ARTICLE

공공형 택시 운행실태 분석을 통한 교통소외지역 모빌리티 서비스 운영전략 연구

김아름[1] · 임서현[2*]
[1]한국교통연구원 광역·도시교통연구본부 연구원, [2]한국교통연구원 광역·도시교통연구본부 연구위원

Study on Mobility Service Operational Strategies in Transportation-Underserved Rural Through the Analysis of Public Taxi Operational Status

KIM, Ahreum[1] · LIM, Seo Hyun[2*]

[1]Researcher, Department of Metropolitan and Urban Transport, The Korea Transport Institute, Sejong 30147, Korea
[2]Research Fellow, Department of Metropolitan and Urban Transport, The Korea Transport Institute, Sejong 30147, Korea

*Corresponding author: shlim@koti.re.kr

Abstract

In recent times, a population concentration in major cities has been observed, while simultaneously, rapid phenomena of low birth rates and aging are leading to a decrease in the population of local towns and villages in South Korea. This trend is increasing the proportion of areas suffering from transportation exclusion, marked by reduced mobility and accessibility for residents. To improve the mobility of residents in transportation-excluded areas, a public taxi service is being introduced. For sustainable and efficient transportation services, it is essential to understand demand and supply and develop appropriate service introduction strategies. This study utilizes operational data from public taxis in 32 city and county areas to analyze current operations and characteristics, and proposes operational strategies for service management plans. The findings indicate that the proportion of the elderly population is higher in county areas (31.5%) than in city areas (20.4%), with the highest utilization (10.9%) of the service relative to the beneficiary population in Yecheon County, which has a high elderly population ratio. Additionally, areas with long-distance travel tend to have more single-passenger rides, as users often travel to individual destinations. Using GIS Pro to analyze boarding and alighting points, demand concentration areas, and service zones, it was found that the main boarding and alighting points were residential areas (34%), downtown (18%), and community centers (14%). Some of the demand within identified clusters could not be included within a 5 or 10-minute influence radius from the center, due to geographical features and road structures. Furthermore, most areas showed a pattern of returning at various times after morning peak hours from 8 am to 10 am. Ultimately, based on the analysis, Decision tree model was proposed that categorizes clusters based on three months of demand data and decides on the service operation model for each cluster. Such a practical strategy approach using real data is expected to contribute to the efficient and customized planning and operation of transportation services in excluded areas.

Keywords: decision tree model, gis analysis, operational strategies, public taxi service, transportation-underserved rural

J. Korean Soc. Transp.
Vol.42, No.1, pp.60-76, February 2024
https://doi.org/10.7470/jkst.2024.42.1.060

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY
Received: 16 November 2023
Revised: 5 December 2023
Accepted: 28 December 2023

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초록

최근 대도시를 중심으로 인구가 밀집하는 상황에서 저출산과 고령화의 급진적인 현상은 우리나라 지방 읍면 지역의 인구 감소로 이어지고 주민들의 이동성, 접근성이 저하되는 교통소외지역의 비율이 높아지게 된다. 교통소외지역 주민의 이동성을 개선하기 위해 공공형 택시 서비스가 도입 중이며 지속가능하고 효율적인 교통서비스 도입 및 운영을 위해서는 수요와 공급을 파악하고 그에 맞는 서비스 도입 전략을 세우는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 32개 시군 지역의 공공형 택시 운행데이터를 활용하여 운행 현황과 특성을 분석하고 서비스 운영 계획 시 운영전략을 제시하였다. 서비스 수요 및 공급 현황을 파악한 결과, 시 지역(20.4%)보다는 군 지역(31.5%)에서 고령인구 비율이 높았고, 고령인구 비율이 높은 예천군에서 서비스 수혜 인구 대비 가장 많은 인구(10.9%)가 서비스를 이용하고 있었다. 또한 장거리를 운행하는 지역은 주로 이용자 간 개별 목적지로 이동할 경우가 많고 이에 동승보다는 1인 탑승 형태로 이용되고 있었다. ArcGIS Pro를 활용하여 승하차 지점, 수요 밀집 지역, 서비스 영역 분석을 수행하고 시간대별 수요발생량을 도출한 결과, 주거지(34%), 시내(18%), 마을회관(14%) 순으로 주요 승하차 지점이 도출되었고, 수요밀집지로 도출된 클러스터 내 수요 중 일부는 지형적 특성, 도로 구조상 중심지로부터 5분, 10분 영향권 내에 포함되지 못하는 수요도 발생하고 있었다. 또한 대다수의 지역에서 8시-10시의 오전 피크 시간 발생 후 다양한 시간대에 걸쳐 복귀하는 패턴을 보였다. 최종적으로 분석 결과를 토대로 3개월의 수요량을 기준으로 클러스터를 구분하고, 클러스터별 서비스 운영형태를 결정하는 의사결정모델을 제시하였다. 이와 같이 실데이터를 이용한 실질적인 운영전략 접근 방식은 효율적인 맞춤형 교통소외지역 도입 및 운영계획 수립에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 의사결정모델, GIS 분석, 운영전략, 공공형 택시, 교통소외지역

서론

2021년 10월, Ministry of the Interior and Safety(MOIS)(2021)에서 지정·고시한 인구감소지역은 전국 229개 지역 중 89개(38.9%) 지역으로 군 단위 농촌 지역 69개(30.1%)뿐만 아니라 시도 지역 중에서도 20개(8.7%) 지역이 선정되었다. 이는 우리나라 전체 면적의 약 60%에 해당하는 광범위한 지역에서 인구소멸 위기가 현실화하고 있음을 시사한다. 인구감소지역은 교통서비스의 수요가 적다는 것을 의미하고 이는 공급의 부족으로 이어진다.

전국 시군의 대중교통 취약지역(교통소외지, 농촌지역) 주민들의 실질적인 이동권을 보장하기 위해 2013년 충남 서천군과 아산시, 천안시에서 시범사업으로 '공공형 택시'가 도입되었다. 공공형 택시는 버스나 택시형의 지역 맞춤형 교통서비스로 「국가균형발전특별법」 제34조제2항제1호 바목, 「농어업인 삶의 질 향상 및 농어촌 지역개발 촉진에 관한 특별법」 제29조(농어촌의 기초생활여건 개선)제1항제5호 및 제3항 등 관련 법령에 근거하여 사업이 시행되고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) and Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA), 2023).

교통소외지역 교통 서비스에 대한 관심과 필요성으로 인해 재정 지원에 대한 니즈는 증가(Lee, 2020)하고 있으나 지역 현황과 이용자의 이동패턴을 충분히 고려하지 않은 일률적인 서비스 운영계획은 수요와 공급의 불일치를 초래하며, 운영의 비효율성으로 이어진다. 이에 지속 가능하고 효율적인 운영을 위한 서비스 도입의 전략적 접근 방안이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 한국교통안전공단에서 수집되는 공공형 택시 운행데이터를 이용하여 32개 시군 지역에 대한 운행 현황 및 특성을 분석하고 교통소외지역의 모빌리티 서비스 도입 전략에 대해 제시한다. 운행 현황을 바탕으로 GIS Pro를 활용한 운행 특성(주요 승하차 지점, 수요 밀집 지역, 서비스 영역)을 도출하고자 하였다. 궁극적으로 주요 승하차 지점을 고려한 수요량과 수요의 공간성, 수요 발생의 시간대를 고려한 운영모델은 교통소외지역 교통서비스 운영계획 시 운영전략으로써 활용할 수 있을 것이며, 지역 맞춤형 교통서비스를 제공하여 지역 주민들의 실질적인 이동권을 보장하고 효율적인 운영계획 수립에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

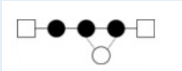
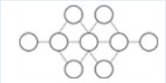
선행연구

본 연구의 목적은 공공형 택시 운행패턴을 통해 교통소외지역 교통서비스의 효율적인 운영전략 방안을 제시하는데 있는 바, 공공형 택시의 운영형태에 관한 연구를 살펴보고 이용자의 이동패턴 분석을 활용해 교통서비스 도입 방안을 제시한 연구 중심으로 관련 문헌 고찰을 수행한다.

