고속철도와 연계교통수단간 연계성 지표 개발

Development of Intermodal Connectivity Index for High-Speed Rail

김병관* · 하오근 · 신현주 · 김현구 · 왕연대

Byung-Kwan Kim · Oh-Keun Ha · Hyun-Ju Shin · Hyoun-Ku Kim · Yeon-Dae Wang

Abstract Recently, the building of an intermodal transportation system has become the most important policy in the establishment of a national-wide sustainable transport system. In the case of rail and public transport, an intermodal connecting improvement policy is essential due to the lack of trip completeness. In particular, high-speed rail has brought dramatic changes to the transportation system in Korea and the idea of high-speed rail stations as major transportation nodes to be linked to various travel modes needs to be analyzed in terms of an intermodal network. Thus, this study proposes a new connectivity analysis method to objectively and quantitatively evaluate intermodal connecting performance for high-speed rail in terms of an intermodal network around high-speed rail stations. Seoul, Busan, Ulsan, and Sin-gyeongju stations were designated for a range of spatial analyses; detailed connecting performance indexes of travel modes connecting high-speed rail stations, and the influence sphere of these stations are analyzed, except for internal transfer facilities. Finally, this study proposes a connectivity analysis method that applies the structural equation model and develops a connectivity index.

Keywords : High-speed rail, Intermodal network, Connectivity index, Connecting performance

초 록 국가 전체의 지속가능한 교통체계 확립을 위한 연계교통체계의 구축이 중요한 교통정책으로 대두되고 있고 철도 및 대중교통은 통행의 완결성 부족으로 인해 수단간 연계성을 고려하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 특히, 고속철도는 우리나라 교통체계의 획기적 변화를 가져왔고 고속철도역은 다양한 수단이 연계되어야 하는 중요한 교통 결절점으로 수단간 연계교통망 차원에서 분석이 필요하다. 이에 본 연구는 고속철도역의 연계교통망 차원에서 고속철도와 연계교통수단의 연계기능을 객관적이고 정량적으로 분석하기 위한 새로운 연계성 분석 기법을 제시하였다. 서울역, 부산역, 울산역, 신경주역을 공간적 범위로 설정하였고 고속철도 역사내의 내부환승 시설을 제외한 고속철도역과 영향권내 기·종점간을 연결하는 연계교통수단의 세부 연계기능 지표를 조사·분석하였다. 구축된 자료를 이용하여 구조방정식 모형을 적용한 연계성 분석 기법을 제시하고 연계성 지표를 개발하였다.

주요어 : 고속철도, 연계교통망, 연계성지표, 연계기능

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

철도, 도로, 항공 등 각 수단들은 서로를 경쟁수단으로 인식해 오고 있으나 하나의 목적통행은 다양한 수단통행으로 이루어짐으로 국가의 체계적인 교통정책을 위해서는 수단간 연계성을 고려한 정책방향이 필요하다. 특히, 승용차를 제외한 친환경 수단으로 인식되고 있는 철도 및 대중교통은 통행의 완결성 부족으로 인해 수단간 연계성을 높이기 위한 정책 고려가 필수적이다. 철도의 수단경쟁력을 높여왔고 향후 더 높은 경쟁력을 도모할 수 있는 수단은 고속철도라 할 수 있으며 이러한 고속철도 관련시설 중 고속철도역은 다양한 수

단이 연계되어야 하는 중요한 교통 결절점으로서 수단간 연계 교통망차원의 분석이 요구된다.

기존의 고속철도역은 환승센터의 일부로 평가되어 왔고 내부이동시설, 환승편의시설, 시설배치기준 등 내부 환승시설의 용량 및 서비스 위주로 평가가 이루어져 연계 교통망 차원에서의 연계기능에 대한 고려가 미흡하였다. 또한 전문가 설문조사에 의한 평가항목의 주관적 가중치에 의해서 평가가 이루어져왔다 할 수 있다. 지금까지 정성적·평면적으로 다뤄왔던 고속철도역의 연계교통망 평가를 정량적·입체적으로 평가하기 위해서는 다수단 교통망차원의 새로운 연계성 분석기법 개발이 필요하다 판단된다.

이에 본 연구는 전문가의 주관적 판단에 의존하고 역사내 시설의 용량분석 기반의 평가 방안을 대체 보완하기 위하여 통계적 분석 기법을 적용하여 연계교통망 차원의 종합적이고 객관화된 고속철도역의 연계성 분석기법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 구조방정식 모형을 적용하여 고속철도역의 고속철도와 연계교통수단간 연계성 평가를

*Corresponding author.

Tel.: 82-42-615-4685, E-mail : kimbk@korail.com

©The Korean Society for Railway 2014

http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2014.17.1.59

위한 연계성 지표(Connectivity Index)를 개발하고 적용 및 분석을 수행하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구의 공간적 범위는 고속철도역 중 고속철도 전용선 건설이 완료된 경부고속선을 중심으로 고속철도 이용자가 많고 비교적 연계기능이 우수하다고 판단되는 서울역, 부산역 그리고 연계기능이 미비하다고 판단되는 울산역, 신경주역을 대상으로 연구를 수행하였다.

연구의 내용적 범위로 고속철도 역사내 내부환승시설을 제외한 고속철도역과 그 영향권간의 연계교통수단의 공급 및 연속성, 교통정보제공을 고려한 연계성 지표를 개발하고 이를 이용하여 연계성을 분석하였다.

Fig. 1 Range of content for this study

여기서, 영향권이란 분석 대상역을 기준으로 고속철도 이용 수요가 발생하는 KTDB[1] 존 체계의 행정구역별 교통존 모두를 포함하였고 영향권 선정을 위한 자료는 한국철도공사의 여객철도 이용객 통행행태 조사분석 연구[2]를 참고하였다.

Fig. 2 Selection of target station's sphere of influence

연구의 공간적 범위와 내용적 범위에서 알 수 있듯이 연구의 수행과정은 고속철도역을 기준으로 영향권내 기·종점에 대한 고속철도와 연계교통수단간의 연계성 분석기법을 제시하고 연계성을 평가할 수 있는 연계성 지표를 산정하여 실제 적용 및 분석, 활용방안을 제시하는 것이다. 본 연구에서는 연계성 지표 산정을 위한 핵심 모형으로 구조방정식 모형을 적용하였는데 구조방정식은 ①구성개념 간 상호 영향력 분석이 가능, ②구성개념이 연계성 지표(CI)에 미치는 영향력을 통계적으로 파악이 가능, ③세부 연계기능 지표(관측변수)가 연계성에 미치는 영향 정도에 따라 가중치 산정이 가능, ④다수의 변수를 이용하여 연계성 지표 등 가상의 잠재변수를 생성 및 평가가 가능한 장점을 갖고 있고 이러한 이유에서 분석 모형으로 사용하였다.

