 등)를 이동하는 경우(단, 이동 중간에 타 시설의 경유가 없이 직접적인 이동이어야 함)
- 비발생권역 A에 위치한 가금이 없고 가금농장으로의 물자의 공급이 없는 시설로부터 인접한 비발생권역 B로 물자(사료 등)를 이동하는 경우(단, 이동 중간에 타 시설의 경유가 없는 직접적인 이동이어야 함)
- 비발생권역 A에 있는 분뇨의 인접한 비발생권역 B로의 이동은 권역 A에서의 처리용량의 한계 등 분명한 사유가 있을 경우 소독 조치와 가축방역관의 감시하에 권역간 이동이 가능함
- 도축을 위해서 비발생권역 A에 있는 가축의 인접한 비발생권역 B로의 이동은 권역 A에서의 처리용량의 한계 등 분명한 사유가 있어야 하고, 임상예찰 등을 통해 위험성이 낮다고 판단될 경우에 한해서 예외적으로 가능함
- 비발생 권역간 차량 이동 시 이동 경로를 몇 개의 통행로로 제한해야 함

제9조(통제초소의 선정 및 설치 운영 요령)

①권역화를 위한 통제초소는 권역별 경계지역 연접한 시·군 및 시·도에 설치하고 KAHIS에 등록하고 그 위치를 축산관련자에게 공지 하여야 한다. 권역간의 축산차량의 이동은 기 지정된 도로를 이용하여야 하며, 권역간 이동의 예외 사유를 인정한 경우에만 이동이 가능하다. 축산관련 차량이 지정한 도로를 이용하지 않은 경우, 권역간 이동 예외 사유가 인정된다고 하더라도 일정한 위반 조치를 받게 된다.

②권역화를 위한 통제초소의 설치 및 운영 요령은 AI SOP의 통제초소 관련 지침을 준용한다.

③비발생 권역간 가축의 이동은 가축방역관의 승인 없이 이동되어서는 아니 된다. 다만, 다른 비발생권역에서의 도축이 불가피할 경우 지정도축장에 출하하되, 가축방역관의 감독하에 운반되어야 한다.

- 가축방역관은 출하를 희망하는 농가에서 사육하고 있는 감수성 가축에 대한 임상검사와 정밀검사를 실시한다.
- 검사결과 의심증상이 발견되는 경우, 의사환축 발생 시 조치 사항에 따라 조치한다. 운반차량의 내·외부에 대한 철저한 세척·소독을 실시하고 출하 및 하차시에도 반드시 소독을 실시하도록 한다.
- 운반차량의 운전자 등에 대하여 농장 출입 시 반드시 소독을 실시한다.
- 운반차량에는 가축방역관이 탑승하여 출하가축이 도축장에 인계될 때까지 전과정(적재·운반·하역과정, 출발 전·인계 후 차량소독 등)을 감독하여야 한다.
- 운반차량이 출발하여 도축장으로 이동하는 경로는 방역사항을 고려하여 최단거리로 하여야 한다.
- 가축을 운반하는 차량은 적재함 바닥은 분비물, 분뇨 등 오물이 새지 않도록 비닐로 넓게 덮는 등의 오염방지 조치를 하여야 한다.

< 중앙정부 대상 지침서 >

1. 농림축산식품부 장관은 AI 권역화 관리시스템(http://rapse.ezfarm.co.kr)에서 AI 의심환축 발생에 따른 일시이동중지 명령 발령과 동시에 AI 발생일, 발생 시·군·구, 관련 축산시설 가중치를 중심으로 AI 확산가능성과 자립도를 고려하여 발생권역을 설정하고 비발생권역의 활성화 여부를 결정하여 이를 전국 시·도와 시·군·구에 공표한다.

2. 농림축산검역본부장는 AI 권역화 관리시스템이 정상 작동하도록 시스템의 관리, 모니터링 및 개선을 담당한다.

3. 농림축산식품부 장관은 발생권역 관리 준비를 위하여 아래의 조치가 시행되도록 지방정부에 지시한다.

①중앙정부가 배부한 발생권역 인증스티커를 발생권역 포함 시·도를 통해 시·군·구까

지 배부하여 부착하도록 조치한다.

②발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 비발생권역 경계의 주요 도로에 통제초소를 설치하여 군경에 단속 협조를 요청한다.

3. 농림축산식품부 장관은 발생권역 관리를 위하여 아래의 조치가 시행되도록 지방정부에 지시한다.

①발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 등록된 모든 축산차량은 차량 전면에 발생권역 인증스티커를 부착해야 하며 발생권역 내에서만 이동이 가능함을 교육·홍보한다.

②비발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 등록된 모든 축산차량은 비발생권역내에서만 이동이 가능함을 교육·홍보한다.

③발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 비발생권역 경계지역의 주요 도로에 통제초소를 설치하여 축산차량 이동통제 단속과 발생권역에서 비발생권역으로의 이동승인 차량 확인, 세척 및 소독(대인소독 포함), 출발용 및 복귀용 소독증명서를 발급한다.

④발생권역 포함 시·도는 필요한 경우에 한하여 축산차량의 비발생권역으로의 이동을 승인할 수 있으며 이를 중앙정부, 발생권역의 차량등록 시·도 및 시·군·구와 비발생권역 출입 시·도 및 시·군·구에 공지한다.

⑤비발생권역 포함 시·도는 관할 비발생권역 시·군·구에 등록된 축산차량이 발생권역을 방문해야 하는 경우 발생권역 시·군·구에 등록된 축산차량이 비발생권역을 방문하는 동일절차를 시행한다.

⑥발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 1차적으로 국가동물방역통합시스템(KAHIS)에서 축산차량 이동통제현황을 모니터링하고 위반하는 경우가 있는 경우 현장 확인을 실시한다.

4. 중앙정부(농림축산검역본부)는 2차 모니터링을 실시하며 이동통제 위반사항이 있는 경우 시·도와 시·군·구에서 확인하도록 조치하며 1차 확인이 원활히 이루어질 수 있도록 지자체에 축산차량 모니터링 결과를 정기적으로 제공한다.

5. 농림축산식품부 장관은 전국 AI 방역대가 해제되는 경우 아래와 같이 발생권역 관리 해제 조치를 지방정부에 지시한다. 지자체(시·도)가 공표한 발생권역에 대해서는 해당 지방정부에서 전국 AI 방역대가 해제되는 경우 자체적으로 관리 해제 조치를 한다.

①발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 등록된 축산차량에 권역화 관리 해제를 알리고 축산차량에 부착된 인증스티커를 제거하도록 홍보한다.

②발생권역 포함 시·도와 시·군·구는 발생권역과 비발생권역 경계에 설치된 통제초소를 해체한다.

6. 농림축산검역본부장은 감수성 가축 관련 축산시설, 축산단체, 관련 종사자에게 발생권역 관리가 해제되었음을 SMS 문자 발송 등으로 홍보하도록 한다.

< 지자체(시·도 및 시·군·구) 대상 지침서 >

1. 전국 지자체(시·도 및 시·군·구)는 AI 의심환축 발생에 따른 일시이동중지 명령 발령과 동시에 중앙정부(농림축산식품부)가 설정하여 공표한 발생 및 비발생권역에 포함된 지자체 목록을 확인하여 아래의 권역 관리 준비를 실시한다. 또한 필요시 전국 지자체(시·도)는 자체적으로 관할 지역에서 AI 발생시 AI 권역화 관리시스템(http://rapse.ezfarm.co.kr)에서 AI 의심환축 발생에 따른 일시이동중지 명령 발령과 동시에 AI 발생일, 발생 시·군·구, 관련 축산시설 가중치를 중심으로 AI 확산가능성과 자립도를 고려하여 발생지 권역(시·군·구)을 설정하고 이를 전국 시·도와 시·군·구에 공표한다.

