

# 교통약자 유형별 공유형 자율주행 자동차의 이동경로에 대한 기초연구\*

김선주\*\* · 김건욱\*\*\* · 장원준\*\*\*\* · 정원웅\*\*\*\*\* · 민현기\*\*\*\*\*

## 〈목 차〉

I. 서론	IV. 주요 운행경로와 주변 배후지 관련성 분석
II. 이론적 배경	4.1 랜덤포레스트 모형
2.1 특별교통수단에 대한 선행연구 고찰	4.2 모형추정
2.2 교통약자 유형별 통행행태 분석 연구	4.3 모형추정 결과
2.3 공유형 자율주행 자동차 연구	V. 결론
III. 특별교통수단의 공간적 통행특성 분석	5.1 분석결과 요약
3.1 데이터 수집	5.2 연구 시사점 및 한계
3.2 데이터 전처리	참고문헌
3.3 데이터 공간결합	<Abstract>
3.4 교통약자 유형별 통행특성 분석	

## I. 서론

교통약자란 장애인, 고령자, 임산부, 영유아, 어린이 등 일상생활에 있어 이동에 불편함을 느끼는 사람을 의미한다(박지원 등, 2020). 이러한 소수의 교통약자에게도 안전하고 편리한 이동 서비스가 제공될 수 있도록 다수의 연구

가 진행되고 있으며(이규진, 김숙희, 2016), 지자체에서도 교통약자 전용의 이동 서비스를 운영하고 있다. 대구시에서는 교통약자들을 위한 특별교통수단으로 ‘나드리콜’ 서비스를 운영하고 있으며, 2009년 30대 차량을 시작으로 매년 증가하는 수요에 대응하기 위해 지속적으로 공유차량을 제공하여, 현재까지 408대의 차량이

\* 본 논문은 2022년 산업통상자원부 지원 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (수탁번호:P0018434).

\*\* 영남대학교 경영학과, ty5679@naver.com(주저자)

\*\*\* 대구디지털혁신진흥원 빅데이터활용센터, aut7767@dip.or.kr(교신저자)

\*\*\*\* 대구디지털혁신진흥원 빅데이터활용센터, dnjswns0913@gmail.com

\*\*\*\*\* 경북대학교 컴퓨터학부, wonoong27@gmail.com

\*\*\*\*\* 대구디지털혁신진흥원 빅데이터활용센터, hyeonkeemin@gmail.com

교통약자들의 주요 이동수단으로 활용되고 있다.

2022년부터 개선되는 보건복지부의 장애인 취업지원 정책 계획에 따르면 장애인 일자리는 전년 대비 10.6% 확대되었으며, 장애인의 사회 활동 증가로 인해 장애인들의 이동과 교통수단 활용이 지속적으로 증가할 것이라고 예상되고 있다. 또한 국내 고령화가 급속하게 진행되어, 현재 추세로 2025년에는 국내 대다수의 도시들이 초고령사회에 진입할 것으로 예상하고 있다.

최근 4차 산업혁명으로 빅데이터, 인공지능, 자율주행, 공유자동차 등의 키워드가 교통분야에 있어 주요 연구로 수행되고 있으며, 특히 공유형 자율주행 자동차(Shared Self-Driving Car)는 도시 내 교통시스템과 활동인구 변화에 있어 특이점(Singularity)이 될 것으로 전망되고 있다.

자율주행 자동차는 주행환경 데이터를 수집하고, 다양한 알고리즘을 적용하여 도로 상황에 맞는 판단을 내려 운전자 없이 운행하는 기술을 말하며(Science On, 2018), 국내 대표적인 자동차 기업인 현대자동차에서는 2030년까지 완전 자율주행 자동차 출시를 계획하고 있으며, 현대모비스에서는 상용화를 목표로 사업을 진행 중이다. 그 외의 글로벌 기업들도 2025년 약 50조원의 자율주행 시장규모를 전망하였으며, 2040년대에는 미국내 차량 75%가 자율주행 자동차로 대체될 것으로 예상하였다(김상곤 등, 2020). 또한 조상리(2021) 연구에서는 자율주행자동차가 차세대 모빌리티로 주목받고 있으며, 이러한 교통수단이 사회 전반에 미치는 영향력을 강조하는 것이 자율주행자동차의 수용을 높일 수 있다고 제안하였다.

따라서 교통약자들의 사회활동이 증가하고 초고령화 사회로 진입하고 있는 최근 환경을 중심으로 공유형 자율주행 자동차가 교통약자들의 편리한 이동을 지원하기 위해 수년 내 상용화될 것으로 예상되며, 기술적 환경을 고려하였을 때 현시점에서 교통약자들을 위한 공유형 자율주행 자동차에 대한 기초연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 향후 교통약자를 위한 공유형 자율주행 자동차 인프라를 점진적으로 확산할 수 있도록 대구광역시를 사례로 이용자의 효율적인 접근이 가능한 교통약자 유형별 주요 이동 경로를 분석하고, 주요 경로의 배후지 토지이용과 도로망에 대한 기초 연구를 수행하고자 한다. 따라서 현재 운영되고 있는 특별교통수단의 이동경로와 공유형 자율주행 자동차의 경로가 유사할 것이라고 가정하였고, 특별교통수단의 이동경로를 분석하고 데이터를 학습하여 향후 공유형 자율주행 자동차의 이동경로를 예측하고자 한다. 해당 분석결과를 통해 교통약자를 위한 공유형 자율주행 자동차 관련 인프라 설치에 관한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 특별교통수단에 대한 선행연구 고찰

특별교통수단이란 이동에 심한 불편을 느끼는 교통약자의 이동을 지원하기 위하여 휠체어 탑승설비 등을 장착한 차량을 의미하며(교통약자의 이동편의 증진법, 제2조8호), 국내의 경우 부산의 두리발, 광주의 새빛콜, 대전의 사랑콜,

<표 1> 특별교통수단 관련 연구

저자(년도)	연구 목적	연구 방법
박소연 등(2021)	특별교통수단 장기 대기수요 관리	소셜 네트워크 분석, 공간 자기상관 분석
박지원 등(2020)	특별교통수단의 분산형 차고지 배치효과 탐색	분산형 차고지 효과평가를 위한 모형개발
김건욱 등(2020)	특별교통수단 통행특성, 특별교통수단의 통행과 기상과의 관계 분석	기술통계분석, 선형회귀모형
Mogaji and Nguyen(2021)	장애이용자의 교통 만족도	설문지법, 면접법

울산의 부르미 등이 장애인 교통지원 콜택시로 활용되고 있다.

본 연구에서는 대구시에서 운영하고 있는 특별교통수단인 나드리콜 서비스를 대상으로 연구를 수행하고자 한다. 특별교통수단 관련 선행 연구는 <표 1>과 같이 나타나며, 세부적인 내용은 다음과 같다. 국내 연구로 박소연 등(2021)은 특별교통수단의 장기대기수요를 정의하고 사회연결망분석(SNA)을 활용하여 연결중심성, 매개중심성 등을 도출하여, 외곽지역의 차고지 개발, 병원과 터미널 간 노선개발 등 특별교통수단에 대한 정책적 시사점을 제안하였다.

박지원 등(2020)은 특별교통수단 운영 효율성 관리를 위해 차고지의 분산배치에 대한 개선 효과를 분석하였으며, 분석결과 특별교통수단의 차고지를 분산 배치 할 경우 탄력적인 수요 대처, 총 이동시간 및 이동거리 감소, 운영비 및 유지관리비 등 예산 감소의 효과가 있는 것으로 분석되었다.

