

도로 네트워크의 접근성을 고려한 도로율 지표의 개선 방안 연구

A Study on Improvement of Road Ratio Index Considering the Accessibility of Road Network

유재광 You Jaekwang*, 노정현 Rho Jeonghyun**

Abstract

When travelling, the level of the road area and facility condition is different by region. In general, road ratio is the index to show how much the area of roads in the subject place and roughly measure the level of road service. The concept of road ratio can be differently defined by the purpose of the use, but it has been simply calculated by the ratio between the area and the road length of the administrative district. Therefore the capability of the road throughput and quality service elements were not fully considered, which is highly linked to the road rank, the number of lanes, and the accessibility to freeways. In order to tackle the limitation of the current road ratio index, this study developed the methodology for estimating road service index which consisted of two elements; 1) inner regional accessibility index and 2) inter regional accessibility index. The proposed methodology were greatly improved in that those indexes could capture the seamlessness and mobility of the road trips. With the proposed indexes, the subject area of the case study was the Chungcheongnam-do in South Korea. By doing so, the expert survey was conducted to the regional specialists for the Chungcheongnam-do who were taking charge of regional development, policies and public investment projects. As a result, there were the huge difference between the existing road ratio and the proposed index. For example, the cities with the high road ratio in Chungcheongnam-do show that the quality of the road service is relatively low because of high traffic volume. In other words, although the infrastructure is well constructed, the service index is sometimes underestimated. In the goodness of fitness, the congestion map is much more accuracy than the service index with the road ratio and is more understandable than the current methodology to describe the level of road service. Therefore, the proposed methodology is noteworthy in that both factors with the low penetration rate for the road infrastructure and the low service quality of the road throughput. In addition, the under-developedness index with this proposed index is most likely to assisting the reasonable judgement when applying to the Analytic Hierarchy Process.

Keywords: Road Ratio, Accessibility, Service Index, Congested Map

* 한양대학교 도시공학과 박사과정(제1저자) | Ph.D. Candidate, Dept. of Urban Design & Planning, Hanyang Univ. | Primary Author | jkyou@kdi.re.kr

** 한양대학교 도시대학원 교수(교신저자) | Prof., Graduate School of Urban & Real Estate, Hanyang Univ. | Corresponding Author | jrho@hanyang.ac.kr

I. 서론

우리가 이동할 때 이용하는 도로는 매우 중요한 교통 시설 중 하나이다. 2014년 말 기준으로 252개의 시·군·구로 구성되어 있는 우리나라는 지역마다 도로의 시설 수준이 상이하어 어느 지역은 상대적으로 도로가 잘 구성되어 있고, 또한 어떤 지역은 상대적으로 미비하여 지역별 차이가 발생한다. 이러한 지역별 격차는 도로율이라는 지표를 통해 나타나므로 도로의 수준을 간접적으로 파악할 수 있다. 도로율 지표는 개념에 따라 다소 차이는 있으나, 보통 행정구역 면적당 도로의 연장으로 산정하고 있다.

도로율 지표는 교통시설 현황을 파악하기 위해 정책지표로 활용되기도 하고, 공공투자사업의 타당성을 평가하기 위한 예비타당성조사에서 활용되기도 한다. 특히 타당성 평가 시에 지역균형개발의 효과에 대한 평가지표로 해당 사업이 시행되는 지역의 낙후도를 활용하는데, 이때 인구 증가율, 제조업 종사자 비율, 승용차 등록대수, 인구당 의사수, 노령화지수, 재정자립도, 도시적 토지이용 비율과 더불어 도로율이 하나의 지표로 사용되고 있다.

그러나 도로율 지표는 해당 지역의 도로 시설에 대한 수준을 충분히 반영하지 못하고 있다. 도로는 두 지점을 연결하는 유기체적인 성격을 가지고 있어 주변 지역의 도로 네트워크 연계성에 따라 해당 도로의 효율성이 달라질 수 있고, 또한 통행 속도가 원활해야만 도로의 제 기능을 발휘할 수 있다. 그러나 현재 사용하고 있는 도로율 지표는 공급자 측면에서 단순히 양적이면서도 물리적인 행정구역 면적당 도로의 연장으로만 산정하고 있어, 도로의 등급 또는 도로의 차로수 차이, 나아가 지역 간 통행에 있어서는 고속도로와의 접근성 등 도로 이용자 측면에서의 질적 수준인 교통처리 능력을 고려하지 못하고 있다. 더군다나 도로에

대한 공공투자사업의 경우, 단순히 양적 수준이 낮은 지역보다 도로의 질적 수준을 고려한 서비스 수준이 낮은 지역이 투자의 우선순위가 되어야 한다는 측면에서 도로율 지표 개선이 더욱 필요한 시점에 있다.

이에 본 논문에서는 도로율의 개념 및 활용 분야에 대해 살펴보고, 도로율 지표가 갖고 있는 한계점을 확인한다. 이후 이용자 측면에서의 질적 특성을 고려하기 위해 네트워크 접근성에 따른 도로의 서비스 지표를 구축한다. 마지막으로 새로운 지표인 서비스 지표와 기존 도로율 지표의 적용에 따른 지역별 순위 결과와의 비교를 통해 모형의 적합도를 검증하고, 분석결과에 대해 시사점을 도출한다.

II. 도로율의 개요

1. 도로율의 개념

도로율(또는 도로밀도로 표현하기도 함)의 개념은 사용하고자 하는 목적 또는 개별 연구자의 활용 분야에 따라 다소 차이를 보이고 있다. 대부분의 연구에서는 행정구역 면적에서 도로의 총연장이 차지하는 비율로 표현하고 있으나 연구자에 따라 달리 설정하기도 한다. 왜냐하면 면적은 행정구역 면적 외에도 시가화 면적, 도시면적 등 다양하고, 연장의 경우에도 차로수 또는 포장 상태 등을 고려하는지에 따라 달라질 수 있어 어느 수준까지 포함하느냐에 따라 이슈가 달라지기 때문이다.

2. 법 및 관련 지침에서의 도로율 지표

현재는 「지역 개발 및 지원에 관한 법률」에 통합되어 삭제된 법령이나 1994년 제정 당시 「지역균형개발 및 지방중소기업육성에 관한 법률」에 따른 개발촉진지

구의 지정 요건에는 인구 증가율, 제조업 종사자 비율, 재정자립도, 평균 대지가격 지표가 도로율 지표와 함께 사용되었고, 2006년에는 인구밀도, 연평균 인구 변화율, 소득세할 주민세 총액, 재정력지수, 사업체 총 종사자의 인구비율, 도로율, 노령화지수, 지역접근성 지표가 사용되었다. 이후 2014년에는 「지역균형개발 및 지방중소기업육성에 관한 법률」과 「신발전지역 육성을 위한 투자촉진 특별법」에 분산되어 있는 다양한 지역개발제도를 하나의 ‘지역개발계획’ 및 ‘지역개발사업계획’으로 통합·단일화하기 위해 「지역 개발 및 지원에 관한 법률」을 제정하였다. 본 법률에서는 낙후지역 중 개발수준이 다른 지역에 비하여 현저하게 열악하여 낙후도가 심한 지역을 지역활성화 지역으로 지정하고 있다. 지역활성화 지역으로 지정되기 위한 항목으로 GRDP, 재정력지수 또는 재정자립도, 연평균 인구 변화율, 근무 취업인구 변화율, 지방소득세 등의 공통 지표 외에도 지역 접근성, 재난 등 상황, 토지이용규제지역 비율, 고령화율 및 변화량 등의 특성 지표도 함께 제시하고 있다. 여기서 지역 접근성은 특정 시·군의 상주인구 중 주요 교통시설(고속도로 IC, 항만, 공항 등)로부터 일정 시간 거리 이내에 위치한 인구비율로 산정하고 있다. 이러한 지역의 접근성은 「국가균형발전특별법」에 따른 성장촉진지역 지정을 위한 항목에도 포함되어 있어 법률에서는 접근성 지표가 기존 도로율 지표보다 활용도가 높은 것을 알 수 있다.