①발생권역에 포함되거나 발생권역의 일부를 포함하고 있는 시·도는 중앙정부에서 배부 받은 발생권역 인증스티커를 관할 시·군·구에 신속히 재배부하여 등록 축산차량 전면에 부착하도록 조치한다.

②발생권역에 포함되거나 발생권역의 일부를 포함하고 있는 시·도와 시·군·구는 해당 권역에 등록된 모든 축산차량 대상에 발생권역 인증스티커를 배부하여 차량 전면 유리창에 부착하도록 조치하며 해당 차량이 타 권역으로의 이동이 불가함을, 축산시설 대상으로는 발생권역 인증스티커를 부착한 축산차량만 출입 가능하며 이를 위반하는 경우 신고하도록 교육·홍보한다.

③비발생권역에 포함되거나 비발생권역의 일부를 포함하고 있는 시·도 또는 시·군·구는 해당 권역에 등록된 모든 축산차량 대상에 발생권역 인증스티커를 배부하여 차량 전면 유리창에 부착하도록 조치하며 해당 차량이 타 권역으로의 이동이 불가함을 알리고, 관할지역내 축산시설 대상으로는 이를 위반하는 경우 신고하도록 교육·홍보한다.

④활성화된 권역에 포함되거나 활성화된 권역의 일부를 포함하고 있는 시·도 또는 시·군·구는 권역의 경계에 위치한 주요 도로에서 축산차량의 이동통제 단속과 권역간 이동승인 차량 확인, 세척 및 소독(대인소독 포함), 출발용 및 복귀용 소독증명서를 발급할 수 있는 통제초소를 설치하고 군경에 협조 요청하여 합동단속 준비를 실시한다.

⑤지자체(시·도 및 시·군·구)에서는 농가, 축산시설, 생산자 협회에 위의 사항을 SMS 문자 발송 등으로 홍보한다.

2. 발생권역 관리가 개시된 이후에는 지자체에서는 아래와 같은 조치를 시행한다.

①권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하고 있는 시·도 또는 시·군·구에서는 해당 권역에 등록된 축산차량이 타 권역으로 이동하지 않도록 권역의 경계에 설치된 통제초소에서 군·경의 협조를 받아 단속을 실시한다.

②권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하는 시·도는 해당 권역에 등록된 축산차량이 해당 권역내 축산시설에만 출입할 수 있고 타 권역으로의 이동이 금지되나 예외적으로 타 권역으로의 이동이 필요하다고 판단되는 축산차량에 대하여 기 정한 규정에

해당되는 경우 예외적으로 이동승인을 할 수 있다. 축산차량이 타 권역을 방문후 원래 권역으로 복귀시 통제초소에서 이동승인 여부 확인, 세척 및 소독(대인소독 포함), 복귀용 소독증명서를 발급한다.

③권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하는 시·도와 시·군·구는 해당 권역에 위치한 감수성 가축 관련 축산시설이 시설을 출입하는 축산차량이 속한 권역을 확인하는 지 점검하고 타 권역에서 축산차량이 방문한 경우 이를 관할 시·군·구에 신고하도록 교육·홍보한다.

④권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하는 시·도와 시·군·구는 1차적으로 국가동물방역통합시스템(KAHIS)에서 축산차량 이동통제현황을 모니터링하고 위반하는 경우가 있는 경우 현장 확인을 해서 이동제한 및 소독 조치 등을 실시한다.

3. 전국 AI 방역대 해제에 따라 아래와 같이 발생권역 관리를 아래와 같이 해제한다.

①권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하는 시·도와 시·군·구는 등록된 모든 축산차량에 권역 해제를 알리고 축산차량에 부착된 인증스티커를 제거하도록 홍보한다.

②권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하는 시·도와 시·군·구는 발생권역과 비발생권역 경계에 설치된 통제초소를 해체한다.

③권역에 포함되거나 권역의 일부를 포함하는 시·도와 시·군·구는 위에 해당하는 사항을 SMS 문자 발송 등으로 홍보하도록 한다.

< 생산자 단체 대상 지침서 >

1. 감수성 가축 관련 생산자 단체는 농림축산식품부장관 또는 시·도지사가 공표한 권역에 대한 정보를 홈페이지 게시 등을 통해 소속 회원들에게 공지하고 권역 관리 준비 지원과 규정 준수를 위해 아래의 사항을 실시한다.

①발생 또는 비발생 권역 시·군·구에 등록된 모든 축산차량 대상으로 해당 시·군·구로부터 해당 권역에 맞는 인증스티커를 배부받아 차량 전면에 부착하고 타 권역으로의 이동이 불가함을 홍보한다. 단, 불가피한 사유로 타 권역을 방문해야 하는 경우 해당 사항을 관할 시·도에 문의하도록 알린다.

②발생 또는 비발생 권역 시·군·구내 모든 축산시설 대상으로 시설이 속한 권역의 인증스티커를 부착한 축산차량만 출입가능하며 이를 위반하는 경우 시·군·구에 신고하도록 홍보한다.

③AI 권역화 관리 앱에 대해 홍보하여 각 권역별로 사용 가능한 축산시설을 사용할 수 있도록 소속 회원들을 독려한다.

2. 전국 AI 방역대 해제에 따라 권역 관리 해제 정보를 홈페이지 게시 등을 통해 소속 회원들에게 공지한다.

< 축산시설 및 축산농가 대상 지침서 >

1. 감수성 가축 관련 축산시설 및 축산농가는 농림축산식품부 장관 또는 시·도지사가 공표한 발생 및 비발생 권역을 인지하고 아래와 같이 권역 관리 규정을 따른다.
 ①축산시설과 축산농가에서 보유한 축산차량의 운전자 또는 소유자는 차량 등록 시·군·구 또는 권역이 활성화되는 시점에 위치하는 권역의 관할 시·군·구로부터 해당권역에 맞는 인증시티커를 해당 시·군·구로부터 인증스티커를 배부받아 차량 전면에 부착하고 해당 권역내에서만 이동한다. 만약, 불가피한 사유로 비발생권역으로 이동해야 하는 경우 관할 시·도로 문의한다.
 ②발생 및 비발생권역내 위치한 축산시설과 축산농가는 출입하는 모든 축산차량에 대하여 해당 권역에 맞는 인증스티커를 부착하였는지 확인하고 위반사항이 있는 경우 시·군·구에 신고한다.
 ③AI 권역화 관리 앱을 스마트폰에 설치하고 발생권역 내 사용 가능한 축산시설을 확인하고 축산시설을 이용한다.

2. 전국 AI 방역대 해제에 따라 권역 관리 해제 시 발생권역 시·군·구에 등록된 축산차량은 발생권역 인증스티커를 제거한다.

