

축산차량 이동 네트워크에 기반한 가축 전염병 방역권역 설정

이경주¹, 박선일², 이광녕³, 박진호¹, 홍성조^{4*}

¹한국교통대학교 도시·교통공학전공, ²강원대학교 수의과대학, ³농림축산검역본부 역학조사과, ⁴충북대학교 도시공학과

Animal Infectious Disease Preventive Zone Based on Livestock Vehicle Movement Network

Gyoung-Ju Lee¹, Son-Il Pak², Kwang-Nyeong Lee³, Jin-Ho Park¹, Sungjo Hong^{4*}

¹Dept. of Urban & Transportation Engineering, Korea National University of Transportation

²College of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science, Kangwon National University

³Veterinary Epidemiology Division, Animal and Plant Quarantine Agency

⁴Dept. of Urban Engineering, Chungbuk National University

요약 본 연구의 목적은 축산차량의 이동이 빈번하게 일어나는 공간적 범위(방역권역)를 도출하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 본 연구는 KAHIS에서 제공하는 축산차량의 시설 진입자료 중에서 6개 시점의 자료를 활용하였다. 이 자료를 축산시설간의 차량이동자료로 변환하고, 이를 행정구역단위로 취합하여 행정구역간의 OD자료를 구축하였다. 구축된 OD 자료를 활용한 R-mode 요인분석을 실시하여 동일요인으로 추출된 지역을 하나의 권역으로 판단하였다. 분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 6개 시점 자료의 요인분석을 실시한 결과 16개~18개의 요인이 도출되었으며, 도출된 요인은 전체 분산의 63~68%를 설명하였다. 두 번째, 도출된 요인을 바탕으로 지역을 구분한 결과, 전남남해안지역, 전남지역, 전북지역, 충남서해안지역, 경남지역, 경북북부지역, 영남동해안지역은 시점에 따른 변화가 적은 안정적인 지역으로 나타났다. 반면, 충북지역, 강원도지역, 수도권지역은 상대적으로 변화가 큰 지역이다. 세 번째, 6개 시점의 자료를 종합하여 강원권역, 경기남부권역, 경기북부권역, 경남권역, 경북남부권역, 경북북부권역, 남해안권역, 대전권역, 동해안권역, 전남권역, 전북권역, 충남권역, 충북권역의 13개 권역을 도출하였다.

Abstract The purpose of this study is to derive spatial area(preventive zone) where the movement of livestock vehicles occurs frequently. For this purpose, this study used 6 periods facility entrance data provided by KAHIS. This data was converted into vehicle movement data between livestock facilities and aggregated into administrative district units. The R-mode factor analysis was performed on the constructed OD data, and the region extracted by the same factor was judged as one region. The results of the analysis are summarized as follows. First, the factor analysis of 6 periods data showed 16 ~ 18 factors, and the derived factors explained 63 ~ 68% of the total variance. Second, based on the factors that were derived, Jeonam coastal area, Jeonnam area, Jeonbuk area, Chungnam coastal area, Gyeongnam area, northern Gyeongbuk area, Yeongnam costal area were found to be stable, with little change over time. On the other hand, Chungbuk area, Gangwon area, Seoul metropolitan area are relatively volatile areas. Third, 13 areas were derived by combining data from six periods.

Keywords : Social Network Analysis, R-mode Factor Analysis, Prevention of Epidemics, Highly Pathogenic Avian Influenza, Foot-and-Mouth Disease

본 연구는 2017년 농림축산검역본부의 “축산관계 시설의 사회연결망 분석을 통한 구역역 및 조류인플루엔자의 확산 위험 평가(과제번호: 1545015379)” 연구과제의 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Sungjo Hong(Chungbuk National University)

Tel: +82-43-261-2494 email: sjhong@cbnu.ac.kr

Received September 11, 2018

Revised (1st October 1, 2018, 2nd October 29, 2018)

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2010년에서 2017년까지 구제역(이하 FMD)과 조류 인플루엔자(이하 AI)로 인한 피해액이 4조원[1]으로, 주기적으로 발생하는 가축 전염병으로 인한 국가경제적 손실이 매우 큰 상황이다.

한국에서 가축전염병의 전파에는 차량이 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다. AI의 전파 원인에서 차량은 약 1/4을 차지[2]하며, FMD의 전파 원인에서는 70%이상을 차지[3]하는 것으로 보고된 바 있다.

차량이 전파의 주요 원인이 될 경우에 한국에서 가축 전염병은 빠른 속도로 전파 될 수 있는 것으로 알려져 있다. 예를들어 FMD는 직선거리 기준으로 50km/day 이상의 속력으로 전파될 수 있는 것으로 보고된 바 있다 [4]. 그러나 현재 한국의 방역정책에서 방역을 위한 공간적 범위는 이렇게 보고된 전파 속도에 비하여 작게 설정 (500m~10km기준으로 방역지역을 설정)되고 있다. 이는 질병의 인근전파에 우선순위를 두어야 하기 때문에 불가피한 선택일 수 있다. 그러나 질병의 초기 검출 및 차단 방역에 실패하는 경우에는 방역지역을 넘어서 급속하게 전파될 가능성이 있으며, 이에 대비할 필요가 있다.

이와 관련하여 방역지역 보다 넓은 범위에서의 방역을 실시하기 위하여 발생권역 개념이 제도화 되어 있는 있으나, 역학적 상황을 고려하여 권역이 설정되어 있지 않으며, 행정구역상의 광역시도를 활용하고 있는 상황이다.

이 같은 상황에서 본 연구는 축산차량의 이동이 상호 간에 빈번하게 일어나는 공간적 범위(방역권역)를 도출하는 것을 목적으로 한다. 이렇게 도출된 권역 내에서는 밀접한 차량이동이 이루어지기 때문에 전염병이 발생하는 경우 전파의 위험이 높다. 따라서 본 연구의 결과로 도출된 권역은 향후 가축 전염병 발생 시 이동제한, 소독의 강화, 검사의 강화 등 집중적이고 신속한 방역정책을 실시하기 위한 공간적 단위로 활용될 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 전국으로 한다. 다만, 다른 지역과 차량의 이동이 발생하지 않는 제주도와 울릉도를 제외한다.