한편 「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준」에서는 도로를 결정하기 위한 기준의 하나로 용도지역별 도로율을 정의하고 있다. 여기서 도로율은 시가지면적에 대한 도로의 점유면적을 가리키는 것으로, 도시의 기반시설 확충 수준을 평가하는 척도로 제시하고 있다.

3. 도로율 지표의 활용 분야

1) 정책지표의 활용

도로율 지표는 국내 도시기반시설 지표 중 도로 및 주요 교통현황 지표로 사용되고 있다. 가령 서울시는 가로망 정비 분야에서 도로율 지표를 정책지표로 사용한 바 있고, 주요 교통현황 지표에 대해서도 교통기반시설의 수준을 측정하기 위해 사용하기도 한다.

한편 국토교통부는 「국도우회도로기본계획」에서 전국적인 투자사업의 우선순위를 구간별로 제시하고자 지역의 균형적 개발 측면의 평가항목으로 도로밀도(km/km²)를 사용하였다(조익환 2014, 5-7).

2) 지역낙후도지수 평가 지표¹⁾

예비타당성조사에서는 사업시행 지역의 상대적 낙후 정도를 나타내기 위하여 <식 1>과 같이 낙후 정도를 구성하는 지표들의 가중평균인 지역낙후도지수를 아래와 같이 사용하고 있다.

$$UR = \sum_i Z'_i \cdot W_i \quad \text{<식 1>}$$

$UR = r$ 지역의 지역낙후도지수

$Z'_i = r$ 지역의 표준화된 지표 i 의 값

$W_i =$ 지표 i 의 가중치

(단, $i=1, 2, \dots, 8$)

지역낙후도지수는 인구 증가율, 제조업 종사자 비율, 도로율, 승용차 등록대수, 인구당 의사수, 노령화

1) 본 항의 내용은 안상훈, 심상달, 장준경, 김세용 외(2008)의 내용을 인용하였음.

Table 1 _ Indices Used in the Calculation of the Regional Development Index

Area	Index	Measurement Method
Population	Population Increase Rate	Annual Average Population Increase Rate for the Last Five Years
Industry	Ratio of People Engaged in Manufacturing	(No. of People Engaged in Manufacturing / Population) ×100
Local Infrastructure	Road Ratio	(Length of Legal Roads / Area of Administrative District) ×100
Transportation	No. of Registered Passenger Cars	(No. of Registered Passenger Cars / Population) ×100
Health·Social Welfare	No. of Doctors per Population	(No. of Doctors / Population)×100
	Aging Index	(Population of 65 Years of Age or Older / Population of Zero to 14 Years of Age)×100
Government Administration, Finance, etc.	Degree of Financial Selfreliance	(Local Taxes + non-Tax Revenue / Total Tax Revenue Under General Accounting)×100; Last Three Year's Average
	Urban Land Use Ratio	Land Ctegory(Building Lot + Factory Lot + School Lot) / Area of Administrative District×100

Source: Ahn, Sim, Jang and Kim et al. 2008.

지수, 재정자립도, 도시적 토지이용 비율 등 8개 지표로 구성되어 있고, 도로율 지표는 지역기반시설 부문을 대표하는 변수로 포함되어 있다(<Table 1> 참조). 지역낙후도지수 산정을 위한 도로율 지표의 측정은 지역별 행정구역 면적에서 고속도로를 제외한 법정도로 연장이 차지하는 비율로서 산정하고 있다.

III. 기존문헌 고찰

본 논문에서는 도로율 지표 관련 문헌 및 접근성 관련 문헌, 그리고 도로의 질적 개선을 위한 지표 관련 문헌에 대해 차례대로 살펴본다.

1. 도로율 지표 관련 연구

먼저 도로율과 관련한 연구로 손봉수, 김주영(2000)이 있다. 이들은 서울시 도로지표의 개념 정립을 위해 우

리나라 및 선진 외국의 관련 자료를 토대로 서울시의 여건에 적합한 도로율 산정기준을 마련하였다. 연구 결과, 외국 대도시의 도로율과 비교하기 위한 기준으로는 ‘도로면적/시가화 면적’, 서울시 자치구별 도로율을 상대 비교하기 위한 기준으로는 ‘유효도로 면적/시가화 면적’을 제안하였다. 이후 권택건(2004)은 손봉수(2000)의 도로율 지표가 가지는 문제점을 극복하기 위해 토지이용 및 도로규모를 고려한 도로지표를 제안하였고, 조익환(2014)은 권택건(2004)의 연구에 Activity 측정지표를 추가하였다.

설재훈, 채찬들(2008)은 우리나라 지역별 도로교통 지표의 격차에 관한 연구를 진행한 바 있다. 16개 시·도를 대상으로 도로교통 부문의 각종 지표를 분석하여 지역별 격차를 파악하였고, 지역의 인프라 건설 수준에 대해 측정이 가능한 도로공급 지표로서 지역의 면적당 도로연장과 인구당 도로연장을 사용하였다.

2. 접근성 관련 연구

다음으로 접근성과 관련한 연구로 김광식(1987)은 접근성의 개념을 크게 5가지(교통공학, 교통계획, 도시경제학, 도시계획, 교통지리학)로 분류하고 각 분야별로 접근성 측정 방법을 제시하였다. 이 중 교통공학에서는 통행수요와 용량을 고려한 서비스 수준이 주로 이용된다고 하였다.

김찬성, 황상규(2006)는 국내 도로 네트워크의 교통접근성 분석을 접근도와 이동성으로 구분하여 분석하였다. 실증분석을 통해, 낙후지역의 교통개선을 위해서는 효율성 위주의 평가제도에서 교통형평성을 감안한 투자우선순위를 조정하는 방안을 제시하였다.

김동성(2009)은 교통시설의 지역 간 형평성을 판단하기 위한 이동성 지표를 제안하였다. 이동성 지표는 지역 중심점과 평균 통행시간에 의한 속도를 통해 산출하며, 산출된 이동성 지표 순위와 예비타당성조사의 지역낙후도지수 순위 비교를 통해 순위 차이의 존재 여부 및 그 정도를 분석하였다.

설유진(2015)은 도로 네트워크 사용자들의 통행패턴을 반영한 지역 간 도로 네트워크의 접근성 평가 모형을 구축하고 국내의 현재 및 장래 도로 네트워크의 접근성을 평가하였다.