1. 공공형 택시 운영형태에 관한 연구

공공형 택시는 대부분 이용자 요청에 따라 차량 운행 경로와 이용 시간을 유연하게 조정하는 교통수단으로 운영되고 있으며, 국외에서는 수요응답형 교통수단(Demand Responsive Transport, DRT)이 유사한 개념으로 도입 및 운영되고 있다. TCRP Report 140(2010)은 수요응답형 네트워크 설계와 기존 교통서비스를 구별하기 위해 네트워크 구조(고정 또는 유연), 승하차 위치, 운행 시간, 사전 요청 총 4가지 서비스 요소를 기술하고 있다. Anestis Papanikolaou et al.(2017)은 이러한 차이점들이 주요 요소라 할지라도, 지역의 특성에 따라 다양한 방식으로 조합되어 사용되는 것을 언급한다. IPART(2017)은 호주 뉴사우스웨일즈 주의 농촌 지역의 버스 서비스 운임을 결정한 보고서로, 적합한 서비스 유형을 결정하고 적절한 요금을 설정하기 위해 고정 노선 기반 서비스와 수요응답형 서비스의 유형을 크게 4가지로 분류하고 노선의 유연성, roam zone(사전에 정의된 특정 지역 또는 구역) 유무, 목적지 경유 수 등 · 에 따라 총 10가지 유형으로 분류하였다. Song(2009)은 Table 1과 같이 경로, 운행시간, 기종점이 고정된 고정노선형, 경로는 고정과 예약을 병행하되 운행시간과 기종점은 고정인 경로이탈형, 운행시간을 사전에 설정하고 기종점도 고정되어 있으나 경로가 비고정인 준다이나믹형, 경로, 기종점, 운행시간 모두 비고정인 다이나믹형 4가지 유형으로 분류하였다.

Table 1. Demand-responsive transport operation types

Category	Fixed	Semi-fixed	Flexible	Virtual flexible
Operating hours	Fixed	Fixed	Fixed departure and arrival time	Reservation response
Route	Fixed	Fixed with reservation response	Reservation response	Reservation response
Origin-destination	Fixed	Fixed	Fixed	Flexible
Concept				

2. 이용자의 이동패턴 특성을 활용한 교통서비스 도입 분석에 관한 연구

효율적인 교통서비스를 제공하기 위해서는 이용자 이동패턴의 시공간적 변화를 이해할 필요가 있다(Tao et al., 2014). Shanthappa et al.(2023)은 인도 Davangere 지역의 버스 환승 승객의 시공간적 이동패턴을 시각화하였고, 특히 교외 및 마을 주민들은 주로 오후 시간대에 이동이 집중되어 발생하는 것을 도출하였다. Ma et al.(2017)은 1개월간의 대중교통 카드 데이터를 활용하여 거주지, 근무지, 출발시간 등 시공간적 규칙성을 파악하였고, 공간적 클러스터링 방법을 통해 94.1%의 정확도로 대중교통 통근자를 식별하였다. Lyu et al.(2019)은 유사한 통행패턴을 가진 그룹에게 효율적인 대중교통 서비스를 제공하는 것을 목표로 CB-Planner라는 CB 노선 계획 프레임워크를 제안하였다. 잠재적인 이동수요를 발견하기 위해 그리드 밀도 기반 클러스터링 분석, 정류장 배치 알고리즘 등을 포함하는 프레임워크를 개발하였고, 중국 난징의 1개월 택시 데이터에 대해 사례 연구를 수행하였다. 그 결과, 프레임워크로 생성된 CB노선이 기존보다 더 높은 수익을 달성할 수 있었고 짧은 도보거리, 출발시간 조정으로 인한 효율적인

대중교통 서비스를 제공한다는 것을 도출하였다. 이와 같이, 최근 교통서비스 도입에 관한 연구들은 이용자의 시공간적 이동패턴을 분석하여 시각화 및 맞춤형 노선 설계 등 대중교통 서비스의 효율성을 높이려는 방안을 제시하고 있다.

3. 선행연구 고찰

이용자의 이동패턴을 활용한 서비스 도입 방안 관련 연구는 활발히 진행되고 있으나, 대부분의 연구는 대도시 중심으로 이루어지고 있으며 교통소외지역을 대상으로 한 연구는 상대적으로 부족한 상황이다. 교외 중심의 서비스 도입 방안 연구마저 버스 서비스에 초점을 맞춘 연구가 많다. 교통소외지역은 버스 서비스조차 운행하기 어려운 지형적 환경과 수익성이 낮아 서비스 제공이 어려운 상황으로, 대체로 택시 차량으로 서비스를 제공해야 하는 실질적인 현실을 반영하기에는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 운행데이터를 기반으로 교통소외지역에 적합한 교통서비스 운영전략을 제안한다. 이는 선행연구에서 논의된 고정 노선형, 경로이탈형, 준다이나믹형, 다이나믹형 등 다양한 운영유형을 고려하여 구체적인 운영전략을 제시하는 것을 목표로 한다.

연구방법론

1. 분석범위 및 자료

본 연구에서는 한국교통안전공단(TS) DRT 시스템을 통해 수집되고 있는 공공형 택시 운행데이터를 제공받아 분석에 활용하였다. 5개 도(경북, 경남, 전북, 전남, 충북)의 32개 시·군을 기준으로 2022년 2월, 5월, 10월 총 3개월을 분석 범위로 설정하였다. 분석의 용이성을 위해 시간적 범위를 1년의 연초, 연중반, 연말 각각의 시점에서 1개월씩을 선별하여 총 3개월의 데이터를 시간적 범위로 정하였다. 운행데이터에는 차량번호, 승하차시간, 승하차지 좌표 또는 주소, 승객 수 등의 항목이 수집되어 있다. 인구 현황을 살펴보기 위한 자료는 SGIS에서 제공하는 격자통계(인구)의 가장 최신 연도인 2021년 자료를 활용하였다.

2. 분석방법

본 연구에서는 공공형 택시 운행데이터를 활용하여 서비스 지역의 기초현황을 파악하고 서비스 공급 수준, 서비스 밀집 지역 및 서비스 영역을 분석함으로써 교통소외지역에서의 교통서비스 운영계획 수립에 고려할 사항과 서비스 운영모델을 결정하는 결정 모델을 제시하고자 한다.

먼저 운행횟수, 차량 대수, 요금 등 32개 시군의 전반적인 이용 현황을 살펴보고, 지자체별 사업계획서와 실제 운행 현황을 비교 분석함으로써 서비스 공급 수준을 파악한다. ArcGIS Pro의 route를 활용하여 운행데이터의 기종점에 대한 정보를 바탕으로 통행별 이동 경로 및 이용 요금을 산출한다. 이용 요금은 지역별 택시 요금(기본요금+시외할증)을 적용하되, 시간 할증은 고려하지 않는다. 또한 서비스 수혜 인구는 SGIS에서 제공하는 500mX500m 격자 내 인구수 데이터로, 운행데이터의 기종점이 위치한 격자 내 인구수로 산출한다.

수요가 밀집된 지역의 특성과 수요밀집지의 중심지로부터의 서비스 영향권을 보고자 수요 기반 밀도 분석과 서비스 영역 분석을 실시하였다. 이를 위해, ArcGIS Pro의 Density-based Clustering과 Network Analysis-Service Area를 활용하여 도출한다. 밀도 기반의 클러스터링은 DBSCAN(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 방식이 대표적으로 사용되고 있지만 데이터들의 계층적 구조를 반영하지 못하고 다양한 밀도의 클러스터링에 적합한 방식이 아니므로 이를 개선한 방식인 HDBSAN(Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)을 활용한다. HDBSAN은 다양한 밀도를 가진 데이터를 클러스터링하기에 보다 적합한 모델이며(Zhang et al., 2018; Ghamarian and Marquis, 2019; Lentzakis et al., 2020; Ibrahim and Shafiq, 2018) DBSCAN에서는 최소 밀도 거리를 설정해야 하지만, HDBSCAN은 다양한 거리 값을 기반으로 실행

시키기 때문에 최소 클러스터 크기만 설정해 주면 된다는 장점이 있다. 서비스 영역 분석의 목적은 이동 가능성이 높은 지역을 식별하여 서비스 접근성을 개선하고, 실제 도로망과 일치하는 효과적인 서비스 범위를 설정하기 위함이다. 서비스 영역을 도출하기 위해 클러스터링의 중심지에서 차량으로 이동 시 5분, 10분까지의 영역을 도출한다. 수요응답형 수단의 경우 대게 약 10분 이내로 응답(Kim et al., 2019)하는 특성을 보이므로 10분까지의 영역과 밀집된 영역을 도출하기 위해 5분의 영역을 같이 살펴본다. 차량의 속도는 대체로 지방부 도로에 지정된 30km/h로 설정한다. 서비스의 요충지를 파악하기 위해 지역별 승·하차지 상위 20위의 시설을 확인하고자 개별 통행의 주소지를 기반으로 주요 시설별 통행 빈도를 지역별로 비교한다.

최종적으로, 공공형 택시 운행 특성을 토대로 효과적인 교통서비스 운영을 위한 실증적인 서비스 운영유형 결정 모델을 제시함으로써, 교통소외지역에서 서비스의 접근성을 개선하고 서비스 운영효율을 향상시키는데 도움이 되는 기반 자료로 활용될 것으로 판단된다.