Fig. 3 Process of this study

2. 기존 연구 고찰

2.1 연계성 분석 관련 연구

교통 및 관련 분야의 연구에서 연계와 연계성에 대하여 유사하지만 다양한 정의를 내리고 있고 이와 관련한 내용을 정리하면 다음과 같다. 교통연계에 대하여 Kim(2010)의 다수의 연구자 [3-6]들은 환승센터로 접근하는 교통수단(철도, 항공, 버스, 지하철, 택시, 승용차, 자전거 등)간의 상호 연결 또는 연속을 나타내는 상태라 정의하였고 MOCT(2004)의 연구 [7]는 두 개 이상의 시스템을 연결하여 사용할 때 사용자가 마치 하나의 시스템을 쓰는 것처럼 느낄 수 있게 되는 것이라 정의하였다. 특히, MLTM(2011)의 철도설계기준 [8]에서는 인프라(시설, 수단)와 운영측면을 함께 고려하였는데 여객과 화물이 임의의 기·종점간의 이동을 위해 두 개 이상의 교통수단을 이용하거나 수단 내 서로 다른 위계/노선을 이용할 때 사용되는 서로 다른 유형의 시설·수단·운영 등으로 두 지점 사이를 단절 없이 이용 가능한 상태라 정의하였다.

연계성과 관련하여서는 Kim [9]은 연계성을 전체 안에서 공간성격의 유사성을 기준으로 엮어진 개별공간들만의 연결 구조의 배치형태라 정의 하였고 Shin [10]은 어떤 한 대상이나 또는 둘 이상의 내적인 구성요소들끼리 또는 어떤 외적 연결체를 통하여 상호 관계를 맺고 하나의 구성체처럼 작용할 수 있게 만드는 요소라 정의하였다.

연계성과 관련한 대부분의 연구는 사회과학 분야에서 수행한 경우가 대다수이고 교통분야의 연구는 철도보다는 주로 도로 부문의 연계성 분석 연구가 주를 이루어 왔다. 철도와 관련해서는 국토해양부의 국가교통핵심기술개발사업의 일환으로 수행된 교통연계 및 환승시스템 기술개발을 대표적으로 들 수 있다.

교통연계 및 환승시스템 기술개발과 관련한 Kim(2009)의 다수의 연구 [11-15]에서 연계 및 환승시스템에 대한 평가 방법론이 연구되었으나 용량편람과 설계지침에서 제시된 용량을 재산정하고 이러한 용량분석에 근거한 서비스 평가지

Table 1 Comparison with AMOS and SmartPLS

Classification	AMOS	SmartPLS
Purpose	Optimization of structural model Maximization of covariance matrix compatibility Theory verification & relationship description	Residual minimization that occur in the estimation process of model Maximize the predictive performance
Assumed distribution	Multivariate normal distribution	Not assumed multivariate normal distribution & normally distributed error term
Parameter estimation	· Parameter Estimation on the assumption joint distribution of each variable between is the multivariate normal distribution · Mismatch minimization of the prediction matrix and the observation matrix	· Nonparametric estimation by performing repeated regression analysis, principal component analysis · Repeat procedure of multi-step using OLS method
Sample size	Relatively large size	Large sample, small sample all possible
Analyzable model	Recursive model & non-recursive model	Only recursive model
Analysis indicators	Reflective model Structural model	Reflective model Formative model
Observed variables	Two or more observed variables for each factor	One observed variable is also available for each factor
Statistical verification	Goodness-of-fitness and comparison of the difference between the models, path coefficients, various verification	Verification by using the bootstrap Minimization of the model estimation error (min R ²)

Source : Bacon L. D. [21], Kim [22]

표를 산정하였다. 산정된 각 서비스 평가지표에 대한 전문가 설문(AHP) 가중치를 적용하여 연계교통망 차원이 아닌 환승센터의 내부 환승시설을 위주로 서비스 평가가 수행되었다.

Park(2010a)의 복합수단 대중교통 네트워크의 연계성 평가 모형 연구 [16]는 연계성 평가의 최소 단위를 대중교통 정류장으로 하여 정류장을 서비스하는 노선들의 연계강도의 합으로 정류장 연계성 지수를 산정하고 해당지역의 정류장 연계성 지수의 합으로 지역 연계성 지수를 산정하였다. 연구에서는 정류장 연계성을 대중교통 수송용량, 통행속도, 노선연장 3가지 요소만을 고려하고 3가지 요소의 상대적 중요도는 고려하지 못하였다.

Park(2010b)의 도로 네트워크의 노드 연계성 산정에 관한 연구 [17]는 특정 노드가 평가의 대상이 되며 네트워크 연계성은 네트워크 내의 타 노드들과 연결되어 있는 정도로 정의하였다. 노드의 유출·입 연계성 지수를 산정한 후 산정된 유출·입 연계성 지수의 평균값을 노드의 연계성 지수로 정의하였다. 이 연구는 소규모 가상 도로망을 적용하여 평가하였고 철도 네트워크에 적용하기에는 한계가 있다.

Park(2010c)의 교통물류거점의 네트워크 연계성 개선효과 분석방법론 연구 [18]는 공급연계성과 체감연계성을 산출하고 연계성 감소율(δ)을 산출하여 사업시행으로 인한 연계성 개선효과를 분석하였다. 공급 연계성과 체감 연계성의 변화에 따른 연계교통체계 개선사업의 효과분석에 초점을 두었기 때문에 연계성 지수의 값 자체에 대한 기준치는 설정하지 못하였다.

도로부문과 관련하여 Kim(2012)의 네트워크 지수를 활용한 국가교통인프라 추진전략 연구 [19]는 네트워크 지수를

전국간선망에서의 해당시설(예로 고속도로IC)의 간선기능 평가를 의미하는 교통시설의 중요도와 해당시설 영향권 내 등급별 항만, 철도역, 산업단지, 중요 관광지의 수를 의미하는 네트워크의 연계강도의 부합성으로 정의하였다. 중요도와 연계강도를 상중하 3개의 범위로 구분하여 개념을 정립하고 매트릭스 매칭을 통하여 지수화하였다.

Kang(2011)의 네트워크 기반의 간선도로망 정비를 위한 기초연구 [20]는 네트워크를 서로 다른 기·종점 간을 연결하는 선택 가능한 경로가 두 개 이상 존재하는 도로망을 뜻하는 네트워크의 기능이라 정의 내리고 물리적 연계, 교통정보 공유, 주행조건 균형의 3가지 요소로 구성하였다. 네트워크 구성 요소별 세부 연계기능에 대한 산정 지표를 조사한 후 구조방정식 모형을 이용하여 네트워크 지수를 구성하는 산정지표들의 가중치를 산정하였다.

