

통행거리빈도분포를 활용한 고속도로 기능 평가 개선 연구

권철우* · 윤병조**

A study on improving the evaluation of motorway functions using Trip Length Frequency Distribution(TLFD)

Kwon, Ceholwoo · Yoon, Byoungjo

Abstract: The purpose of this study is to develop an index for evaluating the function of a new motorway using the travel distance frequency distribution (TLFD) calculated using the vehicle travel route big data, and to overcome the limitations of the evaluation through the existing traffic volume. The mobility evaluation index of motorways was developed by applying it to the TLFD data table in 2019. The smaller the value of the mobility evaluation index of the link is calculated, the more it is a link with mainly short-distance travel, and the higher the value of the mobility evaluation index, the more it means a link with mainly long-distance travel. The accessibility evaluation index was calculated through the result of the mobility evaluation index of all motorways developed, and all motorways were grouped into three groups using K-means clustering. Group A was found to exist inside a large city and consisted of motorways with many short-distance traffic, Group B was investigated as acting as an arterial between groups, and Group C was classified as a motorway consisting mainly of long-distance traffic connecting large cities and large cities. This study is significant in developing a new motorway function evaluation index that can overcome the limitations of motorway function evaluation through the existing traffic volume. It is expected that this study can be a reasonable comprehensive indicator in the operation and planning process of motorways.

키 워 드: 이동성, 접근성, 통행거리분포, 빅데이터, 고속도로

Key Words: Mobility, Accessibility, Trip Length Frequency Distribution(TLFD), Big data, Motorway

1. 서 론

최근 국내의 활발한 도로 사업으로 도로시설의 외형적 규모가 급격히 증가하여 도로 총 연장이 2000년 기준 88,775km에서 2020년 기준 112,977km으로 약 27.3% 증가하였다. 특히 고속도로는 2,131km에서 4,848km로 약 2.27배 증가한 것으로 나타났다(MOLIT, 2021).

이러한 외형적 규모가 증가함에 따라서 도로의 등급 분류와 중앙정부의 관리 도로 지정 등이 새롭게 이루어져 왔고, 일부 도로에서 이러한 외형적 규모 증가에 따른 규정한 도로 등급과 도로의 기능이 상이한 문제가 발생하였다(KRIHS, 2018). 이로 인하여 국가간선도로는 중앙정부의 체계적인 관리가 필수적이거나, 도로등급과 기능의 불일치로 중앙정부의 관리가 필요한 도로인데도 관리대상에서 제외되거나, 지역 내 간선도로로 기능을 하는 도로를 중앙정부가 관리하는 등 효과적인 도로관리에 제약이 발생하였다(KRIHS, 2018). 효율적인 도로 투자가 이루어지기 위해서는 도로 등급에 따른 기능별 특성의 위계체계를 재검토하고, 도로서비스 수준에 따른 도로등급을 재조정할 필요가 있다.

도로의 기능은 이동성과 접근성 두 가지 특성을 통하여 구분된다. 이동성은 통행 시점과 통행

중점 간을 얼마나 빠르게 통행하는가와 관련이 깊고, 접근성은 얼마나 가까이 위치하고 있는가 하는 통행 단계와 관련이 깊다. 두 가지 특성은 상호 배타적인 관계로써, 도로의 이동성이 강조되면 접근성이 희생되고, 접근성이 강조되면 이동성이 희생되게 된다. 이동성을 강조한 대부분의 고속도로의 경우, 진출입로인 IC가 많지 않아, 접근성이 떨어지게 된다. 도로의 이동성과 접근성에 대한 수치적으로 평가할 수 있는 지표는 마련되어 있지 않아, 도로의 특성을 평가하기에는 매우 추상적인 개념으로 볼 수 있다. 현재 고속도로의 기능을 평가하기 위해 활용되는 자료로는 통행속도나 교통량이 유일하다. 통행속도와 교통량은 객관적인 기준으로 이해하기 쉽고 단순하게 도로의 중요도를 비교할 수 있는 지표일 수 있으나, 수집범위, 수집방식 등에서 일부 한계를 지닐 수 있다. 또한 통행속도와 교통량은 차량의 통행거리를 파악할 수 없기 때문에 해당 고속도로의 이동성과 접근성과 같은 도로이용 특성, 교통류 특성 등을 파악할 수 없는 문제를 가지고 있다.

한편, 정보통신 기술의 발전으로 데이터의 수집과 분석과 분석, 저장 기술이 획기적으로 진보함에 따라 새로운 빅 데이터가 등장하고 있으며, 도로교통 분야에서는 차량의 위치정보와 시간이

* 인천대학교 박사과정

** 인천대학교 도시공학과 교수, 교신저자(bjyoon63@inu.ac.kr)

기록된 차량운행경로 빅 데이터가 핵심이 되고 있다. 이를 활용하여 기존에 분석할 수 없었던 도로이용 특성, 교통류 특성 등에 분석이 가능하며, 수집범위가 광범위하여 기존에 교통 데이터가 수집되지 않던 지역의 데이터도 수집이 가능하다. 기존 교통량 데이터는 특정 지점의 교통량만을 수집하였으나, 차량운행경로 빅 데이터는 개별 차량의 기종점, 운행경로, 통행시간 등의 정보 수집이 가능하다(KRIHS, 2018).

이러한 측면에서 본 연구는 운행경로 빅 데이터에서 산출한 통행거리빈도분포(Trip Length Frequency Distribution: 이하 TLFD)를 이용하여 고속도로의 도로 기능을 평가할 수 있는 새로운 지표를 개발하는 것을 목적으로 하며, 기존의 한계를 극복하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같이 진행하였다. 제 2장에서는 관련 문헌을 고찰한다. 제 3장에서는 이동성 평가지표의 개발 과정에 대해서 설명하고 제 4장에서는 연구의 결과를 통해서 연구의 정책적 제언을 설명한다.