한국의 축산차량 이동 네트워크는 동적으로 변화하며, 특히 동절기에는 네트워크의 크기와 밀도가 모두 감

소하는 것으로 알려져[5] 있으며, 따라서 시기별로 권역의 구조도 변화할 수 있다. 이에 본 연구에서는 방역권역을 도출하기 위하여 시계열적인 자료를 활용하였다. 연구의 시간적 범위는 구득가능한 자료의 범위를 기준으로 설정하였으며, 계절적인 변동을 분석을 포함하기 위하여 하절기와 동절기의 자료를 활용하였다. 이에 따라 설정된 연구의 시간적 범위는 2013년 12월부터 2016년 8월까지이며, 계절적인 변화를 분석하기 위하여 3번의 겨울(2013년, 2014년, 2015년)과 3번의 여름(2014년, 2015년, 2016년)을 분석기간으로 설정하였다.

분석 자료는 국가가축방역통합시스템(KAHIS: Korea Animal Health Integrated System)에서 구축하여 제공하는 축산차량의 시설 진입자료를 활용하였다. 이 자료를 축산시설간의 차량이동자료로 변환하고, 이를 행정구역 단위로 취합하여 행정구역간의 OD(Origin-Destination) 자료를 작성하여 분석에 활용하였다.

이렇게 구축된 행정구역간의 축산차량 OD자료를 R-mode 요인분석으로 분석하여 방역권역을 도출하였다. OD자료를 활용하는 R-mode 요인분석은 지역 간의 유동에 기반한 기능지역을 구분하는데 널리 활용되는 분석방법이다.

본 연구는 축산차량의 이동을 분석대상으로 하고 있으며 특정한 가축 전염병을 대상으로 하지는 않는다. 즉, 차량으로 전파될 수 있는 모든 가축 전염병이 연구의 대상이나, 가장 대표적인 가축 전염병인 FMD와 AI를 중심으로 서술하였다.

2. 이론적 배경

2.1 방역권역의 정의와 필요성

현재 국내제도에서 방역권역과 관련하여 권역 또는 발생권역이란 용어의 정의가 존재하고 있으나, 그 권역의 설정과 운영에 관한 지침은 구체화되어 있지 않다.

구제역 방역실시요령(농림축산식품부 고시 제2016-12호), 조류인플루엔자 방역실시요령(농림축산식품부고시 제2015-174호)에서는 “방역지역”이라는 용어를 활용하고 있으며, 방역지역을 관리지역, 보호지역, 예찰지역으로 나누고 있다. 관리지역은 질병에 오염되었거나 오염되었다고 의심되는 지역을 의미하는데, 발생농장으로 부터 반경 500m 이내 지역을 의미한다. 보호지역

은 질병의 확산이 우려되는 지역으로 발생농장으로부터 반경 500m~3km 이내 지역을 의미한다. 예찰지역은 질병의 확산이 우려되고, 확산을 차단하기 위하여 방역조치를 해야 하는 지역으로 발생농장 반경 3km~10km 이내의 지역을 의미한다.

이 같은 정의에 따르면 방역지역은 이미 전염병에 오염되었거나 오염이 우려되어 집중적인 방역을 실시해야 하는 지역으로 판단할 수 있으며, 발생농장을 중심으로 일정 거리를 설정하고 있다.

이와 함께 구제역 방역실시요령과 조류인플루엔자 방역실시요령에서는 “권역”이라는 용어를 정의하고 있는데 일부 다르게 정의하고 있다. 구제역 방역실시요령서의 정의는 다음과 같다. “권역이란 기본적으로 시·도 또는 시·군·구로 구분된 행정구역을 말하고, 필요시 세부적으로 검역본부장이 가축의 사육밀도, 사료공급, 종축이동, 도축장 이용형태 등 역학사항을 고려하여 지역을 구획하여 정할 수 있다. 구제역이 발생한 권역을 발생권역이라 한다[6].”

조류인플루엔자 방역실시요령에서의 정의는 다음과 같다. “권역이라 함은 평상시 농림축산검역본부장이 가축의 사육밀도, 사료공급, 종축이동, 도축장 이용형태 등 역학사항을 고려하여 전국을 몇 개의 광역단위로 지역화한 것을 말한다. 고병원성조류인플루엔자가 발생한 권역을 발생권역이라 한다[7].”

두 개의 정의를 종합하면 권역이란 역학상황을 고려하여 전국을 몇 개의 광역단위로 시·도 또는 시·군·구로 구분한 행정구역을 의미한다. 권역을 통하여 질병 발생 시에 발생권역에서 비발생권역으로의 이동 제한, 권역 내 소독 강화, 각종 검사의 강화 등을 실시하고 있다. 즉, 권역은 해당 권역에서 전염병 발생 시 확산의 위험이 높은 지역으로, 강화된 방역을 수행하기 위하여 역학상황을 고려하여 설정한 행정권역이다. 그러나 현재 역학상황을 고려한 별도의 권역은 설정되어 있지 않으며, 전염병 발생 시에 단계적으로 행정구역상의 광역시도를 발생권역으로 활용하고 있다.

이 같은 배경 하에서 본 연구에서 도출하고자 하는 방역권역을 정의하면 다음과 같다. 방역권역이란 가축전염병 전파의 주요 원인인 축산차량의 이동이 서로 빈번하게 일어나는 행정구역의 집합으로, 전염병 발생 시 적극적인 방역을 실시하고 권역 외부지역으로의 전파를 차단하기 위한 공간적 단위이다. 서로 간에 차량이동이 빈번

한 지역 내에서 전염병이 발생하면 확산의 위험이 매우 크고, 집중적인 관리가 필요하기 때문이다.

그러나 현재 차량이동 네트워크에 기반하여 방역권역을 설정한 연구는 찾기 어려운 상황이며, 특히 국내에서는 매우 찾기 어렵다.