3. 도로의 질적 개선을 위한 지표 관련 연구

마지막으로 도로의 질적 개선을 위한 지표연구로 김호정, 김중학, 이춘용, 윤하중(2006)은 정부가 주도하는 공급 중심의 정책에서 이용자가 느끼는 서비스 만족도를 반영하기 위해 교통서비스 지표를 개발하였으며, 이용자의 주관적인 측면을 고려하기 위한 요소로 이동성, 편리성, 안전성, 쾌적성, 교통정보제공 등 5개

항목을 고려하였다. 개발된 지표의 활용방안으로 계획평가 단계에서의 공공투자사업에 대한 지침 및 SOC 재정사업의 사후평가관리 등이 있다. 다만 자료 수집의 한계로 인해 76개의 시급 도시만을 대상으로 분석하여, 지방도시 분석에는 한계가 있다.

안흥기, 윤성민(2012)은 공급자 측면에서의 물리적인 SOC 스톡뿐만 아니라, 수요자 측면에서의 질적 SOC 수준을 종합적으로 고려한 SOC 스톡수준 평가 방법의 개발이 필요하다고 보았다. 이를 위한 사전 연구로서 미국의 인프라성능지수 개발동향에 관한 사례를 분석하였고, 이를 통해 우리나라 인프라성능지수 개발을 위한 시사점을 도출하고 인프라성능지수 활용 방안을 검토하였다.

안근원, 오재학, 박지형, 우승국(2013)은 국내의 교통 SOC 투자, 실적, 스톡 등의 현황을 통해 현주소를 진단하고 교통 SOC를 둘러싼 사회적·경제적 여건 변화를 전망하여 교통 SOC의 효율적인 투자 방향을 제시하였다. 공급량, 서비스 수준, 예비 용량 등을 고려하여 SOC의 질적 수준 평가를 위한 진단지표를 개발하였다. 특히 도로부문의 평가지표로 국토계수당 도로연장을 사용하였다. 다만 대중교통 부문의 평가지표는 대중교통자료 수집의 어려움으로 인해 전국으로 확대하는 데 한계가 있다.

IV. 도로용 지표의 한계점 및 개선방향

1. 이용자 측면 고려 미흡

단순히 도로연장 등의 물리적인 지표로만 도로의 수준을 산정하게 될 경우의 문제점을 예로 들어 면적이 동일한 두 지점(A, B 지역)이 있다고 가정할 경우 A지역이 B지역에 비해 도로의 총연장이 2배라 하더라도 A지역의 이용 수요가 B지역보다 2배 이상 많을 경우

A지역은 도로율(‘도로율=연장/면적’으로 가정할 경우)은 높으나 두 지역의 혼잡정도가 달라 A지역의 도로 수준이 B지역에 비해 우월하다고 단정 짓기 어렵다. 또한 수도인 서울의 경우, 도로 인프라가 타 지역에 비해 상대적으로 잘 되어 있다는 것은 누구나 인지할 수 있는 사실임에도 불구하고 상시적 혼잡구간이 많아 오히려 도로의 서비스 수준은 지방 지역에 비해 열악하다고 느끼는 이용자가 많은 것 또한 사실이다. 이처럼 도로율은 이용자 측면에서의 수요를 고려하지 못하는 한계가 있다.

2. 도로의 질적 수준 고려 미흡

「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 해설에서는 토지이용시설물에 접근할 수 있는 접근성과 시종점을 얼마나 빨리 연계할 수 있느냐에 관한 이동성을 도로의 주 기능으로 설명하고 있다. 또한 도로를 (도시)고속도로, 주 간선도로, 보조 간선도로, 집산도로, 국지도로 등으로 구분하여 도로의 기능별 특성을 달리 규정하고 있다. 이에 따라 도로별로 설계속도 및 최소 교차로 간격 등이 상이하하여 해당 도로의 처리용량 또한 상이하다. 이처럼 도로의 등급별 차이에 따라 도로상의 교통 처리 능력이 상이하므로 단순히 도로의 연장만으로는 도로의 질적 수준을 표출하기에 한계가 있다. 즉 기존 도로율 지표는 도로의 유형별, 교차로 밀도별, 그리고 차로수의 차이를 반영하지 못한다고 볼 수 있다.

3. 네트워크 연계에 따른 접근성 확보 고려 여부

네트워크²⁾란 공간적으로 분리된 시설을 물리적, 개

념적으로 연결하는 것으로, 점들과 이들을 연결하는 선의 집합으로 구성된다. 이러한 면에서 볼 때, 교통 네트워크란 교통시설들과 이들을 연결시키는 선적인 교통시설로 구성된다고 할 수 있다. 즉 도로 교통망에서 도로는 네트워크의 연계성 확보 여부가 중요한 요소로 작용한다. 그러나 기존 도로율 지표는 통행의 이동에 대한 특성을 반영하지 못하여 네트워크 연계에 따른 지역별 접근성의 수준을 고려하지 못하고 있다.

4. 개선 방향

1) 기본 방향

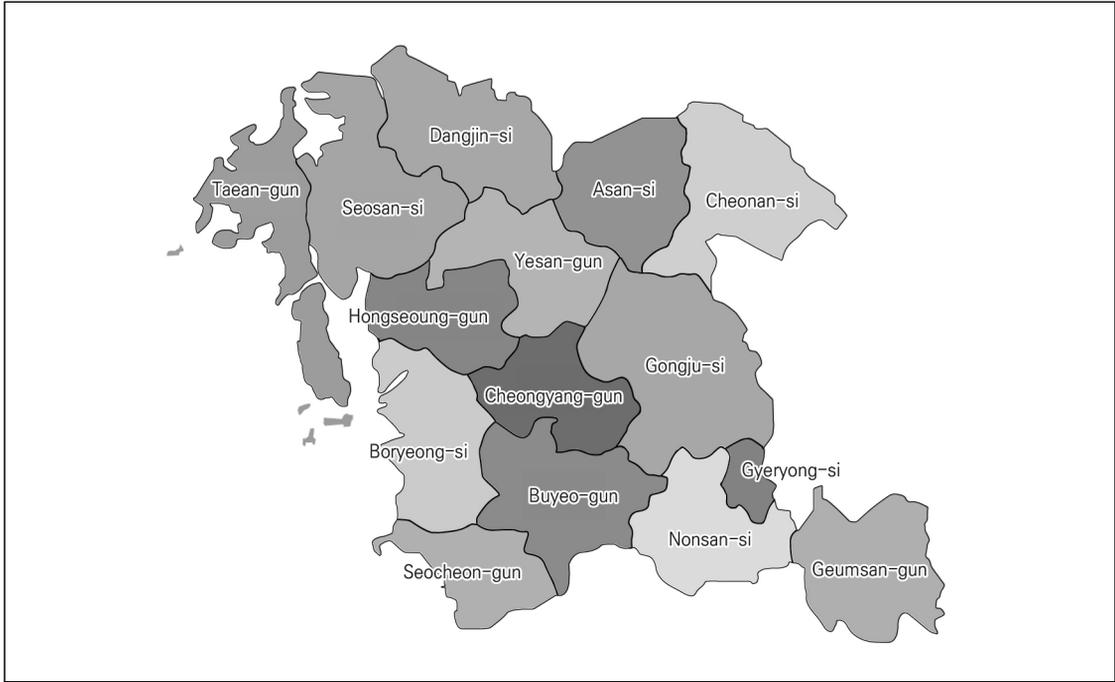
제4장에서 언급한 바와 같이 기존 도로율 지표는 이용자 측면의 수요 외에도 도로의 기능별 차이에 따른 도로의 질적 수준에 대한 고려가 미흡할 뿐만 아니라 주변 교통 네트워크와의 연계를 위한 접근성 역시 고려하지 못하고 있다. 위와 같은 한계점을 해결하기 위해 본 논문에서는 단순히 통계 자료에 근거한 산정방법을 활용하는 대신 도로 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 도로의 수준을 결정하는 요인을 파악하고, 이를 주요 변수로 고려하였다.