2. 관련 문헌고찰 및 시사점

2.1 관련 계획 및 지침 조사

2.1.1 국토교통계획

국토교통부(2021)는 제5차 국토교통계획(2020~2040)을 통해서 국내외 여건 변화에 체계적으로 대응하고 최상위 국가공간계획인 국토종합계획을 수립하였다. 2020년부터 2040년까지의 『국토기본법』 제10조에 대한 기본적·장기적 정책방향을 포함하고 있다. 국토균형발전 정책적 성과에 대한 체감 저조, 지역경제 선순환 구조와 분권형 거버넌스 형성 필요성 증대 등을 국토의 문제 및 과제로 선정하였다. 이를 해결하기 위한 지역발전기반 조성 및 상생형 국가균형발전 등 국가균형발전 전략을 수립하였다.

2.1.2 국가기간교통망계획

국토교통부(2021)는 제2차 국가기간교통망계획(2021~2040)을 통해서 『국가통합교통체계효율화법』 제4조에 의거하여, 국토교통 여건, 기후 등에 따른 복잡·다양한 교통문제에 대해 효율적으로 대응하고, 미래 국가교통의 방향 설정 등을 위해 계획을 수립하였다. 시간적 범위는 2021~2040년이며, 교통시설, 교통수단 및 교통운영시스템 전반에 걸쳐 20년 단위 교통 분야 최상위 법정계획 및 장기·종합 계획에 대해 종합적인 투자방향을 제시한다. 주요 정책 중 국토균

형발전을 위한 교통망 완성 정책 과제가 있으며, 네트워크 효율화를 위해 국가간선도로망 체계를 재정비하고, 광역권 교통편의 제고를 위해 순환·방사형 고속망으로 확대 및 완성을 계획하고 있다.

2.1.3 국가도로망종합계획

국토교통부(2021)는 제2차 국가도로망종합계획(2021~2030)을 통해서 도로망의 건설과 효율적인 관리를 위해 계획을 수립하였다. 『도로법』 제5조에 따른 도로분야 최상위 법정계획이며, 도로정책의 비전·목표 및 추진방향을 포괄적으로 제시한다. 국가교통DB 자료를 활용하여 현재와 장래의 차량주행거리(VKT) 분석을 통해서 필요한 도로연장을 산출하였다. 고속도로의 경우, 도로연장이 2030년 5,306km(458km 증가), 2040년 5,335km(487km 증가)로 건설·확장 필요할 것으로 계획하였다. 국가도로망종합계획의 주요 추진 과제 중 하나로는 국가간선도로망을 지속 확충하여 지역 간 이동성을 강화하고 교통소외지역 접근성 강화를 제시하였다.

2.1.4 도로관리계획

국토교통부(2021)는 제2차 도로관리계획(2021~2025)을 통해서 『도로법』 개정에 따라 고속국도, 일반국도 등의 유지·관리를 위하여 도로관리계획을 수립하였다. 시간적 범위는 2021년~2025년이며, 전국 고속국도와 일반국도를 대상으로 한다. 급변하는 도로이용 환경에 유연하게 대응하는 도로관리체계를 구현하고, IoT와 빅 데이터를 활용하여 도로관리 점검체계를 지능화하고, 통합적 도로관리체계 기반 마련 등을 목표로 하고 있다. 노후 인프라 관리, 도로관리 디지털화, 재난재해 대응 등 도로관리의 중요성이 높아지면서 지속적인 투자소요 증가가 전망하였으며, 이를 고려한 투자계획을 수립하였다.

2.1.5 교통시설 투자평가지침

국토교통부(2017)는 제6차 교통시설 투자평가지침을 통해서 『국가통합교통체계효율화법』 제18조에 따라 교통시설개발사업의 경제적·재무적 종합적 타당성 평가를 함에 있어 교통수요, 비용 및 편익 등의 산정과정·투자평가항목·평가기준 및 평가방법 등에 대하여 필요한 사항을 제시하였다. 이를 통해 교통시설의 투자여부, 투자우선순위, 그리고 투자배분 등 교통시설의 투자효율화에 기여하는 것을 지침의 목적으로 하고 있다. 국가교통DB에서 제공되는 장래의 수단

별 기종점통행량을 활용하여 분석하고, 장래 개발계획 및 존 세분화 등 추가적인 D/D의 보완작업이 필요한 사업의 경우 4단계 수요예측 방법(통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정)에 따라 통행발생량 및 통행분포를 지침에 따라 예측하는 것을 원칙으로 제시하였다. 도로부문 사업에 대한 통행배정 결과는 영업소간 통행량 자료(TCS)를 통해 검토 가능하다.

2.2 관련 연구 고찰

국토연구원(2021)은 도로교통 분야를 포함하는 국내 재정부문의 성과평가체계 전반에 대해 살펴보고, 도로교통 분야 성과지표 활용 현황 등을 통해 장기적인 성과평가체계의 개선 방향에 대해 연구하였다. 도로교통 분야의 역할과 특성 등을 고려하여 단기적으로 다양한 성과지표의 활용 검토와 함께 중장기적으로 성과기반의 계획추진체계 마련 및 모니터링을 강화할 필요가 있음을 강조하였으며, 정부의 성과평가체계와 조화되는 방안에 대해 연구가 필요할 것으로 판단하였다.