2.2 통행OD자료 요인분석을 통한 기능지역의 구분

지리적 공간을 특정한 권역으로 나누는 것은 지리학 및 도시계획 분야의 오래된 관심사로 권역을 나누는 기준은 크게 기능지역(functional region)과 등질지역(homogeneous region)의 2가지 방법이 있다. 기능지역은 기능적으로 밀접하게 연결된 지역으로 인구, 물자, 정보의 이동자료를 활용하여 판단하는 경우가 많다[8]. 등질지역은 사회적, 경제적, 물리적으로 유사한 특성(속성)을 보이는 공간단위를 묶어서 형성한 공간구조를 지칭한다[9].

본 연구에서 도출하고자 하는 방역권역은 상호간에 축산차량의 통행이 빈번하게 일어나는 지역의 집합으로 기능지역의 개념에 부합하는 것이다. 기능지역을 도출하기 위한 분석방법으로 널리 활용되는 방법이 OD행렬을 요인분석하는 것이다. OD행렬 요인분석을 통하여 기능지역을 도출하는 타당성은 1970년대에 타당성을 인정받았으며[10], 기능지역을 도출하기 위한 연구에서 가장 일반적으로 활용되는 기법이다[11].

3. 분석의 틀

3.1 연구문제의 설정

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 설정한 연구문제는 다음과 같다.

연구문제 1 : 서로 간에 축산차량 이동이 빈번하게 일어나는 행정구역의 집합(권역)은 어떻게 이루어지는가?

본 연구의 목적은 축산차량의 상호이동이 잦은 지역을 도출하고 방역권역으로 활용하는 것이다. 이를 위하여 축산차량의 이동이 상호 빈번한 행정구역의 집합을 도출한다.

연구문제 2 : 서로 간에 축산차량 이동이 빈번하게 일어나는 행정구역의 집합(권역)은 계절적, 시계열적으로 어떠한 변화가 있는가?

한국에서 축산차량 이동 네트워크는 시기와 계절에 따라 변화한다[5]. 이에 본 연구에서는 차량이동 네트워크에 따른 방역권역도 계절적, 시계열적인 변화가 있을 것으로 예상하고, 그 변화양상을 분석한다.

3.2 자료의 구축

본 연구는 KAHIS에서 제공하는 축산차량의 시설 진입데이터를 활용하였다. 상술한 바와 같이 6개의 시점(겨울 3시점, 여름 3시점)의 자료를 활용하였다. 다음의 Table 1은 분석에 활용된 6개 시점의 데이터 셋으로, 시점별로 3개월의 자료를 포함하고 있다.

Table 1. Data Set Used for Analysis

Data Set	Included Month		
2013 winter	201312	201401	201402
2014 summer	201406	201407	201408
2014 winter	201412	201501	201502
2015 summer	201506	201507	201508
2015 winter	201512	201601	201602
2016 summer	201606	201607	201608

KAHIS에서는 특정 차량이 특정시설에 진입하는 경우에 로그데이터가 생성된다. 이 자료를 활용하면, 특정 차량이 하나의 축산시설에서 다른 축산시설로 이동한 데이터를 작성할 수 있다.

본 연구는 행정구역 단위의 방역권역을 도출하고자하기 때문에 시설 사이의 이동 자료를 행정구역 단위로 취합하였다. 분석에 활용된 행정구역 단위는 기본적으로 시군구로 하였다. 단, 특광역시는 대도시 지역이기 때문에 포함하는 축산시설의 개수가 매우 적고, 따라서 특광역시를 구나 군단위로 구분할 경우 축산차량의 이동량이 매우 미비하다. 따라서 특광역시는 하나의 통합단위로 분석하였다. 또한 방역의 주체가 지방자치단체이기 때문에 자치구가 아닌 행정구는 별도로 분리하지 않고 분석하였다. 이와 더불어 타 지역과 차량이동이 없는 울릉도, 제주도는 분석에서 제외하였다.

이에 따라 분석에 포함된 행정구역단위는 159개이다. 특광역시 8개(광주, 대구, 대전, 부산, 서울, 세종, 울산, 인천), 강원도 18개시군, 경기도 31개 시군, 경상남도 18개 시군, 경상북도 22개 시군, 전라남도 22개 시군, 전라북도 14개 시군, 충청남도 15개 시군, 충청북도 11개 시군이 분석에 포함되었다.

분석에 포함된 행정구역 단위로 축산차량의 이동량을 집계하여 시점별로 159 X 159의 OD행렬을 작성하였다. 단, 2013년 겨울 시점에 한하여 자료 내에서 경기도 구리시의 이동횟수가 0이라 분석에서 제외하였다.

또한 본 분석은 지역 간의 연결 관계에 주로 관심을 가지고 있으며, 지역 내 이동의 정도는 관심사가 아니기 때문에 동일지역 내에서의 이동은 0으로 처리하고 분석하였다.

3.3 분석방법

본 연구는 기능지역의 도출을 위하여 OD행렬을 요인 분석하는 방법을 활용하였다. OD행렬은 행과 열이 동일한 지역으로 이루어지고 행렬의 값으로 해당 지역 사이의 이동량을 나타내는 행렬이다. OD행렬을 구성하는 방법은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 행을 출발지로 하는 방법과 열을 출발지로 하는 방법이 있다. 행을 출발지로 하는 행렬을 요인분석하면, 출발지를 표본으로 하고 도착지를 변수로 하여 요인분석을 실시하는 것으로 이를 R-mode 요인분석이라고 한다. 행을 도착지로 하는 행렬을 요인분석하는 것은 Q-mode 요인분석이라고 한다. R-mode 요인분석은 출발지 측면에서 도착지의 패턴이 유사하게 나타나는 지역을 같은 요인으로 묶는다. Q-mode 요인분석은 도착지 측면에서 출발지의 패턴이 유사한 지역을 하나의 요인으로 묶는다. 같은 자료를 R-mode와 Q-mode로 각각 분석하면, 일부 다른 결과나 나타나지만, 일반적으로 R-mode 요인분석을 많이 활용한다[9]. 본 연구에서 도출하고자 하는 방역권역은 권역 내에서 전염병이 발생한 경우 빠르게 전파될 가능성이 있는 지역을 집중적으로 관리하기 위한 것이다. 따라서 감염원이 출발하여 유사한 도착지 패턴을 가지는 지역을 도출하는 것이 중요하기 때문에 R-mode 요인분석을 활용하였다.