제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1절. 목표 및 달성여부

1. 과제 목표 달성

구분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위	달성도
1차년도	HPAI 위험요소 분석 및 권역화 알고리즘 기초자료 수집·가공 및 분석	HPAI 위험요소 분석(농림축산검역본부)	100%
		자료수집 및 가공((주)이지팜)	100%
		알고리즘 구성요소 분석((주)이지팜)	100%
2차년도	권역별 세부관리방안 도출 및 권역화 알고리즘 구현	권역별 세부관리 방안 도출(농림축산검역본부)	100%
		클러스터 구성((주)이지팜)	100%
		알고리즘 구현((주)이지팜)	100%
3차년도	권역화 알고리즘 검증 및 개선, 세부관리 지침서 개발	알고리즘 검증 및 개선((주)이지팜)	100%
		시각화 프로그램 개발((주)이지팜)	100%
		권역화 세부관리 지침서 개발(농림축산검역본부)	100%

2. 정량적 목표 달성

No	항목	명칭	코드	달성도
1	정책활용 ㈜이지팜 1건	AI 권역화 시스템 정책활용 방안	농림축산식품부 방역정책국 조류인플루엔자방역과	100%
2	정책활용 농림축산검역본부 1건	AI 권역화 세부 관리 지침서(안)	"	100%
3	논문(비SCI) 1건 ㈜이지팜	Development of mathematical model on regionalization using records of livestock related vehicles for control strategy of highly pathogenic avian influenza, 강훈석	한국예방수의학회지(16호) 2018.1.8. DOI : 10.13041/jpvm.2017.41.4.180	50%
4	홍보 1건 ㈜이지팜	AI 확산은 막고 농가 피해는 줄이고 권역화 방역체계 눈길	데일리벳 2018.12.19	100% (추가성과)
5	교육지도 2건 농림축산검역본부 교육지도1건 ㈜이지팜	고병원성 AI 방역대책 전문가 회의(권역화 분석 시스템 활용 결과발표 및 활용법 교육) AI방역업무 전문수의사 소집교	2018.1.12 2018.10.2	100%

		육(과거발생사례 권역화 분석 시스템 활용 교육)		
6	교육지도 1건 ㈜이지팜	HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축 권역화 분석 시스템 사용자매뉴얼 교육	2019.2.15. 가축위생방역본부 경기도본부	추가성과
7	프로그램 등록 2건 ㈜이지팜	AI 권역별 축산시설 HPAI 확산 차단 방역을 위한 권역화 분석 시스템	C-2018-028023 C-2018-028024	추가성과
8	학술발표 ㈜이지팜 1건	ICT기술을 활용한 가축방역 의사결정지원 시스템 개발, 박혁	2017 한-뉴 FTA 수의역학 워크숍	추가성과
9	학술발표 ㈜이지팜 1건	HPAI 대응을 위한 ICT기반 이지팜의 가축질병 대응 연구사례, 박혁	대한수의학회 2018년 추계국제학술대회	추가성과

No.1 정책활용, AI 권역화 시스템 정책활용 방안

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등	
과제명	HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축		
건의명	AI 권역화 시스템 정책활용 방안		
주관부처 (담당자)	농림축산식품부 조류인플루엔자방역과 (황성철 사무관)	건의일자 (제출일)	2018 년 12 월 19 일
시책명		시행일 (시행예정일)	년 월 일
주요내용 요약	ㅇ HPAI 등 재난형 가축전염병의 전파와 확산을 차단하기 위해 축산차량 이동정보와 축산시설 정보 등을 활용하여 권역 내 가축 등의 이동을 제한하면서 권역 내 사양관리가 독립적으로 처리될 수 있도록 권역을 설정할 수 있는 시스템의 활용방안 제시 - 평시 권역 시스템 활용 방법 - 발생 시 권연 시스템 활용 방법		
기대효과	ㅇ HPAI 권역화를 통한 방역체계 실행이 축산 유통 관련 산업에 미치는 영향 분석으로 활용 가능 ㅇ 권역 설정 시 축산시설의 공급자립도 등을 분석하여 권역을 설정할 수 있음 ㅇ HPAI 발생상황에 따른 다양한 시나리오분석이 가능하며 지자체별 최적권역 리스트를 참고하여 권역 설정 시 활용 가능		
증빙자료 1 (하단별첨)	※ 제출 공문 및 건의내용		
증빙자료 2 (하단별첨)	※ 정부시책 및 법령(개정) 결과물 등		

<증빙자료 1>

건의내용

※ 제출 공문 필수 첨부 및 건의 내용 작성

문서24

이지팜

수신 농림축산식품부(조류인플루엔자방역과장)

제목 [HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축에 관한 연구] 연구과제 정책제안

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 첨부와 같이 농식품부의 지원을 받아 수행중인 가축질병대응기술개발사업 연구과제의 산출물인
"권역화 분석 시스템"을 활용하여 권역설정 및 정책결정 시 업무에 활용하도록 제안을 드립니다.

붙임1. 정책건의_권역화_190104.hwp

주식회사 이 지 팜 대표이사

제출자 2019-01-04
김영국

시행 M00000-295473 (2019-01-04) 접수

우 13929 경기도 안양시 동안구 동편로20번길 9 (관양동) 스마트넷빌딩 3층, 4층 / http://www.ezfarm.co.kr

전화번호 031-421-3414 팩스번호 031-421-3422 / ezfarm@ezfarm.co.kr / 비공개(6)

정책 제안

HPAI 확산차단을 위한 권역화 분석 시스템 정책 활용

1. **건의 부서**
   o 농림축산식품부 방역정책국 조류인플루엔자방역과 (황성철 사무관 (044-201-2555))

2. **현황 및 문제점**
   o HPAI 발생 시 획일적인 방역대 또는 시도/시군 단위 방역조치로 현장 상황에 맞지 않는 비효율적인 방역사례가 있어 개선이 필요
   o 재난형 가축전염병 발생 시 조치되고 있는 이동제한에 의한 추가적 피해를 예방하기 위한 대책 필요

3. **사전 협의 내용**
   - 농림축산식품 조류인플루엔자방역과와 농림축산검역본부 역학조사과, 방역감시과 및 생산자 단체와 정책활용 회의를 통해 권역화 분석 시스템의 활용방안 검토

4. **정책 제안 내용**
   o 구제역 등 재난형 가축전염병의 전파와 확산을 차단하기 위해 축산차량 이동정보와 축산시설 정보 등을 활용하여 권역 내 가축 등의 이동을 제한하면서 권역 내 사양관리가 독립적으로 처리될 수 있도록 권역을 설정할 수 있는 시스템의 활용방안 제시

5. **정책제안 반영 기대효과**
   o HPAI 권역화를 통한 방역체계 실행이 축산 유통 관련 산업에 미치는 영향 분석으로 활용 가능
   o 권역 설정 시 축산시설의 공급자립도 등을 분석하여 권역을 설정할 수 있음
   o HPAI 발생상황에 따른 다양한 시나리오분석이 가능하며 지자체별 최적권역 리스트를 참고하여 권역 설정 시 활용 가능

6. **제안자**
   o 박혁, (주)이지팜 (031-8090-3150, papavar@ezfarm.co.kr)

7. **근거과제(농식품부 가축질병대응기술개발사업 과제번호 316041-3)**
   o HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축(2016. 5. 19 - 2018. 12. 31)

No.2 정책활용, AI 권역화 세부 관리 지침서(안)