국토연구원(2018)은 국내 도로의 등급과 기능의 불일치로 인해 효과적인 도로 관리 제약 발생 문제를 해결하기 위해 네비게이션 데이터를 기반으로 간선기능을 평가할 수 있는 지표를 개발하였다. 고속국도 86개, 일반국도 66개 구간을 대상으로 교통량, 기종점 총 주행거리, OD Pair 수를 산정하였으며, 분석 결과, 고속국도와 일반국도에서 간선기능과 상이한 구간이 발생한 것을 확인하였다. 도로관리체계 개편의 기반 조성을 위한 중앙정부의 능동적인 역할이 필요하며, 간선기능 평가지표의 개발을 위하여 합리적인 평가지표 개발과 검증을 통해 평가지표의 고도화 등이 추진될 필요가 있다고 제시하였다.

서울시정개발연구원(2003)은 서울시 도로교통망의 이동성 수준을 평가하기 위해 분석지표를 확보하고 활용 가능성을 검증하는 연구를 수행하였다. 이동성 지표로 통행시간지표(TTI: Travel Time Index), 출발 도착지 이동경로의 우회정도를 나타내는 CI(Circuitry Index), 네트워크 서비스 질을 거시적으로 분석하는 Tm, n(Two-fluid model parameters)를 제시하였다. 사례분석을 통해 서울시의 적용가능성을 확인하였으며, 속도, 교통량 조사의 한계 탈피 필요, 이동성 지표를 활용한 연례보고서 작성 필요 등 정책적 제언을 하였다.

한국교통연구원(2014)은 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정하고, 기 구축되어 있는 교통 자료를 통해 개별 교통수단별 교통지표를 정의하고 지표산출방안을 제시하는

것을 목적으로 연구를 수행하였다. 2013년을 기준으로 하며, 전국 고속국도, 일반국도, 지방도 등의 차량주행거리(VKT)를 산정하였으며, 차량이 대상 도시에 실제로 주행한 거리를 산정하기 위해 교통량 부재 구간의 교통량을 추정하였다. 차량검지기, 현장조사 및 도로교통량 통계연보를 이용하였으며, 산정 시 발생하는 오차발생의 원인을 회귀모형, 공간통계기법, 민감도 분석을 통해 규명하였다. 향후 전국의 차량주행거리 추정을 위한 기초자료 구축이 필요하며, 도시별 수집지점에 대한 공간적 분포도를 나타내는 지표 개발 등이 필요할 것으로 제시하였다.

이광연 외(2018)는 우리나라 고속도로의 교통망의 연결성을 분석하기 위하여 새로운 접근성 지표의 알고리즘을 제안하였다. 2011년과 2017년 고속도로 교통망을 그래프로 나타낸 운송네트워크를 구하고 그래프 이론의 연결수, 비교거리, 접근지표, 연결도, 산포지수, 지름 등의 개념을 이용하여 2011년과 2017년 우리나라의 고속도로 교통망을 분석하고 비교하였다. 시뮬레이션 분석 결과를 이용하여 고속도로의 운송 네트워크에서 교통의 중심이 되는 도시와 교통이 낙후된 도시를 찾았으며, 교통을 포함한 각종 지역계획과정에서 효율적이고 합리적인 대안선정을 위한 기준이 될 수 있을 것으로 기대하였다.

2.3 시사점 도출

본 논문에서는 도로교통 분야의 평가에 관련한 계획 및 지침과 선행 연구 고찰을 진행했다. 국토도로망의 건설과 효율적인 관리를 위해 국토교통부는 국토종합계획, 국가기간교통망계획, 국가도로망종합계획, 도로건설관리계획 등을 수립하였다. 국가간선도로망 체계를 재정비하여, 지역 이동성을 강화하고 교통소외지역의 접근성 강화를 계획하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 교통시설 투자평가지침을 통해 도로 구간의 도로망 측면에서의 종합적인 타당성 평가사항을 제시하고 있다. 국토연구원(2021)은 도로교통 분야의 역할과 특성 등을 고려한 성과지표의 활용이 필요할 것으로 판단하였다. 국토연구원(2018)은 네비게이션 데이터를 기반으로 간선기능을 평가할 수 있는 지표를 개발하였다. 교통량, 기종점 총 주행거리, OD Pair 수를 활용하여 분석하였다. 서울시정개발연구원(2003)은 서울시 도로교통망의 이동성 수준을 평가하기 위해 분석지표를 확보하고 활용 가능성을 검증하는 연구를 하였다. 개발한 지표로는 통행시간지표, CI 등이 있다. 한국교통연구원(2014)은 차량주행거리를 추정하여 개별 교통수단별 교통지표를 정의하고 지표산출방안을 제시하였다. 전국 도로의 차량주

행거리를 산정하였으며, 교통량 부재 구간의 교통량을 추정하여 연구에 활용하였다. 이광연 외(2018)는 고속도로의 O/D 자료를 활용하여 2011년과 2017년의 운송 네트워크를 통해 고속도로 접근성 지표를 개발하였다. 그래프 이론의 연결수, 비교거리, 접근지표, 연결도, 산포지수, 지름 등의 개념을 활용하였다. 기존 연구를 살펴본 결과, 차량운행경로 빅 데이터를 활용하여 이용자 측면을 직접적으로 고려할 수 있는 지표 개발에 대한 연구는 미흡한 것으로 조사되었다. 이에 본 연구는 정보통신기술의 빠른 발전에 발맞춰 차량운행경로 빅 데이터를 활용하여, 도로의 이용자 특성을 고려한 고속도로의 질적인 평가가 이루어질 수 있는 새롭고 합리적인 지표를 도출하는 것을 목표로 연구를 수행하였다.