	D1	D2	D3	...
O1				
O2				
O3				
...				

(a)

	O1	O2	O3	...
D1				
D2				
D3				
...				

(b)

Fig. 1. R-mode & Q-mode Factor analysis
(a) R-mode (b) Q-mode

요인분석은 SPSS 20을 활용하였으며, 요인의 수를 결정하기 위한 고유 값(아이겐 값)은 2를 활용하였다. 많은 경우 요인추출을 위한 고유 값으로 1을 활용(Kaiser 기준)하고 있다. Kaiser 기준은 고유 값이 최소한 1은 되어야 한다는 필요조건을 제안한 것이나, 많은 연구자가 이를 충분조건으로 오해하고 있다[12]. 그러나 고유 값 1의 중요성은 항목이 많아질수록 감소하며[12], 고유 값을 1로 유지한 상태에서, 항목의 개수가 많아질수록 요인이 과다 추출되는 경향이 나타난다[13]. 본 연구는 항목이 159개로 상당히 많으며, 고유 값을 1로 유지하는 경우 30개 이상의 많은 요인이 추출되어 정책적인 활용 가능성이 낮다. 이에 본 연구에서는 고유 값의 기준을 2로 설정하고 2가 넘는 경우에 요인으로 추출하였다.

4. 분석결과

4.1 요인분석 결과

Table 2는 6개 시점의 요인분석 결과를 정리한 것이다. 2014년 여름에 18개, 2013년과 2014년 겨울에 17개, 2015년 여름, 2015년 겨울, 2016년 여름은 16개의 요인이 추출되었다. 즉, 2013년과 2014년의 요인의 수는 일부 변동되나 2015년 이후는 16개로 안정된 형태가 나타난다. 추출된 요인들이 설명하는 총 분산은 모두 63% 이상으로 나타난다.

Table 2. Result of Factor Analysis

	# of Factor	Total Variance Explained
2013 winter	17	65.154
2014 summer	18	67.026
2014 winter	17	66.112
2015 summer	16	63.459
2015 winter	16	63.891
2016 summer	16	63.089

Fig. 2는 요인분석의 스크리도표를 나타낸 것으로 시점별 스크리도표가 거의 같은 모습으로 나타나며, 가로축의 17부근에서 아이겐 값이 크게 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 즉 스크리 검사법에 의한 요인의 수는 16~18 정도로 나타나며, 앞에서 설정한 아이겐 값 2가 스크리 검사법의 결과와 상당부분 일치함을 확인할 수 있다.

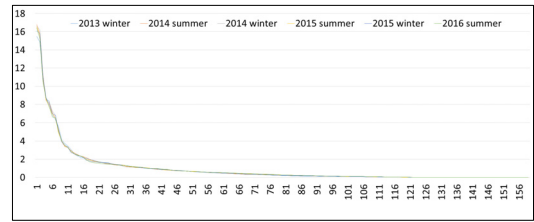


Fig. 2. Scree Test Plot

4.2 요인분석에 따른 기능지역의 구분

Fig. 3에서 Fig. 8은 요인분석 결과를 지도화한 것이다. OD행렬 요인분석의 결과를 지도화하는 방식으로 Goddard(1970)[14]가 사용한 요인부하량이 높은 지역을 주요 출발지로 하고 요인점수가 높은 지역을 주요 도착지로 표현하는 방법을 많이 활용한다. 그러나 본 연구는 주요 출발지와 주요 도착지보다는 서로 빈번한 이동이 일어나는 지역을 하나의 권역으로 구분하는 것에 더 관심이 있다. 따라서 같은 요인에 포함된 행정구역은 같은 색으로 표기하였다. 즉, 그림에서 같은 색으로 표시된 지역은 해당 시점에 축산차량의 이동이 서로간에 빈번하게 일어나는 기능지역이다.

전반적인 기능지역은 지리적으로 연결한 지역을 중심으로 나타나지만, 일부 지역에서는 연결하지 않은 경우도 나타난다. 그러나 시기가 뒤로 갈수록 연결한 지역으로 기능지역이 형성되는 경향이 나타난다. 가장 마지막 시점인 2016년 여름에는 수도권 일부 지역을 제외하고는 모두 연결한 행정구역의 집합으로 기능지역이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 또한 전반적으로 호남과 영남지역의 기능지역은 시점에 따른 변화가 비교적 적게 나타나지만, 수도권, 충청권, 강원권 지역은 상대적으로 변화가 크게 나타난다. 지역별로 형성되는 기능지역의 변화를 정리하면 다음과 같다.

보성, 순천, 여수, 광양 등을 포함하는 전남 남해안 지역은 6개 시점 동안 변화가 전혀 없는 가장 안정적인 기능지역이다.

광주광역시, 목포, 해남, 화순 등을 포함하는 전남 지역도 굉장히 안정적으로 유지되는 기능지역이다. 단, 2014년 여름에 한하여 영광군이 다른 기능지역으로 구분되었다.

전주, 진안, 임실 등을 포함하는 전북 지역 또한 상당히 안정적인 기능지역이다. 2014년 여름에만 영광군을 포함하는 것과 2016년 여름에만 서천군을 포함하는 것

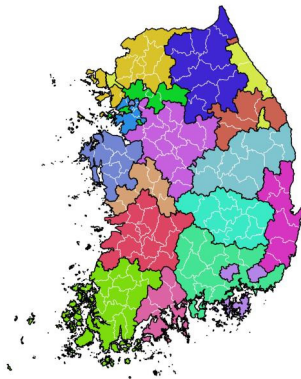


Fig. 3. Classification of Zone (2013 winter)

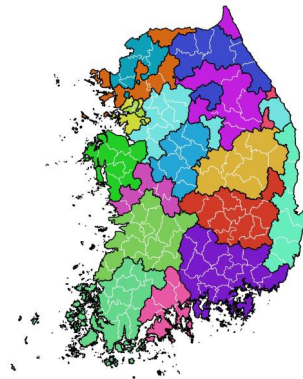


Fig. 4. Classification of Zone (2014 summer)