2) 설문조사

사례 대상 지역은 충청남도 시·군으로, 해당 지역의 행정구역 및 도로망은 <Figure 1, 2>와 같다. 충청남도 시·군의 도로 수준을 결정하는 요인을 파악하기 위해 해당 지역의 지역개발정책 및 공공투자사업 업무를 담당하는 지역 전문가 11명을 대상으로 설문은

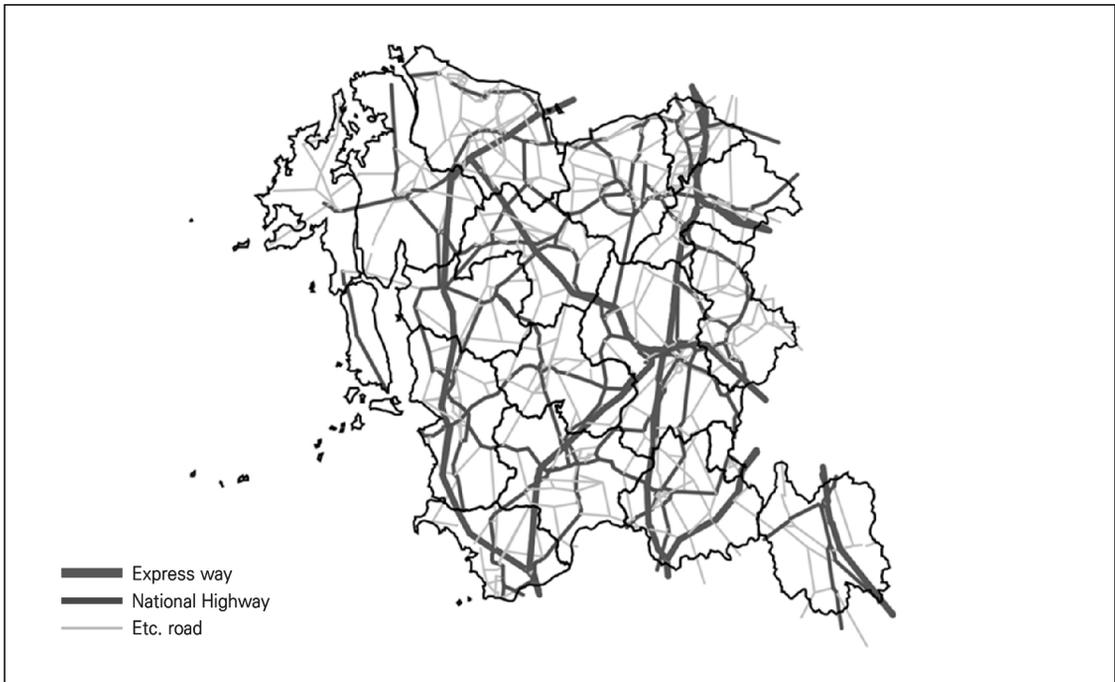
2) 노정현(2012)을 바탕으로 작성.

Figure 1_ Administrative District of Chungnam



Source: Chungnam Statistical Year Book 2015.

Figure 2_ Road Network of Chungnam



실시하였다. 설문지는 지역별 도로 수준에 대한 순위를 결정하는 요인에 대한 것으로서, 주요 요인³⁾은 인구대비 도로연장, 면적대비 도로연장, 통행속도, 도로포장률, 차로수, 고속도로 접근성으로 제시하고 각자 1순위부터 3순위까지 기재하도록 하였다.

해당 요인의 순위를 결정하기 위해 순위 간 가중치는 1순위:2순위:3순위=5점:3점:2점으로 설정하였고, 최종 응답 순위 결과는 <Table 2>와 같다.

설문조사 결과, 응답자는 도로 순위 결정 시 고속도로 접근성이 가장 중요하다고 판단하였고, 다음으로는 인구대비 도로연장, 통행속도, 면적대비 도로연장, 도로포장률, 차로수 순으로 답변하였다. 요인별 순위에서 알 수 있듯이 전문가들은 기존 도로율 지표인 면적대비 도로연장보다는 고속도로 접근성, 인구대비 도로연장, 그리고 통행속도가 더욱 중요하다고 판단하고 있다. 기타⁴⁾로는 지역발전 정도가 있었다.

3) 연구의 착안점

설문조사의 결과를 통해 알 수 있는 것은 전문가들

은 단순히 면적대비 도로연장보다는 인구대비 도로연장을 중요하게 판단하고 있으며, 이는 통행의 수요가 중요한 변수로 작용한다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 또한 접근성은 도로의 이동에 기반을 둔 결과임을 감안하여, 본 논문에서는 통행수요 및 도로의 이동성에 기반을 둔 접근성을 토대로 도로의 서비스 수준을 산정하고자 한다. 특히 인구대비 도로연장 및 차로수는 도로의 수요와 공급에 대한 요인 이므로 통행배정을 통해 이들을 표출하고자 한다. 이외에도 도로의 질적 수준을 좀 더 명확히 분석하고자, 지역 내와 지역 간으로 구분하였다. 즉 해당 지역 내의 도로 수준에 대한 특징 외에도 해당 지역과 타 지역 간의 도로 네트워크 연계성을 고려하고자 하며, 이는 도로의 접근성을 평가하는 방식으로 모형을 구축하였다. 접근성 지표와 관련하여 국내외에서 많은 연구가 진행되었으나, 도로율과 같이 개별 연구자가 활용하는 분야에 따라 개념에 차이가 있다. 본 논문에서는 지역 내와 지역 간으로 구분 후 각각의 혼잡도의 개념으로 정의하고 이를 바탕으로 지표를 구축하였다.

Table 2_ Questionnaire Results: Ranking Variables

(unit: Number of Respondents)

Variables	First	Second	Third	Result	Rank
Road Length / Population	2	2	3	22	2
Road Length / Area of Administrative District	2	2	1	18	4
Velocity	2	2	2	20	3
Pavement Ratio	2	1	2	17	5
Number of Lanes		3		9	6
Accessibility of Express Way	3	1	3	24	1
Total	11	11	11	-	

3) 설문조사에 앞서 도로 전문가를 대상으로 사전 FGI 설문조사를 통해 6가지의 요인을 선정하였음.

4) 6가지의 요인 외에도 추가 요인이 있을 경우 기재하도록 하였음.