3. 고속도로 평가지표 개발

3.1 활용 데이터 정의

본 연구에서 활용한 TLFD 데이터 테이블은 한국교통연구원에서 2019년 차량운행경로 빅 데이터를 기반으로 수집한 자료를 통행거리의 빈도분포로 가공한 자료이다. 데이터 테이블의 Key값으로는 일련번호, 가상 링크 ID, 주중/주말 코드, 도로등급, 도로연장, 시군구 ID, TLFD 합, TLFD 크기가 있으며, Values 값으로는 TLFD(통행거리분포)가 있다. 가상 링크 ID는 6 레벨 네트워크 가상 링크 ID이며, 주중, 주말, 특송일, 공휴일 별로 수집된다. 도로등급은 고속도로, 도시고속도로, 국도, 특별/광역시도, 국가지원지방도, 지방도, 시/군도, 고속도로연결램프로 구분하여 수집되어 있다. TLFD는 최대 500km까지이며, 초과하는 데이터는 제외시킨다. TLFD 데이터 테이블의 총 링크 수는 약 110만 개이고, 본 분석에서는 고속도로의 링크 약 1만 4천개를 활용하였다. 해당 링크에서 수집된 TLFD 자료의 양이 10건 이하로 적은 경우, 데이터의 대표성 및 신뢰성에 문제가 될 수 있을 것으로 판단하여 제외하고 분석을 수행하였다.

3.2 데이터 기술통계

활용 데이터에 대한 기술통계분석을 수행하였다. 고속도로의 TLFD 데이터는 주중과 주말의 13,923개의 링크로 가장 많았고, 다음으로 특송일(13,913개), 공휴일(13,909개) 순으로 나타났다. 평균 링크 길이는 주중과 주말은 704.9km이고 특송일과 공휴일은 705.3km이다. 수집된 개별 차량의 자료의 양을 뜻하는 TLFD의 합의 평균은 주중이 41,254.0으로 가장 많았고, 다음으로 주말

이 20,801.0, 특송일은 3,217.0, 공휴일은 1,971.3 순으로 나타났다. 각 링크의 최대 통행거리를 뜻하는 TLFD의 크기의 평균 또한 주중에서 494.0으로 가장 높았으며, 다음으로 주말에서 489.9, 특송일은 473.2, 공휴일은 463.9 순으로 분석되었다.

Table 1. TLFD 자료 기술통계

| 구분 | 주중 | 주말 | 특송일 | 공휴일 |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 자료수 | 13,923 | 13,923 | 13,913 | 13,909 |
| 링크길이 (m) | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 |
| | 13,418.5 | 13,418.5 | 13,419 | 13,419 |
| | 704.9 | 704.9 | 705.3 | 705.5 |
| TLFD 합 | 33 | 26 | 11 | 11 |
| | 311,816 | 143,650 | 20,659 | 12,418 |
| | 41,254.0 | 20,801.0 | 3,217.0 | 1,971.3 |
| TLFD 크기 | 258 | 211 | 202 | 133 |
| | 500 | 500 | 500 | 500 |
| | 494.0 | 489.9 | 473.2 | 463.9 |

3.3 평가지표 개발 방법론

TLFD 데이터 테이블은 차량운행경로 빅 데이터를 기반으로 전국 6레벨의 각 링크로 주중, 주말, 특송일, 공휴일 별로 1km 단위로 통행거리 분포 테이블을 말한다. 이를 활용한다면 각각의 링크에서 출발한 차량의 통행거리 분포 패턴을 쉽게 확인할 수 있다. 그러나 TLFD 데이터는 하나의 링크의 통행 패턴을 파악할 수 있으나, 방대한 양의 전체 링크의 도로 기능을 평가하기에는 매우 제한적이다. 즉, 패턴의 형태를 통해서 추상적인 개념(예: 단거리 혹은 장거리 주행이 많음)을 파악할 수 있지만, 구체적으로 도로의 기능을 평가할 수 있도록 수치로 전환할 필요성이 있다. 본 연구에서는 전국 단위 6레벨 링크 별로 통행거리가 증가함에 따른 TLFD의 누적합을 산출하여 통행거리 빈도의 분포를 재구성하였다. 이를 활용하여 전체 거리와 TLFD 합의 중합 면적 중에서 TLFD 누적합이 차지하는 면적을 제외한 나머지 면적의 비율을 통해서 해당 링크의 도로 기능을 평가하도록 수치적인 지표를 개발하였다. 평가지표의 개발 단계별 방법은 다음과 같다.

[1단계] TLFD 데이터 테이블을 통해서 해당 링크의 통행길이에 따른 누적된 빈도 합을 계산한다.

[2단계] 해당 링크의 통행길이에 따른 누적된 빈도 합이 차지하는 면적을 계산한다.

[3단계] 전체 거리와 누적된 빈도 합의 중합 면적 중에서 2단계 값을 제외한 값이 차지하는 비율을 계산한다. 즉, 평가 지표의 값은 0.0에서 100.0까지 존재할 수 있다.

링크의 TLFD가 단거리 쪽에 몰려있을수록 이

동성 평가지표의 값은 작아질 것이며, 장거리에 몰려있을수록 이동성 평가지표 값이 커진다.

3.4 고속도로 이동성 평가

TLFD의 데이터 테이블의 통행거리 기반 이동성 평가지표를 산출하여 각 링크의 이동성을 평가하였다.

3.4.1 주중 이동성 평가 결과

주중의 고속도로의 경우의 이동성 평가지표는 평균이 27.7로 다른 일단위 통행특성보다 가장 작게 측정되었다. 이는 주중에 고속도로를 이용하는 주행 차량이 통행 거리가 가장 작다는 것을 의미한다. 표준편차는 9.0으로 다른 일단위 통행특성과 비슷하게 측정되었다. 최솟값은 4.1로 두 번째로 낮았고, 최댓값에 경우 또한 48.4로, 특송일 다음으로 낮은 것으로 조사되었다.

3.4.2 주말 이동성 평가 결과

주말의 고속도로의 경우에서도 이동성 평가지표는 평균 28.1로 주중 다음으로 낮은 것으로 분석되었다. 눈여겨 볼 점으로는 최솟값이 다른 일단위 통행특성에 비해 가장 낮은 1.5로 측정되었다. 이는 주말에는 다른 일자보다 단거리 통행을 보이는 링크가 존재한다는 것을 의미한다. 최댓값은 주중 다음으로 낮은 48.8로 분석되었다.