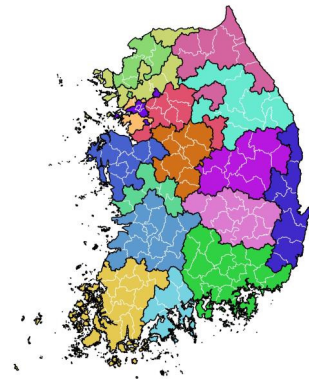


Fig. 5. Classification of Zone (2014 winter)

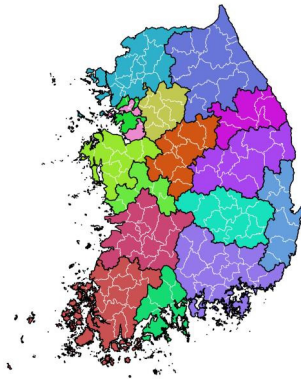


Fig. 6. Classification of Zone (2015 summer)

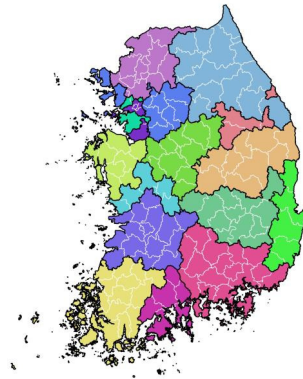


Fig. 7. Classification of Zone (2015 winter)

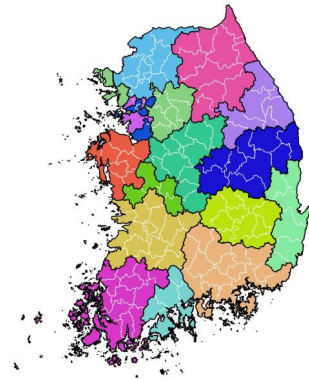


Fig. 8. Classification of Zone (2016 summer)

을 제외하면, 변동이 거의 없다.

태안, 당진, 서산 등이 포함되는 충남의 서해안 지역도 2014년 겨울과 2015년 여름의 천안시의 변화를 제외하면 매우 안정적인 기능지역이다.

합천, 하동, 부산, 창원 등을 포함하는 경남 남해안 지역 또한 상당히 안정적인 기능지역으로 2013년 겨울에 한하여 거제, 김해, 함안이 별도의 기능지역으로 구분되었으나, 이후로는 변화가 없는 안정적인 지역이다.

안동, 문경, 봉화 등을 포함하는 경북 북부지역은 2014년 여름과 겨울에 울진이 포함되지 않는 변화를 제외하면 매우 안정적으로 유지되는 지역이다.

울산, 경주, 포항 등을 포함하는 영남 동해안 지역은 전반적으로 유지되는 기능지역이지만, 영덕, 울진 청송이 지역에 포함되거나 포함되지 않는 변화가 나타난다.

대전, 공주, 계룡 등을 포함하는 대전 지역도 서천과

세종이 일부 변화가 있는 것을 제외하면 변화가 크지 않은 지역이다.

대구, 구미, 영천 등을 포함하는 경북 남부 지역도 영동과 청송이 일부 변화가 있는 것을 제외하면 변화가 크지 않은 지역이다.

충주, 괴산, 진천, 청주 등을 포함하는 충북지역은 비교적 변화가 큰 지역이다. 2013년 겨울에는 기능지역이 북쪽으로 확대되어 경기도의 이천이나 용인까지를 포함하였으나 이후로는 전반적으로 규모가 축소된다. 또한 매년 포함되었다 탈락되는 시군이 있는 변화가 큰 지역이다.

강원도 지역은 시점에 따른 변화가 큰 지역이다. 전체적으로 보면 강원도 북부와 남부로 분리되는 경향이 나타나지만, 중부와 동해안의 시군이 시점에 따라 북부 지역에 포함되기도 하고 남부지역에 포함되기도 한다.