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등	
과제명	HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축		
건의명	AI 권역화 시스템 정책활용 방안		
주관부처 (담당자)	농림축산식품부 조류인플루엔자방역과 (황성철 사무관)	건의일자 (제출일)	2019년 1 월 28 일
시책명	AI 권역화 세부 관리 지침서 (안)	시행일 (시행예정일)	2019년 1 월 1 일
주요내용 요약	o AI 확산 차단을 위한 권역 설정 및 운영을 위한 지침(안) : 권역 설정·운영·해제, 시스템 유지 관리 및 기초 정보 제공 등을 위한 구체적인 지침을 기술하여 제공 ** 해당 지침서는 e-book 형태로 농림축산검역본부 도서관 홈페이지(http://lib.qia.go.kr)에 공개됨 - 계획 . 발생권역 설정 및 운영을 위한 구체적인 지침 제시를 통해서, 가축전염병법 상에 정한 발생권역의 실질적 운영이 가능하도록 함 . 발생권역의 설정, 운영, 유지·관리를 위한 지침(안)을 토대로 현장 적용가능성에 대한 다양한 검토 및 논의하도록 함		
기대효과	○ 발생권역 설정 및 운영을 위한 구체적인 지침 제시를 통해서, 가축전염병법 상에 정한 발생권역의 실질적 운영이 가능함 ○ 발생권역의 설정, 운영, 유지·관리를 위한 지침(안)을 토대로 현장 적용가능성에 대한 다양한 검토 및 논의가 가능 ○ 시군별 시도별 또는 광역지역 단위의 단계적인 권역화 운용이 가능한 운영원칙이 세워짐 ○ 추후 축산 현실을 고려한 실질적 권역화 운영 방안 도출이 가능함.		
증빙자료 1 (하단별첨)	※ 제출 공문 및 건의내용		
증빙자료 2	※ 정부시책 및 법령(개정) 결과물 등		

<증빙자료 1>

건의내용

※ 제출 공문 필수 첨부 및 건의 내용 작성

이지팜

수신 농림축산식품부(조류인플루엔자방역과장)

제목 [HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축에 관한 연구] 연구과제 정책제안

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 첨부와 같이 농식품부의 지원을 받아 수행중인 가축질병대응기술개발사업 연구과제의 결과물인
"AI 권역화 관리지침(안)"을 활용하여 권역설정 및 정책결정 시 업무에 활용하도록 제안을 드립니다.

붙임1. AI 권역화 (정책제안 20190128)_검역본부.hwp

주식회사 이 지 팜 대표이사

제출자 2019-01-28
김병준

시행 M00000-377734 (2019-01-28) 접수

우 13929 경기도 안양시 동안구 동편로20번길 9 (관양동) 스마트넷빌딩 3층, 4층 / http://www.ezfarm.co.kr

전화번호 031-421-3414 팩스번호 031-421-3422 / ezfarm@ezfarm.co.kr / 비글개(6)

정책 제안

AI 권역화 세부 관리 지침서 (안)

1. 건의 부서

o 농림축산식품부 방역정책국 조류인플루엔자방역과 (황성철, 044-201-2555)

2. 현황 및 문제점

o 발생지역(관리, 보호, 예찰)과 구별되는 발생권역의 차별적인 적용 방식 및 역할에 대한 구체적인 지침이 부재

o 권역의 설정 및 운영을 위해 주체별 역할에 대한 규정과 정리가 필요함

o 권역의 설정을 위한 주요 고려 요인인 축산업의 지속 가능성을 고려한 자립도와 질병 확산 방지를 위한 적정 영역 설정을 위한 질병 위험도가 적절히 반영될 수 있는 권역 설정 메카니즘이 확립되어야 하고 이에 따른 권역 설정 및 운영 지침이 수립될 필요가 있음

o 축산차량에 GPS를 부착하여 이들의 이동 궤적을 추적할 수 있는 여건이므로, 이를 발생권역 설정에 최대한 반영할 필요가 있음

3. 사전 협의 내용

- 농림축산식품 연구개발사업(가축질병대응기술개발사업)으로 ㈜이지팜과 검역본부가 2016.5.19.일부터 32개월간 과제 수행

4. 정책 제안 내용

o 국내 AI 확산 차단을 위한 권역 설정 및 운영을 위한 지침(안)
: 권역 설정·운영·해제, 시스템 유지 관리 및 기초 정보 제공 등을 위한 구체적인 지침을 기술하여 제공

5. 정책제안 반영 기대효과

o 발생권역 설정 및 운영을 위한 구체적인 지침 제시를 통해서, 가축전염병법 상에 정한 발생권역의 실질적 운영이 가능함

o 발생권역의 설정, 운영, 유지관리를 위한 지침(안)을 토대로 현장 적용가능성에 대한 다양한 검토 및 논의가 가능

6. 제안자

o 이광녕, 농림축산검역본부 (054-912-0440, leelkwn@korea.kr)

7. 근거과제(농식품부 가축질병대응기술개발사업 과제번호 316041-3)

o HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축
(2016. 5. 19 - 2018. 12. 31)

pISSN 2287-7991, eISSN 2287-8009
J. Prev. Vet. Med. Vol. 41, No. 4: 213-218, December 2017
https://doi.org/10.13041/jpvm.2017.41.4.213

Development of mathematical model on regionalization using records of livestock related vehicles for control strategy of highly pathogenic avian influenza

Jonghyun Seo[1,2], Hyuk Park[1], Kwang-Hee Han[3], Wooseog Jeong[4], Hachung Yoon[4], Ki-Hyun Cho[4], Chung-Sik Jung[4], Yong-Myung Kang[4], Hong-Sik Park[4], Son-Il Pak[5], Hunseok Kang[1,6*]

[1]Department of Development, EZFarm LTD., Anyang 13929, Republic of Korea
[2]Finance · Fishery · Manufacture Industrial Mathematics Center on Big Data, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea
[3]Department of Consilience, Korea Polytechnic University, Siheung 15073, Republic of Korea
[4]4Veterinary Epidemiology Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Gimcheon 39660, Republic of Korea
[5]College of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea
[6]Department of Mathematics, American University of the Middle East, 250 St. Egaila, State of Kuwait

Abstract: In this paper, a mathematical model of regionalization based on graph theory to investigate the patterns induced by movements of livestock vehicles in cities under outbreaks of highly pathogenic avian influenza (HPAI) is proposed. We then compare the results of simulation from the regionalization model to actual HPAI outbreaks in 2016/2017 to evaluate the validity of the model. Specifically, we (1) configured a complex network structure with analytic tools and properties in graph theory to abstract the paths among farms and livestock facilities; (2) employed statistical methods to estimate the possibility of propagation between two clusters; (3) applied the developed method to an actual HPAI outbreak in Korea in 2016 and conducted a simulation to determine if the proposed modeling for regionalization is an effective prediction measure. The clustered regions proposed by the simulation correctly reflected the regional clustering of actual cases, while simultaneously contain the cities exposed to potential damage when separated. Based on these findings, we conclude that our proposed regionalization model is suitable for making policy judgments to establish a preemptive biosecurity system.
Key words: Highly pathogenic avian influenza, regionalization, livestock related vehicles

서 론

최근 수년간 세계 곳곳에서 고병원성조류인플루엔자 (highly pathogenic avian influenza, HPAI) 발생이 보고되며 발생국 및 양성건수도 지속적으로 증가하는 추세이다 [8]. 한 국가 또는 지역으로의 유입은 철새의 이동이 주요한 요인으로 알려져 있지만 [7], 인근지역으로 전파는 많은 경우 사람 및 차량 등이 매개체가 된다 [2]. HPAI 초동방역은 발생농장에 대한 살처분, 방역대 설정 및 이동제한 등으로 구성된다 [6]. 발생상황이 지속될 경우 이동제한의 장기화로 정상적 사육이 어려워 축산 농가의 직접적인 피해뿐만 아니라 축산관련 유통업계로 피해가 확산되고 있다. 이러한 피해를 최소화하기 위한 방법으로 전국을 가축농장과 관련시설의 위치 등을 고려하여 지역을 나누어 권역을 설정하고 가축운반, 도축, 사료수송, 분뇨처리 등을 위한 차량의 이동을 적절히 통제하는 권역화 (regionalization) 방식을 고려할 수 있다. 이미 미국, 유럽 등의 해외 여러 나라에서는 이러한 유형의 연구가 심도 있게 이루어지고 있다 [4, 10]. 행정구역 단위로 권역화 방역체계를 구성하면 지방자치단체 행정기관(이하 지자체)에서의 운영이 용이하므로, 국내의 경우에서는 광역시·도(都) 단위의 권역을 구성하는 것이 정책상 유리하다. 하지만 닭과 오리 등의 가금류 축산농가가 계열화되어[5] HPAI 발생에 대응하여 광역시·도를 최소 단위로 하여 권역을 구성할 경우 계열 축산시설 이용 통제로 인한 농가피해 확대가 우려된다. 또한 발생지역이 다른 광역시·도와 인접해 있거나 겹쳐 있을 경우 행정구역간의 유기적인 협력을 통한 신속하고 합리적인 정책 결정이 필요하므로 시·군 단위로 권역을 구성하여 발생 시·군의 유통구조 및 전파 가능성을 고려하여 권역이 어떻게 변화하는 지를 사전에 비교 및 평가할 필요가 있다.

