

수도권 광역급행철도 도입에 따른 철도역 영향권 산정 연구

Analysis of Catchment Area of Seoul Metropolitan Express Train

Jang-Ho Lee^{a,*}, Inhee Lee^{b,1} and Woo-Jeong Jin^a

^a Department of Railroad Facility Engineering, Korea National University of Transportation, 157 Cheoldobangmulgwanro, Uiwang 437-763, Korea

^b Mirae Transportation Co., LTD, #507, 5th Fl, Ace Pyeongchon Tower, 361, Simindaero, Dongan, Anyang 431-804, Korea

ABSTRACT

For the demand analysis of Metropolitan Train Express project, the catchment area of station should be reevaluated considering the journey speed of it. In this paper, we estimated travel mode choice model using stated preference data including Seoul metropolitan express train and compared the parameters of access/egress travel time between existing metro and Seoul metropolitan express train. The parameter of Seoul metropolitan express train is 2.5 times smaller than that of existing metro. Consequently, the catchment area can be expanded in same proportion. It can be concluded that the result of demand forecasting can be increased by 10% accommodating the expanded catchment area.

KEYWORDS

Seoul Metropolitan Express Train Station Catchment Area Access/Egress Travel Time

수도권 광역급행철도 사업의 추진에 따라 해당 사업의 수요분석에 있어서 철도역의 영향권 설정 문제가 대두되었다. 이에 본 연구는 수도권 광역급행철도의 특성에 부합하는 철도역 영향권 설정방안을 제시하였다. 선행연구 및 접근통행 실태조사를 통해 노선의 특성 및 접근수단에 따라 영향권이 달라질 수 있음을 확인하였고, 광역급행철도를 별도의 수단으로 하는 수단선택모형을 구축하고 수단별 접근시간 모수추정치를 비교하였다. 이를 통해 광역급행철도의 영향권이 기존 광역도시철도에 비해 2.5배 가량 확대될 수 있음을 보였다. 이는 수요분석에 있어서 10% 이상의 차이를 낼 수 있어서 향후 수도권 광역급행철도의 합리적 수요분석을 위해서는 확대된 영향권의 설정이 필요하다고 하겠다.

광역급행철도 철도역 영향권 접근시간

© 2014 Koea Society of Diaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-70-8855-1657. Fax. 82-31-462-1531. Email. transwho@ut.ac.kr

1 Tel. 82-70-4027-0605. Email. itziu@naver.com

ARTICLE HISTORY

Received Feb. 21, 2014
Revised Feb. 28, 2014
Accepted Mar. 21, 2014

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

수도권의 급속한 성장 및 신도시 개발로 수도권 내 통행수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 수도권 주요간선도로 및 서울 시계 진출입도로의 통행량 역시 지속적으로 증가하고 있다.

이에 따라 수도권 내 교통혼잡 해소와 광역통행수요의 편의를 위해 버스중앙차로제, 고속도로 버스전용차로제, 대중교통 통합환승 할인제도 등의 교통정책을 시행한 바 있으며, 철도부문에서도 분당선, 일산선 등 다수의 수도권 광역철도 노선이 운영 중에 있다. 그러나 승용차와 비교하여 속도나 편리성 등의 측면에서 경쟁력을 확보하기 어려우며, 이러한 배경에서 수도권 광역급행철도 사업이 추진되었고, 제안되었던 3개 노선 중 킨텍스~동탄노선에 대해서만 예비타당성조사를 통과하여 기본계획 수립단계로 이어질 예정이다.

다만, 수도권 광역급행철도 노선의 수요 및 타당성 분석에 있어서 철도역의 영향권 설정 문제가 대두되었다. 현행 교통시설투자평가지침 및 예비타당성조사지침에서는 2002년 국가교통DB를 기준으로 도보는 0.75km이내, 마을버스는 0.75~3km, 버스는 3~5km 이내, 5km 이상은 미반영으로 철도역 영향권 설정 기준을 적용하고 있는데, 이는 현행 도시철도를 기준으로 이루어진 것이기 때문에 수도권 광역급행철도 노선의 수요분석 시에도 동일한 기준을 적용하는 것이 합리적인가 하는 문제가 제기되었다.

일반적으로 철도역 영향권은 철도 노선의 속도가 높아질수록 커지는 것으로 인식되고 있으며, 수도권 광역급행철도의 경우도 노선 특성에 따라 기존 철도노선의 철도역 영향권 보다는 클 것으로 판단된다. 기존 광역철도의 표정속도가 40km/h 내외, 수도권 광역급행철도는 100km/h 이상이라는 점을 감안한다면, 기존의 기준을 그대로 적용하는 경우 수도권 광역급행철도의 수요를 과소예측하게 되며, 반대로 이를 임의로 설정할 경우 과다예측의 우려가 있다.