V. 접근성에 따른 도로의 서비스 지표 개발

1. 모형의 구조

지역 내의 도로 수준을 평가하기 위한 지역 내 접근성 지표인 ACIN은 <식 2>와 같이 지역 내의 전체적인 도로의 혼잡 정도로 표출하고자 한다.

$$ACIN_i = \left(\sum_{k=1}^l \frac{LL_k}{LT_k} \right) / l \quad \text{<식 2>}$$

$ACIN_i$ 은 존 i 의 지역 내 접근성 지표

l 은 i 지역 내 속하는 고속도로를 제외한 모든 링크의 개수

LL_k 는 link k 의 연장

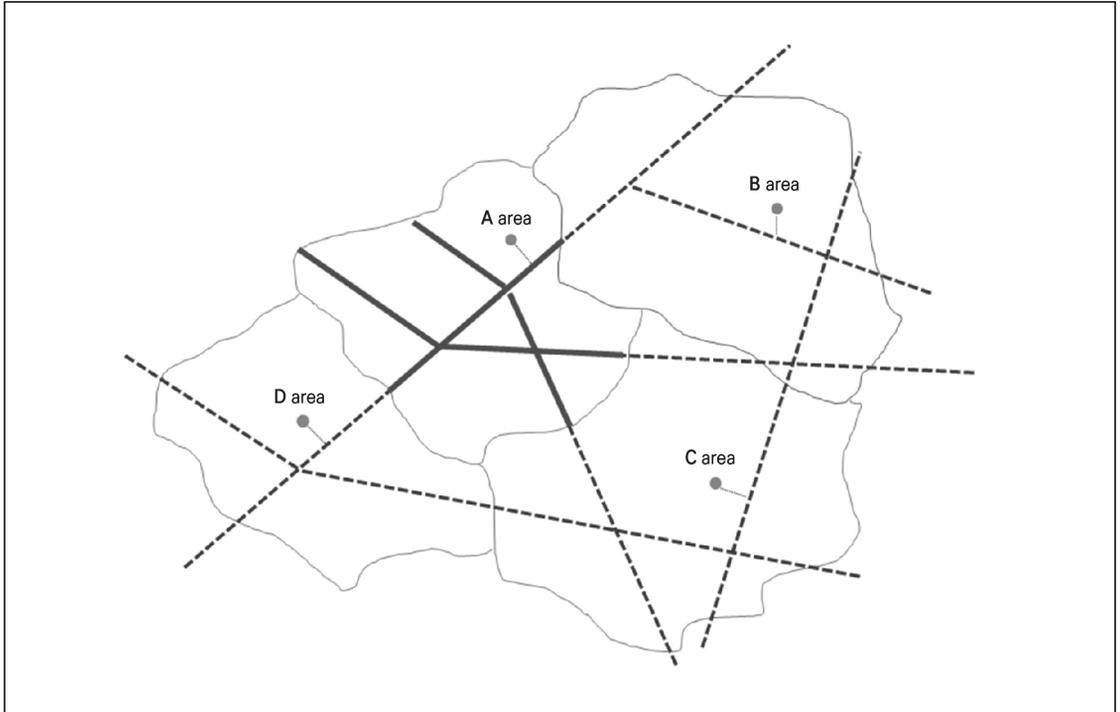
LT_k 는 link k 의 평균통행시간

가령 <Figure 3>에서 A지역의 ACIN은 A지역 내 전체 도로(그림의 실선)의 속도에 대한 평균값으로 산출한다. 다만 고속도로의 경우 지역 간 통행이 주를 이루고 있어 대상에서 제외하였다.

다음으로 지역 간 접근성 지표인 ACOUT은 <식 3>과 같이 지역 간의 도로 네트워크 연계성 확보 수준을 평가하기 위해 해당 지역과 해당 지역을 제외한 타 지역으로의 전체 평균 통행속도로 표출하고자 한다. <Figure 3>에서 A지역의 ACOUT은 A와 B, A와 C, 그리고 A와 D지역 간의 통행속도에 대한 평균값으로 산출한다.

$$ACOUT_i = \left(\sum_{j=1, i \neq j}^n T_{ij} + \sum_{j=1, i \neq j}^n T_{ji} \right) / 2/n \quad \text{<식 3>}$$

Figure 3_Conceptual Diagram for Index



$ACOUT_i$ 은 존 i 의 지역 간 접근성 지표
 n 은 존의 개수

T_{ij} 는 존 i 에서 존 j 로의 평균통행속도

T_{ji} 는 존 j 에서 존 i 로의 평균통행속도

도로의 서비스 지표는 앞서 산출한 ACIN과 ACOUT을 조합하여 <식 4>와 같이 구축하되, 두 지표의 척도가 상이하므로 각 척도를 표준화한 단위 정상법을 이용하였다.

$$\text{서비스 지표}_i = \alpha Z(ACIN_i) + (1 - \alpha)Z(ACOUT_i)$$

<식 4>

$$Z = (X - \bar{X})/S,$$

$Z(ACIN_i)$ 는 $ACIN_i$ 의 표준화된 값

$Z(ACOUT_i)$ 는 $ACOUT_i$ 의 표준화된 값

α 는 존 내 통행비율

해당 지역 내의 통행과 해당 지역과 타 지역 간의 통행 행태에 대한 비중을 고려하고자 한국교통연구원의 국가교통DB센터에서 제공하는 수단별 통행 기종점통행량(O/D) 중 공로(승용차, 버스, 화물) 수단의 통행량을 이용하여 존 내/외 통행 비율을 두 지표 간 가중치로 적용하였다. 즉 ACIN에는 존 내 통행비율을, ACOUT에는 존 외 통행비율을 각각 사용하였다. 사례 지역인 충청남도 지역의 존 내/외 통행 비율은 <Table 3>과 같고 대부분의 지역에서 존 내 통행 비율이 높은 것을 알 수 있다.

2. 분석 방법

분석을 위한 기초자료는 국가교통DB센터에서 제공하는 수요예측자료를 활용하였으며, 현시점에서 활용 가능한 최신 자료인 2014년 기준(2016년 배포)의 지역 간 자료를 활용하였다. 본 분석에서 활용한 자료는 총 251존 체계로서 시·군·구 단위로 구성되어 있다. O/D는 철도, 항공, 항만을 제외한 공로 수단(승용차, 버스, 화물)으로 한정하였고, 울릉군 및 제주 지역을 제외한 육지부를 대상으로 분석을 실시하였다.

ACIN 산출은 센트로이드 커넥터 및 고속도로를 제외한 해당 존 내의 모든 링크(존 경계에 있는 링크는 제외)의 평균 속도를 적용하였으며, 교차로 간 노드의 개수에 따라 결과가 달라지는 것을 방지하기 위해 거리가중 평균 속도로 적용하였다.

한편 ACOUT 산출 시 고속도로 중심으로 결과가 산출되는 것을 방지하기 위해 최단 통행시간 및 최단 통행속도보다는 두 지점 간의 평균 통행속도를 적용

Table 3_ Traffic Volume Ratio of Chungnam

(unit: %)

Administrative District	Traffic Volume Ratio of Interior Zone	Traffic Volume Ratio of External Zone
Cheonan-si	58.8	41.2
Gongju-si	65.0	35.0
Boryeong-si	82.6	17.4
Asan-si	77.4	22.6
Seosan-si	80.1	19.9
Nonsan-si	70.7	29.3
Gyeryong-si	46.8	53.2
Geumsan-gun	53.3	46.7
Buyeo-gun	79.0	21.0
Seocheon-gun	74.0	26.0
Cheongyang-gun	69.1	30.9
Hongseoung-gun	73.2	26.8
Yesan-gun	67.4	32.6
Taeaeon-gun	76.3	23.7
Dangjin-si	76.3	23.7
Min./Max./Avg.	46.8/82.6/70.0	17.4/53.2/30.0

하는 것이 합리적이라 판단하였다. 아울러 동일 시·군 간의 비교를 위해 천안시와 같이 해당 시 내에 구가 있는 지역은 구의 평균값을 적용하였다.