본 연구는 HPAI 발생 대응 방역체계 수립을 위한 권역화 알고리즘 개발의 선행연구로서, 시·군 단위 권역화 방역체계의 효용성을 검증하는 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

국내 축산시설 지리적 분포 시각화

농림축산검역본부에서 운영하는 국가동물방역통합시스템(KAHIS)

• Received 05 September 2017, Revised 18 November 2017, Accepted 25 November 2017
* Corresponding Author. Hunseok Kang. Tel: +82-10-4762-8559, Fax: +82-31-421-3422, E-mail: hkang0401@gmail.com
Copyright © 2017 The Korean Society of Preventive Veterinary Medicine.
The full text is freely available on the web at http://www.jpvm.kr/.

No.4 홍보, AI 확산은 막고 농가 피해는 줄이고 권역화 방역체계 눈길

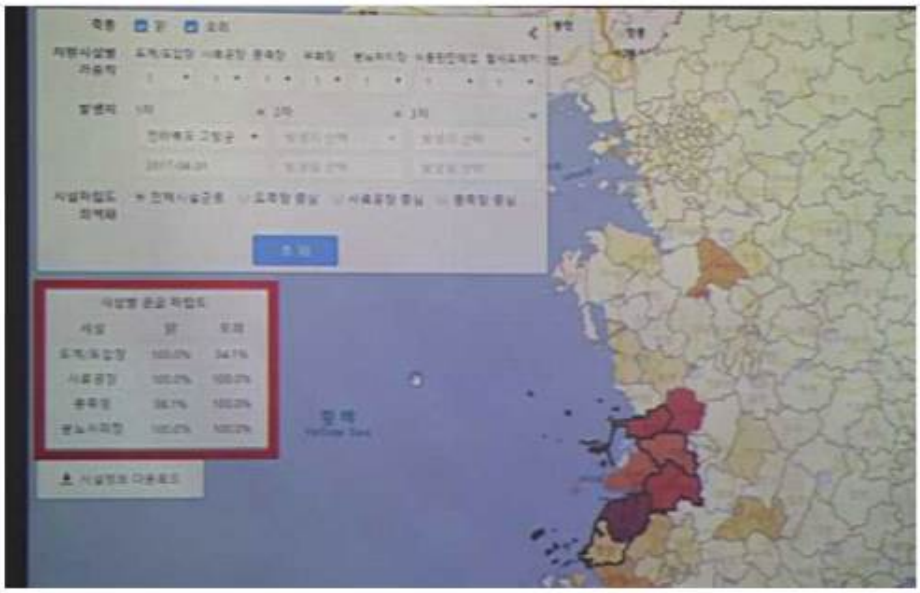
`AI 확산은 막고 농가 피해는 줄이고` 권역화 방역체계 눈길

자립도 반영한 권역화 연구..장거리 이동 잦은 가금산업 특성·데이터 접근성은 `한계점`

등록 : 2018.12.19 13:26:19 수정 : 2018.12.19 13:26:19 윤상준 기자 ysj@dailyvet.co.kr

고병원성 AI 발생 시 확산위험은 차단하면서 이동제한으로 인한 농가피해는 줄이는 '권역화 방역체계'를 만들 수 있을까.

'HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축' 연구를 주관한 이지팜과 농림축산검역본부는 18일 대전 인터시티호텔에서 학계, 업계가 참여하는 연구과제 자문회의를 개최했다.



AI 전파위험과 함께 도축, 사료, 종축, 분뇨 등 자립도까지 고려 권역설정

AI 확산 막는 이동제한하지만..그 안에서 도축·분뇨 등 자립가능한 '권역'

발생농장 주변으로 반경 500m, 3km, 10km의 원을 그려 살처분 등을 실시하는 전통적인 '방역대'와 달리 '권역'은 권역 내외부의 이동을 제한해 확산을 차단하면서도 권역 내부 농가의 경제적 피해를 줄일 수 있도록 설정된다.

이제까지도 고병원성 AI가 발생하면 방역대보다 더 큰 경계를 기준으로 추가적인 방역조치가 실시되곤 했다. 충북 음성에서 고병원성 AI가 발생하면, 경상북도에서는 충북지역으로부터의 병아리 입식을 금지하는 식이다.

이러한 조치가 시도 행정경계를 기준으로 실시되다 보니 농가로서는 피해가 불가피했다. 가령 닭 도계장이 부족한 전남에서 AI가 발생해 가금 반출을 금지한다면, 출하지연으로 인한 피해로 이어질 수밖에 없다.

연구진은 국가동물방역통합시스템(KAHIS)에 수집되는 축산관계차량의 이동정보를 활용해 AI 전파위험과 자립도를 계산하는 모델을 개발했다.

도축, 사료공급, 종축, 분뇨처리 등의 차량 이동밀도로 지역별 처리 수요와 용량을 계산하는 한편, 발생지역 주변의 확산 위험도 평가할 수 있다는 것이다.

연구진이 개발한 웹프로그램에 발생농장을 입력하면 주변에 권역이 설정된다. 권역 내의 출하, 사료, 종축, 분뇨처리 자립도도 산출된다. 특정 항목의 자립도가 부족하면, 주변 작업장을 추가로 확보해 권역을 넓힐 수도 있다.

모바일 어플리케이션을 통해 해당 정보를 축산관계자에게 신속히 전파하고, 이들이 권역내 축산시설을 손쉽게 확인할 수 있다는 점도 특징이다.

이번 연구과제를 주관한 이지팜 박혁 소장

계열화율 높고 장거리 뛰는 가금업계 특성..권역화에 적합한가

하지만 계열화율이 높은 가금업계의 특성이 권역화에 적합치 않다는 우려도 제기됐다.

이날 자문회의에 참석한 육계협회 관계자는 "육계에서는 이미 95% 이상 수직계열화된 특성이 권역화 도입의 키포인트가 될 것"이라며 "계열화된 업체 내부에서 장거리 이동이 빈번한만큼 권역화 방역체계가 현실에 적용될 수 있는지 의문"이라고 말했다.

산업이 계열화되면서 병아리 입식이나 출하를 위해 100km가 넘는 거리를 이동하는 일이 다반사라는 것. 도계장이나 종축장이 권역 내에 위치하고 있다 한들, 계약된 업체가 아니면 농가가 이용하기 어려울 것이란 지적이다.

토종닭협회 관계자도 "토종닭은 도축할 수 있는 곳도 많지 않고 종계장 등이 전국적으로 고루 분포되어 있지도 않다"며 "권역화가 되더라도 상당히 제한적일 수밖에 없다"고 토로했다.