김건욱 등(2020)은 대구광역시 특별교통수단의 시공간적 통행특성을 기술통계로 분석하였으며, 통행수요와 기상 간 관련성을 분석하였다. 따라서 복지관 및 병원을 목적지로 하는 대용량 이동수단의 필요성, 장기대기수요 관리를

위한 일반택시와의 연계, 복지관 프로그램의 시간대 분산, 적설 및 강우발생에 따른 재가방문 복지 등의 정책적 아이디어를 제안하였다.

국의 사례로는 Mogaji and Nguyen(2021)가 설문면접법을 통해 장애인의 교통수단 이용 만족도를 조사하였으며, 교통수단 이용 시 장애인 탑승객의 니즈 파악과 포괄적인 서비스 제공이 중요한 점이라고 분석하였다. 이에 휠체어 이용자를 위한 시청각적 알림을 제공해야 하며, 스타트업 기업과 사회적 기업의 경우 장애인을 위한 공유 교통수단을 통해 서비스를 차별화할 수 있다는 정책적 시사점을 제공하였다.

## 2.2 교통약자 유형별 통행행태 분석 연구

교통약자를 세부 유형으로 구분하여 통행행태를 분석한 연구는 <표 2>와 같다. 이규진과 김숙희(2016)는 수원시 특별교통수단에 대한 고령자와 임신부의 운영 및 통행특성을 분석하여, 이용 활성화 방안에 대해 제안하였다. 분석결과로 휠체어용보다 미휠체어용 특별교통수단의 차량 공급 확대, 주말 이용을 활성화하기 위한 문화 및 여가 프로그램과의 연계를 제안하였다.

윤대식과 신길수(2011)는 교통약자를 고령

<표 2> 교통약자 유형별 통행행태 분석 연구

저자(년도)	연구 목적	교통약자 유형
이규진, 김숙희(2016)	수원시 특별교통수단을 위한 노약자 및 임산부의 이용특성 분석	고령자, 임산부
윤대식, 신길수(2011)	교통약자의 편의시설 만족도와 불편사항 탐색	고령자, 영유아, 임산부
김원호 등(2008)	장애유형별 교통수단 이용 시 필요한 맞춤 정보 제공	외부신체장애, 시각장애, 청각 및 언어장애
김응철, 김태호(2009)	장애유형별 대중교통노선 탐색	외부신체장애, 시각장애, 청각 및 언어장애
Bylund et al(2007)	특별교통수단 이용 시 부상률 조사	고령자, 장애인

자, 영유아 동반자, 임산부, 장애인으로 나누어 이동편의시설에 대한 만족도와 불편사항에 대해 조사하였으며, 교통약자 유형별로 버스, 터미널, 육교 등 각 이동편의시설의 개선점에 대한 정책적 시사점을 제공하였다.

김원호 등(2008)은 교통약자를 지체장애인, 시각장애인, 청각 및 언어 장애인으로 분류하여 유형별 통행행태를 분석하였으며, 교통약자 유형별 맞춤형 정보 제공의 필요성을 강조하였고, 지체장애인의 경우 시설물 개선과 위치정보, 시각장애인은 동선 정보와 음성서비스, 청각 및 언어 장애인은 시각적으로 눈에 띄는 안내 정보 서비스를 맞춤형으로 제공하는 방법 등 정책적 시사점을 제안하였다.

김응철과 김태호(2009)는 교통약자를 지체 장애인, 시각장애인, 청각 및 언어 장애인으로 나누어 교통약자의 요구사항을 반영한 대중교통 경로를 탐색하였으며, 연구 결과로 교통약자 유형별 보행속도, 환승횟수, 선호시설, 선호수단 등을 고려하여 교통약자를 고려한 최적의 경로를 도출하였다.

Bylund et al(2007)은 교통약자를 고령자와 장애인으로 설정하여 특별교통수단 이용 중의

부상률을 분석하였으며, 장애인과 고령자의 경우 외부 교통사고로 인한 부상이 아닌 승차와 하차 과정에서 부상의 발생 빈도가 높은 것으로 분석되었다. 따라서 교통약자를 대상으로 승하차 과정에서의 안전성 확보를 제안하였다.

### 2.3. 공유형 자율주행 자동차 연구

최근 교통분야에 있어 자율주행 연구가 활성화되고 있으며, 특히 이동이 불편한 장애인들의 경우 공유형 자율주행 기술로부터 높은 사회적 편익이 발생될 것으로 예상하고 있다. 공유형 자율주행 자동차와 관련된 선행연구는 <표 3>과 같이 나타나며, Chen et al(2016)은 공유형 전기차량을 대상으로 충전소의 유형, 위치에 따라 시나리오별 시뮬레이션을 통해 충전소의 성능과 위치가 인프라 구축에 있어 중요한 요소임을 도출하였다.

Zhang et al(2015)은 공유형 자율주행 자동차가 도시의 주차공간에 미치는 영향에 관해 분석하였으며, 공유형 자율주행 자동차가 도시의 주차공간 수요를 감소시켜 주차공간에 대한 운영 효율성이 증가할 것으로 분석하였다.

<표 3> 공유형 자율주행 자동차 연구

저자(년도)	연구 목적	연구 방법
Chen et al(2016)	공유형 전기차 충전소의 성능과 위치가 기반시설 건설에 미치는 영향	시나리오 시뮬레이션
Zhang et al(2015)	공유형 자율주행 자동차가 도심의 주차공간에 미치는 영향	모델 시뮬레이션
김진욱 등(2021)	공유형 자율주행 자동차의 주요 이동경로 예측	머신러닝, 공간분석

그 외에도 김진욱 등(2021)은 공유형 자율주행 자동차의 이동경로 및 주행행태가 현재 운영 중인 택시와 유사하다고 가정하였고, 공유형 자율주행 자동차의 이동경로를 예측하여 분석을 수행하였다. 분석결과 지하철역까지의 거리, 간선도로, 유동인구 수, 카드매출 실적, 대중교통까지의 거리 등의 변수가 자율주행 이동경로에 주요한 변수로 도출되었으며, 이에 따른 정책적 시사점도 제안하였다.

이상의 선행연구들은 교통약자들의 통행특성을 분석하고 대기시간 절감, 통행 수요 예측, 장애인·고령자·임산부 등 교통약자의 유형별 통행특성을 분석하여 정책적 시사점을 제언한 장점이 있으나, 최근 중요시되고 있는 자율주행과 교통약자와 관련된 연구는 부재한 상황이다.

이에 본 연구에서는 교통약자들이 주요 교통수단으로 이용하고 있는 특별교통수단 승하차 이력 데이터를 활용하여, 교통약자 유형별로 주요 이동경로를 도출하고, 주변 배후지 토지이용 및 도로망 특성과의 관계를 분석하고자 하는 점이 선행연구와의 차별성이라 할 수 있다. 또한 이러한 연구 결과를 기반으로 향후 교통약자를 위한 공유형 자율주행 자동차에 대한 시사점을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

### Ⅲ. 특별교통수단의 공간적 통행특성 분석

#### 3.1 데이터 수집

본 연구에서는 교통약자들의 유형별 통행 특성을 분석하기 위해 대구시설공단에서 운영하는 특별교통수단인 나드리콜 승하차 자료를 이용하였으며, 데이터의 수집 기간은 코로나로 인한 통행 변화의 영향을 배제하기 위해 2018년 1월 1일부터 2020년 2월 17일까지로 설정하여 총 2,246,745건의 통행 데이터를 분석에 활용하였다. 이는 국내 코로나 대유행이 시작한 시점인 2020년 2월 18일(31번째 확진자 발생)을 고려하여 연구의 시간적 범위를 조정하였다. 또한, 특별교통수단을 통해 이동하는 주요 경로와 주변 건물유형 특성 간 관련성을 알아보기 위해 공공데이터와 민간데이터를 이용하였으며, 공공데이터는 행정안전부에서 제공하는 용도별 건물정보 및 버스와 지하철의 위치 정보, 국토정보플랫폼의 고령 인구 데이터를 활용하였다. 그리고 유형별 주요 경로와 출발, 도착지 간 실제 도로 기반의 거리를 산출하기 위해 OpenStreetMap을 활용하였다.