3. 분석 결과

ACIN 및 ACOUT 지표의 순위는 서로 상관관계를 보이지 않는다는 것을 알 수 있다. 즉 ACIN의 순위가 높다고 해서 반드시 ACOUT의 순위가 높은 것은 아니다(<Table 4> 및 <Figure 4> 참조).

ACIN은 서해에 접해 있는 서산시, 홍성군, 보령시, 서천군 지역의 순위가 높은 경향을 보이고 있는 반면, 상대적으로 인구가 많은 도심지 지역인 천안시와 아산시는 순위가 낮게 분석되었다. ACOUT은 대체적으

로 센트로이드의 위치에서 근접한 IC까지의 거리가 주요한 변수로 작용한 것으로 판단된다.⁵⁾ 아산시의 ACOUT에 따른 순위가 15위로 나타났는데, 이는 해당 지역 내에 고속도로 IC가 없어 지역 간 도로로의 접근이 열악한 상태에 있기 때문인 것으로 보인다.⁶⁾ ACIN 및 ACOUT의 순위 결과를 토대로 산정한 서비스 지표 산정 결과는 서천군의 순위가 가장 높고, 아산시의 순위가 가장 낮게 분석되었다. 아산시, 천안시 등 충남 지역 내에서 상대적으로 큰 도시 혹은 도심지의 성격인 지역에서 도로 서비스가 낮게 나타났고, 서천군, 금산군 등 군지역이 보다 높게 나타나는 경향을 보이고 있다. 즉 인프라가 잘 되어 있는 도심지라 하더라도 서비스 지표가 낮게 추정되는 지역이 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞서 제4장의 도

Table 4 _ Index Result

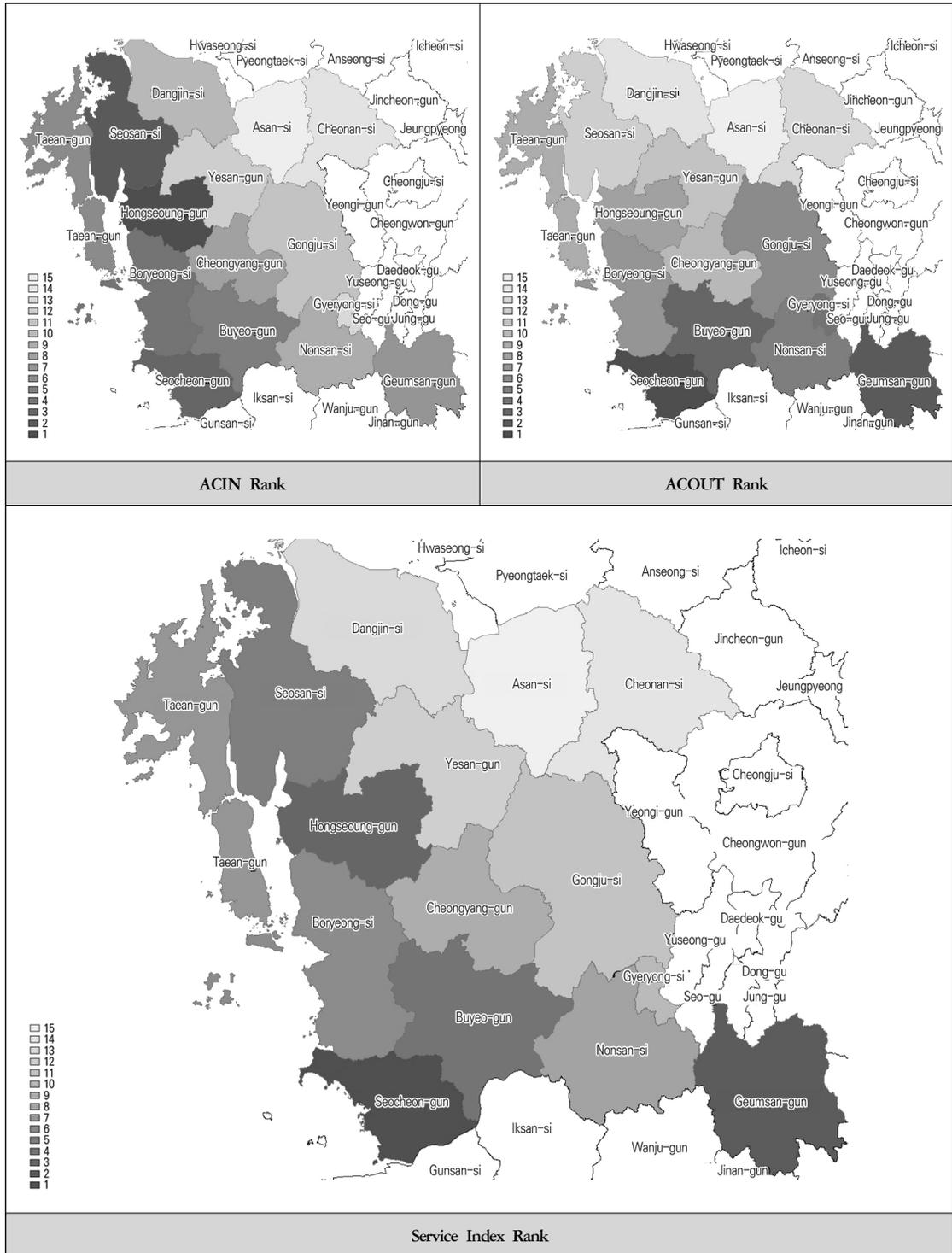
(unit: km/h)

Administrative District	ACIN Index		ACOUT Index		Service Index Rank
	Value	Rank	Value	Rank	
Cheonan-si	50.4	14	65.6	13	14
Gongju-si	61.9	11	67.9	6	11
Boryeong-si	68.2	4	67.3	7	6
Asan-si	49.9	15	61.1	15	15
Seosan-si	69.3	2	65.7	12	5
Nonsan-si	62.8	9	69.0	5	8
Gyeryong-si	58.1	13	69.5	4	10
Geumsan-gun	66.6	7	70.4	2	2
Buyeo-gun	68.1	5	69.8	3	4
Seocheon-gun	68.4	3	70.6	1	1
Cheongyang-gun	65.6	8	66.1	10	9
Hongseoung-gun	70.9	1	66.8	8	3
Yesan-gun	61.0	12	65.9	11	12
Tae'an-gun	67.9	6	66.1	9	7
Dangjin-si	62.0	10	63.1	14	13

5) 존 센트로이드의 위치를 시청으로 가정할 경우 최하위인 아산시는 아산시청에서 천안 IC까지의 거리가 약 19km인 반면, 최상위인 서천군은 서천군청에서 서천 IC까지의 거리가 약 2.5km임.

6) 실제로 충청남도 내 고속도로 기본구간의 평균 통행속도의 편차는 매우 작음.

Figure 4_ Result of Index Rank



Note: The darker the shade, the higher the ranking.

로의 한계점에 대해 제기한 바와 같이 서울 등 수도권 지역의 도로 인프라가 지방 지역에 비해 상대적으로 잘 되어 있으나, 상시적 혼잡구간이 많아 도로의 서비스 수준이 지방 지역에 비해 우월하다고 할 수 없다는 점에서 방향성이 일치하고 있음을 알 수 있다.