이 밖에도 AI 확산을 막을 수 있는 권역을 설정하려면 축산관계차량 외에도 기존 AI 발생이력이나 철새도래지 인접 여부 등 다양한 위험요인이 반영되어야 한다는 의견도 제기됐다.

농장 정보도 없이 어떻게 연구하나..데이터 제한에 답답함 토로

권역화를 포함한 방역체계 개선방안을 보다 정밀히 연구하기 위해서는 데이터 접근성이 개선되어야 한다는 지적도 나온다.

이날 자문회의에 참석한 박선일 강원대 교수는 "국가연구과제를 수행해도, 보안각서를 써도, 개인정보보호를 이유로 축산농장의 정보조차 제대로 제공받을 수 없다"며 "국내 역학 연구의 근본적인 한계점"이라고 꼬집었다.

이번 권역화 방역체계 연구과제도 '리' 단위까지의 차량이동정보만을 가지고 수행됐다. 특정 차량이 'OO리'를 방문했다는 사실은 알 수 있지만, 'ㅁㅁ농장'을 방문했는지 여부는 알 수 없는 채로 연구할 수밖에 없었다는 것이다. 해당 차량의 최종 방문지가 도계장이면 닭농장에서, 도압장이면 오리농장에서 출발했을 것이라 추정하는 정도다.

도축, 분뇨 등 처리량을 보다 면밀히 파악해야 할 필요성도 있다. 축산차량 이동빈도를 기반으로 유추한 수치가 아니라, 실제 데이터를 반영할 수 있어야 한다는 것이다.

박선일 교수는 "개인정보를 보호할 수 있도록 '비식별화' 처리하여 활용할 수 있는 방안이 분명히 있음에도 좀처럼 개선되지 않는다"며 "기초 데이터도 없이 연구하라니 답답한 심정"이라고 토로했다.

No.5 교육지도 2건, 권역화 분석 시스템 활용 결과발표 및 활용법 교육, 과거발생사례 권역화 분석 시스템 활용 교육

국민에게 사랑받는
세계적인 검역본부

전남 지역 HPAI 발생 위험도 분석

'18. 1. 13

농림축산검역본부

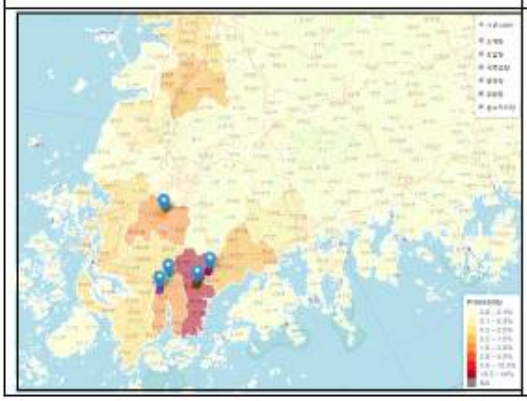
V 발생 위험도 분석

❑ 향후 발생 위험 분석

○ 현재 육용오리 사육밀도와 빅데이터 분석 결과를 보면, 기존 발생 시·군 외에 장흥, 함평, 무안, 곡성, 구례, 보성이 기타 시·군에 비해 상대적으로 발생 가능성이 높음

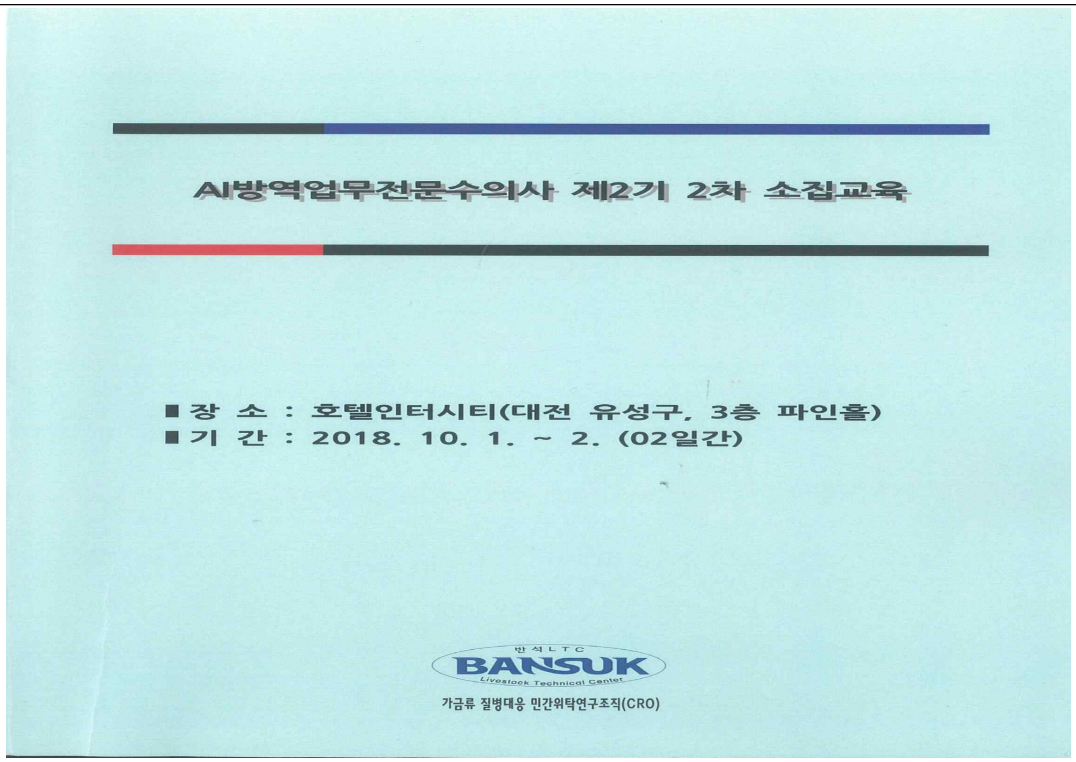
○ 시·군간 평균 차량 이동량을 고려하면, 최근 발생 시·군(장흥, 강진)에서 영향을 받을 가능성이 상대적으로 높은 시·군은 해당 시·군과 인접한 전남 강진, 장흥, 보성, 영암, 나주와 전북 정읍임