위에서 제시한 기존 연구들의 한계점을 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 환승센터와 같이 교통 결절점(Node)의 내부 환승시설의 평가 연구가 대부분으로 대중교통을 이용하는 이용자의 교통망 차원에서의 평가연구가 미비하였다. 둘째, 정량적인 평가지표의 도출 및 평가체계가 미비하였다. 셋째, 평가지표의 주간적 가중치 도출을 통한 중요도 산정에 관한 연구는 많았으나 지표를 활용한 실제 적용이 미비하였다. 넷째, 가상의 모의 교통망에 대하여 링크와 연결된 노드의 특성에 대한 연구가 대부분으로 실제 자료를 적용한 연구가 부족하였다.

이에 본 연구는 고속철도역의 연계기능을 분석하고 기존의 정성적 분석과 용량분석 기반의 평가 방안을 대체 보완할 수 있는 분석 기법을 제시하였다. 또한 연계성 평가 대상은 고속철도역과 같은 노드라 할 수 있는데 기존의 연구

는 특정 노드와 연결된 전체 노드에 대한 연계성을 평가 하였지만 본 연구는 고속철도역과 영향권내의 각 개별 기·중점 쌍의 연계성을 평가 가능한 방법론을 제시하였다.

2.2 구조방정식 모형 검토

구조방정식 모형은 변수들간의 관계를 구조화하여 체계적으로 모형화하는 다변량 분석 방법론으로 확인적 요인분석과 경로분석이 결합된 형태이며 모형형태의 관점에서 보면 측정모형(Measurement Model)과 구조모형(Structural Model)을 통해 모형간의 인과관계를 파악하기 위한 모형이다. 일반적인 구조방정식 모형은 변수들간의 인과관계에 대한 가설을 검증하는데 주로 사용되는데 본 연구에서는 구조방정식 모형을 세부 연계기능 지표와 연계성 지표간 인과관계와 각 지표의 가중치를 산정하는 목적으로 사용하였다.

구조방정식 모형을 분석하기 위한 분석 툴로 AMOS, Lisrel, EQS, SmartPLS 등 10여 가지 이상이 개발되어 있다. 그 중 AMOS가 가장 널리 사용되고 있으며 최근 독일 Hamburg 대학에서 개발된 SmartPLS의 사용이 확산되고 있다. AMOS와 SmartPLS의 특징을 비교해 보면 Table 1과 같고 본 연구에서는 엄격한 가정이 덜하고 단일항목이 잠재요인을 이루는 모형 분석이 가능하며 모형 추정의 오차를 최소화하는 SmartPLS를 이용하여 분석을 수행하였다.

3. 고속철도와 연계교통수단간 연계성 지표 개발

3.1 본 연구의 연계성 개념 정립

연계성에 대한 용어 정의를 보면 연계성은 서로 다른 수단을 이용할 때 마치 하나의 수단을 이용하는 것처럼 연결되어 있는 상태라 볼 수 있고 고속철도(고속철도역)와 버스, 도시철도, 승용차, 택시 등 연계교통수단이 하나의 수단을 이용하는 것처럼 편리하게 연결되기 위해서는 ①연계교통수단의 공급, ②연계교통수단의 연속성, ③연계교통정보 제공이 잘 갖추어져 있어야 한다.

상기 세 가지 요소 중 ①연계교통수단의 공급, ②연계교통수단의 연속성은 기존 연구에서 지속적으로 제기되어 오던 연계기능 요소이고 ③연계교통정보는 최근 그 중요성이 인식되고 있는 교통정보의 제공 및 정확성을 고려한 요소로서 기존의 연구에서 고려되지 못했던 통행자 측면을 고려한 요소이다.

본 연구에서는 고속철도와 연계교통수단간 연계성을 고속철도역과 연계되는 교통수단의 공급, 고속철도역과 연계되는 교통수단의 연속성, 고속철도역과 연계되는 교통수단의 교통정보 제공을 통하여 고속철도역과 영향권 내 교통존간의 상호연결성의 정도라 정의하였다. 여기서, 연계교통수단의 공급은 고속철도와 연계되는 교통수단의 공급을 통해 고속철도역과 통행의 기·중점간 충분한 연계교통의 제공 정도를 말하며 연계교통수단의 연속성은 고속철도와 연계되는 교통수단 사이의 시간, 거리의 연결 강도 및 환승 특성을 의

미한다. 마지막으로 연계교통정보 제공은 고속철도와 연계되는 교통수단에 대한 정보제공의 정도를 의미한다. 이러한 연계기능이 좋아진다면 결국 고속철도의 수단분담율이 증가할 것이며 연계교통수단의 공급과 연결이 충분히 이루어짐으로 통행자가 선택 가능한 다양한 다수단 통행경로가 존재하게 되어 대중교통을 이용하여도 승용차와 동일한 통행시간 또는 일반화 통행비용이 소요되는 상태(다수단 사용자균형, Multimodal User Equilibrium)에 가까워질 것이다. 이러한 개념을 정리하면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4 Components of connectivity

연계성 지표는 이러한 3가지 연계기능 요소와 하위의 세부 연계기능 지표에 따른 연계성을 정량적으로 평가할 수 있는 척도라 할 수 있고 연계성 지표 분석을 통하여 부족한 연계기능을 파악하고 개선하는 데에 활용될 수 있다.

3.2 연계성 분석 방법론 및 자료 구축

본 연구에서는 연계기능 요소별 세부 연계기능 지표를 이용하여 고속철도와 연계교통수단간 연계성을 정량적으로 평가할 수 있는 연계성 지표(Connectivity Index)를 도출하였다. 연계성 지표 산정을 위한 분석 방법론은 연계성을 나타내는 유의한 세부 연계기능 지표를 선정하고 세부 연계기능 지표별 가중치를 산정하여 연계성 지표에 대한 모형을 도출하는 방법을 적용하였다. 본 연구는 이러한 방법을 적용하기 위하여 구조방정식 모형을 이용하였다.

Fig. 5 Relationship between connectivity indexes and detailed connecting performance indicators

Table 2 Indexation and direction setting of detailed connecting performance indicators

Connecting performance indicator	Effect on connectivity index	Indexation and direction setting
Transportation supply	Supply increasing → Connectivity (+)	$i_n/\text{Max}(i_n)$, i_n = detailed connecting performance indicator i 's n^{th} data
Continuity of transportation	Connection impedance (time · distance) increasing → Connectivity reducing (−)	$1-i_n/\text{Max}(i_n)$, Num. of transfer = $1-0.25 \times \text{Num. of transfer}$
Transportation information	Providing information → Connectivity improving (+)	All i_n is discrete variable or rate variable

연계교통수단 공급, 연계교통수단 연속성, 연계교통정보 제공의 3가지 연계기능 요소에 대한 세부 연계기능 지표와 연계성의 관계는 Fig. 5와 같이 설정하였다.