3.4.3 특송일 이동성 평가 결과

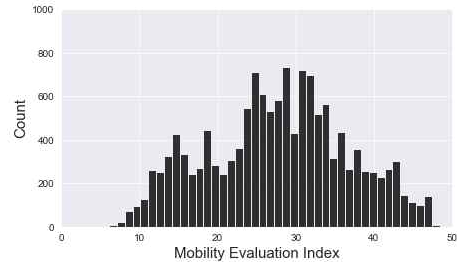
설, 추석 연휴 등 명절의 특수한 도로특성을 보이는 특송일의 고속도로에서는 이동성 평가지표의 값이 30.2로 다른 일단위 통행특성에 비해 가장 높은 것으로 분석되었다. 이는 다른 특송일에 고속도로를 이용할 때 가장 먼 장거리 통행을 보이는 것을 의미한다. 최솟값의 경우 또한 5.4로 다른 일단위 통행특성 보다 높았으나, 특이하게 최댓값의 경우에서 46.8로 가장 작은 값을 보이는 것으로 나타났다. 이는 일부 지역에서 명절 기간의 교통 혼잡을 대비하여 고속도로를 이용한 장거리 통행과 단거리 통행 모두 이루어지는 것으로 추정된다.

3.4.4 공휴일 이동성 평가 결과

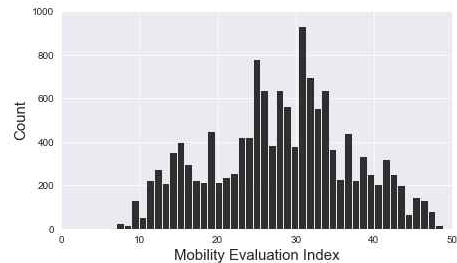
공휴일의 고속도로에서도 평균 이동성 평가지표가 28.4로 특송일 다음으로 높았다. 최댓값은 49.6로 다른 일단위 통행특성에 비해 가장 높았으며, 공휴일에 가장 먼 통행으로 이루어진 링크가 존재하는 것으로 나타났다.

Table 2. 이동성 평가 결과

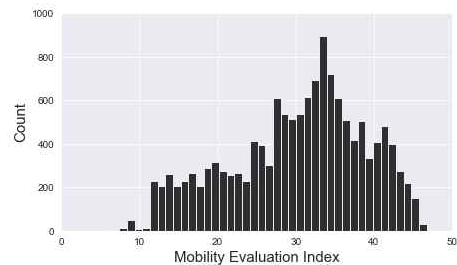
| 구분 | 주중 | 주말 | 특송일 | 공휴일 |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 자료수 | 13,923 | 13,923 | 13,913 | 13,909 |
| 평균 | 27.7 | 28.1 | 30.2 | 28.4 |
| 표준편차 | 9.0 | 9.0 | 8.7 | 9.0 |
| 최소 | 4.1 | 1.5 | 5.4 | 5.3 |
| 25% | 21.5 | 22.2 | 24.4 | 22.3 |
| 50% | 28.1 | 28.5 | 31.5 | 29.1 |
| 75% | 33.7 | 33.9 | 36.4 | 34.4 |
| 최대 | 48.4 | 48.8 | 46.8 | 49.5 |



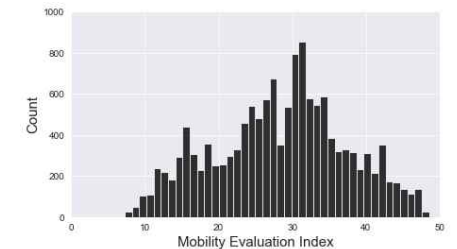
(a) 주중



(b) 주말



(c) 특송



(d) 공휴일

Fig 1. 이동성 평가 결과 히스토그램

3.5 고속도로 도로 기능 평가

도로의 기능은 이동성과 접근성 두 가지 특성을 통하여 구분된다. 이동성은 통행 시점과 통행종점 간을 얼마나 빠르게 통행하는가와 관련이 깊고, 접근성은 얼마나 가까이 위치하고 있는가하는 통행 단계와 관련이 깊다. 두 가지 특성은 상호 배타적인 관계로써, 도로의 이동성이 강조되면 접근성이 희생되고, 접근성이 강조되면 이동성이 희생되게 된다. 앞서 개발한 이동성 평가지표를 통해서 이론적인 범위가 0에서 100이고, 고속도로의 각 링크의 이동성 평가지표 값을 산출하였다. 이를 통해 본 연구에서는 이동성 평가지표의 최대 범위 값인 100에서 해당 링크의 이동성 평가지표 값을 제외하여 접근성 평가지표를 도출하였다. 개발한 이동성 평가지표와 접근성 평가지표의 관계는 이론적인 이동성과 접근성의 상호 배타적인 관계를 적용하였다.