공공형 택시 운행데이터를 이용한 지역별 운행 현황 및 특성

1. 공공형 택시 운행 현황

1) 고령인구 현황

SGIS(통계지리정보서비스)의 격자 형태 인구 통계자료를 활용하여 32개 시군별 고령자(65세 이상) 비율에 대한 현황을 살펴보았다. Table 2의 전주시와 같은 시 지역은 시청, 행정복지센터 등 주요 시설이 있는 중심지에는 고령 비율이 낮고, 외곽일수록 고령 비율이 점차 높아지는 것을 알 수 있었다. 군 지역의 경우 전반적으로 지역 내 고령 비율이 높으며, 전체 격자의 30% 이상이 65세 이상 인구로 구성되어 있다. 전체 인구수 대비 고령자 비율은 대체로 시 지역보다는 군 지역에서 높은 것으로 나타났으며, 특히 예천군, 합천군은 61%, 58%에 해당하는 격자의 인구 절반 이상이 65세 이상 인구로 파악되었다(Table 3).

Table 2. Status of the population ratio aged 65 and above by grid

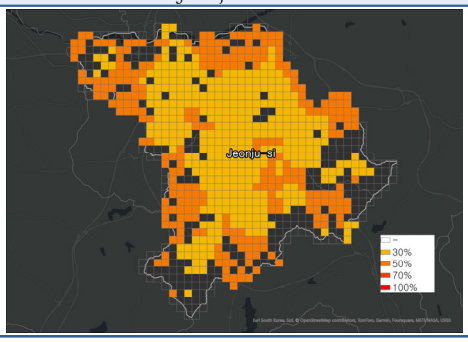
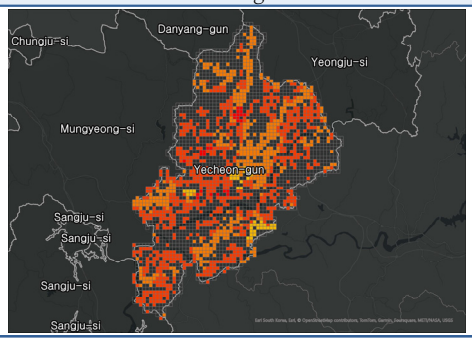
Jeonju-si	Yecheon-gun
	

Table 3. Number of grids by percentage of population aged 65 and above

Unit: Count

Region	Grids with population	-30%		30-50%		50-70%		70%-	
Geoje-si	945	306	32.4%	595	63.0%	44	4.7%	-	-
Geochang-gun	1,088	73	6.7%	605	55.6%	404	37.1%	6	0.6%
Gyeongju-si	2,319	331	14.3%	1507	65.0%	481	20.7%	-	-
Goryeong-gun	737	75	10.2%	453	61.5%	209	28.4%	-	-
Goseong-gun	1,129	103	9.1%	678	60.1%	348	30.8%	-	-

Table 3. Number of grids by percentage of population aged 65 and above (continued)

Unit: Count

Region	Grids with population	-30%		30-50%		50-70%		70%-	
Gochang-gun	1,527	59	3.9%	858	56.2%	610	39.9%	-	-
Gimhae-si	1,112	360	32.4%	717	64.5%	35	3.1%	-	-
Namhae-gun	799	43	5.4%	412	51.6%	344	43.1%	-	-
Danyang-gun	923	58	6.3%	707	76.6%	158	17.1%	-	-
Muju-gun	677	83	12.3%	453	66.9%	141	20.8%	-	-
Mungyeong-si	1,274	29	2.3%	914	71.7%	331	26.0%	-	-
Miryang-si	1,475	35	2.4%	1058	71.7%	382	25.9%	-	-
Buan-gun	1,071	57	5.3%	704	65.7%	310	28.9%	-	-
sacheon-si	976	168	17.2%	532	54.5%	276	28.3%	-	-
Sancheong-gun	1,283	74	5.8%	888	69.2%	321	25.0%	-	-
Sangju-si	2,136	72	3.4%	1428	66.9%	636	29.8%	-	-
Suncheon-si	1,452	187	12.9%	855	58.9%	410	28.2%	-	-
Yeongyang-gun	768	9	1.2%	574	74.7%	185	24.1%	-	-
Yeongju-si	1,430	107	7.5%	943	65.9%	380	26.6%	-	-
Yecheon-gun	1,371	45	3.3%	481	35.1%	818	59.7%	27	2.0%
Uiryeong-gun	831	26	3.1%	437	52.6%	353	42.5%	15	1.8%
Jangsu-gun	755	81	10.7%	541	71.7%	133	17.6%	-	-
Jeonju-si	654	376	57.5%	278	42.5%	-	-	-	-
Jindo-gun	795	85	10.7%	562	70.7%	148	18.6%	-	-
Changnyeong-gun	1,176	91	7.7%	775	65.9%	310	26.4%	-	-
Cheongdo-gun	1,129	28	2.5%	734	65.0%	360	31.9%	7	0.6%
Chungju-si	1,982	266	13.4%	1490	75.2%	226	11.4%	-	-
Pohang-si	1,743	342	19.6%	955	54.8%	446	25.6%	-	-
Hadong-gun	1,228	80	6.5%	914	74.4%	234	19.1%	-	-
Haman-gun	941	114	12.1%	584	62.1%	243	25.8%	-	-
Hamyang-gun	1,041	48	4.6%	609	58.5%	384	36.9%	-	-
Hapcheon-gun	1,481	38	2.6%	584	39.4%	849	57.3%	10	0.7%

2) 서비스 운행 현황

교통소외지역 주민들의 이동성 및 접근성 개선을 위해 전국 51개 시(국토교통부 추진), 76개 군(농식품부 추진) 지자체에서 공공교통수단을 운영하고 있다(Minister of Land, 2020). 공공형 택시의 운행 현황을 살펴보기 위해 한국교통안전공단에서 수집 중인 운행데이터와 SGIS 통계자료를 활용하여 서비스 수혜 인구와 일이용인원, km^2당 운행거리 및 운행횟수를 비교하였다.

서비스 수혜 인구는 평균 52,709명으로 914명(예천군)부터 403,754명(전주시)까지 지역별 큰 편차를 보이고 있으며, 고창군은 26,691명으로 적은 편에 속하지만 일이용인원은 180명으로 평균 84명보다 2배가량 많은 인원이 적극적으로 이용하고 있다. 특히, Figure 1의 서비스 수혜 인구 대비 일이용인원이 현저히 낮은 전주시, 김해시는 시 지역으로 공공형 택시 외에 다른 교통수단을 이용할 선택지가 폭넓기 때문에 서비스 수혜 인구 대비 0.01%, 0.02%의 인원만 하루에 이용하고 있다. 대부분 서비스 수혜 인구 대비 가장 많은 인구가 서비스 이용 중인 곳은 예천군(10.94%)으로 고령자 비율이 높은 지역으로써 고령 주민들은 이동 수단으로 공공형 택시에 많은 의존을 하고 있음을 시사한다.

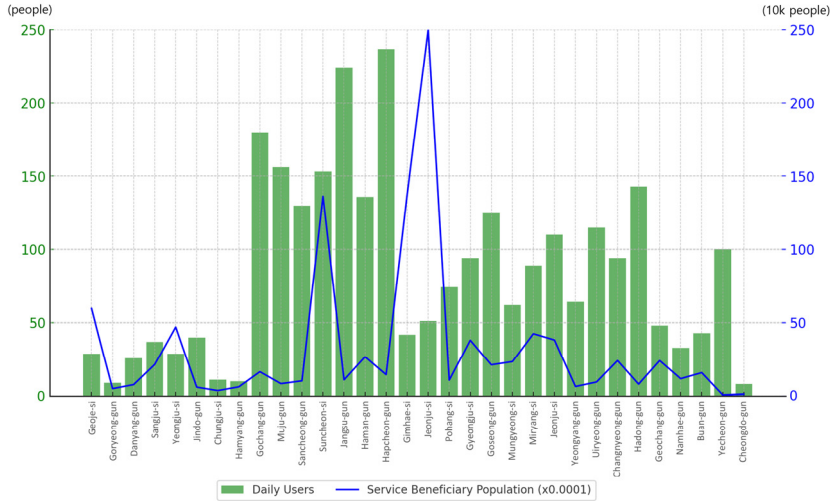


Figure 1. Daily user count compared to the service beneficiary population

청도군은 km^{2}당 운행횟수가 0.5회로 평균치인 0.8회보다 적은 반면 km^{2}당 운행거리는 1,171m로 32개 지역 중 가장 긴 거리를 운행하고 있다(Figure 2). 이는 청도군의 가로로 긴 지형과 운행 지역인 풍각면, 운문면은 청도군 양 끝에 위치해서 중심까지 이동하는데 긴 거리를 이동할 수 밖에 없는 지형적 특징을 가지고 있다. 또한 고령군의 km^{2}당 운행거리는 416m로 청도군(1,171m)에 이어 두 번째로 긴 거리를 운행하고 있다. 일이용인원 9명, km^{2}당 운행횟수가 0.4회로 서비스 이용률이 낮음에도 불구하고 장거리를 운행하고 있다는 사실은 타 지역에 비해 광범위한 지역을 커버하고 있음을 나타내며, 광범위한 지역을 커버하기 위해서는 더 많은 운영 비용이 소요되며 요금 책정 전략과 차량 배차 전략, 경로 최적화에 대한 고려가 필요할 것을 의미한다. 고창군의 일운행차량 수는 27대이며 포항시는 4대로 약 7배의 차이가 있으나 km^{2}당 운행횟수는 각각 1.4회/km^2, 1.5회/km^{2}로 유사하게 나타났다. 이는 수요 발생의 밀집도 차이에 의한 것으로 포항시의 수요가 좁은 면적에 밀집되어 나타나기 때문에 적은 차량 수로 다빈도 서비스를 제공할 수 있는 상황임을 예상할 수 있다. 실제로 포항시는 장기면에 한해서만 공공형 택시를 운행하고 있다. 포항시와 같이 수요가 한정된 지역에서는 적은 차량 수로도 효과적인 서비스를 제공하기 위해서는 서비스 운영 시 수요 밀집 지역을 파악하고 그에 맞춰 자원을 배분하는 것이 중요함을 알 수 있다.