분석 대상역(서울·부산·울산·신경주역)과 그 영향권간의 연계교통수단 공급, 연계교통수단 연속성, 교통정보제공에 대한 세부 연계기능 지표 조사를 현장조사, 인터넷조사, 문헌조사를 이용하여 수행하였다. 개별지표의 산정기준에 따른 정량화된 수치를 DB로 구축하였고 자료수(n)는 145개이다. 구축된 DB를 이용하여 구조방정식 모형을 통해 가중치를 도출하여 분석 대상역과 주변 영향권간의 연계성 지수를 산정하였다. 영향권의 설정은 한국철도공사 ‘여객철도 이용객 통행행태 조사분석 연구(2012)’에서 조사된 고속철도역 이용실태 자료를 기초로 분석 대상역을 이용하여 고속철도 통행이 발생한 교통존 모두를 대상으로 하였다.

연계성 지표를 이용하여 연계기능의 효율성을 평가하고 분석하기 위해서는 연계성 지표의 지수화(0~1)가 필요하고 연계기능 요소가 동일한 방향성을 갖고 연계기능에 영향을 미쳐야만 한다. 따라서 비율변수와 이산형변수(0, 1)가 아닌 세

부 연계기능 지표는 0~1의 값을 갖고 연계기능에 양(+)의 영향을 갖도록 Table 2와 같이 표준화하였다.

3.3 연계성 지표 모형 구축

구축된 분석 자료를 대상으로 구조방정식 모형을 적용하여 연계성 지표 산정 모형을 도출하였다. 확인적 요인분석을 통해 세부 연계기능 지표(관측변수)와 연계성 지표(내생잠재변수)간 구조방정식 모형을 설정하고 모형분석을 통해 통계적 유의성 및 적합도를 확인하여 최종 구조방정식 모형을 도출하였다. 여기서 서울역과 부산역은 대도시지역에 위치하고 있어 도시철도가 고속철도역을 직접 연결하는 연계수단으로 공급되고 있으나 울산역과 신경주역은 외곽지역에 위치하고 있어 직접 연결되고 있는 도시철도 공급이 없는 실정이다. 이러한 지역적 차이를 고려하기 위하여 모형을 도시철도특성을 반영한 모형 1과 도시철도특성을 미반영한 모형 2로 나누어 분석을 수행하였다. 이렇게 도출된 구조방정식 모형을 통하여 세부 연계기능 지표와 연계성 지표의 관

Table 3 Results of confirmatory factor analysis and variable selection for model 1

Latent variables	Detailed connecting performance indicators	Variable	Factor reliability	Convergent validity				Logical validity		
			Cronbachs α	Load factor	C.R.	AVE	Sign	Path coefficient	C.R.	Sign
Bus supply (A)	# of bus lines	a1	0.993	0.995	613.134	0.993	○	0.084	2.322	○
	# of bus pass	a2		0.996	856.098		○			
Urban rail supply (B)	# of urban rail station	b1	0.962	0.935	61.177	0.930	○	0.200	2.994	○
	# of urban rail lines	b2		0.986	387.031		○			
	# of urban rail pass	b3		0.968	160.519		○			
Taxi supply (C)	# of taxi registration	c1	1.000	1.000	-	1.000	○	0.013	2.375	○
Connecting impedance (J)	# of transfers	j1	0.843	0.791	24.640	0.682	○	0.669	8.933	○
	Transfer time	j2		0.914	56.181		○			
	Transfer distance	j3		0.687	10.561		○			
	Transfer discount	j5		0.886	21.828		○			
Transportation info. (O)	Info. accuracy	o3	1.000	1.000	-	1.000	○	0.136	2.672	○
CI	KTX modal split	ci1	0.609	0.755	12.504	0.668	○	-	-	-
	Travel time difference	ci2		0.868	28.900		○			

Table 4 Results of confirmatory factor analysis and variable selection for model 2

Latent variables	Detailed connecting performance indicators	Variable	Factor reliability	Convergent validity				Logical validity		
			Cronbachs α	Load factor	C.R.	AVE	Sign	Path coefficient	C.R.	Sign
Bus supply (A)	# of bus lines	a1	0.992	0.995	517.713	0.992	○	0.165	3.007	○
	# of bus pass	a2		0.996	629.923		○			
Taxi supply (C)	# of taxi registration	c1	1.000	1.000	-	1.000	○	0.008	2.136	○
Connecting impedance (J)	Transfer times	j1	0.811	0.793	21.067	0.639	○	0.508	6.470	○
	Transfer time	j2		0.798	23.493		○			
	Transfer distance	j3		0.692	10.893		○			
	Transfer discount	j5		0.902	53.893		○			
Connecting facilities arrangement (K)	Bus stop arr.	k1	0.894	0.939	63.375	0.763	○	0.010	2.037	○
	Parking lot arr.	k3		0.781	19.195		○			
	Taxi stop arr.	k4		0.796	22.047		○			
	Park & ride arr.	k5		0.951	69.179		○			
Transportation info. (O)	Line info.	o2	0.550	0.889	15.926	0.581	○	0.319	2.390	○
	Info. accuracy	o3		0.158	2.186		○			
	Comprehensive info.	o5		0.952	39.583		○			
CI	KTX modal split	ci1	0.636	0.815	28.960	0.730	○	-	-	-
	Travel time difference	ci2		0.890	64.993		○			

계를 정량적으로 분석할 수 있다.

요인분석과정을 통해서 세부 연계기능 지표(관측변수)와 연계기능 요소, 연계성 지표(잠재변수)의 타당성을 검증하고 유의한 변수를 선정하여 모형을 구축하였다. 모형의 타당성 검증을 위하여 요인 신뢰성(factor reliability), 세부 연계기능 지표에 대한 집중 타당성(convergent validity), 잠재변수에 대한 법칙 타당성(logical validity), 잠재변수간의 판별 타당성(discriminant validity) 분석을 시행하였고 최종 선택된 변수에 대한 모형 1, 2의 분석결과는 Table 3, 4와 같다.

모형 1의 결과에서 요인신뢰성은 모든 Cronbachs α 값이 0.6이상으로 나타났고 집중타당성 검증도 모든 세부기능 지표의 요인부하량이 0.5이상이고 AVE가 0.5이상으로 유의한 결과를 보였다. 요인부하량과 경로계수의 유의성은 모두 C.R.(t-value)값이 1.965이상으로 95% 유의수준에서 유의하였다[23]. 법칙타당성 검증은 모든 경로계수의 부호가 모두 양(+)의 방향으로 나타나 유의성을 확인했다[24]. 마지막으로 판별타당성 검증에서 잠재변수들 각각의 AVE값과 두 잠재변수의 상관계수 제곱을 비교하여 AVE값이 상관계수 제곱보다 작은 결과를 보여 유의함을 확인하였다[25].