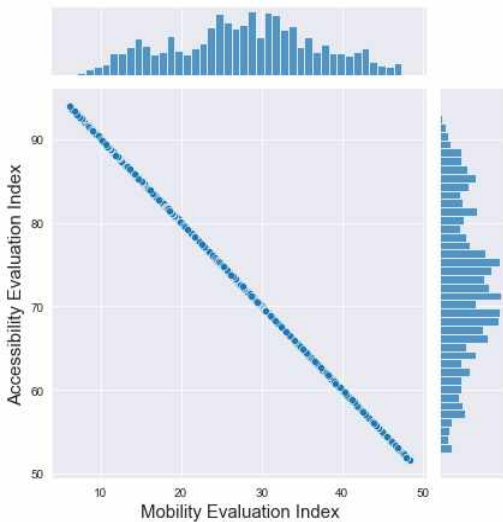


Fig 2. 이동성 평가지표와 접근성 평가지표 간 관계

고속도로 각 링크의 이동성 평가지표를 GIS 상에 표출하면 다음과 같다. 결과를 살펴보면, 서울, 수도권과 부산과 같이 큰 도시에서는 낮은 이동성을 보이는 것으로 나타났고, 큰 도시와 큰 도시를 잇는 지방 지역의 고속도로에서는 높은 이동성을 보이는 것으로 나타났다. 이는 도시권에 있는 고속도로를 이용하는 차량은 주로 단거리 통행이 활발하고, 중부에 위치한 지방부 고속도로를 이용하는 차량은 비교적 장거리 통행이 활발하다는 것을 의미한다. 특히 중부내륙고속도로의 충주 분기점부터 김천 분기점의 이동성이 가장 높은 것으로 분석되었다.

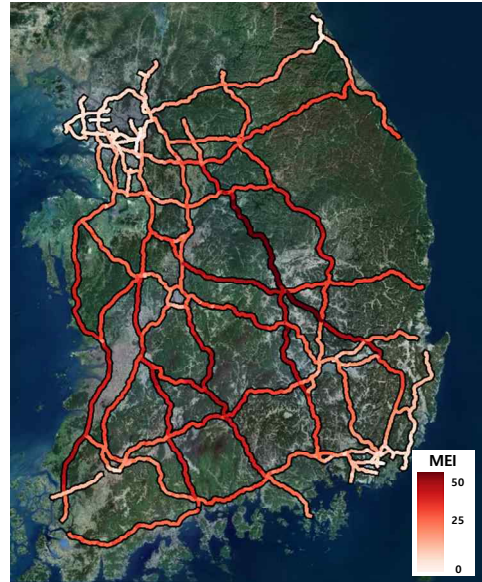


Fig 3. 이동성 평가지표 GIS 결과

다음으로 고속도로 각 링크의 접근성 평가지표를 GIS 상에 표출하면 다음과 같다. 이동성과 접근성의 특성에 맞게 상반된 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 즉, 서울, 수도권, 부산과 같이 큰 도시에서는 고속도로의 접근성이 매우 뛰어났으며, 지방권 고속도로에서는 고속도로의 접근성이 비교적 떨어지는 것으로 나타났다.

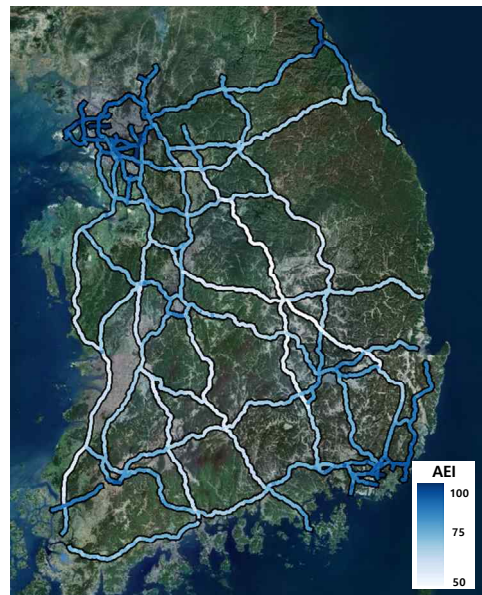


Fig 4. 접근성 평가지표 GIS 결과

3.6 고속도로 도로 기능별 구분

본 연구에서 개발한 지표를 활용하여 도로 기능 현황을 파악하고 도로기능에 따른 고속도로의 효율적인 운영 제언을 위해 군집화하는 방안을 모색하였다. 평일, 주말, 특송일, 공휴일의 고속도로 링크별 평가지표를 종합하고 군집분석을 통해 여러 군집으로 구분하였다. 군집분석 기법으로는 각 군집과의 거리 차이의 분산을 최소화하는 K-means Clustering을 활용하였다. K-means Clustering은 분석 방법의 적용이 쉽고 자료에 대한 사전 정보가 필요하지 않으며, 사전에 특정 변수에 대한 역할 정의가 없이도 분석을 수행할 수 있어 많은 연구에서 수행되었다. 본 연구에서는 이동성 평가지표와 접근성 평가지표를 활용하여 세 가지의 그룹으로 구분하였다. 그룹화한 세 가지의 도로 기능 특성은 다음과 같이 구분할 수 있다. Group A는 이동성이 낮고, 접근성이 높은 고속도로이며, Group B는 접근성과 이동성이 보통인 고속도로이다. 마지막으로 Group C는 이동성이 높고, 접근성이 낮은 고속도로로 정의할 수 있다,

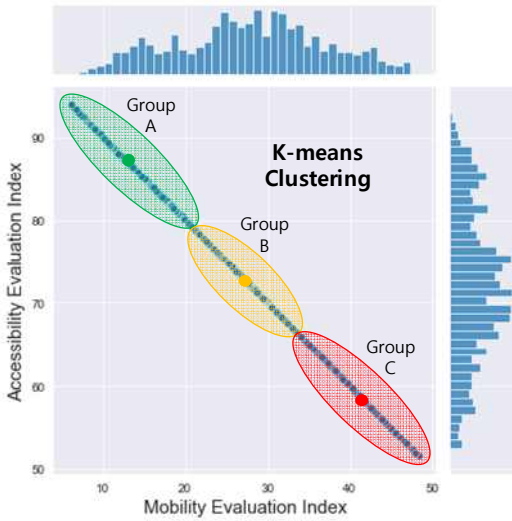


Fig 5. K-means 클러스터링

구분 결과, Group A는 주로 서울, 수도권, 부산과 같은 대도시 내부에 고속도로로 이루어졌다. 이는 주요 도시에 위치하며, 높은 접근성을 보이는 대신 낮은 이동성을 가졌기 때문에, 해당 고속도로가 주로 단거리 통행으로 이루어져 간선도로망의 기능보다는 주요 도시 내부교통망의 기능을 담당하는 것으로 판단된다. Group B의 링크는 주로 Group A와 Group C를 잇는 형태로