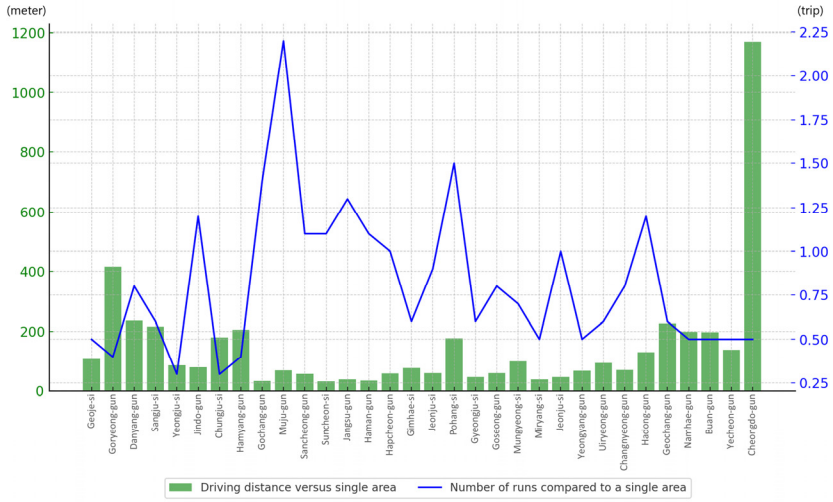


Figure 2. Distance and number of trips per km^2

3) 서비스 공급 현황

서비스 공급 현황을 살펴보기 위해 공공형 택시의 면적당 투입 대수, 평균 동승 인원, 평균 운행 거리 및 요금을 살펴보았다. Table 4에서, 거제시의 km^2당 차량 투입대수는 2.8대로 평균 0.8대보다 3.5배나 많이 투입되고 있다. 그에 비해 평균 동승 인원은 1명으로 차량의 운영 효율이 낮을 수 있음을 알 수 있고 관련 예산 및 운영계획의 조정이 필요한 상황으로 판단된다. 반면 상주시의 평균 동승 인원은 2.1명으로 32개 지역 중 가장 많은 인원이 동승하고 있다. 이는 이용 시간과 승차 위치를 집중시켜 운행되고 있음을 예상할 수 있는데, 실제로 상주시의 사업계획서에 따르면 주 3회 정해진 운행 시간표대로 운행되고 있음을 알 수 있다.

영주시의 경우 1회 이용 시 이용 요금이 타 지역에 비해 비교적 높은 편으로 나타났는데, 지역 주민들은 대부분 1회 외출 시 장거리를 이동하는 경향이 있어 개별로 목적지가 상이할 확률이 높다. 따라서 동승이 아닌 1인 탑승 형태로 이용되고 있다. 이는 목적지까지의 이동 거리가 멀고 요금이 높은 경우에는 합승보다는 개인 맞춤형 서비스인 1:1 서비스를 운영하는 것이 더 적합할 수 있음을 의미한다. 반면, 하동군은 평균 동승 인원이 2.7명으로 평균 1.3명보다 2배가량 높다. 이는 요금이 100원으로 가장 저렴하고 월 15회로 2일에 1번 이상 이용할 수 있도록 하여 주민들이 서비스를 적극적으로 이용하고 있음을 나타낸다.

Table 4. Service provision status

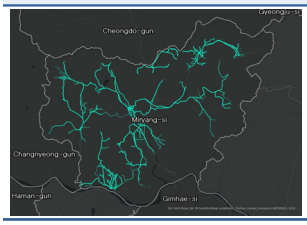
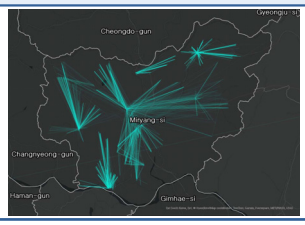
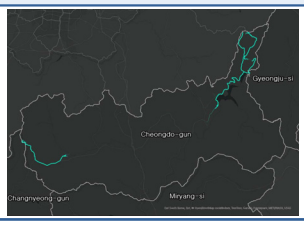
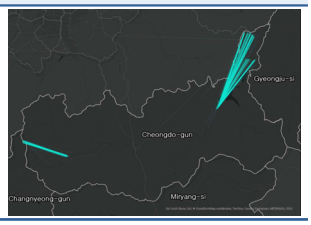
Region	Based on 2022 operation data					Based on the 2019 business plan	
	Number of vehicles deployed (vehicles/km^2)	Average number of passengers	Average fare	Average travel distance (km)	Fare per kilometer	Number of uses	Usage fee (KRW)
Geoje-si	2.8	1	7,606	6.4	1,182	30times/month per village	1,200
Geochang-gun	1.6	1.3	24,724	14.1	1,752	17-46times/ per village	100 per vehicle (at the township office), 1,000 per person (at Geochang Market)
Gyeongju-si	0.3	1.3	6,452	5.6	1,159	5 times/ month per household	1,000
Goryeong-gun	1.1	1	12,206	9.3	1,319	20 times/month per person	1,500
Goseong-gun	0.4	1.3	15,112	7.7	1,967	15-80 times	1,200
Gochang-gun	0.3	1.4	5,744	3.1	1,878	7 times a week	1,000
Gimhae-si	1.1	1.5	5,227	3.6	1,469	45 times/month per village	1,200 (for 2 or more persons)
Namhae-gun	0.8	1.4	18,389	9.6	1,922	Differentiated distribution by village	100(per person)
Danyang-gun	0.9	1	10,779	7.6	1,420	Once/day	3,000(for 1 person), 2,000(for 2 persons), 1,000(for 3 persons), 1,000(for students)
Muju-gun	0.7	1	6,375	4.8	1,334	4 times/ month per person	100
Mungyeong-si	3.2	1.3	7,946	6.4	1,236	24-200 one-way/month (available twice a day)	1,500
Miryang-si	0.3	1.2	7,687	5.9	1,294	10-40 times (One-way)	100

Table 4. Service provision status (continued)

Region	Based on 2022 operation data					Based on the 2019 business plan	
	Number of vehicles deployed (vehicles/km^2)	Average number of passengers	Average fare	Average travel distance (km)	Fare per kilometer	Number of uses	Usage fee (KRW)
Buan-gun	0.6	1.7	21,231	10.9	1,956	2 times/day, 3 times/week	1,000
Sacheon-si	1.3	1	5,892	4.9	1,214	4 times/ month per person	1,000
Sancheong-gun	1.8	1.1	6,659	5.8	1,157	4-6times/month per village	1,000
Sangju-si	0.7	2.1	11,273	6.8	1,668	3 times a week	100
Suncheon-si	0.2	1	5,568	4.7	1,188	4 times/ month per person	100
Yeongyang-gun	0.2	1	10,927	9.1	1,206	30-150times/month per village	1,300 (general), 1,000 (middle and high school), 700 (elementary)
Yeongju-si	0.4	1	12,263	9.4	1,302	10-12times/month per village	2,600 (for 1 person) 1,300 (for 2 or more persons)
Yecheon-gun	0.8	2.3	14,229	11.1	1,284	4-10times/month	1,500 (for 1 person) 1,000 (for 2 or more persons)
Uiryeong-gun	0.5	2.1	12,141	8.9	1,358	16-36times/village (One-way)	1,000
Jangsu-gun	0.2	1.2	9,191	5.6	1,634	No limit	1,000(adult), 500(student)
Jeonju-si	0.3	1	4,722	3.4	1,375	60times/day	2,000
Jindo-gun	0.7	1	5,168	2.6	1,985	16times/month	100
Changnyeong-gun	0.5	1.1	12,687	7.5	1,700	22-80times/village	500
Cheongdo-gun	0.6	1	16,143	16.7	967	4 times/day	100(for 1 person)
Chungju-si	0.2	1.3	6,325	6	1,057	No limit	2,000 (for 1 person) 1,000 (for 2 or more persons)
Pohang-si	0.1	1.4	7,331	6.4	1,150	2times/daty per village	1,200
Hadong-gun	0.9	2.7	7,807	5.9	1,318	15times/month	100
Haman-gun	0.5	0.9	9,275	5	1,871	44-92times/month per village (One-way)	1,500
Hamyang-gun	0.8	1.7	6,953	3.3	2,087	44 times/month per village, twice/day per person	1,200
Hapcheon-gun	0.4	1.5	17,071	9	1,905	12-48times/village	1,000
Average	0.8	1.3	10,347	7,086	1,479	-	-

공공형 택시의 운행 경로 분포를 비교해 보니(Table 5), 지역 내 골고루 분산된 형태로 운행 경로가 나타난 경우와 지역 내 주요 경로로만 밀집된 경우 총 두 가지의 형태로 나타났다. 분산형은 주민들이 다양한 장소로 이동하고 있음을 나타내며 전 지역에 걸쳐 서비스가 제공되고 있음을 시사한다. 반면 밀집형의 경우 인구가 밀집된 지역이나 주요 상업/의료/교육 시설이 집중된 중심지로 이동하는 주요 경로로 이동하는 경향을 보인다. 이는 산지가 많은 우리나라 지형 특성상 지역 내 주요 중심지로 이동하는 도로가 한정되어 있거나 운행 마을이 제한되어 있는 지역에서 주로 나타났다.