사용된 자료의 세부 구성 요소는 <표 4>와

<표 4> 데이터별 구성요소

데이터	구성요소
특별교통수단 승하차 자료	날짜, 시간, 장애유형, 출발시간, 도착시간, 대기시간, 운행시간, 좌표 등
대중교통 위치정보	지하철역, 좌표, 버스정류장명
용도별 건물정보	용도별 건물 분류코드
도로 네트워크	도로유형, 도로명, 도로길이, 교량, 간선도로

같다. 우선 특별교통수단 승하차 이력 데이터의 경우 연구 목적으로 비식별화된 데이터를 이용하였으며, 해당 데이터는 통행별 승하차 날짜 및 시간, 배차 성공 시간, 출발 및 도착 위경도 좌표, 장애 유형으로 구성되어 있다. 그 외 활용 데이터로는 버스 및 지하철 등 대중교통 데이터와 용도별로 분류된 도로에 인접한 건물, 도로 네트워크 데이터를 활용하였다.

### 3.2 데이터 전처리

교통약자들의 유형별 통행 특성을 파악하기 위해 데이터의 이상치(Outlier)를 제거하고, 파생변수를 추가적으로 생성하였으며, 세부적인 전처리 과정은 다음과 같다.

첫째, 공간적 범위는 대구광역시로 설정하여 출발지와 도착지의 좌표 중 범위를 벗어나는 데이터는 제거하였으며, 결측치가 존재하는 데이터 또한 제거하여 전처리를 수행하였다.

둘째, 수집된 특별교통수단 승하차 이력 자료의 경우 출발지와 도착지의 위경도 좌표만 존재하고 운행 경로 정보가 존재하지 않았다. 이에 파이썬 OSMnx 라이브러리를 활용하여

지도기반의 운행경로를 최단경로 알고리즘(Shortest Path)으로 추정하였다.

셋째, 특별교통수단의 승차 대기시간을 도출하기 위해 승객이 승차를 희망하는 시간과 실제 승차시간의 차이로 정의하여 계산하였고, 특별교통수단의 통행 소요시간을 산정하기 위해 승객 하차시간과 승객 승차시간의 차이를 계산하여 파생변수를 생성하였으며, 승차 대기시간과 통행 소요시간을 생성하기 위해 활용한 식은 다음과 같다.

$$\text{승차 대기시간} = \text{승객 승차 희망시간} -$$

$$\text{배차 성공시간}$$

$$\text{통행 소요시간} = \text{승객 하차시간} - \text{승객 승차시간}$$

이때, 대기시간과 통행시간이 비정상적으로 높은 이상치를 제거하기 위해 머신러닝 모형인 Isolation Forest<sup>1)</sup> 모형을 활용하여 총 2,246,745건 중 44,864건을 제외한 2,201,881건을 최종 분석에 활용하였다.

마지막으로 특별교통수단을 주로 이용하는 교통약자의 유형은 지체, 뇌병변, 시각 장애인 등 총 13개의 장애유형과 65세 이상 고령자로

1) Tree 기반의 비지도학습기법 중 하나로, 샘플 데이터의 분할(split) 횟수를 점수화하여 정상 데이터와 이상치를 분류하는 기법

<표 5> 교통약자 유형 분류

유형		통행 수	비율 (%)
중분류	소분류		
외부 신체기능의 장애	뇌병변장애	489,369	21.36
	청각장애	30,398	1.38
	언어장애	9,118	0.41
	시각장애	311,984	14.17
	지체장애	470,308	22.23
내부기관의 장애	신장장애	351,241	15.95
	뇌전증장애, 간질	2,419	0.11
	심장장애	4,859	0.22
	호흡기장애	5,136	0.23
	요루장애	1,182	0.05
발달장애	지정장애	136,404	6.20
	자폐성장애	36,109	1.64
정신장애	정신장애	130,977	5.95
고령자	고령자	222,377	10.10
합계		2,201,881	100.00

구성되어 있고, 장애인의 경우 유사한 특성별로 그룹화하기 위해 보건복지부에서 고시한 장애 유형 분류표<sup>2)</sup>를 기준으로 5개 중분류로 그룹화 하였으며, 세부 내용은 <표 5>와 같다.

### 3.3 데이터 공간결합

앞서 전처리한 데이터를 기반으로 공간분석을 수행하기 위해서 공간 결합의 최소 단위를 50M로 설정하여 분석을 수행하였으며, 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS) 프로그램인 QGIS를 활용하여 50M 단위의 격자를 생성하고, 특별교통수단 승하차 이력 데이터, 대중교통, 용도별 건물, 도로네트워크, 고령인구 등의 데이터를 격자 내 결합하였다.

세부적으로는 도로 네트워크의 경우 격자 내 경로별 도로 개수를 계산하였으며, 도로 유형 이외의 속성값은 결측값이 다수 존재해 분석에 활용하기에는 부적합한 것으로 판단하여, 도로 유형 값만 결합을 수행하였다. 또한 대중교통의 위치 정보는 격자 내 중심점(Centroid)에서 가장 가까운 지하철, 버스정류장까지의 거리를 유클리디안 거리(Euclidean Distance) 계산법으로 산출하여 데이터 셋을 구축하였다.