따라서 본 연구는 표정속도가 기존 광역도시철도에 비해 2배 이상 빠른 수도권 광역급행철도의 노선특성을 감안하여 광역급행철도 도입에 따른 철도역 영향권의 차이를 규명하고 이를 통해 수도권 광역급행철도 등 고속화되는 철도수요의 합리적 분석이 가능토록 하고자 하는 데에 그 목적이 있다.

1.2 연구의 수행절차 및 방법론

연구의 수행절차 및 방법론을 정리하면 다음과 같다.

우선 철도역의 영향권 설정과 관련된 국내외의 선행연구결과들을 살펴보고, 이를 통해 분석의 시사점을 도출한다. 또한 경부선 수원역 및 경춘선 평내호평역에 대한 접근통행 실태조사결과를 바탕으로 광역철도역 접근통행의 특성을 살펴본다.

광역급행철도의 영향권 설정을 위해 기존 광역도시철도와 수도권 광역급행철도를 별도의 수단으로 구분하여 수단선택모형을 구축한 후 버스, 기존 광역도시철도, 광역급행철도에 대하여 각각 차내시간과 구분된 접근시간의 상대적 가중치를 도출하여 영향권의 범위를 재설정한다.

끝으로 이렇게 설정된 철도역 영향권을 고려하여 수도권 광역급행철도 노선의 수요분석에 적용해 봄으로써 기존 방법론과 본 연구에서 제안한 영향권 설정방법에 따른 결과의 차이를 비교분석하고 향후 지침 등에 반영될 수 있는 적용방안 등을 제시한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 국내 선행연구 고찰

김대용 등 [1]은 대구지하철 1호선 각 역을 대상으로 이용자 이용특성 설문조사, 역별 통행발생량 집계자료 등을 통해 역세권 크기를 설정하였다. 분석결과, 도보에 의한 지하철 이용은 승차 시 78.31%, 하차 시 85.72%로 타 수단에 의한 환승비율보다 높았으며 도보를 제외하고는 버스에 의한 지하철 이용비율이 높은 것으로 나타났다. 전체 표본집단에서 실제

도보 접근거리는 승차 전 518m~541m, 하차 후 522m~543m, 평균값은 530m로 나타났다. 그러나 역세권 설정요소의 개념화에 머물러 있으며, 대구도시철도의 도보역세권에 한정되어 수도권 광역급행철도의 적용으로 일반화하기는 어렵다.

김재홍 등 [2]은 대도시의 TOD(Transit Oriented Development)적용을 위해 실질적인 대중교통이용 공간범위를 설정하여 분석하였다. 현시선표자료를 통한 접근수단별 지하철 이용확률 모형과 진술선호실험을 통한 지하철 통행단에서의 접근수단 선택모형을 이용하였고, 면접조사를 통해 서울과 신도시 6개 역(중화, 대치, 쌍문, 문래, 범계, 야탑)주변에서 설문조사를 실시하였다. 현시선표자료에 따라 접근수단별 지하철 이용확률함수로 추정된 역세권 범위는 일반적으로 알려진 범위(500m)와 다르게 지하철 이용의 공간적 범위가 훨씬 넓으며, 도보 이외에 버스나 마을버스를 이용할 경우 지하철 공간적 이용범위는 2,000~3,000m로 추정되었다. 도보 이외의 버스나 마을버스의 영향권이 2~3km까지 확대됨을 보여주었으나, 도시철도 중심의 영향권 설정에 머무르고 있으며, 표정속도 등 노선의 특성에 따른 차이를 밝히지는 못했다.

김태호 등 [3]은 4대 신도시(분당, 평촌, 일산, 산본)에 대하여 CART(Categorical Analysis Regression Tree)분석을 이용하여 역세권 범위가 지가에 반영된다는 전제 하에 철도역사로부터 도보거리가 증가할수록 지가가 하락하여 임계값에 수렴하는 것이 역세권 범위로 설정하였다. 분당신도시는 856m 내 역세권이 형성되었으며, 일산·산본신도시는 508m 이내, 평촌신도시는 495m이내에서 역세권 형성이 되고 철도역사로부터 도보거리가 가까울수록 지가에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 노선별 역세권의 차이를 보여주는 하였으나, 도보거리와 지가와와의 관계를 통해 규명되어 버스, 승용차 등 동력수단에 의한 철도역 접근 영향권을 규명하지는 못하였고, 이에 따라 수도권 광역급행철도에 적용에는 한계가 있다고 하겠다.