모형 2의 결과에서 요인신뢰성은 연계교통정보의 Cronbachs α 가 0.550으로 0.6보다는 적으나 0.6에 근접하여 크게 문제가 없다고 보았다. 집중타당성 검증에서 도착정보 정확도의 요인부하량이 0.158로 0.5 미만으로 나타났지만 교통정보 정확도는 연계교통정보의 중요한 세부기능 지표로 구성개념에서 꼭 필요한 항목이라 판단되어 사용하도록 하였다. 요인부하량과 경로계수의 유의성은 모두 C.R.값이 1.965 이상으

로 95% 유의수준에서 유의하였다. 법칙타당성 검증의 부호 검토와 판별타당성 검증도 이상이 없었다.

모형 1, 2의 구조방정식 모형 분석 결과는 Fig. 6, 7과 같고 본 연구에서는 PLS 모형을 적용하였기에 구조모형의 적합도는 부트스트래핑을 활용한 R^2 를 검토하였다[26].

모형 1의 경우 연계성 지표 값 1.000을 기준으로 표준화 계수로 가중치를 산정하면 버스공급(A)=0.076, 도시철도공급(B)=0.181, 택시공급(C)=0.012, 연계저항(J)=0.607, 연계교통정보(O)=0.123의 비율로 구성되고 그 하위 변수들과의 관

Fig. 6 Structural equation analysis of model 1 ($R^2 = 0.706$)

Fig. 7 Structural equation analysis of model 2 ($R^2 = 0.767$)

계식도 같은 방식으로 가중치를 산정하여 연계성 지표에 대한 비율을 산정하였다. 모형 2도 동일한 방식을 적용하였고 연계성 지표 산정식은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다. 특히, 연계저항의 가중치가 0.5이상으로 높게 나타났는데 이는 이용자들이 고속철도역으로 접근하는 과정에 있어 교통수단간 환승특성의 중요성이 높게 반영된 결과로 판단된다. 즉, 고속철도역으로 이동시 연계교통수단간의 환승 용이성과 편리성이 무엇보다도 중요한 요소로 분석되었다.

$$CI(\text{모형 1}) = 0.076 \times A + 0.181 \times B + 0.012 \times C + 0.607 \times J + 0.123 \times O + \varepsilon$$

$$CI(\text{모형 2}) = 0.163 \times A + 0.008 \times C + 0.503 \times J + 0.010 \times K + 0.316 \times O + \varepsilon$$

4. 모형 적용 및 활용

구조방정식 모형을 적용하여 연계성 분석에 유효한 세부 연계기능 지표를 선정하고 세부 연계기능 지표가 연계성에 미치는 영향 정도, 즉 가중치를 산정하였다. 최종적으로 이를 이용하여 연계성 지표(CI : Connectivity Index) 모형을 개발하였고 CI값이 1에 가까울수록 고속철도역으로의 연계성이 좋다는 의미로 해석될 수 있다.

우선 도시철도가 공급되는 고속철도역을 대상으로 고속철도와 연계교통수단간의 연계성을 평가하기 위해서 모형 1을 적용하였다. 모형 1은 도시철도가 연계된 고속철도역의 연계성을 비교·평가하고 연계성 평가에 도시철도특성을 반영할 필요가 있을 때 사용할 수 있다.

도시철도공급이 이루어지는 서울역과 부산역에 모형 1을 적용하면 서울역의 평균 연계성 지표(0.767)가 부산역(0.691)보다 높게 나타났다. 서울역이 버스공급(A=0.034), 도시철도공급(B=0.105), 택시공급(C=0.004), 연계교통정보(O=0.100)가 높게 나왔기 때문이다. 즉 서울역이 부산역 보다는 버스, 도시철도, 택시의 공급수준과 연계교통정보제공이 조금 더 우수하다는 것을 의미한다. 여기서 서울역이 부산역보다 연계교통정보의 연계기능이 우수한 이유는 서울역의 연계수단 도착정보 정확도가 높게 조사되었기 때문이다. 부산역(J=0.537)이 서울역(J=0.524) 보다는 연계저항, 즉 환승횟수, 환승거리, 환승시간의 환승저항이 양호한 것으로 분석되었다. 부산역과 서울역의 영향권별 세부 연계기능 지표 산정 결과를 분석하여 부산역은 버스공급, 도시철도공급, 택시공급, 연계교통정보의 세부 연계기능 지표 중 상대적으로 부족한 영향권에 대하여 개선하고 서울역은 연계저항의 세부 연계기

Table 5 Weight calculation results for the connectivity index (model 1: reflects characteristics of urban rail)

CI		Bus supply		Urban rail supply		Taxi supply		Connecting impedance		Transportation info.	
Bus supply (A)	0.076	a1	0.038	b1	0.059	c1	0.012	j1	0.147	o3	0.123
Urban rail supply (B)	0.181	a2	0.038	b2	0.062			j2	0.169		
Taxi supply (C)	0.012			b3	0.061			j3	0.127		
Connecting impedance (J)	0.607							j5	0.164		
Transportation info. (O)	0.123										
Total	1.000		0.076		0.181		0.012		0.607		0.123

Table 6 Weight calculation results for the connectivity index (model 2 : does not reflect characteristics of urban rail)

CI		Bus supply		Taxi supply		Connecting impedance		Facilities arrangement		Transportation info.	
Bus supply (A)	0.163	a1	0.081	c1	0.008	j1	0.125	k1	0.003	o2	0.140
Taxi supply (C)	0.008	a2	0.082			j2	0.126	k3	0.002	o3	0.025
Connecting impedance (J)	0.503					j3	0.109	k4	0.002	o5	0.150
Facilities arrangement (K)	0.010					j5	0.142	k5	0.003		
Transportation info. (O)	0.316										
Total	1.000		0.163		0.008		0.503		0.010		0.316

Table 7 Comparison of connectivity index calculation results (model 1)

Classification		Bus supply (A=0.076)	Urban rail supply (B=0.181)	Taxi supply (C=0.012)	Connecting impedance (J=0.607)	Transportation info. (O=0.123)	CI (1.000)
Seoul station	Average	0.034	0.105	0.004	0.524	0.100	0.767
	Jung-gu (max)	0.076	0.168	0.000	0.558	0.100	0.902
	Icheon-si (min)	0.000	0.000	0.001	0.381	0.100	0.482
Busan station	Average	0.015	0.040	0.003	0.537	0.096	0.691
	Busanjin-gu (max)	0.023	0.053	0.004	0.564	0.096	0.740
	Geoje-si (min)	0.000	0.000	0.001	0.186	0.096	0.283