Table 5. Distribution of travel routes & origin-destination links

Distributed type (Miryang-si)		Dense type (Cheongdo-gun)	
Route	O-D links	Route	O-D links
			

2. 공공형 택시 운행 특성 분석

1) 주요 승하차 지점

32개 지역 모두 3개월치에 대한 통행실적을 살펴보았으나 통행 빈도에서는 큰 차이가 나타나고 있다. 특히 Figure 3 장수군의 경우 17,219 통행으로 가장 적은 통행인 함양군의 510 통행보다 약 34배 정도 통행이 더 활발하다. 통행 빈도가 높을수록 서비스에 대한 수요가 높을 가능성이 크므로 이러한 지역에는 서비스 자원을 집중 배치할 필요가 있다. 통행 빈도가 낮은 지역에 대해서는 서비스 운영의 효율성을 개선하거나 이러한 지역의 특성에 맞는 특화된 서비스를 제공하여 수요를 촉진할 필요가 있다.

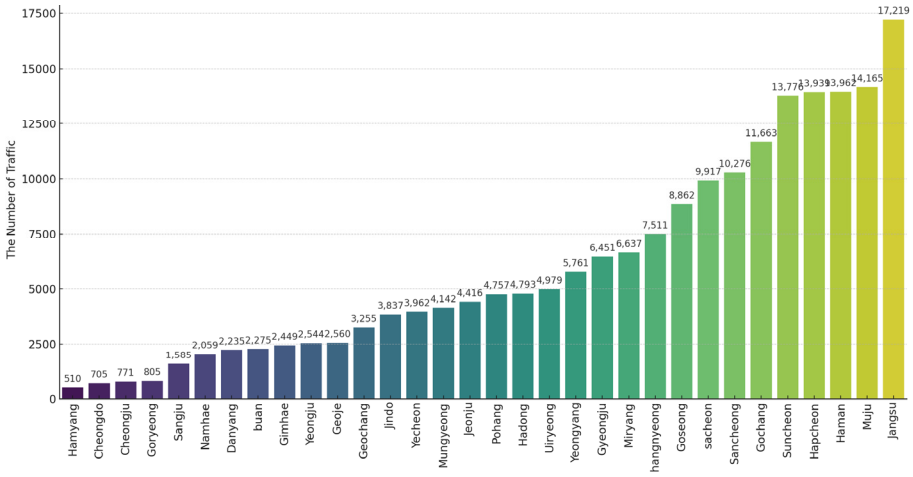


Figure 3. Regional traffic frequency

Figure 4와 같이 32개 지역은 전체 192,780 통행으로 각 지역별 가장 많은 수요가 발생한 주소지를 중심으로 상위 20위까지의 주요 승하차 지점을 살펴보았고, 그 결과 주거지(34%), 시내(18%), 마을회관(14%), 마트(6%), 병원(5%) 순으로 많이 통행하고 있는 것을 알 수 있다. 교통소외지역에서 서비스 중인 공공형 택시는 수요응답형 서비스

로 제공되는 특성상 주거지에서의 수요가 많이 발생할 수밖에 없는 구조로 판단되며, 교통소외지역 주민들은 주로 지역 외곽에 거주하고 있어서 병원, 약국, 식당, 마트 등이 몰려있는 중심지인 시내로 많이 이동하는 경향을 보인다. 그 외에도 마을회관, 주요 생활시설인 마트 순으로 나타났다.

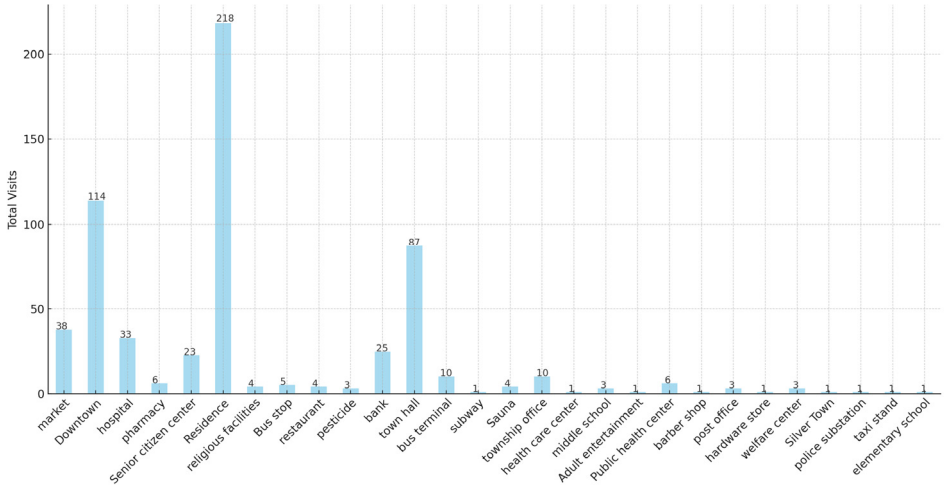


Figure 4. Frequency of major facility traffic

Figure 5의 숫자는 각 지역 내에서 해당 시설로의 통행 빈도를 나타낸다. 값이 클수록 해당 시설에서 수요가 많이 발생했음을 의미한다. 대부분 지역에서는 주거지, 시내, 마을회관 순으로 통행 빈도가 높게 나타나고 있으나, 부안군과 전주시에서는 경로당을 중심으로 한 통행이 많이 발생하고 있다. 이는 지역 내 고령인구의 비중이 높거나 경로당이 지역사회 내에서 활발한 사회적 교류의 장으로 기능하고 있음을 반영된 결과로 볼 수 있다. 반면 장수군에서는 통행이 특정 시설에 집중되지 않고 다양한 시설로 골고루 분산되어 나타나고 있다. 장수군은 인구와 시설이 고르게 분산되어 있을 것이며, 다양한 연령대로 이용되고 있음을 예상할 수 있다. 청도군, 김해시, 거제시, 고령군, 순천시와 같이 주거지에서의 수요가 높게 나타난다는 것은 주민들의 일상적인 이동패턴이 주거지 주변에 집중되어 있음을 의미하여, 이는 상권이 몰린 지역 중심지보다는 주거지 중심의 외곽지역에 차량 배치를 집중해야 할 필요성을 시사한다.

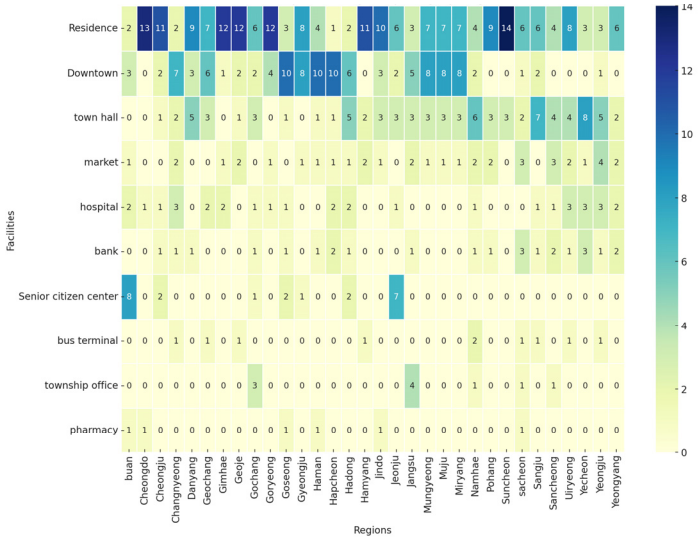


Figure 5. Heatmap of the Top 20 major facility traffic frequencies by region

2) 수요 밀집 지역 및 서비스 영역

공공형 택시 주 이용 대상자는 고령자이며 주 이용 목적은 병원, 시장, 복지센터 등으로 수요가 발생하는 공간은 한정적으로 나타나게 된다. 지역 간 이동 특성을 고려하지 않고 일률적인 서비스 제공 시 운영 효율성은 감소하게 되고, 특히 대도시가 아닌 지방 도시의 제한된 예산 내 최적의 예산 배분을 위한 노력은 필요한 과정이다. 이에 지역별 수요가 밀집되는 공간성을 살펴보기 위해 ArcGIS Pro의 Density-based Clustering을 이용하여 승하차 지점별 수요 발생 클러스터링 분석을 수행하였다.