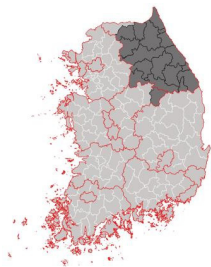


Fig. 9. Gangwon Zone

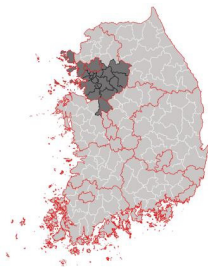


Fig. 10. Southern Gyeonggi Zone

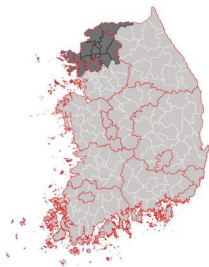


Fig. 11. Northern Gyeonggi Zone

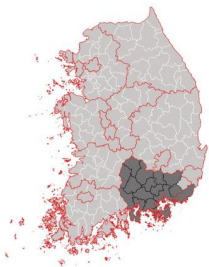


Fig. 12. Gyeongnam Zone

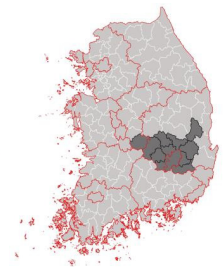


Fig. 13. Southern Gyeongbuk Zone

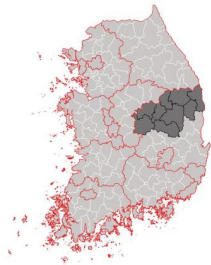


Fig. 14. Northern Gyeongbuk Zone

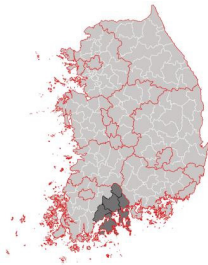


Fig. 15. Namhaean Zone



Fig. 16. Daejeon Zone



Fig. 17. Donghaean Zone

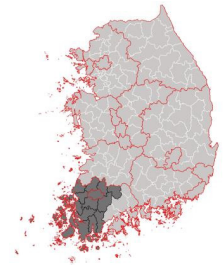


Fig. 18. Jeonnam Zone

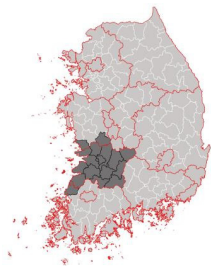


Fig. 19. Jeonbuk Zone

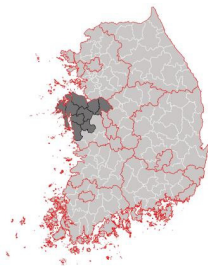


Fig. 20. Chungnam Zone

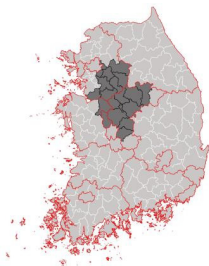


Fig. 21. Chungbuk Zone

영월, 정선 등을 포함하는 강원 남부 지역은 시점에 따라 평창 등 강원도의 중부까지 확대되기도 하며, 남부의 아주 소수만을 포함하는 지역으로 축소되기도 한다. 2013년 겨울의 경우에는 강원남부와 동해안 일부지역이 별도의 기능지역으로 분리되기도 하였다. 강원 남부 지역과 마찬가지로 양양, 인제, 춘천을 포함하는 강원 북부 지역도 변화가 크다.

여주, 용인, 이천 등을 포함하는 경기 동부 지역도 변화가 큰 지역이다. 2013년 겨울에는 많은 시군이 충북 지역과 같은 기능지역으로 포함되면서 경기 동부에는 매우 작은 기능지역이 나타난다. 그러나 2014년에는 기능지역이 크게 확대되어 나타나고, 2015년 이후에는 비교

적 안정적인 모습을 나타낸다.

양주, 파주, 포천 등을 포함하는 경기 북부 지역도 변화가 크다. 2014년 까지는 이 지역은 남과 북으로 크게 2개로 분리되어 나타나지만, 2015년 이후에는 비교적 크게 통합된 하나의 지역으로 나타난다. 또한 2015년 이후에는 인천광역시와 연결하지 않은 경기동부 지역에 포함되어 나타난다. 서울은 2013년 겨울을 제외하고는 이 지역에 포함된다.

화성, 수원, 평택, 안산 등을 포함하는 경기 남부 지역은 2개의 작은 기능지역으로 구분되어 변화한다. 전반적으로 화성과 시흥이 하나의 지역으로 포함되며 수원, 의왕 파천 등이 하나의 지역으로 포함된다.

Table 3. Animal Infectious Disease Preventive Zone

Zone	Municipalities
Gangwon Zone	Gangwon (Gangneung, Goseong, Donghae, Samcheok, Sokcho, Yanggu, Yangyang, Yeongwol, Wonju, Inje, Jeongseon, Chuncheon, Taebaek, Pyeongchang, Hongcheon, Hwacheon, Hoengseong), Chungbuk (Danyang)
Southern Gyeonggi Zone	Gyeonggi (Yeoju, Osan, Yongin, Uiwang, Icheon, Pyeongtaek, Hanam, Hwaseong, Gwacheon, Gwangmyeong, Gwangju, Guri, Gunpo, Bucheon, Seongnam, Suwon, Siheung, Ansan, Anseong, Anyang, Yangpyeong), Seoul , Incheon , Chungnam (Cheonan)
Northern Gyeonggi Zone	Gyeonggi (Yangju, Gapyeong, Goyang, Yeoncheon, Guri, Gimpo, Uijeongbu, Namyangju, Paju, Dongducheon, Bucheon, Pocheon), Gangwon (Cheolwon), Seoul , Incheon
Gyeongnam Zone	Gyeongnam (Geoje, Geochang, Goseong, Gimhae, Namhae, Miryang, Sacheon, Sancheon, Euiryeong, Jinju, Changnyeong, Changwon, Tongyeong, Hadong, Haman, Hamyang, Hapcheon), Busan
Southern Gyeongbuk Zone	Gyeongbuk (Goryeong, Cheongdo, Gumi, Cheongsong, Chilgok, Gunwi, Gimcheon, Seongju, Yeongcheon, Gyeongsan), Chungbuk (Yeongdong), Daegu
Northern Gyeongbuk Zone	Gyeongbuk (Uiseong, Mungyeong, Bonghwa, Sangju, Andong, Yeongyang, Yeongju, Yecheon, Uljin)
Namhaean Zone	Jeonnam (Gurye, Boseong, Suncheon, Yeosu, Goheung, Gwangyang)
Daejeon Zone	Chungnam (Gyeryong, Gongju, Geumsan, Buyeo, Seochon), Daejeon , Sejong
Donghaean Zone	Gyeongbuk (Gyeongju, Cheongsong, Pohang, Yeongdeok, Uljin), Gyeongnam (Yangsang), Ulsan
Jeonnam Zone	Jeonnam (Hwasun, Naju, Damyang, Mokpo, Muan, Sinan, Yeonggwang, Yeongam, Wando, Jangseong, Jangheung, Gangjin, Jindo, Gokseong, Hampyeong, Haenam), Gwangju
Jeonbuk Zone	Jeonbuk (Gochang, Gunsan, Gimje, Namwon, Muju, Buan, Sunchang, Wanju, Iksan, Imsil, Jangsu, Jeonju, Jeongeup, Jinan), Jeonnam (Yeonggwang), Chungnam (Nonsan, Seochon)
Chungnam Zone	Chungnam (Dangjin, Boryung, Seosan, Asan, Yesan, Cheonan, Cheongyang, Taean, Hongseong)
Chungbuk Zone	Chungbuk (Goesan, Boeun, Okcheon, Eumseong, Jechon, Jeungpyung, Jincheon, Cheongju, Chungju), Gyeonggi (Yeoju, Yongin, Icheon, Pyeongtaek, Hanam, Gwangju, Guri, Seongnam, Anseong, Yangpyeong), Chungnam (Cheonan), Sejong

4.3 가축 전염병 방역권역의 구분

본 절에서는 앞 절에서 도출한 시기별 기능지역을 통합하여, 방역정책에 활용이 가능한 방역권역을 구분하고자 한다. 방역권역이라는 특성 상, 실제 같은 권역에 포함되지 않아야 할 지자체가 포함되는 오류보다 실제 같은 권역에 포함되어야 할 지자체가 해당 권역에 포함되지 않는 오류의 문제점이 훨씬 더 크다. 따라서 최대한 보수적으로 권역을 설정하기 위하여 다음과 같은 기준을 설정하였다. ①분석에 포함된 시점 중에서 한번 이상 같은 기능지역으로 분류된 지역은 하나의 권역으로 포함하였다. 이에 따라 하나의 지자체가 복수의 권역에 포함될 수 있다. 예를 들어 영광군은 전북지역에 2016년 여름에 한번만 포함되었으나 전북권역에 포함하였다. 또한 영광군은 다른 시점에 포함된 전남권역에도 포함되어 있다.