Table 8 Comparison of connectivity index calculation results (model 2)

Classification		Bus supply (A=0.163)	Taxi supply (C=0.008)	Connecting impedance (J=0.503)	Facilities arrangement (K=0.010)	Transportation info. (O=0.316)	CI (1.000)
Seoul station	Average	0.072	0.003	0.433	0.001	0.311	0.819
	Seodaemun-gu (max)	0.155	0.003	0.473	0.001	0.311	0.942
	Icheon-si (min)	0.000	0.001	0.315	0.001	0.311	0.627
Busan station	Average	0.032	0.002	0.444	0.003	0.310	0.791
	Nam-gu (max)	0.057	0.003	0.477	0.003	0.310	0.850
	Geoje-si (min)	0.000	0.001	0.143	0.003	0.310	0.457
Ulsan Station	Average	0.009	0.002	0.401	0.008	0.022	0.441
	Ulju-gun (max)	0.016	0.001	0.437	0.008	0.022	0.483
	Ulsan-gun (min)	0.000	0.000	0.128	0.007	0.022	0.158
Singyeongju station	Average	0.011	0.002	0.361	0.004	0.140	0.518
	Gyeongju-si (max)	0.012	0.002	0.468	0.004	0.140	0.625
	Sangju-si (min)	0.000	0.000	0.115	0.004	0.140	0.260

능 지표 중 상대적으로 부족한 영향권에 대하여 개선한다면 각 고속철도역의 연계성을 높일 수 있다. 서울역의 경우, 영향권 중에서도 서울 중구가 0.902로 가장 연계성 지표가 높고 경기 이천시가 0.482로 가장 낮은 결과를 보였다. 이천시의 경우 서울역의 고속철도와 직접 연결되는 버스노선, 도시철도노선이 없고 연계저항이 높게 나타났기 때문이고 이를 보완하기 위한 대안이 필요하다.

다음은 도시철도가 공급되지 않는 고속철도역을 포함한 전체 고속철도역을 대상으로 고속철도와 연계교통수단간의 연계성을 평가하기 위하여 모형 2를 적용하였다. 모형 2는 도시철도가 공급되지 않는 지역을 고려하여 도시철도특성을 제외하고 연계성을 비교·평가하는데 적용할 수 있다.

서울역, 부산역, 울산역, 신경주역에 모형 2를 적용하면 서울역의 평균 연계성 지표(0.819)가 가장 높게 나타났다. 서울역이 버스공급(A=0.072), 택시공급(C=0.003), 연계교통정보(O=0.311)가 가장 양호하고 부산역은 연계저항(J=0.444)이 가장 양호하며 울산역이 연계시설배치(K=0.008)가 가장 양호한 것으로 분석되었다. 모형 2를 적용하였을 경우 서울역

의 영향권 중에서도 서울 서대문구가 0.942(중구 0.936)로 가장 연계성 지표가 높고 경기 이천시가 0.627로 가장 낮은 결과를 보였다. 부산역의 연계성 지표는 남구가 0.850(부산진구 0.831)으로 가장 높고 거제시가 0.457로 가장 낮게 나타났다. 울산역은 울주군(0.483)이 가장 높고 울진군(0.158)이 가장 낮으며 신경주역은 경주시(0.625)가 가장 높고 상주시(0.260)가 가장 낮았다. 모형 1의 경우처럼 각 고속철도역에 대하여 영향권의 세부 연계기능이 부족한 사항에 대하여 개선을 한다면 전체적인 연계성을 높일 수 있다.

모형 2를 적용한 서울역, 부산역, 울산역, 신경주역의 상·하위 3개 영향권의 세부 연계기능 지표 분석결과는 Table 9와 같다. 서울역-서대문구의 고속철도와 연계 교통수단간의 연계성이 가장 우수한 것으로 분석 되었고 다음으로는 서울역-중구 순이었다. 서대문구는 중구보다 연계저항에서 우수한 결과를 보였는데 그 중에서도 환승거리(j3)가 우수한 결과를 보였다. 하위 3개 영향권은 직접 연결되는 버스공급이 없고 이로 인해 환승에 따른 연계저항 지표도 낮음을 알 수 있다.

Table 9 Connectivity index for top and lower three spheres of influence after applying model 2

Classification		Top three spheres of influence			Lower three spheres of influence		
		Seoul station- Seodaemun-gu	Seoul station- Jung-gu	Seoul station- Jongno-gu	Ulsan Station- Chilgok-gun	Ulsan Station- Yeongcheon-si	Ulsan Station- Pohang-si
Bus supply (A)	a1	0.080	0.081	0.080	0.000	0.000	0.000
	a2	0.075	0.082	0.082	0.000	0.000	0.000
	A	0.155	0.163	0.162	0.000	0.000	0.000
Taxi (C)	c1	0.003	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Connecting impedance (J)	j1	0.125	0.125	0.125	0.063	0.063	0.063
	j2	0.121	0.120	0.120	0.092	0.042	0.018
	j3	0.084	0.073	0.067	0.000	0.035	0.048
	j5	0.142	0.142	0.142	0.000	0.000	0.000
	J	0.473	0.461	0.455	0.154	0.140	0.128
Connecting facilities arrangement (K)	k1	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
	k3	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
	k4	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
	k5	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
	K	0.001	0.001	0.001	0.007	0.007	0.007
Transportation info. (O)	o2	0.140	0.140	0.140	0.000	0.000	0.000
	o3	0.020	0.020	0.020	0.022	0.022	0.022
	o5	0.150	0.150	0.150	0.000	0.000	0.000
	O	0.311	0.311	0.311	0.022	0.022	0.022
CI		0.942	0.936	0.929	0.184	0.172	0.158

5. 결 론

본 연구에서는 고속철도역의 영향권을 대상으로 고속철도와 연계교통수단간의 연계성을 정량적으로 분석할 수 있는 연계성 분석 방법론과 이를 이용한 연계성 지표를 개발하였다. 연구에서는 기존 고속철도역의 내부환승시설에 대한 서비스 평가에서 벗어나 고속철도와 연계교통수단에 대한 연계기능을 주요 분석 대상으로 하였고 기존에 다루어지지 않은 연계교통정보의 영향을 고려하여 교통정보의 중요성을 파악해 본데 의의가 있다. 물리적 연계성 이외에 연계교통정보는 지금까지 연계기능의 평가에서 간과되고 있었던 통행자 측면의 세부 연계기능이라 할 수 있다.