### 3.4 교통약자 유형별 통행특성 분석

본 연구에서는 교통약자 유형별로 그룹 내 특성은 유사하고, 그룹 간 특성으로는 이질적인 통행이 발생할 것으로 가정하였으며, 분석 방법

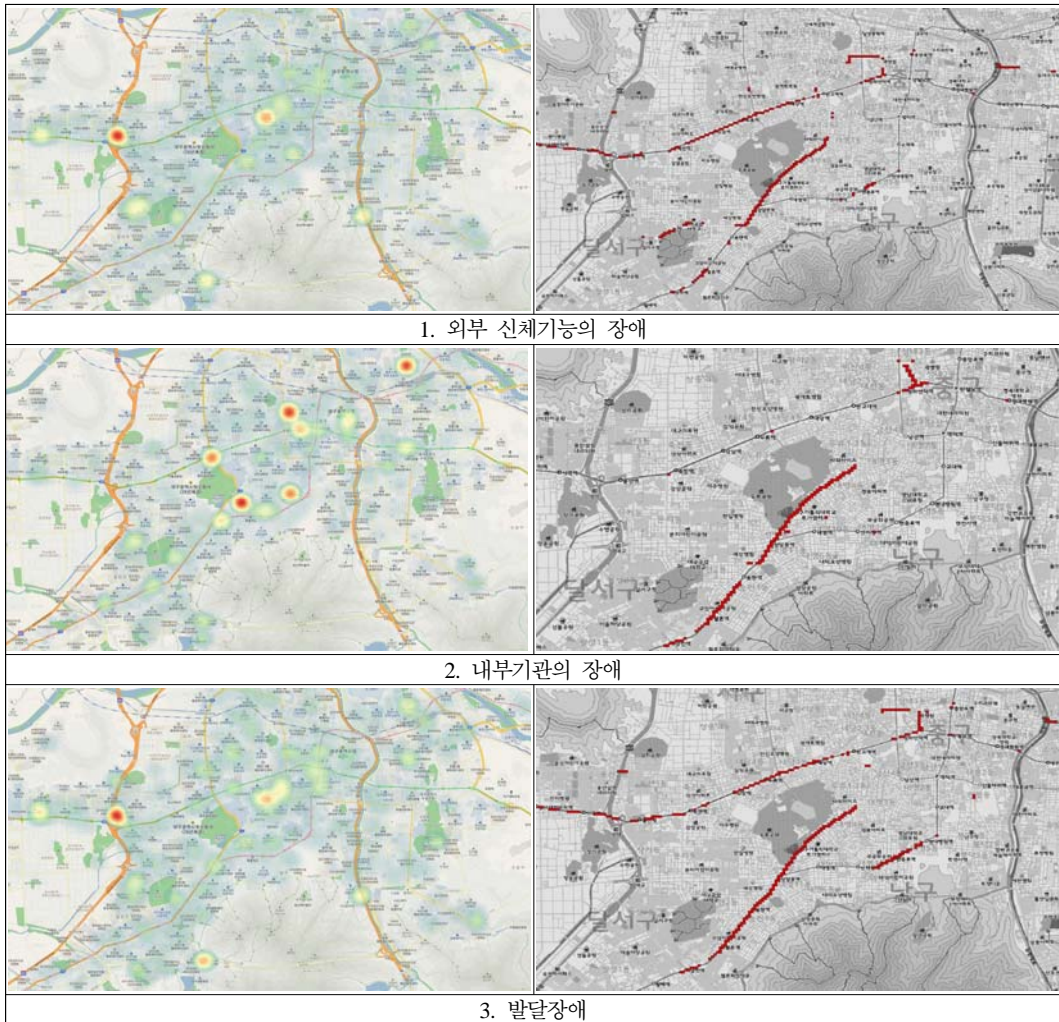
2) 보건복지부 고시 제2017-65호, 장애등급판정기준

은 장애유형 중분류로 그룹화된 유형별 특별교통수단 승차지점의 공간상 분포를 히트맵으로 시각화하였으며, 출발지와 도착지의 정보로 추정된 운행경로 데이터를 지도상에 오버랩(Overlap)하여 주요 이동경로를 비교 분석하였다. 분석결과는 다음 <그림 1>과 같다.

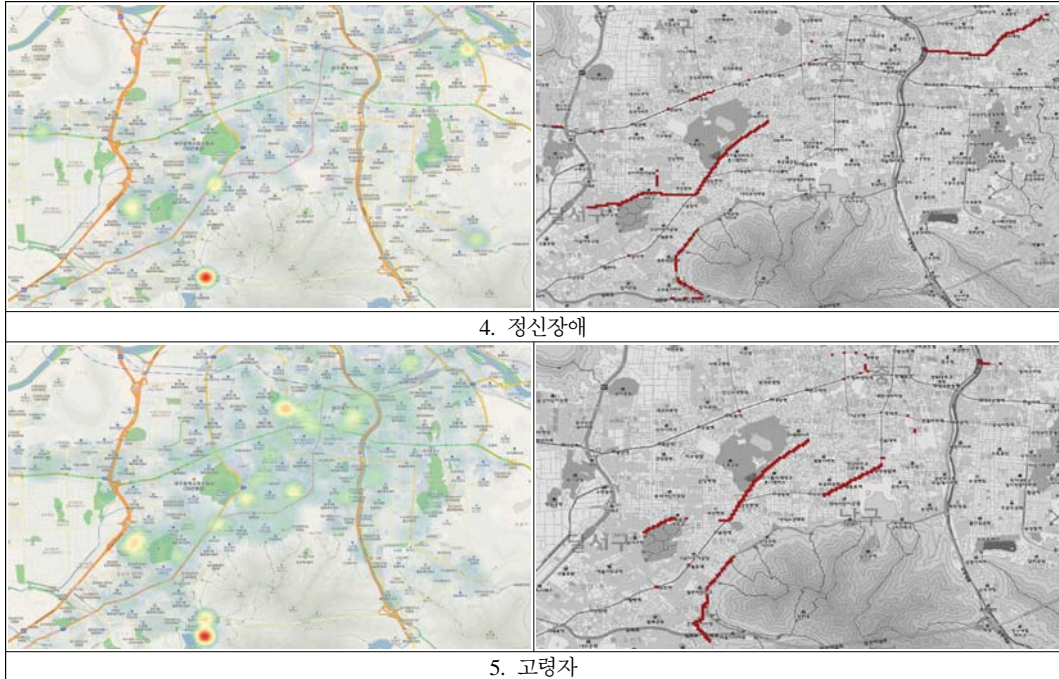
유형별 공통점을 살펴보면 외부 신체기능의 장애와 발달장애, 고령자와 정신장애는 승차 지점과 분포, 통행 경로가 유사함을 알 수 있으며,

그 외 내부기관의 장애의 경우 다른 교통약자 유형과 경로가 상이하게 나타났다. 이를 세부 유형별로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 외부 신체기능의 장애 유형은 지체, 뇌병변, 시각, 청각, 언어, 안면 장애가 포함되어 있으며, 주요 승차지점으로는 종합 복지관, 작은 도서관, 병원 순으로 높게 나타났다. 종합복지관은 용산동, 파동, 신당동, 산격동, 상인동의 복지관이 높게 분포되어 있으며, 일부 종합병원







<그림 1> 교통약자 유형별 특별교통수단의 이동패턴 (좌 : 승차지점 히트맵, 우 : 주요 이동경로)

과 교육시설에서도 높은 것을 알 수 있다. 이로 인해 외부 신체기능 장애의 교통약자들은 장애인 생활 지원 서비스를 활발하게 제공하는 복지관 방문을 주목적으로 이동하는 것을 알 수 있으며, 주요 이동경로는 달구벌대로, 성당대로 일부 구간에 집중되어 있는 것으로 분석되었다.

둘째, 내부기관의 장애 유형은 신장, 심장, 간, 호흡기, 장루·요루, 간질장애가 포함되어 있으며, 종합병원을 중심으로 승차 지점이 분포되어 있음을 알 수 있다. 주요 대학병원인 대구 카톨릭병원, 영남대학교병원, 경북대학교병원에 승차 분포가 높게 나타났으며, 그 외에도 대구파티마병원, 요양원, 개인병원들이 밀집한 지하철 주변으로 승차 분포가 높은 것을 알 수 있다. 주요 이동경로는 성당로에 통행이 집중되어

있는 것으로 확인되었다.

셋째, 발달장애의 승차 분포와 통행 경로는 외부 신체기능의 장애 유형과 유사하게 나타나는 것으로 분석되었으며, 추가적으로 대구대학교 내 특수학교 직업교육관과 작은 도서관, 장애인 야간학교 등 장애인 교육 지원 시설에서도 승차 분포가 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 장애인 교육 지원 시설이 밀집된 지역에서 통행이 이루어져 해당 목적지 주변에 유사한 분포를 보이는 것으로 판단된다.

마지막으로 정신장애와 고령자의 경우 유사한 승차 분포와 통행 패턴을 보이고 있으며, 복지관, 지하철역, 병원, 거주지, 시장 등 생활 서비스 밀집 지역 등의 장소를 방문할 목적으로 통행 분포가 이루어지는 것을 알 수 있다. 주요 경로는 중구에서 동구, 달서구에서 남구로 이

동하는 간선도로로 분석되었다.