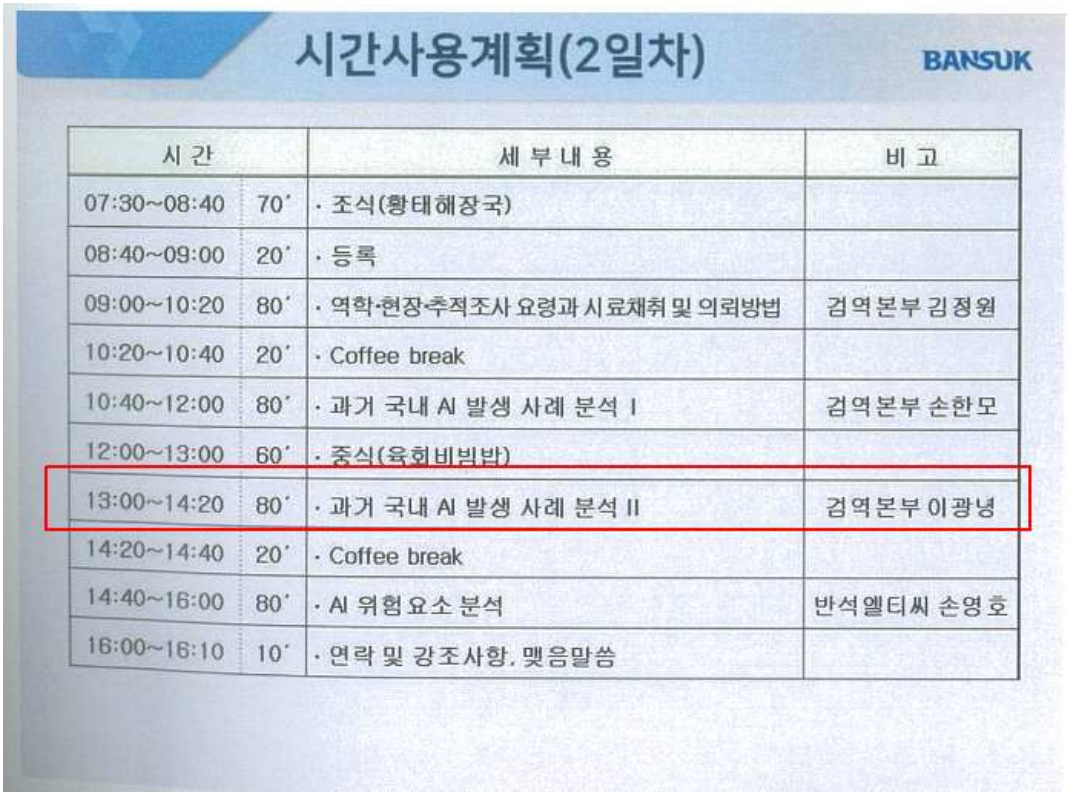
◇ HPAI 권역화 연구과제(진행중)를 통해 도출된 분석 툴(Markov Chain Model 이용)로 시·군간 평균 차량 이동량을 계산하여 발생 시·군에 영향을 받는 시군 표현
* 단, 차량이동 정보는 개인정보 외부 반출 등의 문제로 과거 자료임('14.11~17.4월 자료 활용)

장흥 발생시 영향을 받는 시·군	강진 발생시 영향을 받는 시·군
	

○ 영암지역은 현재 사육밀도가 감소되어 과거보다 발생 위험은 낮으나 그간 발생이 지속되었고 인접 시·군에 산발적인 발생이 지속되고 있어 추가 발생 가능

○ 나주지역은 주요 오리·닭 도압장이 있고, 장흥에도 국내 최대 규모의 오리도압장이 있어 축산차량 및 생축 이동이 많으므로 차단방역 등 철저한 관리 필요





시간사용계획(2일차)

BANSUK

시 간		세 부 내 용	비 고
07:30~08:40	70'	· 조식(황태해장국)	
08:40~09:00	20'	· 등록	
09:00~10:20	80'	· 역학·현장추적조사 요령과 시료채취 및 의뢰방법	검역본부 김정원
10:20~10:40	20'	· Coffee break	
10:40~12:00	80'	· 과거 국내 AI 발생 사례 분석 I	검역본부 손한모
12:00~13:00	60'	· 중식(육회비빔밥)	
13:00~14:20	80'	· 과거 국내 AI 발생 사례 분석 II	검역본부 이광녕
14:20~14:40	20'	· Coffee break	
14:40~16:00	80'	· AI 위험요소 분석	반석엘티씨 손영호
16:00~16:10	10'	· 연락 및 강조사항, 맺음말씀	

No.6 교육지도 1건, 권역화 분석 시스템 사용자 교육

No.7 프로그램 등록 2건, AI 권역별 축산시설, HPAI 확산 차단 방역을 위한 권역화 분석 시스템

프 로 그 램 등 록 부

프로그램 등록번호		C-2018-037719		
프로그램의 명칭		HPAI 확산 차단 방역을 위한 권역화 분석 시스템		
창 작 연 월 일		2018.12.04	공표연월일	
등 록 연 월 일		2018.12.13		
프로그램 저 작 자	성명 또는 상호	주식회사 이지팜	주민등록번호 또는 법 인 등 록 번 호	130111-0060896
	주 소 및 국 적	경기도 안양시 동안구 동편로20번길	대한민국	
	지 분	1분의 1		
프로그램복제물에 관한 사항		소스파일 File (on-line) 1		

프로그램저작권란

순 위	사 항
1	등 록 부 문 프로그램 등록 처리일자 : 2018.12.13 ① 신 청 인 주식회사 이지팜 (130111-0060896) 경기도 안양시 동안구 동편로20번길 3층 이지팜 ② 저작(권)자 주식회사 이지팜(1/1) 130111-0060896 경기도 안양시 동안구 동편로20번길 93층 이지팜 ③ 등 록 원 인 저작자 : 주식회사 이지팜, 창작 : 2018.12.04 ④ 접 수 번 호 2018-039409 ⑤ 접 수 일 자 2018.12.11 ⑥ 등 록 일 자 2018.12.13

프 로 그 램 등 록 부

프로그램 등록번호		C-2018-037720		
프로그램의 명칭		AI 권역별 축산시설		
창 작 연 월 일		2018.12.04	공표연월일	
등 록 연 월 일		2018.12.13		
프로그램 저 작 자	성명 또는 상호	주식회사 이지팜	주민등록번호 또는 법 인 등 록 번 호	130111-0060896
	주 소 및 국 적	경기도 안양시 동안구 동편로20번길 대한민국		
	지 분	1분의 1		
프로그램복제물에 관한 사항		소스파일 File (on-line) 1		