개발된 모형을 이용하여 버스공급, 도시철도공급, 택시공급, 연계저항, 연계시설배치, 연계교통정보의 세부 연계기능 지표에 따른 고속철도역의 연계성을 평가할 수 있고 연계기능 향상을 위해 개선이 필요한 세부 연계기능을 파악할 수 있다. 그리고 앞으로 건설 예정인 고속철도역에 대해서 그 영향권에 대한 연계교통계획을 대상으로 연계기능을 평가하고 목표수준 달성을 위한 요구사항을 파악할 수 있다. 또한 평가와 개선은 모형을 이용하여 계속적으로 피드백(feedback)작업을 거칠 수 있다.

본 연구의 방법론은 다양한 평가방법론 개발에 활용될 수 있다. 분석방법론에 제시된 프로세스는 기존에 환승센터의

내부환승시설 정비를 위해 적용되었던 용량분석 방법과는 다른 관점의 방법이라 할 수 있다. 기존 방법이 용량개선과 전문가 설문 주관적 관점에 중점을 두었다면 본 방법론은 세부 연계기능에 따른 연계성 개선과 정량적 가중치 분석에 중점을 두었다.

본 연구는 고속철도역의 영향권을 대상으로 고속철도와 연계교통수단간의 연계성을 평가하기 위한 새로운 방법론 개발을 위한 기초연구로 수행되었고 이를 위하여 서울역, 부산역, 울산역, 신경주역을 대상으로 조사 및 분석이 이루어졌다. 향후 좀 더 일반화할 수 있는 모형을 구축하기 위해서는 광범위한 조사와 분석이 필요할 것이라 판단되며 이를 통해 구축된 DB는 다양한 연구에 활용될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 세부 연계기능 지표에 대한 상호관계를 고려하기 위하여 정량화 작업이 필요한데 향후 보다 합리적인 정량화 방법에 대한 공학적 연구가 수행되어야 한다. 또한 교통수단의 공급과 연결성이 좋더라도 이용자 수요가 없다면 시설물의 과잉 공급현상이 발생할 수 있으므로 공급과 함께 수요를 고려한 연계성 지표의 개발도 필요하다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업 고속철도와 타 교통수단간 연계성 지표 개발의 연구비지원(과제번호 12PRTD-

C063969-01)에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] KTDB (2010) OD major mode of between national and regions in 2010, The Korea Transport Institute.
- [2] J.W. Kim *et al.* (2012) A Research on the Travel Behavior of Railway Passengers, KORAIL Research Institute.
- [3] K.S. Kim (2010) Arrangement standard development and revaluation for transfer facilities in the Transfer stations of Urban railroad, *Master Thesis*, Seoul National University of Technology.
- [4] J.K. Lee (2010) A Study on the Design Criteria for Layout and Service Assessment in High-speed Railroad Transfer Centers, *PhD Thesis*, Seoul National University of Technology.
- [5] S.E. Kim (2008) A study on a Level of Service (LOS) for a pedestrian facility in a transportation transfer center, *Master Thesis*, Seoul National University of Technology.
- [6] Kwon, Y.J. (2007) The Problems and Improvement of Traffic Connective Transferring System, *Transportation Science Policy*, 4(1), pp.94-102.
- [7] Korea Construction CALS Association (2004) A Study of Development of Private Construction CITIS(PMIS) related Functions, Ministry of Construction & Transportation(MOCT).
- [8] Korea Rail Network Authority (2011) Rail Design Standards, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM).
- [9] C.J. Kim (2002) A study on the resident satisfaction with configuration of spatial structure for outdoor space in urban apartment, *Master Thesis*, Yonsei University.
- [10] H.C. Shin (2009) The Concept and Aspect of Networkness in Korean Education: focused on grammar domain, *Journal of New Korean Language Education*, 81, pp. 183-211.
- [11] J.H. Kim (2008) Assessment of the New Capacity and LOS of Transfer Facilities in the High-speed Railway Stations, *Journal of Korean Soc. Civ. Eng.*, 28(5), pp. 735-740.
- [12] S.Y. Han *et al.* (2009) The Service Evaluation of Connection and Transfer Facilities in the High-speed Railway Stations, *Proceedings of the Korean Society of Transportation*, Gyeongju, pp. 761-772.
- [13] C.S. Kim *et al.* (2008) The Development and Application of the Service Evaluation Indicators of Transfer Facilities in the High-speed Railway Stations, *Journal of Korean Soc. Civ. Eng.*, 28(4), pp. 533-538.
- [14] C.S. Kim (2010) Assessment of the Quality and Capacity of the Pedestrian Facility at the KTX Transit Center, *Master Thesis*, Seoul National University of Technology.
- [15] J.K. Lee *et al.* (2009) The Guidelines for Station Layouts and Their Assessments in Railroad Transfer Centers, *Journal of Korean Soc. Civ. Eng.*, 29(5), pp. 597-604.
- [16] J.S. Park, S.C. Kang (2010a) A Model for Evaluating the Connectivity of Multimodal Transit Networks, *Journal of the Korean Society of Transportation*, 28(3), pp. 85-98.
- [17] J.S. Park, S.C. Kang (2010b) Measuring the Connectivity of Nodes in Road Networks, *Journal of the Korean Society of Transportation*, 28(4), pp. 129-139.
- [18] J.S. Park, S.C. Kang (2010c) A Methodology for Assessing the Network Connectivity Improvement for Transport Hubs, *Journal of the Korean Society of Transportation*, 28(6), pp. 167-177.
- [19] H.J. Kim *et al.* (2012) The Efficient Strategy for National Transport Infrastructure using Network Index focused on Interchanges of Expressway, Korea Research Institute for Human Settlements.
- [20] K.P. Kang *et al.* (2011) A Study on Arterial Road Network Improvement based on Network Analysis, The Korea Transport Institute.
- [21] L.D. Bacon (1999) Using LISREL and PLS to measure customer satisfaction, *Sawtooth Software Conference Proceedings*, Sequim, WA., pp. 285-306.
- [22] K.S. Kim (2013) *Easy SEM with SmartPLS*, Chung-ram Books, Seoul, pp. 170-172.
- [23] J. Hulland (1999) Use of Partial Least Squares(PLS) in Strategic Management Research: A Review of Four Recent Studies, *Strategic Management Journal*, 20(2), pp. 195-204.
- [24] J.P. Woo (2012) *The Understanding and Concept of Structural Equation Modeling*, Han-narae Academy, Seoul, pp.160-176.
- [25] C. Fornell, D.F. Larcker (1981) Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research*, 18(1), pp. 39-50.
- [26] J. Henseler, C.M. Ringle, R.R. Sinkovics (2009) The Use of Partial Square Path Modeling in International Marketing, *Advances in International Marketing*, 20, pp.277-319.
- [27] Achieved at <http://maps.naver.com>
- [28] Achieved at <http://www.korail.com>
- [29] Achieved at <https://www.busterminal.or.kr>
- [30] Major traffic statistic of Seoul at <http://stat.seoul.go.kr/>