## IV. 주요 운행경로와 주변 배후지 관련성 분석

### 4.1 랜덤포레스트 모형

본 연구에서는 교통약자 유형별 주요 운행경로와 주변 배후지 특성과의 관련성을 분석하기 위해 비모수 추정모형(Non-parametric statistics)을 구축하여 변수 중요도(Feature Importance)를 파악하였다. 모형의 종속변수는 격자별 특별교통수단 이용자가 이동한 통행 수로 설정하였고, 독립변수는 용도별 건물 정보, 도로 네트워크, 인구 정보, 대중교통 위치정보로 구성하였다.

모형은 의사결정나무(Decision Tree)에 앙상블(Ensemble) 기법을 적용하여 성능을 고도화한 대표적 모형인 랜덤포레스트(Random Forest) 회귀모형을 활용하였다. 의사결정나무는 특정 변수에 의해 종속 변수가 잘못 분류될 가능성을 예측하고, 노드의 불순도를 감소시키는 변수로 마디를 분할하며, 지니계수를 기반으로 변수 중요도를 판단하고 값이 높을수록 예측하는데 중요도가 높은 변수로 채택한다. 즉, 잘못 분류될 확률을 나타내는 노드의 불순도를 감소시키며 정보 이득(Information Gain)을 최대로 만드는 변수를 중요도가 높은 변수로 채택한다.

랜덤포레스트는 의사결정나무를 고도화하여 예측 성능이 뛰어난 뿐만 아니라, 변수 중요도를 통해 모형을 생성하는 과정에서 특정 변수

가 모형에 미치는 영향을 파악하고, 이를 시각화하여 나타낼 수 있기 때문에 생성된 모형의 해석력을 제공한다는 점에서 데이터 사이언스 분야에 널리 활용되고 있다. 따라서 해당 모형 구축을 위해 파이썬 머신러닝 라이브러리인 Scikit-learn 및 Pycaret을 활용하였으며, 종속변수와 독립변수와의 관련성을 시각화하여 분석하였다.

### 4.2. 모형추정

공간적 범위인 대구광역시 내에서 가로 50M, 세로 50M의 격자 단위로 결합한 데이터 셋 중 도서·산간 등의 종속변수의 값이 없는 지역을 제외한 37,629건의 데이터를 활용하여 모형을 구축하였다.

종속변수는 특별교통수단 이용자가 이동한 통행 수이며, 독립변수는 건물, 도로, 인구, 대중교통 등의 사회과학 요인들로 구성된 총 42개의 변수로 구성되며, 세부적인 내용은 <표 6>과 같다. 또한, 도로 네트워크의 경우 오픈스트리트맵(OpenStreetMap)의 도로등급 기준을 국내 용어로 변환하여 작업을 수행하였다. 통상적으로 모형 구축 시 과적합(Overfitting)을 방지하기 위해 데이터를 훈련용, 검증용, 테스트로 분리하여 학습을 수행하며, 본 연구에서는 훈련용 데이터와 테스트용 데이터를 7:3 비율로 분리하였다. 훈련용 데이터는 추가로 K-Fold 교차 검증(Cross Validation) 기법을 적용하여, 훈련용 데이터를 10개의 데이터 셋으로 나누어, 순차적으로 훈련용 90%, 검증용 10%로 분리 학습하여 모형의 과적합을 방지하였다.

본 연구에서는 정확한 특별교통수단 이용자

의 통행 수를 예측하는 것이 아니라, 도로 유형 및 토지 이용 등 독립변수와의 관련성 분석이 주된 목적이므로 일반적으로 모형 성능평가 지표로 활용되는 MAE(Mean Absolute Error), MSE(Mean Square Error) 등의 지표를 활용하는 대신, 실제값과 예측값의 분포 차이를 커널 밀도추정(Kernel Density Estimation)으로 시각적 적합도를 확인하였다.

커널밀도추정은 관측된 데이터들의 분포로부터 원래 변수의 분포 특성을 추정할 때, 어떠한 사전 정보나 지식 없이 순수하게 관측된 데이터만으로 확률밀도함수를 추정하는 히스토그램(Histogram)에서 불연속성 및 고차원 데이터의 메모리 문제 등을 개선한 방법이다. 이때 커널 함수(Kernel Function)를 활용하여 히스토그램을 정규화 한 뒤 확률밀도로 사용하게 된

<표 6> 변수 구성 및 기초 통계량

변수 구성					기초 통계량	
변수 구분	활용 정보	변수명	변수 설명	변수 유형	평균	표준 편차
중속 변수	격자별 특별교통수단 통행 정보 (5)	External physical disorders	외부 신체기능의 장애 통행 수	수치형 변수	5,248.54	9,214.22
		Internal physical disorders	내부기관의 장애 통행 수	수치형 변수	1,448.09	2,922.52
		Developmental disorders	발달장애 통행 수	수치형 변수	708.66	1,222.36
		Mental disorders	정신장애 통행 수	수치형 변수	484.55	975.11
		The elderly	고령자 통행 수	수치형 변수	783.12	1,475.69
독립 변수	용도별 건물정보 (32)	Residential neighborhood facility	근린생활시설의 수	수치형 변수	2.02	2.76
		Detached house	단독주택의 수		1.64	3.15
		⋮	⋮		⋮	⋮
		Business facility	업무시설의 수		0.01	0.30
	도로 네트워크 (8)	Primary	간선도로의 수	수치형 변수	0.32	0.91
		Secondary	보조간선도로의 수		0.54	1.22
		Tertiary	집산도로의 수		0.36	1.04
		Residential	주거용 도로의 수		2.02	2.76
		Trunk	도시형 고속도로의 수		0.08	0.41
		Motorway	고속도로의 수		0.02	0.21
		Living street	생활도로의 수		0.05	0.52
		Rest area	휴식 구역의 수		0.01	0.02
	인구 정보 (1)	Elderly population	고령인구의 수	수치형 변수	20.06	30.98
	대중교통 위치정보 (2)	Bus stop	버스정류장까지의 거리 (m)	수치형 변수	141.47	145.45
		Subway station	지하철역까지의 거리 (m)		1,418.37	2,498.40