이루어졌다. 이는 적당한 이동성과 접근성을 가진 주요 고속도로를 잇는 고속도로 연결도로로서의 특성을 보인 것으로 판단된다. Group C는 주로 중부 지방부 고속도로에서 대도시와 대도시를 잇는 형태로 이루어졌다. 해당 고속도로가 높은 이동성과 낮은 접근성을 지녔기 때문에 주로 장거리 통행으로 활용되고 지방 지역의 간선도로망의 기능을 보이는 것으로 판단된다.

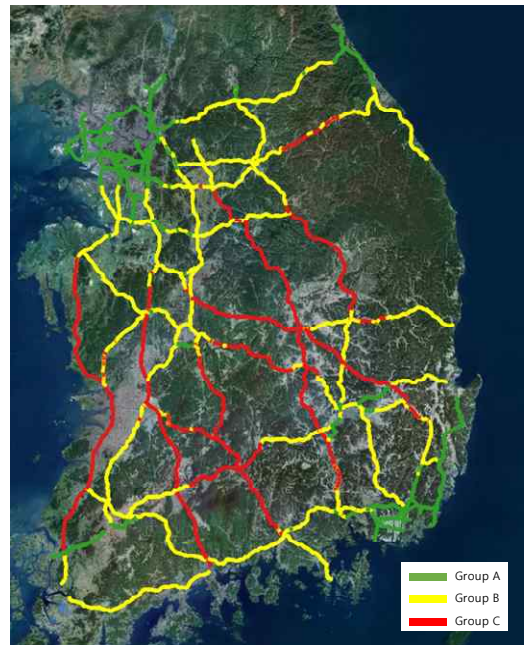


Fig 6. 클러스터링 GIS 결과

Table 3. 클러스터링 결과

| 구분 | 주중 | | 주말 | | 특송일 | | 공휴일 | |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | 개수 | 점유율 (%) | 개수 | 점유율 (%) | 개수 | 점유율 (%) | 개수 | 점유율 (%) |
| Group A | 46 | 0.3 | 80 | 0.6 | 197 | 1.4 | 72 | 0.5 |
| Group B | 401 | 2.9 | 471 | 3.4 | 860 | 6.2 | 563 | 4.0 |
| Group C | 6,517 | 46.8 | 6,412 | 46.0 | 5,913 | 42.5 | 6,327 | 45.4 |
| 합계 | 13,923 | 100.0 | 13,924 | 100.0 | 13,922 | 100.0 | 13,923 | 100.0 |

4. 결론 및 정책적 제언

도로의 외형적 규모가 증가함에 따라서 도로의 등급 분류와 중앙정부의 관리 도로 지정 등이 새롭게 이루어져 왔다. 일부 도로에서 이러한 외형적 규모 증가에 따른 규정한 도로 등급과 도로의 기능이 상이한 문제가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 도로 등급에 따른 기능별 특성의 위계체계를 재검토하고, 도로서비스 수준에 따른 도로등급을 재조정하여 효율적인 도로 투자가 이루어질 수 있도록 할 필요가 있다. 그러나 현재 고속도로의 기능을 평가할 수 있는 자료로는 교통량이 유일하였다. 이에 따라 본 연구에서는 차량운행경로 빅 데이터를 활용하여 산출한 통행거리빈도분포(TLFD)를 이용하여 고속도로의 기능을 평가하는 새로운 지표를 개발하고 이를 통해 기존의 교통량을 통한 분석의 한계를 극복하는 것을 목적으로 하였다.

2019년 전국 단위 링크의 TLFD 데이터 테이블에 적용하여, 고속도로의 이동성 평가지표를 개발하였다. 해당 링크의 이동성 평가지표의 값은 작게 산출될수록 단거리 통행이 주로 있는 링크이고, 이동성 평가지표 값이 클수록 장거리 통행이 주로 있는 링크를 의미한다. 고속도로의 평균 이동성 평가지표는 특송일 30.2, 공휴일 28.4, 주말 28.1, 주중 27.7 순으로 나타났다. 이는 특송일, 공휴일에 고속도로를 이용한 장거리 통행이 많을 것이라는 일반적인 지식에 부합한 결과로 볼 수 있다.

본 연구에서 개발한 이동성 평가지표를 통해 고속도로의 이동성 현황을 파악하기 위해 등급화하는 방안을 모색하였다. 전체 고속도로의 이동성 평가지표를 통해서 접근성 평가지표를 산출하고, 두 가지 지표를 결합하여 세 가지로 군집화하였다. 군집 분석은 K-means를 활용하였으며, 분석 결과, Group A는 이동성이 낮고, 접근성이 높을 것이며, Group B는 적당한 접근성과 이동성을 지녔고, Group C는 이동성이 높고, 접근성이 낮은 것 분류하였다. Group A는 주로 서울, 수도권, 부산과 같은 대도시 내부에 존재하는 고속도로를 이루어졌으며, Group B는 그룹 간의 간선 역할을 수행하는 것으로 조사되었고, Group C는 지방부에 존재하며 대도시와 대도시를 잇는 형태의 주로 장거리 통행으로 이루어진 고속도로로 분류되었다.