지역별 각 클러스터링의 최소 포인트 수는 통행 수의 5%로 설정하였으며, 지역별 평균 약 6개의 클러스터가 생성되었다. Noise가 적을수록 수요 발생의 밀집도가 높은 것을 의미하며, Noise가 많을수록 수요가 분산되어 발생하고 있는 것을 의미한다. Table 6의 부안군은 전체 수요의 절반 이상(52%)에 해당하는 수요가 밀집되지 못하고 있다. 평균적으로 전체 수요의 31%가 밀집되지 못하는 것을 보았을 때, 청도군(9%)은 대부분 수요가 밀집되어서 발생하고 있음을 알 수 있다.

Table 6. Number of demand-dense areas & demand generation by clusters

Region	Demand-dense areas		Demand generation by clusters										
	O	D	1	2	3	4	5	6	7	8	Noise		Sum
Geoje-si	8	8	453	380	362	222	192	188	179	151	433	17%	2,560
Geochang-gun	5	4	675	349	287	216	189				1,539	47%	3,255
Gyeongju-si	5	5	2,171	1,029	713	586	414				1,538	24%	6,451
Goryeong-gun	8	8	160	157	65	60	58	55	42	41	167	21%	805
Goseong-gun	5	4	2,643	1,132	589	549	489				3,460	39%	8,862
Gochang-gun	4	4	3,372	2,477	1,401	1,273					3,140	27%	11,663
Gimhae-si	6	7	673	295	277	264	237	186			517	21%	2,449
Namhae-gun	8	7	173	159	149	123	119	112	110	109	1,005	49%	2,059
Danyang-gun	8	8	380	363	299	222	178	169	128	120	376	17%	2,235
Muju-gun	6	5	1,981	1,460	1,328	1,206	898	747			6,545	46%	14,165
Mungyeong-si	4	4	925	902	619	235					1,461	35%	4,142
Miryang-si	4	4	1,695	1,184	1,109	510					2,139	32%	6,637
Buan-gun	5	5	402	197	192	151	146				1,187	52%	2,275
sacheon-si	4	5	2,331	1,850	1,706	1,072					2,959	30%	9,918
Sancheong-gun	5	5	2,774	1,655	1,213	1,154	904				2,576	25%	10,276
Sangju-si	7	7	268	225	126	122	115	95	86		548	35%	1,585
Suncheon-si	7	7	2,301	2,044	1,683	1,273	1,249	901	858		3,467	25%	13,776
Yeongyang-gun	4	5	2,046	842	386	329					2,158	37%	5,761
Yeongju-si	3	2	1,098	550	157						739	29%	2,544
Yecheon-gun	5	6	720	710	366	258	257				1,651	42%	3,962
Uiryeong-gun	3	2	1,898	440	434						2,208	44%	4,980
Jangsu-gun	6	5	2,699	1,797	1,656	1,647	1,372	948			7,100	41%	17,219
Jeonju-si	8	4	912	659	505	498	287	232	230	222	871	20%	4,416
Jindo-gun	6	6	1,173	693	496	420	417	250			388	10%	3,837
Changnyeong-gun	4	4	2,142	1,770	1,136	533					1,931	26%	7,512
Cheongdo-gun	8	8	128	86	86	85	83	67	58	49	63	9%	705
Chungju-si	5	5	275	171	92	64	40				129	17%	771
Pohang-si	7	6	604	558	309	309	280	246	243		2,208	46%	4,757
Hadong-gun	6	6	1,087	995	635	618	333	308			817	17%	4,793
Haman-gun	5	5	3,146	1,806	1,676	974	707				5,654	40%	13,963
Hamyang-gun	8	6	87	79	76	54	41	34	33	28	78	15%	510
Hapcheon-gun	5	5	3,222	1,982	1,182	1,030	845				5,678	41%	13,939
Average	5.52	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	2,022	31%	6,024

수요 밀집 지역의 중심지로부터 서비스 영향권을 살펴보기 위해, 30km/h로 이동하는 차량을 기준으로 5분, 10분까지의 서비스 영역을 분석하였다. 수요가 발생하는 지역이지만 서비스 영역에 도달하지 못하는 지역은 서비스의 확장 및 개별화된 서비스 제공이 필요한 지역으로 고려할 필요가 있다. 수요응답형 교통수단은 대부분 10분 내에 응답하므로, 10분의 영향권을 중점으로 살펴보고 보다 수요가 밀집된 영향권은 5분으로 설정하여 살펴보았다.

분석 결과, 포항시, 김해시, 함안군 등 대부분 지역은 10분 권역 내에서 수요 밀집 지역의 수요를 모두 커버할 수 있지만 경주시, 하동군, 순천시 등의 지역은 수요 밀집 지역임에도 불구하고 10분 권역 내에 수요를 일부 커버하지 못하는 경향이 나타났다. 순천시의 경우, Figure 6과 같이 동일 클러스터(①+②)에 해당되나, 10분 권역에 포함되지 못하는 수요밀집지역(②)의 수요는 ① 클러스터의 중심점으로부터 ②까지의 이동 경로에 산지가 존재하고 있어 10분 권역에 도달하지 못하는 것으로 확인된다. 이는 서비스 영역 분석 시 ArcGIS Online 클라우드에 저장된 네트워크 Dataset을 활용하여, 실제 도로망을 기반으로 한 서비스 영역이 도출되지만, Density-based Clustering 분석은 지형의 3차원적 복잡성을 고려하지 않고 2차원적인 데이터 포인트의 밀도에 기초하여 클러스터를 형성하기 때문에 발생하는 차이로 판단된다. 이에 수요 발생을 기반으로 한 밀집도 분석이 실제 도로망과는 일치하지 않는 결과로 도출된다는 단점이 있다. 즉 수요 밀집 지역과 실제 서비스 가능 영역을 고려하여 해석하는 것이 중요하다. 수요의 밀집만으로 서비스 운영유형을 일률적으로 적용하면, 지형적 제약조건을 간과한 채 실제 운영에서는 운영 비효율성과 같은 문제가 발생할 가능성이 있다.

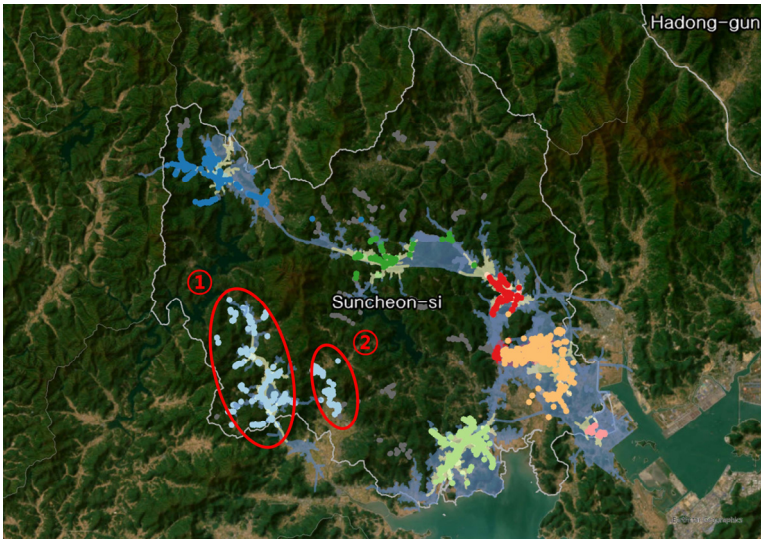
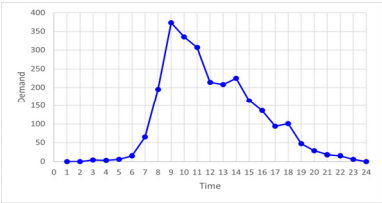
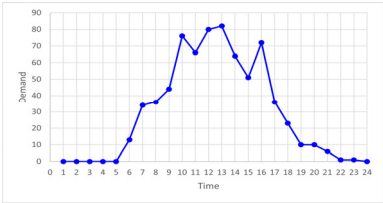
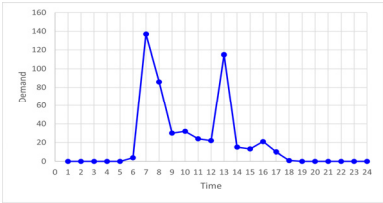


Figure 6. Demand-dense areas and service regions (Suncheon)

3) 시간대별 수요발생량

가장 많은 수요가 집중되는 시간대를 파악함으로써 수요가 밀집한 지역에서 동일 시간대에 수요가 발생한 경우 pooling 서비스를 제공하고, 수요가 밀집하지 않거나 수요가 적은 시간대에는 1:1 서비스를 제공하는 방안을 고려할 수 있다. 32개 시군의 운행데이터를 토대로 시간대별 수요량을 도출한 결과, Table 7의 거제시와 같이 대부분 지역에서는 8시-10시 사이인 오전 시간대에 최대 수요가 집중되는 것으로 나타났다. 이는 주거지에서 다양한 목적지로 이동하는 경향이 있으며, 복귀 통행은 특정 시간에 집중되지 않고 고루 분포되어 나타나고 있는 것으로 보인다. 이와 달리 청도군의 경우 오전 5시부터 수요가 점진적으로 증가하기 시작하여 오전 10시부터 오후 4시 사이에 꾸준히 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 청도군의 주민들이 다양한 시간대에 활발히 활동하는 생활패턴을 가지고 있음을 의미할 수 있다.