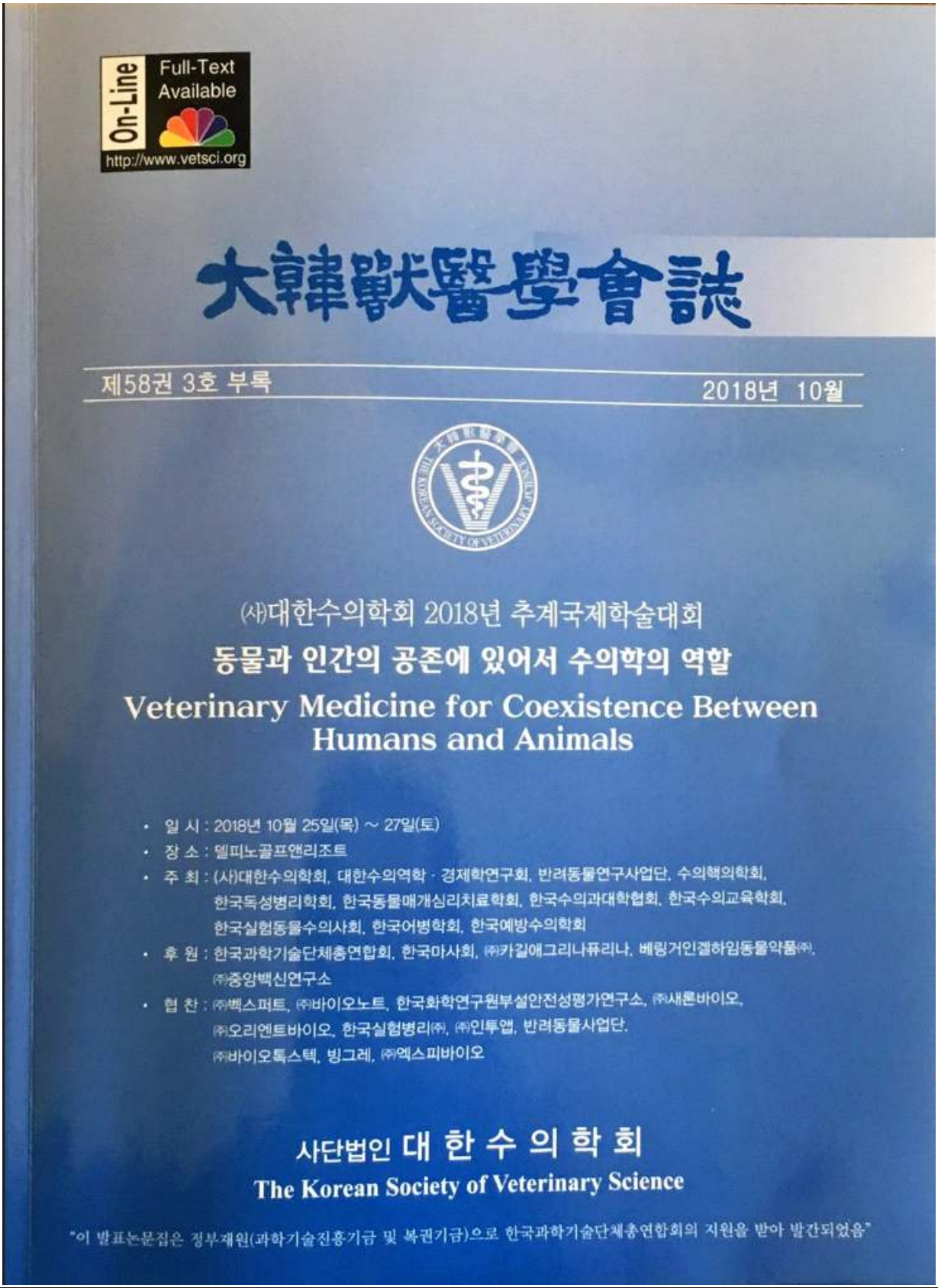
프로그램저작권란

순 위	사 항
1	등 록 부 문 프로그램 등록 처리일자 : 2018.12.13 ① 신 청 인 주식회사 이지팜 (130111-0060896) 경기도 안양시 동안구 동편로20번길 3층 이지팜 ② 저작(권)자 주식회사 이지팜(1/1) 130111-0060896 경기도 안양시 동안구 동편로20번길 9 3층 이지팜 ③ 등 록 원 인 저작자 : 주식회사 이지팜, 창작 : 2018.12.04 ④ 접 수 번 호 2018-039410 ⑤ 접 수 일 자 2018.12.11 ⑥ 등 록 일 자 2018.12.13

No.8 학술발표 1건, ICT 기술을 활용한 가축방역 의사결정지원 시스템 개발

본 발표문은 농림축산식품부 가축질병대응기술개발사업("HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축"(과제번호 316041), "영상감시기술을 활용한 번식우 발정 및 질병감지 통합관제 시스템 개발"(과제번호 314038))에 의해 이루어진 것임

No.9 학술발표 1건, HPAI 대응을 위한 ICT기반 이지팜의 가축질병 대응 연구사례



2018년도 대한수의학회 추계 학술심포지움

HPAI 대응을 위한 ICT 기반의 이지팜의 가축질병 대응 연구 사례

2018. 10. 25 박 혁

본 발표문은 농림축산식품부 가축질병대응기술개발사업("HPAI 발생 시 지역단위 권역화 방역체계 구축" (과제번호 316041)에 의해 이루어진 것임

Shining values of Agriculture
EZFARM

2절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

No	항목	명칭	코드	비고
1	논문 ㈜이지팜 1건 (3차년도 1건)	차량 이동 데이터를 이용한 양계 농장 및 도계장 간 네트워크 분석	한국지도학회 19.2.5 투고	

No.1 논문,

1. 논문 요약

가. 분석 목적

(1). 양계 농가에서 가축 운반을 목적으로 도계장으로 이동한 차량에 대한 네트워크 분석

(2). 각 농가 별 얼마나 다양한 도계장과 관계를 맺고 있는지에 대한 위험 점수를 'Rasch model' 을 이용해 산출

(3). 도계장에 대한 위험 점수도 같은 방식으로 산출하여 지역별로 비교 분석

(4). 앞서 분석된 결과를 토대로 지도 상에 표출

나. 분석 방법

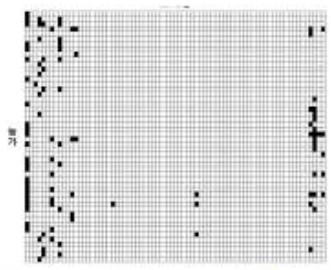
(1) 'Rasch model' 을 적용하기 위해서는 바이너리 매트릭스 생성이 선행되어야 함

(2) 생성된 바이너리 매트릭스에서 행(row)은 양계 농장을 의미하고, 열(column)은 농장이 방문한 도계장을 의미

(3) 즉, 농장이 해당 도계장에 방문(차량이 이동한 데이터기록을 기반으로)했으면 1, 그렇지 않으면 0으로 처리

(4) 데이터 전처리 결과, 14,053의 행(농장)과 94개의 열(도계장)로 구성된 바이너리 매트릭스가 생성

(5) 아래 그림은 농장과 도계장 간 관계를 대략적으로 파악할 수 있는 바이너리 매트릭스를 'matrix plot' 기술로 표현한 그래프이며, 공간의 제약으로 모든 농장을 표현하지 않고, 일부 농장과 94개 도계장 간 관계를 표현



<농장 및 도계장 간 네트워크 예시>

(6) 분석 방법에 적용된 통계 모델은 'Rasch model' 로 바이너리 매트릭스와 같은 이산형 변수(discrete variable)로 이루어진 데이터 형태에 적합한 방법

(7) 'Rasch Model' 은 그 특성상, 아이템 파라미터(item parameter)와 대상인 파라미터(person parameter)를 동시에 산출할 수 있는데, 여기서 아이템 파라미터는 도계장 대한 위험 점수를 의미하며, 대상인 파라미터는 개별 농장의 위험 점수를 의미

제 4장 연구결과의 활용 계획 등

1절 연구성과의 활용분야 및 활용방안

1. 방역대책 활용 및 정책건의

- 선진국에서 활용하고 있는 권역별 차단방역 정책을 우리나라 실정에 맞게 활용할 수 있도록 권역을 산출하는 프로그램을 개발하여 제공함으로써 정책의 신뢰성과 축산인의 순응 확보 및 축정 만족도 제고
- HPAI 등 재난형 가축전염병의 장기화 시 이동제한에 따른 축산농가 및 전후방 산업의 침체, 축산물 교역 중단 등을 권역별로 분리함으로써 관련 산업의 피해 최소화
- 권역화 프로그램은 농림축산식품부 방역당국 및 역학조사 담당 부서의 현업에 즉각 활용할 수 있음
- 현재 운용되고 있는 KAHIS 정보를 비롯한 다양한 국가 보유 DB를 활용하여 가축전염병 발생 시 신속한 차단방역 지대 설정에 활용하며, 장기적으로 국가 방역정책 수립의 기초자료로 활용

2. 기술지도 및 교육

- 본 과제 산출물인 권역화 분석 시스템의 운용 방법에 대한 기술 지도 및 교육을 과제 종류 이후에도 검역본부 및 방역담당자를 대상으로 꾸준히 진행할 예정
- 권역 산출방법에 대한 방역담당자 교육 진행
- 교육 시 개선사항 및 의견을 취합하여 더 나은 프로그램이 되기 위한 프로그램의 업데이트 지속적 진행

3. 연구분야

- HPAI 발생지역 유통 구조 분석을 통한 모델 연구
- 권역 모델 시뮬레이션을 통한 축산업 유통 구조 개편방안 연구

4. 경제·산업적 측면

- GIS와 IT 관련 기술의 연구 저변확대 및 기술 이전을 통한 가치 창출
- 권역별 차단방역 정책으로 원거리 가축전염병의 전파를 차단하여 2차 확산에 따른 축산 농가의 경제적 손실 예방

<뒷면지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.