손의영 등 [4]은 행정동 기준의 도시철도 역별 수요추정이 아니라 도시철도역별로 실질적인 역세권을 반영하여 도시철도 역별 수요를 추정하는 모형을 개발하였으며, 고양시 및 성남시 사례 13개 역을 기준으로 분석하였다. 도시철도 역의 역세권은 기존연구결과에 따라 도보기준 500m로 하고, 행정동 중심지역에 센트로이드를 위치시키고 행정동 센트로이드와 역까지 커넥터 거리를 250m로 일률적으로 조정하되, 실제 역이 위치하지 않은 인접 행정동에서 역에서 접근하게 되는 경우가 있으므로 일부 역의 경우 인접한 다른 행정동에도 커넥터거리를 역세권 최대거리인 500m로 설정하여 보완하였다. 또한, 센트로이드가 역과 매우 가까운 경우 커넥터거리를 최소한도 100m까지로 조정하며, 하나의 행정동에 2개 이상의 역이 있는 경우 가까운 역까지 커넥터 100m 또는 250m로 조정하였고, 나머지 역까지는 500m로 조정하였다. 역세권을 반영하여 수요 추정모형을 구축 한 결과 기존 행정동 기반 수요추정 모형에 비해 실제수요와 훨씬 유사한 것으로 분석되었다. 다만, 이 연구에서는 승용차 접근을 배제한 채 도보만을 분석하여 오차가 발생하는 것으로 판단하였으며, 마찬가지로 역세권의 범위를 500m로 한정하고 분석하여 수도권 광역급행철도 노선의 분석에 적용하기에는 한계가 있는 것으로 판단된다.

김남주 [5]는 역세권 범위추정을 위해 교통이용과 토지이용측면의 방법론 모두를 이용하여 역세권 범위를 실증적으로 산출 및 비교, 분석하였는데, 도보접근거리 분포조사는 설문조사로 중앙선 망우, 구리, 도농, 덕소, 도심역에 도보로 접근하는 지하철 이용자 528명에 대해 출발지를 조사한 후, 지도상에서 지하철역과 출발거리 산정하였으며, 주택가격모형의 자료는 조사대상역 주변 274개 평형별 아파트 단지를 조사하였다. 분석결과 구간별로 지하철역 반경 400~500m구간의 지하철 이용비율이 가장 높았고, 반경 100m 이하와 반경 1,000m이상 구간의 지하철 도보접근이 매우 낮은 것으로 분석되었다. 또한 평당주택 매매가격이 지하철역과 거리가 멀어질수록 반경 663m까지는 지속적으로 하락되다 반경 663m밖에서는 상승하는 것을 분석되었다. 이 연구도 도보영향권에 국한되었으며, 중앙선 일부역에 대해서만 조사가 이루어져 일반화하기에는 한계가 있다고 하겠다.

이연수 등 [6]은 지하철 역세권의 이용수요와 역세권 도시공간구조의 특성간 연관성을 살펴보고 실제 양자 간 연관성이 역세권의 공간영역 설정변화에 따라 어떻게 달라지는지 분석하였는데, 지하철역 223개소를 중심으로 역세권 중심기준 200m, 400m, 600m, 800m까지 4가지 권역에 대한 GIS분석을 실시하였다. 엔트로피지수, 대중교통환승체계, 가구 수, 종사자 수, 학생 수 등의 변수들을 통해 400m권역까지 지하철 이용수요 증대가 효과가 있는 것으로 나타났으며, 이를 통해 기존 역세권 연구들에서 보행자 중심의 역세권 권역으로 통용되는 400m권역이 적절한 수준임을 밝혔다. 다만, 사회경제적 변수에 따른 영향권을 차이를 보였으나, 도보 이외의 버스나 마을버스의 영향권에 대한 규명은 이루어지지 못하였다.