Table 7. Hourly Demand generation

Geoje-si	Cheongdo-gun	Hamyang-gun
		

일수요발생량과 일운행차량대수를 기반으로 수행한 클러스터링 분석(Figure 7)에서는 세 개의 주요 클러스터가 나타났다. 클러스터는 일수요발생량이 60과 120을 기준으로 구분되며, 일반적으로 수요가 증가함에 따라 운행차량대수도 증가하는 경향을 보였다. 그러나 동일 클러스터 내에서도 일운행차량대수가 적은 지역은 Table 7의 함양군과 같이 오전 첨두 발생 후 오후 첨두도 발생하는 경향을 보였다. 함양군, 전주시, 장수군의 경우가 일반적인 경향에서 벗어나는 것으로 관찰되었는데, 이 지역들은 8시부터 10시 사이의 오전 첨두 이후 오후에 다시 수요가 증가하는 패턴을 보였다. 이는 해당 지역들이 수요에 비해 상대적으로 차량 공급이 부족하여 주민들이 오전에 외출하여 오후에 일과가 끝나면 바로 귀가하는 경향이 있을 수 있음을 나타낸다. 즉, 수요에 비해 차량 공급이 제한적이어서 특정 시간대에 수요가 집중되는 현상을 초래한다. 포항시의 경우, 차량 운영 대수가 4대로 제한되어 있음에도 불구하고, 오전 첨두 수요가 나타난 후 점차 감소하는 경향을 보임에도 클러스터링 분석에서 예외적으로 나타난 지역으로 확인되었다.

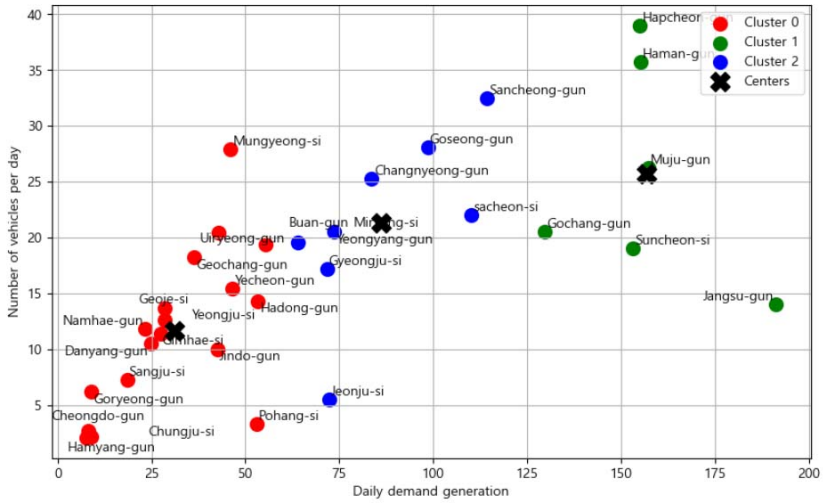


Figure 7. Regional clustering based on daily demand volume and daily operating vehicle count

교통소외지역의 교통서비스 운영계획 수립 시 운영전략

Figure 7로 도출된 클러스터별 일수요발생량 평균값을 기준으로, 수요가 집중되는 지역과 집중되지 않는 지역을 구분하여 서비스 운영형태를 결정하는 모형을 Figure 8와 같이 도출하였다. 즉 서비스 운영형태를 분류하는 기준은 수요량, 수요밀집여부, 수요밀집시간대에 따라 분류된다. 이때 선행연구에서 도출된 Table 1의 수요응답형 운영유형을 따른다.

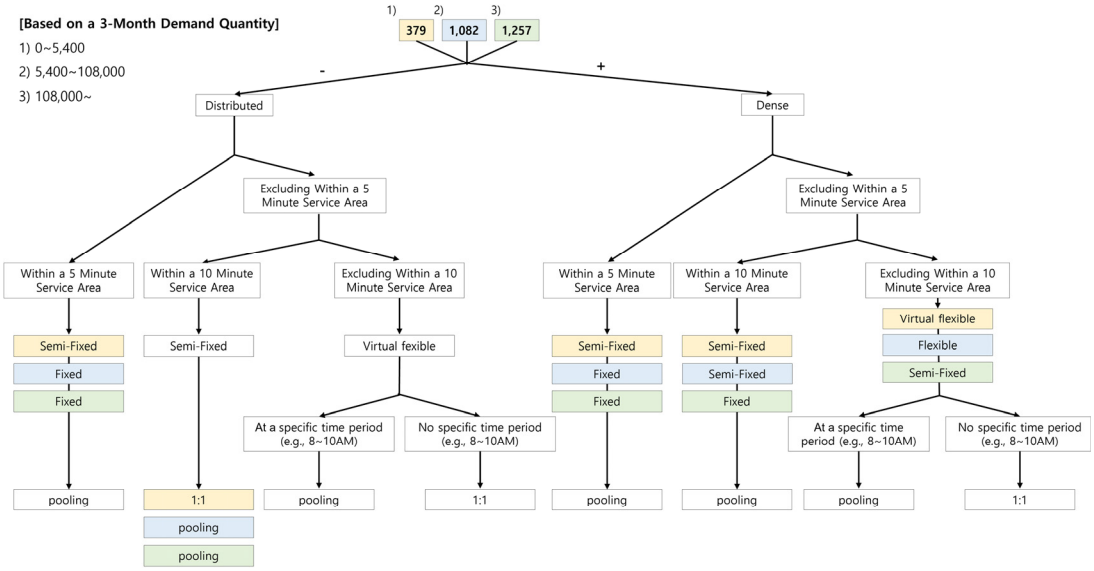


Figure 8. Model for determining the type of service

수요량의 경우, 클러스터의 기준은 일수요발생량의 60, 120을 기준으로, 90일치의 수요량으로 환산하였고 1번 그룹(0-5,400), 2번 그룹(5,400-108,000), 3번 그룹(108,000 이상)으로 구분하였다. 이에 1, 2, 3번 기준에 맞는 클러스터별 평균값(각 379, 1,082, 1,257)을 기준으로 그보다 적거나 많거나로 결정하게 된다.

수요밀집여부는 5분, 10분 영향권 포함 여부에 따라 분류된다. 5분 영향권에 포함되는 경우는 수요 밀집지 중심지로부터 집중적인 수요가 발생하는 경우로 고정 정류장이 있는 고정노선형(Fixed) 또는 경로이탈형(Semi-Fixed) 중에서 결정하게 된다. 이때 수요량이 가장 적은 1번 그룹에 해당하는 경우는 고정 정류장에서 일정 수요가 발생하지 않는 경우 비효율적인 운영비용이 투입되는 경우이므로 고정 정류장과 수요가 발생한 정류장을 모두 고려 후 경로가 변경되는 경로이탈형(Semi-Fixed)이 적합한 것으로 판단된다. 5분 영향권에 포함되지 않지만 10분 영향권에 포함되는 경우는 수요가 집중되는 중심 지역은 아니지만 일정량의 수요가 군집화되어 나타나는 지역에 해당하므로 경로이탈형(Semi-Fixed)이 적합하며 수요량이 가장 많은 3번 그룹은 고정노선형(Fixed)을 도입하여 고정적인 수요발생량을 해소해야 할 것으로 판단된다. 마지막으로 5분, 10분 영향권에 포함되지 않는 경우는 수요량에 따라 분류되며 수요량이 많은 2번, 3번 그룹의 경우 각각 준다이나믹형(Flexible), 경로이탈형(Semi-Fixed)을 도입하며 수요량이 적은 1번 그룹은 다이나믹형(Virtual flexible)을 적용하여 수요에 따라 유연하게 대응할 수 있는 서비스 유형을 도입하는 것이 적합하다.