접수일(2013년 10월 17일), 수정일(2013년 12월 19일),
게재확정일(2013년 12월 25일)

Byung-Kwan Kim : kimbk@ korail.com
KORAIL Research Institute, Korea Railroad Corporation, 240
Joong-ang-ro, Dong-Gu, Daejeon 300-720, Korea

Oh-Keun Ha : okha@ korail.com
KORAIL Research Institute, Korea Railroad Corporation, 240
Joong-ang-ro, Dong-Gu, Daejeon 300-720, Korea

Hyun-Ju Shin : sinzoo@ korail.com
KORAIL Research Institute, Korea Railroad Corporation, 240
Joong-ang-ro, Dong-Gu, Daejeon 300-720, Korea

Hyoun-Ku Kim : ktxtravel@ korail.com
KORAIL Research Institute, Korea Railroad Corporation, 240
Joong-ang-ro, Dong-Gu, Daejeon 300-720, Korea

Youn-Dae Wang : alpes@ korail.com
KORAIL Research Institute, Korea Railroad Corporation, 240
Joong-ang-ro, Dong-Gu, Daejeon 300-720, Korea

부 록

A1. 연계 특성 변수

Classification	Detailed connecting performance indicators	Var.	Calculation & Quantification
Intermodal transportation supply	Bus supply	# of bus lines (num.)	a1 # of bus lines connecting KTX station and TAZ directly
		Average # of passes (veh/h)	a2 Avg. inverse of headway of bus lines connecting KTX station and TAZ
	Urban rail supply	# of urban rail station (num.)	b1 # of stations of urban rail lines connecting KTX station and TAZ directly
		# of urban rail lines (num.)	b2 # of urban rail lines connecting KTX station and TAZ directly
		Average # of passes (train/h)	b3 Avg. inverse of headway of urban rail lines connecting KTX station and TAZ
	Taxi supply	# of taxi registration (veh.)	c1 # of taxi registrations in TAZ
	Auto supply	# of auto registration (veh.)	d1 # of auto registrations in TAZ
		# of parking lots (Places)	d2 # of transfer auto parking lots in KTX station
Continuity of intermodal transportation	Connecting impedance	Bicycle supply (ratio)	e1 Bicycle road length/Bicycle path length connecting KTX station and TAZ
		# of bicycle parking lots (num.)	e2 # of bicycle parking lots in KTX station
		# of transfer (num.)	j1 Avg. transfer times of 3 optimal transit path between KTX station and TAZ
		Transfer time (min.)	j2 Avg. transfer time of 3 optimal transit path between KTX station and TAZ
		Transfer distance (km)	j3 Avg. transfer distance of 3 optimal transit path between KTX station and TAZ
	Connecting facilities arrangement	Parking fee (won)	j4 1 hour parking fee
		Transfer discount (1,0)	j5 Presence transfer discount using transit (presence : 1, absence : 0)
		Bus stop arr. (sec)	k1 Travel time between bus stop & station entrance
		Urban rail platform arr. (sec)	k2 Travel time between urban rail platform & station entrance
		Parking lots arr. (sec)	k3 Travel time between transfer parking lots & station entrance
		Taxi stop arr. (sec)	k4 Travel time between taxi stop & station entrance
	Stair-way length	Park & ride arr. (sec)	k5 Travel time between park-ride & station entrance
		Bicycle parking lot arr. (sec)	k6 Travel time between bicycle parking lots & station entrance
		Bus-station (m)	l1 Stair-way length between bus stop & station entrance
		Urban rail-station (m)	l2 Stair-way length between urban rail platform & station entrance
		Parking lots-station (m)	l3 Stair-way length between transfer parking lots & station entrance
		Taxi-station (m)	l4 Stair-way length between taxi stop & station entrance
	Auto-moving facilities installation rate	Bicycle-station (m)	l5 Stair-way length between bicycle parking lots & station entrance
		Park & ride-station (m)	l6 Stair-way length between park-ride & station entrance
		Bus-station (ratio)	m1 Escalator install rate of up-down route between bus stop & station
		Urban rail-station (ratio)	m2 Escalator install rate of up-down route between urban rail platform & station
		Parking lots-station (ratio)	m3 Escalator install rate of up-down route between parking lots & station
		Taxi-station (ratio)	m4 Escalator install rate of up-down route between taxi stop & station
	Transfer environment	Bicycle-station (ratio)	m5 Escalator install rate of up-down route between bicycle parking lots & station
		Park & ride-station (ratio)	m6 Escalator install rate of up-down route between park-ride & station
		Elevator installation rate (ratio)	m7 Elevator install rate between the KTX platform & ground
		Bus-station (0, 1)	n1 Presence of indoor transfer between bus stop & station
		Urban rail-station (0, 1)	n2 Presence of indoor transfer between urban rail platform & station
		Parking lots-station (0, 1)	n3 Presence of indoor transfer between parking lots & station
Intermodal transportation information	Transportation information	Taxi-station (0, 1)	n4 Presence of indoor transfer between taxi stop & station
		Bicycle-station (0, 1)	n5 Presence of indoor transfer between bicycle parking lots & station
		Park & ride-station (0, 1)	n6 Presence of indoor transfer between park-ride & station
		arrival info. (0,1)	o1 Presence of intermodal transportation arrival and location info.
		line info (0,1)	o2 Presence of intermodal transportation lines info.
		arrival info. accuracy (ratio)	o3 Accuracy of intermodal transportation arrival info.
	Parking information	Transportation info. center (0,1)	o4 Presence of intermodal transportation info. center in station
		Comprehensive Info. (0,1)	o5 Presence of info. devices for comprehensive intermodal transportation info.
Connectivity	Generalized travel cost difference	Intermodal location info.(0,1)	o6 Presence of intermodal transportation location info. in station
		Parking info. (0,1)	p1 Presence of info. about available parking num.
		Parking info. accuracy (ratio)	p2 Accuracy of parking info.
Connectivity	KTX modal split		ci1 KTX modal split by zone to zone in influence range of Seoul, Singyeongju, Ulsan, Busan station (using KTDB major mode OD)
	Travel time difference		ci2 The difference between minimum travel time of public transport (bus, urban rail, bus+urban rail) and auto
	Generalized travel cost difference		ci3 The difference between minimum generalized travel cost of public transport (bus, urban rail, bus+urban rail) and auto (KDI KDI guidelines apply)