②복수의 기능지역이 서로간의 지자체를 주고받는 방식의 변화가 일어나는 경우에는 이를 하나의 권역으로 묶었다. 예를 들어 강원도 지역의 경우 북부와 남부의 기능지역이 나타나지만 많은 지자체가 시점에 따라 북부와 남부에 번갈아서 포함된다. 이에 강원도 지역에서 나타나는 3개의 기능지역을 하나로 묶어 방역권역을 설정하였다.

③방역권역은 연결하여 형성될 수 있도록 분류하였

다. 연결하지 않은 지역이 하나의 권역으로 분류될 경우 방역대를 통한 이동제한 등의 설정에 어려움이 있기 때문이다. 이를 위하여 연결하지 않았으나 하나의 요인으로 분류된 지역은 연결하여 형성된 지역에 포함하여 하나의 권역으로 분류하였다. 경기도 남부 지역은 연결하지 않은 기능지역이 지속적으로 나타난다. 이에 복수의 기능지역을 하나로 묶어 권역을 설정하였다. 이와 더불어 김포시의 경우 2013년 겨울에 강원도의 일부지역과 같은 요인으로 묶였으나 경기남부 권역에만 포함하였다.

위와 같은 기준으로 설정된 방역권역은 강원권역, 경기남부권역, 경기북부권역, 경남권역, 경북남부권역, 경북북부권역, 남해안권역, 대전권역, 동해권역, 전남권역, 전북권역, 충남권역, 충북권역의 13개이다. Fig. 9에서 Fig. 21은 방역권역을 지도에 표현한 것으로 짙은 회색으로 표현된 것이 하나의 권역이며, 붉은 색 라인은 광역 시도 경계를 표현한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 광역 시도 경계와 방역권역은 다르게 나타난다. Table 3은 이를 표로 정리한 것이다. 표에는 각 권역별로 포함하는 행정구역이 보고되어 있으며, 볼드체로 표현된 것은 광역 시도이다.

강원권역은 강원도의 행정경계와 상당부분 일치하나 충북 단양을 포함하며, 강원도의 철원은 제외되어 있다.

경기남부권역은 경기도 남부의 시군과 서울, 인천을 포함하며, 충남 천안을 포함한다. 경기북부권역은 경기도 북부의 시군과 서울, 인천을 포함하며, 강원도의 철원을 포함한다. 경남권역은 경상남도의 시군과 부산을 포함하지만, 경남 양산은 제외되어 있다. 경북남부권역은 경상북도 남부의 일부 시군과 대구광역시를 포함하며, 충청북도의 영동군을 포함한다. 경북북부권역은 경상북도 북부의 일부 시군으로 이루어져 있다. 남해안권역은 전라남도 동쪽의 순천 광양 등 일부 시군을 포함한다. 대전권역은 대전, 세종과 충남의 일부시군을 포함한다. 동해안권역은 경상북도의 동해안면 시군을 중심으로 울산광역시와 경남 양산시를 포함한다. 전남권역은 전라남도 서부의 시군과 광주광역시를 포함한다. 전북권역은 전라북도의 전체 시군과 전남 영광, 충남 서천과 논산을 포함한다. 충남권역은 충청남도 서쪽에 위치하는 시군으로 이루어져 있다. 충북권역은 충북의 대부분 시군과 세종을 포함하며, 충청남도의 천안과 경기도 남동부의 많은 시군을 포함한다.

5. 결 론

본 연구는 가축 전염병 확산의 주요 원인이 축산차량이라는 점에 주목하여, 상호간에 축산차량의 이동이 빈번하게 일어나는 지역을 기능지역으로 묶어 방역권역을 도출하였다. 이를 위하여 축산차량의 지역 간 이동 네트워크를 6개 시점의 OD행렬 자료로 구축하고, R-mode 요인분석을 실시하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 6개 시점 자료의 요인분석을 실시한 결과 16개~18개의 요인이 도출되었으며, 도출된 요인은 전체 분산의 63~68%를 설명하였다.

두 번째, 도출된 요인을 바탕으로 지역을 구분한 결과, 전남남해안지역, 전남지역, 전북지역, 충남서해안지역, 경남지역, 경북북부지역, 영남동해안지역은 시점에 따른 변화가 적은 안정적인 지역으로 나타났다. 반면, 충북지역, 강원도지역, 수도권지역은 상대적으로 변화가 큰 것으로 나타났다.

세 번째, 6개 시점의 자료를 종합하여 강원권역, 경기남부권역, 경기북부권역, 경남권역, 경북남부권역, 경북북부권역, 남해안권역, 대전권역, 동해권역, 전남권역, 전

북권역, 충남권역, 충북권역의 13개 가축 전염병 방역권역을 도출하였다.

본 연구 결과에 따른 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 역학상황을 고려한 권역의 구축이 필요하다. 조류 인플루엔자 및 구제역의 방역실시요령에서는 역학상황을 고려하여 “권역”을 설정하도록 하고 있으나 현재는 광역시도를 활용하고 있는 상황이다. 그러나 본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 차량이동이 밀접하게 이루어지는 권역의 공간적 범위는 행정구역상 광역시도의 공간적 범위와는 차이가 있다. 축산차량의 이동이 가축 전염병 확산의 주요원인임을 고려할 때 본 연구의 결과를 활용하면, 보다 효과적인 방역대의 설정이 가능할 것으로 판단된다.