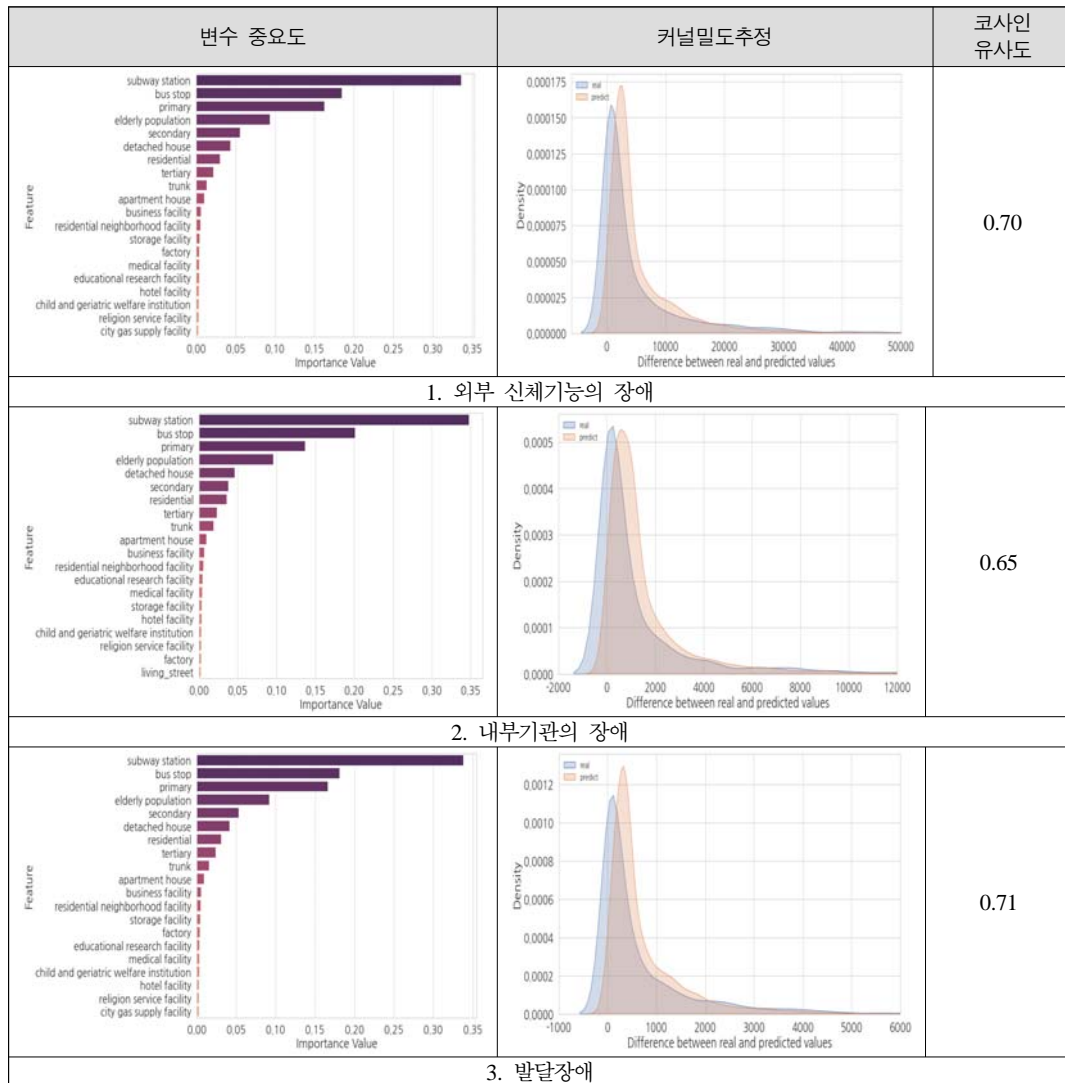
다(다크 프로그래머, 2015).

### 4.3 모형추정 결과

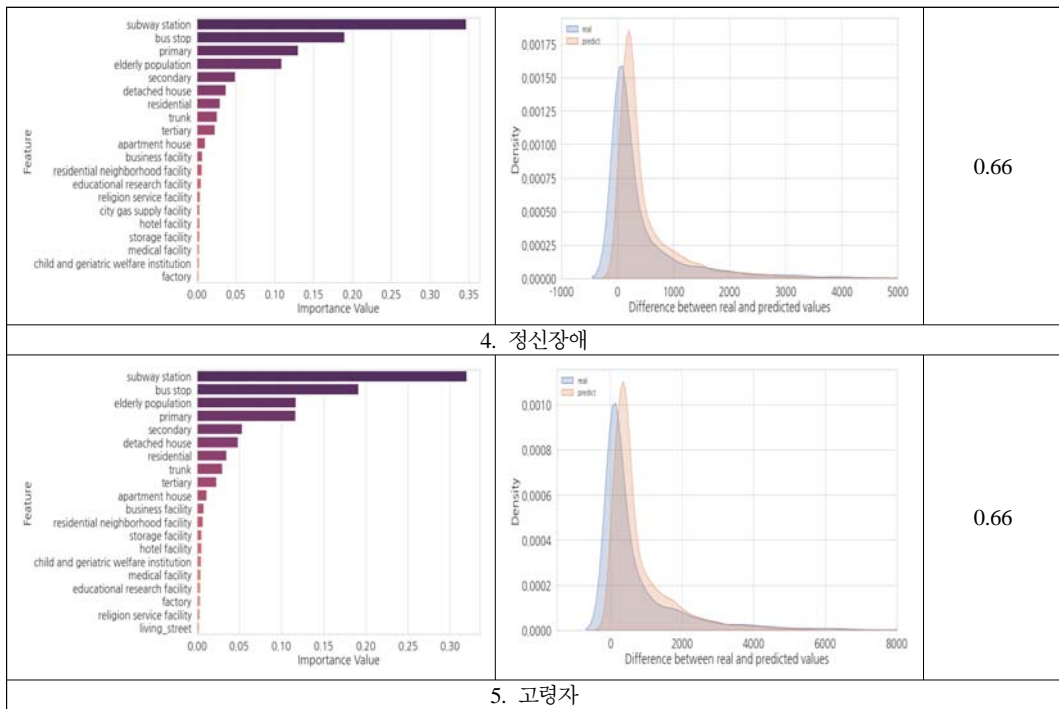
구축된 모형의 변수 중요도와 커널밀도추정 결과 및 모형 적합성을 확인하기 위한 실제값

과 예측값의 코사인 유사도(Cosine Similarity)

3) 추정 결과를 <그림 2>로 나타내었다. 교통약자 유형별 구축 모형의 코사인 유사도 측정 결과 0.65에서 0.71 사이로 나타났으며, 정성훈 등(2017)에 의하면 일반적으로 유사도 측정값이 0.5 이상의 값을 가지는 경우 두 벡터 사이의



3) 두 차원의 공간에서 벡터의 방향을 활용하여 유사도를 계산하는 방법으로 -1에 가까울수록 반대의 성향을, 0인 경우 독립적이며, 1에 가까울수록 유사한 경향을 가지는 것으로 판단



<그림 2> 교통약자 유형별 통행 수에 대한 모형 추정 결과

반응성이 높다고 판단하므로, 구축 모형이 적절하다고 판단된다.

구축된 모형의 변수 중요도를 통해 교통약자들이 주로 이동하는 경로와 도로 유형, 배후지 특성과의 관련성을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 교통약자들이 주로 이동하는 경로의 도로 유형은 간선도로(Primary), 보조간선도로(Secondary)에서 변수 중요도가 높아 해당 도로에서 주로 통행이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

둘째, 용도별 건물정보에서는 단독주택(Detached house), 근린생활시설(Residential neighborhood facility)의 변수 중요도가 높게 나타난 반면, 아파트(Apartment house), 업무시설(Business facility) 등은 낮게 나타났다.

셋째, 변수 중요도를 살펴보면 대중교통 위

치정보에서는 지하철역(Subway station)과의 거리가 가장 높게 나타나며, 버스정류장(Bus stop)과의 거리도 중요도가 높았다. 그 외 고령자 인구도 주요한 변수로 분석되었다.

마지막, 교통약자 유형별 주요 도로와 배후지 특성은 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이를 앞서 분석한 교통약자의 주요 이동경로와 종합하여 살펴보면, 교통약자 유형별 주요 방문 위치와 배후지 특성이 유사하게 나타나, 도로 유형과 배후지 특성은 유사한 것으로 판단된다. 또한 교통약자 유형별 변수 중요도를 정량적으로 비교하고자, 코사인 유사도로 계산하여 살펴보면 <표 7>와 같이 나타나며, 교통약자 유형별 유사도 값이 1에 가깝게 나타나, 교통약자 유형별 주요 도로와 배후지 특성의 차이는 없는 것을 알 수 있다.