합리적인 고속도로 운영을 위한 본 연구의 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 기존의 교통량만을 활용한 고속도로 기능 평가의 한계를 극복할 수 있는 새로운 고속도로 기능 평가 지표를 만든 것에

의의가 있다. 교통량은 수집범위, 수집방식 등에서 한계를 지닐 수 있고, 통행거리를 파악할 수 없었다. 본 연구에서 개발한 고속도로 평가 지표는 도로이용자 특성을 파악할 수 있는 새로운 종합적인 고속도로 평가지표가 될 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 고속도로의 효율적인 도로 관리 및 투자가 이루어질 수 있다. 본 연구를 통해 해당 고속도로의 출퇴근 특성, 관광/여가활동 특성 등 기존에는 파악 할 수 없었던 다양한 교통류 특성과 운전자 행태 등을 유추할 수 있다. 본 연구가 고속도로의 체계적인 관리 및 효율적인 도로 투자에 뒷받침할 수 있는 정보가 될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- 국토교통부. 2019. 제5차 국토종합계획 (2020-2040).
- 국토교통부. 2020. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설.
- 국토교통부. 2021. 제2차 국가도로망종합계획.
- 국토교통부. 2021. 제2차 도로관리계획 (2021-2025).
- 국토연구원. 2019. 도로 공공성 강화를 위한 도로관리방안 연구용역.
- 국토연구원. 2021. 도로교통 분야 성과평가체계 동향 및 시사점.
- 국토해양부. 2012. 일반국도 등 도로등급 조정 방안 연구.
- 김상엽, 이대성. 2018. 전라북도 주요 지방도 국도·국지도 승격 추진방안 연구. 전북연구원 정책연구 2018년 08호.
- 김원호, 유경상, 이광훈, 이태현. 2017. 교통기능 고려한 간선도로 기능진단과 운영개선 방안. 서울연구원 연구보고서.
- 김종형, 이승재, 조범철. 2001. 대규모교통망에서 관측교통량기반 통행수요추정. 대한교통학회지 19권. 2호: 43-52.
- 류시균, 김채만, 유제상. 2019. 경기도 내 일반국도 노선 조정방안 연구. 경기연구원 정책연구 2019년 23호.
- 박삼욱. 2018. 국토연구의 변화와 앞으로의 방향. 국토연구 98권: 3-6.
- 박종일. 2018. 효율적인 도로관리체계 개편을 위한 간선기능 평가 방안: 네비게이션 데이터의 활용을 중심으로. 국토정책 Brief 695호: 1-8.
- 박종훈, 김찬성, 이성우. 2020. 교통접근도가 인구유입 및 지역 내 총생산에 미치는 영향 분

- 석. 국토연구 107권: 25-40.
- 백승걸, 장현호, 강정규. 2005. 교통량과 통행길이 고려한 고속도로 교통사고 예측 연구. 대한교통학회지 23권. 2호: 95-105.
- 서울시정연구원. 2003. 도로교통망의 이동성 분석지표 개발-서울시 도심도로교통체계 개편을 중심으로.
- 성기범, 김대진, 장현호, 이영인. 2011. CNS(Car Navigation System)의 통행시간 절감편의 산정 방법론 개발: UTIS의 택시 프로브 차량 데이터를 대상으로. 국토연구 70권: 77-94.
- 송용욱, 김익기, 남호현, 박상준. 2021. 내비게이션 데이터를 활용한 시간대 그룹별 통행량 집중률 분포 패턴 분석. 대한교통학회지 39권. 3호: 221-239.
- 여규동, 송지영. 2022. 지역균형발전을 고려한 타당성 평가체계 개선 연구:산업단지 조성사업을 대상으로. 국토연구 113권 : 43-56.
- 원광희. 2003. 고속도로 건설에 따른 지역간 접근성 변화분석. 도시 행정 학보 16권. 1호: 49-81.
- 유다영, 박병훈, 홍정열, 최윤혁, 손의영, 박동주. 2011. 경부고속도로 개통 50년의 사회경제적 직접효과 평가 연구. 한국ITS학회논문지 20권. 1호: 119-131.
- 유동균, 정현. 2022. 생활권 내 환경이 삶의 만족도에 미치는 영향 연구: 교통접근성 조절효과를 중심으로. 국토연구 113권: 75-95.
- 유재광, 노정현. 2017. 도로 네트워크의 접근성을 고려한 도로용 지표의 개선 방안 연구. 국토연구 92권: 41-57.
- 이광연, 박기섭. 2018. 접근성 지표의 알고리즘을 이용한 2011년과 2017년의 우리나라 고속도로 분석. 한국시물레이션학회 논문지 27권. 4호: 9-18.
- 이승재, 손의영, 김종형. 2000. 통행시간분포를 이용한 교통량기반 추정O/D의 신뢰성 평가에 관한 연구. 대한교통학회지 18권. 2호: 53-62.
- 이승재, 장현호, 김종형, 변상철, 이헌주, 최도혁. 2001. 관측 TCS data 및 AADT 교통량을 이용한 기중점 교통량 보정에 관한 연구. 대한교통학회지 19권. 5호: 49-59.
- 이철주. 2021. 고속도로사업의 정책적 타당성 평가지표 개발. 대한교통학회 학술대회지 85권: 84-84.
- 정창무. 2019. 국토도시계획 부문의 최근 연구동향. 국토연구 100권: 5-9.
- 조남건, 고용석, 진시현. 2004. 도로의 접근성과 통행량의 관계에 관한 연구. 대한교통학회 학술대회지 46권: 1-6.
- 최병두. 2010. 경부고속도로: 이동성과 구획화의 정치경제지리. 한국경제지리학회지 13권. 3호: 312-334.
- 최병선. 2018. 국토정책연구의 과거, 현재, 미래. 국토연구 98권: 7-9.
- 한국교통연구원. 2010. 도로사업의 계획기준 합리화 방안 연구.
- 한국교통연구원. 2014. 2014년 국가교통조사 및 DB구축사업 - 교통망 성능평가 연구.