둘째, 지방자치단체 단위를 넘어서는 방역 거버넌스의 구축이 필요하다. 상술한 바와 같이 축산차량의 이동이라는 역학상황을 고려한 권역은 현재의 광역지자체의 경계와는 일치하지 않는다. 따라서 중앙정부→광역지자체→기초지자체 순으로 이루어지는 방역정책의 수립과 실행 과정에 변화가 필요하다. 중앙정부→방역권역으로 계획이 수립되고 집행될 수 있는 체계가 필요하며, 이를 위해서 같은 권역에 속하는 기초지자체들이 구성하는 방역협의체 등을 검토할 수 있다.

본 연구는 역학상황을 고려한 권역의 설정이 필요한 상황에서 가축전염병의 확산에 큰 영향을 미치는 축산차량의 이동네트워크에 기반하여 방역권역을 도출하였다는 점에서 정책적 의의가 있다. 그러나 지역단위로 취합된 이동자료를 분석한 연구로, 개별 시설단위의 이동을 정밀하게 고려하지 못한 한계가 있으며, 축종별로 특화된 권역설정이 이루어지지 못한 한계도 있다. 향후에는 개별 시설단위의 차량이동과 축종이 세밀하게 구분된 자료를 바탕으로 보다 정밀한 방역권역을 설정하는 연구가 이루어지기를 기대한다.

References

- [1] J. H. Park, “Newspaper articles : Livestock epidemic when it gets cold...It is useless to use the 4 trillion won.”, Available From: <http://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01390726616121456&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y>
- [2] K. S. Jung, M. G. Kim, C. S. Song, Follow-up measures for improvement of the AI prevention system, p. 36, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2015.

- [3] C. G. Park, Current Status and Causes of foot-and-mouth disease and Fundamental Preventive Measures, p. 13, Open Forum Kyeongbuk National University, 2015.
- [4] S. K. Choi, H. H. Song, K. S. Park, "Analysis of Foot-and-mouth Disease Diffusion Velocity using Network Tool", *Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information Science*, Vol.20, No.2 pp. 101-107, 2012.
- [5] G. J. Lee, S.I. Park, K. N. Kwang, H. Y. Kim, J. H. Park, S. Hong, "Hub Facilities in Vehicle Movement Network between Livestock Facilities", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.19, No.6, pp. 137-146, 2018.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.6.137>
- [6] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, "Guidelines for the Prevention of FMD", Available From: <http://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000039360>(accessed may, 2018)
- [7] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, "Guidelines for the Prevention of Avian Influenza" Available From: <http://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000035624>(accessed may, 2018)
- [8] H. J. Kim, D. W. Kang, D. H. Cho, S. W. Lee, "Disparity between Rural and Urban Living Area Based on Regional Interaction", *Journal of Korean Society of Rural Planning*, Vol. 16, No. 4, pp. 61-75, 2010.
- [9] S. H. Son, "The Homogeneous Regions and Functional Regions in the Internal Structure of Seoul", *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 39, No. 4, pp. 562-584, 2004.
- [10] S. K. Lee, "Study on the regional structure of Seoul metropolitan area based on intra-metropolitan journey-to-work and socio-economic characteristics", Seoul National University Master Thesis, pp.1-66, 1992.
- [11] W. R. Black, "Toward a factorial ecology of flows", *Economic Geography*, pp. 59-67, 1973.
- [12] E. S. Cho, Y. S. Ha, "Determining the Number of Factors in Exploratory Factor Analysis", *Journal of Product Research*, Vol. 35, No. 6, pp. 27-40, 2017.
- [13] E. S. Cho, "Evaluating the Use of Exploratory Factor Analysis", *Korea Marketing Review*, Vol. 22, No. 3, pp.179-208, 2007.
- [14] J. B. Goddard, "Functional Regions within the City Centre: A Study by Factor Analysis of Taxi Flows in Central London", *Transactions of the Institute of British Geographers*, No. 49, pp. 161-182, 1970.

이 경 주(Gyoung-Ju Lee)

[정회원]



- 1999년 2월 : 서울대학교 조경학과 (농학사)
- 2008년 6월 : 뉴욕주립대(버펄로) 지리학과 (이학박사)
- 2008년 4월 ~ 2010년 9월 : 국토연구원 책임연구원
- 2010년 10월 ~ 현재 : 한국교통대학교 도시·교통공학전공 교수

<관심분야>

지리정보시스템(GIS), 공간통계분석, 도시입지

박 선 일(Son-Il Pak)

[정회원]



- 1991년 8월 : 서울대학교 보건대학원 (역학석사)
- 1999년 2월 : 서울대학교 수의과대학 (수의학박사)
- 2008년 현재 ~ 중앙가축방역심의위원회 위원
- 2002년 4월 ~ 현재 : 강원대학교 수의과대학 교수

<관심분야>

수입위험평가, 혈청예찰

이 광 녕(Kwang-Nyeong Lee)

[정회원]



- 1997년 2월 : 서울대학교 대학원 동물자원과학과 (농학석사)
- 2011년 8월 : 서울대학교 대학원 동물생명공학부 (농학박사)
- 2000년 7월~ 2017년 8월 : 농림축산검역본부 근무(수의연구사)
- 2017년 8월~ 현재 : 농림축산검역본부 역학조사과 근무(수의연구관)

<관심분야>

가축질병 역학, 백신 및 진단 분야

박 진 호(Jin-Ho Park)

[준회원]



- 2018년 2월 : 한국교통대학교 도시·교통공학과 (공학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 한국교통대학교 일반대학원 도시·교통공학과 (석사과정 재학 중)

<관심분야>

GIS, 공간통계

홍 성 조(Sungjo Hong)

[정회원]



- 2007년 2월 : 서울대학교 건축학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 서울대학교 건설환경공학부 (공학박사)
- 2013년 3월 ~ 2014년 3월 : 수원시정연구원 연구위원
- 2014년 4월 ~ 2018년 8월 : 한국교통대학교 도시·교통공학전공 교수

- 2018년 9월 ~ 현재 : 충북대학교도시공학과 교수

<관심분야>

도시계획 및 설계, 국토 및 지역계획, 도시공간구조