<표 7> 교통약자 유형별 변수 중요도의 코사인 유사도

구분	외부 신체 기능의 장애	내부 기관의 장애	발달장애	정신장애	고령자
외부 신체 기능의 장애	1	0.9964	0.9999	0.9957	0.9917
내부 기관의 장애	0.9964	1	0.9958	0.9984	0.9958
발달장애	0.9999	0.9958	1	0.9951	0.9904
정신장애	0.9957	0.9984	0.9951	1	0.9978
고령자	0.9917	0.9958	0.9904	0.9978	1

## V. 결론

### 5.1 분석결과 요약

본 연구 내용을 요약하면 다음과 같다. 우선 교통약자들의 통행 패턴을 파악하기 위해 주요 교통수단으로 활용하고 있는 특별교통수단 승하차 이력 데이터를 분석하였으며, 다양한 유형으로 구분된 장애유형을 보건복지부에서 고시한 장애등급 판정기준에 따라 장애유형을 5개의 중분류로 그룹화하여 유형별 통행 특성을 파악하였다.

장애유형별 통행패턴을 살펴보면 외부 신체 기능의 장애와 발달장애의 경우 장애인 생활 지원 서비스를 운영하는 기관에 방문하는 것을 목적으로 다수의 통행이 발생하였으며, 내부기관의 장애 유형은 주요 경로로 종합병원 인근에 나타나 의료 서비스 밀집 지역을 주로 방문하는 것으로 나타났다. 그 외 고령자와 정신장애 유형은 복지관, 지하철역, 병원, 거주지, 시장 등으로 목적지가 다양하게 분포되어 있음을 알 수 있다.

교통약자들이 주로 이동하는 경로와 도로,

배후지 특성을 머신러닝 모형인 랜덤포레스트로 학습하여 변수 중요도를 도출하였으며, 분석결과 교통약자 유형별 변수 중요도의 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 대다수 교통약자들이 이동하는 도로의 유형은 간선도로, 보조간선도로로 나타났으며, 배후지 건물의 용도는 근린생활시설, 단독주택의 통행이 높은 반면, 아파트, 비즈니스 시설 등은 낮게 분석되었다. 그 외 지하철역, 버스정류장까지의 거리도 중요한 변수로 분석되었으며, 고령자 인구도 중요한 변수로 도출되었다.

### 5.2 연구 시사점 및 한계

본 연구는 교통약자의 사회적 활동 증가, 빅데이터 및 인공지능 기술의 발전으로 본격적인 자율주행 시대에 접어든 현시점에서 교통약자들을 위한 자율주행의 기초연구를 제공하기 위해 수행되었다. 기존 선행연구는 교통약자를 위한 이동편의 증진계획을 수립할 때 실시한 설문조사 기반의 연구가 대다수이며, 최근 통행수요, 대기시간 분석 등의 빅데이터 분석이 수행되고 있으나, 자율주행과 관련된 기초연구는 전

무한 상황으로 거시적인 관점에서 교통약자의 유형별 통행패턴을 분석하고, 주요 이동경로와 도로, 배후지 특성과의 관련성을 분석한 점에 연구의 의의를 두고 있다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 교통약자의 통행패턴을 분석한 결과 보건복지부에서 고시한 장애 유형 중분류 그룹 간에도 통행이 유사한 그룹과 이질적인 그룹으로 분류할 수 있다. 외부 신체기능의 장애와 발달장애, 고령자와 정신장애가 유사한 통행패턴을 보이며, 내부기관의 장애는 다른 그룹과는 이질적인 통행패턴으로 나타났다. 본 연구결과를 통해 향후 교통약자 유형별 정책을 수립할 경우, 전략적으로 접근할 수 있는 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 교통약자 유형별 주요 이동 경로를 도출하여 시각적으로 살펴보면, 특정구간에 한정된 통행이 대다수로 이루어져 있으며, 이는 공유형 자율주행 자동차 서비스가 도입될 경우 일반인에 비하여 상대적으로 제한된 구간에서 특정 목적으로 활용될 때 효율적인 운영이 가능하다는 것을 의미한다.

셋째, 교통약자들의 주요 목적지가 종합복지관, 병원, 기타로 구분되는데, 종합복지관과 병원과의 셔틀버스를 운행함에 있어 자율주행 자동차가 도입된다면 수송용량 측면에서 효율성이 높을 것으로 예상된다.

넷째, 교통약자들의 주요 이동경로와 도로 특성과의 관련성을 머신러닝으로 분석한 결과 교통약자 유형별로는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이는 앞서 수행된 이동경로 분석과 종합해 보면 유형별 주요 이동경로의 위치는 상이할 수 있으나, 도로의 특성은 유사한 것을

알 수 있다. 이는 교통약자 유형별로 유사한 도로환경에서 특별교통수단을 이용하고 있으며, 추후 공유형 자율주행 자동차 도입에 따른 필수 인프라, 시설물 설치 시 특정 유형의 도로에 우선적으로 설치하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

마지막으로 주요 이동경로와 주변 배후지 특성 간 변수 중요도를 살펴보면 거주시설로는 근린생활시설, 단독주택 비중이 높게 나타났으며, 대중교통(버스, 지하철역)까지의 거리 또한 중요도가 높은 것으로 분석되었다. 이에 해당 토지용도 지역과 대중교통 시설이 자율주행 인프라와 연계된다면 높은 시너지 효과가 창출될 것으로 기대된다.

본 연구에서의 한계점은 다음과 같다.

첫째, 특별교통수단 승하차 이력자료의 경우 출발지와 목적지의 정보만이 존재하여 이를 지도기반의 경로탐색으로 추정하여 분석을 수행하였으나, 실제 교통약자들의 이동경로와는 일부 상이할 수 있다.

둘째, 특별교통수단을 이용하는 계층이 장애인과 고령자에 한정되어 있어 임산부와 영유아 동반자 등의 교통약자 유형은 반영하지 못하였으며, 추후 해당 계층을 포함하여 연구를 수행한다면, 교통약자 연구에 있어 다양성 측면에서 개선 가능할 것으로 보인다.

셋째, 기존 특별교통수단 차량의 통행패턴이 향후 공유형 자율주행 자동차가 활용되는 경로와 유사할 것으로 가정하고 분석을 수행하였으나, 미래 새로운 교통수단인 UAM(도심형항공모빌리티)의 등장과 재택근무 등의 도시 활동 변화가 이루어질 경우 이에 대한 추가적인 분

석이 필요하다.

넷째, 대구광역시를 중심으로 교통약자 유형별 주요 이동경로, 승하차 지점 등을 분석하였으나, 도시마다 공간적으로 복지관, 병원 등의 시설물의 위치가 상이할 수 있다. 따라서 향후 도시 간 통행거리, 운영 효율을 비교분석 한다면 고도화된 연구가 가능할 것으로 판단된다.

다섯째, 다양한 유형의 장애인들을 그룹화하기 위해 보건복지부에서 고시한 장애유형등급 기준으로 중분류 단위로 그룹화 하였으나, 장애등급, 사회활동 여부, 성별 및 연령 등의 타 기준으로 재그룹화 하여 분석할 경우 더욱 폭넓은 연구가 가능할 것으로 판단된다.