4. 기존 지표와의 비교

본 논문의 결과인 서비스 지표와 도로율 지표의 다양한 활용 분야 중 예비타당성조사에서 사용하고 있는 지역낙후도지수 산정 시의 도로율 지표 결과와 비교해 보았다. 예비타당성조사를 위한 170개 시·군의 전국 도로율 순위(2009년 기준)를 충남에 소재한 시·군만을 대상으로 1위부터 15위까지 정리한 결과와 본 논문의 결과를 통해 산정된 서비스 지표 순위를 비교하면 <Table 5>와 같다. 분석 결과 면적 대비 도로의 연장이 상대적으로 큰 천안시, 아산시는 도로율 순위

가 높았으나, 이들 지역은 통행량 역시 많아 통행배정에 따른 도로의 통행속도가 낮아져 서비스 지표 순위는 낮아지는 것으로 분석되었다. 반면 서천군, 금산군은 상대적으로 통행량이 적을 뿐만 아니라 고속도로에 접근하기 위한 IC까지의 거리도 짧아 서비스 지표 순위가 높은 것으로 분석되었다.

이러한 결과를 지역낙후도지수 산정을 위한 도로율 지표 대신 사용할 경우 공공투자사업 타당성 평가 시 군단위 지역보다는 상대적으로 큰 도시에 가점을 주어야 하므로 상대적으로 낙후된 지역에 공공투자의 기회를 부여하려는 목적과 반대되는 결과가 도출되기도 한다. 하지만 최근에 시로 승격된 당진시를 비롯해 예산군 및 청양군 등의 군지역도 상대적으로 낙후된 지역으로 분류되어 단순히 행정구역의 면적과 도로의 연장으로만 도로율을 산출하는 것에 비해 도로의 수준을 종합적으로 고려한 서비스 지표의 활용도가 정책지표로서는 좀 더 의미를 가질 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5_ Comparison of Road Rank

(unit: rank)

Administrative District	Road Ratio of Nation (1~170)	Road Ratio of Chungnam (1~15)	Service Index (1~15)
Cheonan-si	33	2	14
Gongju-si	80	7	11
Boryeong-si	85	8	6
Asan-si	36	3	15
Seosan-si	53	4	5
Nonsan-si	55	5	8
Gyeryong-si	27	1	10
Geumsan-gun	134	15	2
Buyeo-gun	91	9	4
Seocheon-gun	63	6	1
Cheongyang-gun	102	10	9
Hongseoung-gun	104	11	3
Yesan-gun	105	12	12
Taeon-gun	116	13	7
Dangjin-si	122	14	13

5. 모형의 적합성 검증

한국교통연구원의 국가교통DB센터에서는 SOC 투자 정책의 기초자료로 활용하기 위해 2013년 9월 한 달 간 전국을 공간적 범위로 한 내비게이션의 위치 정보와 속도 정보를 이용해 전국 시군구를 대상으로 혼잡지도⁷⁾를 구축하였다. 이에 본 논문의 연구결과인 서비스 지표가 기존 도로율 지표에 비해 우월한지를 확인하기 위해, 혼잡지도에 따른 지역별 순위 결과를 참값으로 가정하고 기존 도로율 지표와 서비스 지표에 따른 지역별 순위와의 차이를 통해 새로운 모형인 서비스 지표의 적합도를 검증하였다. 분석 결과 <Table 6>과 같이 서비스 지표가 도로율 지표에 비

해 합계 및 평균, 편차에 있어서 차이가 적은 것으로 도출되어 서비스 지표가 기존 도로율 지표에 비해 현 도로의 수준에 대한 설명력이 보다 높은 것을 알 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 기존 도로율 지표가 갖고 있는 한계점을 극복하기 위하여 지역 내의 도로 수준을 고려하기 위한 지역 내 접근성 지표인 ACIN과 지역 간의 도로 수준을 고려하기 위한 지역 간 접근성 지표인 ACOUT를 산출한 후, 두 지표의 조합을 통해 도로의 서비스 지표를 구축하였다. 도로의 서비스 지표는 행정구역

Table 6 _ Ranking Comparison

Administrative District	Congested Map		Road Ratio		Service Index	
	Rank	Rank	Rank	Gap	Rank	Gap
Cheonan-si	15	2	13		14	1
Gongju-si	1	7	6		11	10
Boryeong-si	4	8	4		6	2
Asan-si	14	3	11		15	1
Seosan-si	13	4	9		5	8
Nonsan-si	6	5	1		8	2
Gyeryong-si	3	1	2		10	7
Geumsan-gun	11	15	4		2	9
Buyeo-gun	5	9	4		4	1
Seocheon-gun	2	6	4		1	1
Cheongyang-gun	7	10	3		9	2
Hongseoung-gun	8	11	3		3	5
Yesan-gun	9	12	3		12	3
Tae'an-gun	12	13	1		7	5
Dangjin-si	10	14	4		13	3
Sum			72			60
Average			4.80			4.0
deviation			3.53			3.1

7) <http://118.129.9.210/mapbook/>

및 도로의 단순 연장을 중심으로 평가되고 있는 공급자 중심의 현 도로를 지표의 한계점을 해결하고, 통행의 이동에 기반을 둔 도로 이용자의 관점에서 도로의 수준을 반영한다는 점에서 주목할 만하다. 즉 본 논문의 결과인 새로운 도로용 지표가 단순한 물리적 측면의 도로용 지표보다는 도로의 서비스 수준을 종합적으로 더 잘 나타낸다는 측면에서 의의가 있다.

특히 본 논문의 결과를 예비타당성조사 내의 도로용 지표에 활용할 경우에는 다소나마 지역낙후도지수 산정을 위한 도로용 지표 순위를 합리적으로 반영할 수 있어 궁극적으로 타당성 판단 시 지역균형발전에 대한 평가를 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 예비타당성조사 등의 공공투자사업에서 사용하는 도로용 지표는 단지 지역낙후도지수를 산정하기 위한 하나의 지표로서, 행정구역 면적 대비 물리적인 도로 연장이 낮은 지역을 상대적 낙후지역이라고 평가하는 것이다. 그러나 본 논문의 분석결과를 보면 충청남도에서 상대적으로 도심지 지역인 천안시, 아산시의 경우에 새로운 도로용 지표에 의한 도로의 서비스 수준이 충청남도에서 낮다고 하여, 이들 지역이 도내에서 낙후된 지역이라고 평가하기에는 어려운 측면이 있다. 이는 낙후지역 선정 시 활용되는 도로용 지표는 도로의 여러 서비스 기능 중에서도 기업의 생산성 증대나 경제활동 제고와 같이 경제적 측면의 기능을 강조하는 것으로 해석할 수 있기 때문에 낙후지역을 나타내는 정책지표로 바로 활용하기에 앞서 좀 더 심도 있는 연구가 필요하다.

마지막으로 다음과 같은 한계점은 향후 연구과제로 남긴다. 먼저 섬 지역의 처리 방안이다. 제주도와 울릉도는 교통 시뮬레이션에 따른 분석에 제약이 있어 본 논문에서는 결과를 도출하지 못하였다. 이들 지역에 대해서는 별도의 연구가 필요하다.

다음으로 본 논문에서는 충청남도 지역을 표본 삼

아 분석을 수행하였으나 실제 전국을 대상으로 하는 공공투자사업의 지역낙후도지수에 활용하기 위해서는 전국을 대상으로 확대하여 연구를 수행할 필요가 있다.