수요밀집시간대는 Table 7과 같이 지역별 수요밀집시간대를 도출하여 해당 시간대를 기준으로 pooling 서비스 및 1:1 서비스로 분류할 수 있다. 수요밀집지역에서 동일 시간대에 수요가 발생하게 되면 pooling 서비스를 도입하여 운영비용을 낮출 수 있고 이는 이용자 부담 비용도 낮출 수 있는 효과를 가져오게 된다. 수요가 밀집되지 않고 동일 시간대로 묶을 수 없는 수요는 1:1 서비스를 도입하여 불필요한 운영비용을 최소화하고 맞춤화된 개별 이동서비스를 제공함으로써 이용자 편의성을 증진시킬 수 있다.

이를 토대로 수요량, 수요밀집여부, 수요밀집시간대에 따라 서비스 운영형태를 결정하는 모형(Figure 8)을 통해 Figure 9와 같이 밀양시를 대상으로 서비스 운영형태를 적용해보았다. 서비스 영역별 수요량을 기준으로 밀양시는 2번 그룹에 속하며, 각 클러스터별 수요량을 참고하여 서비스 운영형태 결정 모형에 따라 Fixed pooling, Virtual flexible pooling 또는 1:1, Virtual flexible 1:1 유형으로 제시하였다. 이처럼 공공형 택시 운행 현황 및 특성을 살펴봄으로써 수요의 밀집도, 서비스 영향권, 시간대의 수요량 등이 서비스 운영형태를 결정하는데 주요 요인으로서 고려할 필요가 있다.

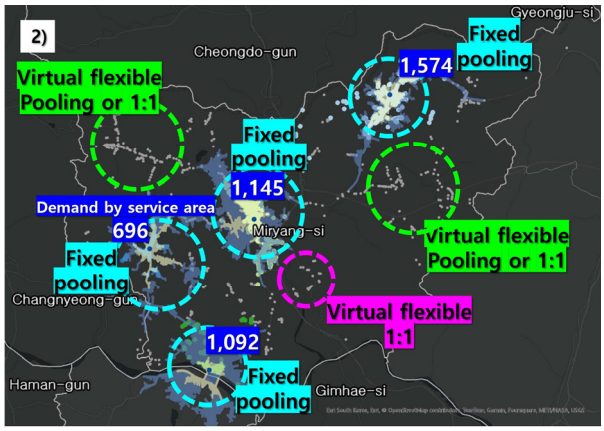


Figure 9. Service operation mode proposal (miryang)

결론

본 연구에서는 공공형 택시 운행데이터를 이용하여 32개 시군 지역에 대한 운행 현황 및 특성을 분석하고 교통소외지역의 모빌리티 서비스 도입 시 운영형태를 결정하는 모형을 제시하였다. 공공형 택시의 운행 현황을 통해 고령인구, 서비스 운행 현황, 공급 현황을 파악하였고, 주요 승하차 지점 및 수요 밀집 지역 및 서비스 영역, 시간대별 수요발생량을 분석하여 최종적으로 운영계획 수립 시 운영전략으로 활용할 수 있는 서비스 운영형태 결정 모형을 제시하였다.

운행 현황 분석 결과, 시 지역보다는 군 지역에서 고령자 비율이 높게 나타났고 특히 예천군(61%), 합천군(58%)은 격자 내 인구 절반 이상이 65세 이상 인구로 고령화 비율이 상당히 높은 것을 확인하였다. 1회 이용 시 운행 거리와 이용요금을 통해 장거리 이동 후 개별 목적지로 이동하기 위해 동승보다는 1인 탑승 형태로 이용되고 있어 이런 경우에는 합승보다는 개인 맞춤형 서비스인 1:1 서비스를 운영하는 것이 바람직할 수 있음을 확인하였다. 또한 주거지(34%), 시내(18%), 마을회관(14%) 순으로 많이 방문하고 있고, 주요 승하차 지점을 고려한 서비스 운영계획 수립이 필요하다. 수요밀집지역과 서비스 영역을 통해 지역별 평균 약 6개의 클러스터가 도출되었고, 클러스터별 평균과 시간대별 수요발생량을 고려하여 최종적으로 서비스 운영형태 결정 모형을 운영전략으로 제시하였다.

서비스 운영형태 결정 모형을 반영하여 서비스를 도입하기 위해서는 지역 주민들의 이용 패턴과 서비스의 재정적 타당성, 서비스 운영유형의 다양성 등을 고려해야 할 것이다. 정기적인 주민 이용 실적 모니터링을 통해 서비스에 대한 피드백을 수집하고, 운영계획에 빠르게 반영하는 프레임워크를 마련함으로써 서비스의 적절성과 효율성을 지속적으로 개선해 나가야 한다. 지역별 서비스 운행거리, 이용빈도, 예산 규모 등을 고려한 통합적인 교통서비스 제공 구조를 정립해야 한다. 문경시, 부안군 같이 운행차량 대비 일수요발생량이 낮은 지역이나 장수군, 순천시와 같이 높은 지역은 차량 및 운전자의 적정 규모와 지원 예산의 재무적 타당성을 면밀히 검토함으로써 자원의 효과적인 분배를 달성해야 한다. 이와 같은 전략적 접근을 통해, 교통소외지역 주민들의 교통서비스를 더 효과적이고 편리하게 이용할 수 있도록 하며 궁극적으로 지역거주민들의 이동성 및 접근성을 향상시키는 데 기여할 수 있을 것이다.

Funding

This work was supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(22AMDP-C160549-02)

알림

대한교통학회 및 대한국토도시계획학회 공동학술대회(2023.10.12.)에서 우수논문으로 선정된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

ORCID

KIM, Ahreum http://orcid.org/0000-0002-8017-0020
LIM, Seo Hyun http://orcid.org/0000-0003-4132-4098

REFERENCES

Ghamarian I., Marquis E.A. (2019), Hierarchical Density-based Cluster Analysis Framework for Atom Probe Tomography Data, Ultramicroscopy 2019, 200, 28-38.

Ibrahim R., Shafiq M.O. (2018), Mining Trajectory Data and Identifying Patterns for Taxi Movement Trips, In Proceedings of the 2018 Thirteenth International Conference on Digital Information Management (ICDIM), Berlin, Germany, 130-135.

IPART (2017), Maximum Fares for Rural and Regional Bus Services

Kim G.H., Lee S.G., Bae Y. G., Lee J. H. (2019), A Study on Enhancing Equity of Advanced Transportation Services: Focusing on Shared-use Mobility, Korea Research Institute for Human Settlements.

Lee J.B. (2020), A Study on the Introduction of Public Taxi in Daejeon (대전시 공공형 택시 도입 연구), Daeheon Sejong Research Institute, Policy Research Report.

Lentzakis A.F., Seshadri R., Akkinepally A., Vu V.A., Ben-Akiva M. (2020), Hierarchical Density-Based Clustering Methods for Tolling Zone Definition and Their Impact on Distance-Based Toll Optimization, Transp. Res. Part C Emerg. Technol, 118.

Lyu Y., Chow C. Y., Lee V. C., Ng J. K., Li Y., Zeng J. (2019), CB-Planner: A Bus Line Planning Framework for Customized Bus Systems, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 101, 233-253.

Ma X., Liu C., Wen H., Wang Y., Wu Y. J. (2017), Understanding Commuting Patterns Using Transit Smart Card Data, Journal of Transport Geography, 58, 135-145.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) and Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA) (2023), Guidelines for Operation of Urban Transportation Model (City) and Rural Transportation Model (County) in 2023 (2023년 도시형 교통모델(시), 농촌형 교통모델(군) 운영지침)

Ministry of the Interior and Safety (MOIS) (2021), 2021-66.

Papanikolaou A., Basbas S., Mintsis G., Taxiltaris C. (2017), A Methodological Framework for Assessing the Success of Demand Responsive Transport (DRT) services, Transportation Research Procedia, 24, 393-400.

Shanthappa N. K., Mulangi R. H., Manjunath H. M. (2023), The Spatiotemporal Patterns of Bus Passengers: Visualisation and Evaluation using Non-negative Tensor Decomposition, Journal of Geovisualization and Spatial Analysis, 7(1), 9.

Song G.Y., Lee H.D., Kang Y.C., Kim Y.S., Park S. Y., Song G. H. (2009), A Study on the Demand Response Bus (DRT) System in Gyeongsangnam-do (경남의 수요감응형버스 (DRT) 시스템에 관한 연구), Gyeongnam institute, 1-117.

Tao S., Rohde D., Corcoran J. (2014), Examining the Spatial-Temporal Dynamics of Bus Passenger Travel Behaviour Using Smart Card Data and the Flow-Comap, J Transp Geogr, 41, 21-36.

TCRP Report 140 (2010), A Guide for Planning and Operating Flexible Public Transportation Services, Research sponsored by the Federal Transit Administration in cooperation with the Transit Development Corporation, Washington D.C., US.

Zhang D.Z., Lee K., Lee I. (2018), Hierarchical Trajectory Clustering for Spatio-Temporal Periodic Pattern Mining, Expert Syst. Appl 2018, 92, 1-11.