마지막으로 이수진 등(2020) 연구에서 자동차에 탑재된 센서, 사물인터넷 등을 통해 다양한 데이터를 수집하여 자동차 보험의 투명성 및 사기 차단 등의 연구가 수행되었으며, 향후 교통약자를 위한 자율주행자동차의 상용화가 예상됨으로 이와 관련된 연구도 필요할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

김건욱, 손상현, 양미연, 이승협, “딥러닝을 활용한 특별교통수단 (나드리콜) 이용빈도 추정 모형”, 교통기술과정책, 제17권, 제2호, 2020, pp. 43-51.

김건욱, 윤대식, 김종진, “빅데이터를 활용한 교통약자 특별교통수단 통행수요 분석: 대구광역시를 사례로”, 대구경북연구, 제19권, 제2호, 2020, pp. 43-61.

김원호, 이신해, 김시현, “교통약자 유형별 이동

행태분석 및 맞춤형 대중교통정보 제공 방안 연구”, 서울도시연구, 제9권, 제2호, 2008, pp. 105-119.

김응철, 김태호, “교통약자의 환승을 고려한 K 경로탐색 알고리즘 개발”, 서울도시연구, 제10권 제2호, 2009, pp. 147-159.

박소연, 진민하, 강원식, 박대영, 김건욱, “특별교통수단 장기대기수요에 대한 사회 연결망 분석”, 디지털융복합연구, 제19권, 제5호, 2021, pp. 93-103.

박지원, 김진태, 김상민, 김준용, “교통약자 이동권 관리를 위한 특별교통수단 분산배치 효과에 관한 연구-남양주시 사례를 중심으로”, 한국도로학회논문집, 제22권, 제1호, 2020, pp. 95-104.

윤대식, 신길수, “교통약자의 유형별 이동편의 시설 만족도 분석에 관한 연구: 경산시를 사례로”, 지역사회연구, 제19권, 제1호, 2011, pp. 85-107.

이규진, 김숙희, “특별교통서비스의 이용실태 및 활성화 방안 연구: 수원시를 중심으로”, 한국 ITS 학회 논문지, 제15권, 제5호, 2016, pp. 1-11.

이수진, 김애영, 서승현, “자동차보험용 스마트 컨트랙트를 위한 사고정보 기반 신뢰도 산정 모델”, 정보처리학회논문지, 제9권, 제4호, 2020, pp. 89-100.

이윤형, 고령친화도시 조성 위한 장애인 이동권 확보 방안. 울산: URI(울산연구원), 2020.

임서현, 장원재, 탁세현, 박태윤, “자율주행과 공유교통시대의 대중교통서비스 제공 방안”, 한국교통연구원 기본연구보고



- 서, 2018.
- 조상리, 배진현, 정석찬, “자율주행 자동차의 수용의도에 관한 연구-소비자 지식의 조절효과를 중심으로”, 정보시스템연구, 제30권, 제4호, 2021, pp. 95-118.
- 정성훈, 김휘강, 우지영, “빅데이터 기반 침해사고 및 정보보호 정책 정량 분석 방법론”, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제22권, 제10호, 2017, pp. 73-81.
- 경북 산업정책 동향보고서, “지능형 자율주행차 산업 동향 및 전망”, 김상곤 등 기고, 2020.11.02
- 월간교통, “공유교통서비스의 효과적 활용을 위한 법제도 개선방향”, 박준식 기고, 2015.09.30
- 월간교통, “공유경제시대의 교통서비스 현황과 전망”, 장원재 기고, 2015.09.30
- 월간교통, “교통의 신패러다임: 공유교통서비스”, 황기연 기고, 2015.09.30.
- 한국과학기술교육원, “자율주행차의 최신 기술 동향 및 상용화”, 김미영 기고, 2018.09.21
- Bylund, P. O., Wretstrand, A., Falkmer, T., Lövgren, A., and Petzäll, J., “Injuries in Special Transportation Services for Elderly and Disabled—a Multi-methodology Approach to Estimate Incidence and Societal Costs”, Traffic Injury Prevention, Vol. 8, No.2, 2007, pp. 180-188.
- Liu, X., Xu, Y., Gong, Z., and Herrera. F., “Democratic Consensus Reaching Process for Multi-person Multi-criteria Large Scale Decision Making Considering Participants Individual Attributes and Concerns”, Information Fusion, Vol. 77, 2021, pp. 220-232.
- Mogaji, E. and Nguyen, N. P., “Transportation Satisfaction of Disabled Passengers: Evidence from a Developing Country”, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 98, 2021, pp. 102982 -
- Wiseman, Y., “Research Anthology on Cross-Disciplinary Designs and Applications of Automation”, IGI Global, 2022
- 다크 프로그래머, Kernel Density Estimation(커널밀도추정)에 대한 이해, Retrieved May 24, 2022, Available: <https://darkpgmr.tistory.com/147>

**김 선 주 (Kim, Seon Ju)**



현재 영남대학교 일반대학원에서 석사과정에 재학 중이다.

주요 연구 분야는 서비스경영, 데이터 분석, 서비스 운영 관리 등이다.

**정 원 응 (Jeong, Won Oong)**



경북대학교 공학사를 졸업했으며 주요 관심분야는 데이터 마이닝, 딥러닝 등이다.

**김 건 욱 (Kim, Keun Wook)**



영남대학교 공학과와 아주대학교에서 공학석사를 취득하였다. 현재 대구디지털혁신진흥원 빅데이터활용센터 센터장으로 재직하고 있으며, 주요 연구분야는 비즈니스 분석이다.

**민 현 기 (Min, Hyeon Kee)**



현재 대구디지털혁신진흥원에서 전임 연구원으로 근무하고 있으며, 경북대학교 데이터사이언스 대학원 석사과정에 재학 중이다.

주요 관심분야는 머신러닝, 딥러닝, 강화학습 등이다.

**장 원 준 (Chang, Won Jun)**



현재 대구디지털혁신진흥원에서 전임 연구원으로 근무하고 있으며, 경북대학교 데이터사이언스 대학원 석사과정에 재학 중이다.

주요 관심분야는 머신러닝, 딥러닝, 텍스트마이닝, 공간 분석 등이다.

<Abstract>

## **A Basic Study on the Route of Shared Self-driving Cars by Type of Transportation Disability person**

Kim, Seon Ju · Kim, Keun Wook · Jang, Won Jun · Jeong, Won Woong · Min, Hyeon Kee

### **Purpose**

With the recent development of Big Data and Artificial Intelligence technology, self-driving technology has developed into three stages (partial self-driving) or four stages (conditional self-driving), it is expected to bring a new paradigm to transportation in the city. Although many researchers are researching related technologies, there is no research on self-driving for disabled persons. In this study, the basic research was conducted based on the assumption that the shared self-driving car used by the disabled person is similar to the special transportation currently driving.

### **Design**

In this study, data analysis and machine learning techniques were utilized to analyze the mobility patterns of disabled persons by type and to search for leading factors affecting the traffic volume of special transportation.

### **Findings**

The study found that external physical disorders and developmental disorders often visit general welfare centers, internal organ disorders often visit general hospitals, and the elderly and mental disorders have various destinations. In addition, machine learning analysis showed that the main transportation routes for the disabled person use arterial roads and auxiliary arterial roads and that the ratio of building usage-related variables affecting the use of special transportation for a disabled person is high. In addition, the distance to the subway and bus stops was also mentioned as a meaningful variable. Based on these analysis results, it is expected that the necessary infrastructure for shared self-driving cars for disability person traffic will be used as meaningful research data in the future.

**Keyword:** Transportation Disability, Type of Disability, Trip Pattern, Machine Learning, Self-Driving

\* 이 논문은 2022년 4월 27일 접수, 2022년 5월 19일 1차 심사, 2022년 8월 2일 게재 확정되었습니다.