참고문헌 •••••

1. 권택건. 2004. 지역별 도로인프라 확보수준 평가지표 개발. 석사학위논문, 연세대학교.
Kwon Taekgun. 2004. *Development of an Evaluation Index of Roadway Infrastructure Level*. M.S. diss., Yonsei University.
2. 김광식. 1987. 접근성의 개념 및 측정치. 대한교통학회지 5권, 1호: 33-46.
Kim Kwangsik. 1987. Concepts and measures of accessibility. *Journal of Korean Society of Transportation* 5, no.1: 33-46.
3. 김동성. 2009. 지역 간 투자형평성 제고를 위한 네트워크 이동성지표 개발: 도로네트워크를 중심으로. 석사학위논문, 서울대학교.
Kim Dongsung. 2009. *Development of a Network Mobility Index for Regional Investment Equity with Emphasis on Road Network*. M.S. diss., Seoul National University.
4. 김찬성, 황상규. 2006. 국가균형발전을 위한 교통접근성 제고 방안 연구: 형평성 분석을 중심으로. 고양: 한국교통연구원.
Kim Chansung and Hwang Sangkyu. 2006. *An Equity Analysis on the Long Term National Transportation Infrastructure Planning*. Goyang: Korea Transport Institute.
5. 김호정, 김종학, 이춘용, 윤하중. 2006. 교통서비스지표 개발 및 활용방안 연구. 안양: 국토연구원.
Kim Hojeong, Kim Jonghak, Yi Choonoyong and Yoon Hajung. 2006. *Development and Application of Transportation Service Indicators*. Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
6. 노정현. 2012. 교통계획: 통행수요 이론과 모형. 파주: 나남출판.
Rho Jeonghyun. 2012. *Transportation Planning: Travel Demand Theory and Models*. Paju: Nanam.
7. 설유진. 2015. 지역 간 도로 네트워크 수요가중 접근성 평가 모형. 박사학위논문, 서울대학교.
Sul Youjin. 2015. *An Evaluation Model for Demand-weighted Accessibility(DA) of Interregional Road Network*. Ph.D. diss.,

Seoul National University.

8. 설재훈, 채찬달. 2008. 우리나라 지역별 도로교통 지표의 격차에 관한 연구. *교통연구* 15권, 1호: 27-43.
Sul Jaehoon and Chae Chandale. 2008. A study on the regional differences of the road and transportation index in Korea. *Journal of Transport Research* 15, no.1: 27-43.
9. 손봉수, 김주영. 2000. 서울시 도로율 산정기준에 관한 연구. *서울도시연구* 1권, 1호: 37-47.
Son Bongsoo and Kim Jooyoung. 2000. A study of the evaluation index for the paved roadway occupancy in Seoul. *Seoul City Research* 1, no.1: 37-47.
10. 안근원, 박지형, 박준식, 장인수, 오재학, 우승국, 김자인 외. 2013. 경제·사회 여건 변화에 대응한 교통 SOC 효율화 방안: SOC 진단지표 개발 및 노후 인프라 관리방안 도입. 고양: 한국교통연구원.
Ahn Geunwon, Park Jihyung, Park Junsik, Jang Insu, Oh Jaehak, Wu Seungkook and Kim Jain et al. 2013. *The New Transport SOC Strategies and Policies in Response to Changes in Socio-Economic Circumstances: Development of SOC Monitoring Indicators and Adoption of Deteriorated Infrastructure Management System*. Goyang: Korea Transport Institute.
11. 안상훈, 심상달, 장준경, 김세용, 서경란, 김석영, 유재광 외. 2008. 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판). 서울: 한국개발연구원.
Ahn Sanghoon, Shim Sangdal, Jang Joonkyung, Kim Seyong, Seo Gyeongran, Kim Sukyoung and You Jaekwang et al. 2008. *General Guidelines for Preliminary Feasibility Studies*. 5th ed. Seoul: Korea Development Institute.
12. 안홍기, 윤성민. 2012. 적정 SOC 수준평가를 위한 미국의 인프라성능지수 개발 사례조사 연구. 안양: 국토연구원.
Ahn Hongki and Yun Sungmin. 2012. *A Case Study on the U.S. Infrastructure Performance Index for Developing Appropriate Evaluation of SOC Stock in Korea*. Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
13. 조익환. 2014. 도로기반시설의 적정수준 평가방법. 석사학위논문, 연세대학교.
Cho Ickhwan. 2014. *The Evaluation Methods of Optimum Level of Roadway Infrastructure*. M.S. diss., Yonsei University.
14. 충청남도청. 2015. 충남통계연보. 홍성군: 충청남도청.
The Province of Chungcheongnam-do. 2015. *Chungnam Statistical Year Book*. Hongseong-gun: The Province of Chungcheongnam-do.

- 논문 접수일: 2017. 1. 10
- 심사 시작일: 2017. 1. 19
- 심사 완료일: 2017. 3. 9

요약

주제어: 도로율, 접근성, 서비스 지표, 혼잡지도

지역 내 또는 지역 간을 이동할 경우에 이용하는 도로는 지역마다 시설 수준이 상이하여 지역별로 차이가 발생한다. 따라서 도로율이라는 지표로 해당 시설의 수준을 간접적으로 파악할 수 있다. 도로율의 개념은 사용하고자 하는 목적에 따라 다소 차이는 있으나, 보통 행정구역 면적당 도로의 총연장으로 산정하고 있다. 그러나 단순히 물리적인 통계자료로만 도로율 지표를 산정함에 따라 도로의 등급 또는 도로의 차로 수 차이, 나아가 지역 간 통행에 있어서는 고속도로와의 접근성 등 전반적으로 도로의 질적 수준인 교통의 처리 능력을 고려하지 못한 채 사용하고 있다.

이에 본 논문에서는 기존 도로율 지표가 갖고 있는 한계점을 극복하기 위하여 통행의 이동을 고려한 도로의 지역 내 및 지역 간 접근성 지표를 각각 산출하고, 이 두 지표의 조합을 통해 최종적으로 도로의 서비스 지표를 구축하였다. 사례 분석은 충청남도의 시·군을 대상으로 하였고, 충청남도 시·군의 도로 수

준을 결정하는 요인을 파악하기 위해 해당 지역의 지역개발정책 및 공공투자사업 업무를 담당하는 지역 전문가를 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 분석결과 도로의 서비스 지표 순위는 기존 도로율에 따른 순위와는 차이를 보이는 것으로 분석되었다. 면적 대비 도로의 연장이 상대적으로 큰 도시의 경우 통행량이 많아 도로의 서비스 수준은 낮은 것으로 분석되었다. 즉 인프라가 잘 되어 있는 도심지라 하더라도 서비스 지표는 낮게 추정되는 지역이 발생하는 것으로 나타났다. 모형의 적합도에서는 서비스 지표가 도로율에 비해 혼잡지도에 따른 순위와의 차이가 적은 것으로 도출되어 현 도로 수준에 대한 설명력이 보다 높다는 것을 알 수 있다. 본 논문의 결과를 토대로 다소나마 지역나후도지수 산정을 위한 도로율 지표 순위를 합리적으로 반영할 수 있어 궁극적으로 타당성 판단 시 지역균형발전에 대한 평가를 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