김수연 등 [7]은 서울시를 대상으로 토지이용특성을 중심으로 역세권을 유형화하고, 각 유형별 역세권의 범위를 설정하였는데, 서울시 지하철 노선 1~8호선, 중앙선, 분당선에 해당되는 247개의 역을 대상으로 연구하였다. 서울시 역세

권 유형화를 위해 군집을 분석한 결과 상업·업무중심형(55개역), 고층주거 우세형(112개역), 공업중심형(6개역), 저층주거·소상업 우세형(77개역)으로 4개의 군집으로 나누고, 상업·업무중심형 역세권은 303m이하, 고층주거 우세형 역세권은 320m이하, 공업중심형의 역세권은 732m초과 950m이하 구간, 저층주거·소상업 우세형의 역세권은 280m이하 구간에서 개발밀도가 가장 높은 것으로 분석하였다. 역세권 개발 및 압축도시, TOD정책 등 도시패러다임에 발맞춰 이에 대한 기초자료로 활용가능하나 도보 이외의 타 접근수단에 대한 고려나 해당 노선의 특성을 반영하지는 못하였다.

이은아 등 [8]은 역세권 범위 추정모형을 개발하여, 보다 정확한 역세권 기반의 도시철도 역별 수요추정방법을 제시하였는데, 2010년 전국 가구통행실태조사 자료를 사용하여 각 도시철도역 및 버스정류장과 도보접근시간, 출발 및 도착장소 시간, 이용수단을 도출하였다. 도보접근수요만을 고려하여 도시철도 역별수요의 분포범위를 분석한 결과, 도보접근 역세권은 331~600m에 해당하는 역이 가장 많은 것으로 분석되었다. 이에 따라 모든 역의 역세권범위를 600m로 설정하고, 역세권 기반 존 세분화를 실시한다면 보다 정확한 도시철도 역별 수요추정이 가능하다는 것을 규명하였다. 다만, 손의영 외(2009)와 마찬가지로 도보 접근만을 가지고 수요분석 정확도 제고를 위한 영향권 산정방법을 제안하였다.

2.2 국외 선행연구 고찰

Cervero 등 [9]은 1992년 미국 샌프란시스코 베이지역의 BART 이용자들을 대상으로 한 조사결과를 바탕으로 철도역 영향권을 분석한 결과, 도보영향권을 기준으로 샌프란시스코 지역과 오클랜드 도심지역은 대략 2.29~2.94km, 저밀도지역은 5.59km, 교외 중심지역은 10.94km까지를 철도역 영향권으로 설정하였다. 또한 환승주차장 설치유무에 따라서도 결과가 달라져 주차장이 없는 도심지역은 2.58km, 주차장이 있는 교외지역은 6.08km로 나타났으며, 종착역 인근지역의 경우는 8.59km까지 크게 확대되는 것으로 분석되었다. 이 연구는 광역급행철도 개념에 가까운 BART를 대상으로 하였기에 현재의 기존 도시철도 중심의 영향권 기준이 그대로 적용될 수는 없음을 명확히 보여준다.

Keijer와 Rietveld [10]는 네덜란드의 국가교통조사(Dutch National Travel Survey) 결과를 바탕으로 철도역 접근성에 대한 연구를 수행하였는데, 철도역 주변 반경 500~1000m 에 거주하는 사람들은 500m 이내에 거주하는 사람들에 비해 철도이용률이 20% 가량 낮아지며, 철도역 주변 반경 1.0~3.5km 에 거주하는 사람들은 30% 수준으로, 3.5km를 넘어가면 50% 이상으로 낮아짐을 보였다. 접근수단으로는 도보, 자전거 등 주로 비동력 교통수단을 활용하며, 평균 접근통행거리는 4km로 나타났으며, 중앙값은 2.5km 수준으로 나타났다. 이 연구는 주로 도보, 자전거 등 비동력수단을 이용하는 네덜란드의 여건에 맞추어져 있어서 국내여건과는 사뭇 다르다고 하겠다.

Wardman과 Tyler [11]는 영국에서의 조사결과를 바탕으로 5개의 접근교통수단별 통행거리분포를 제시하였는데, 도보/자전거는 0~1.5km 접근거리가 가장 높은 비중을 차지하였고, 버스는 대부분 2.5~9.5km 범위 내에 위치하되, 3.5~5.5km가 가장 높은 비중을 차지하였다. 택시는 1.5~5.5km 범위 내에 주로 위치하며, 승용차는 3.5km 이상의 거리에서 더 높은 비중을 차지하는 것으로 분석되었다. 이 연구는 접근수단별 철도역 영향권을 설정함으로써 버스를 접근수단으로 하는 경우 9.5km까지 확대될 수 있음을 보이고 있다.

Krygsman 등 [12]은 2000년 네덜란드 Amsterdam-Utrecht간 철도통행을 대상으로 조사한 결과를 분석하였는데, 접근속도를 도보 4km/h, 자전거 12km/h로 가정하고 집에서 출발역까지 도보는 550m 범위 내에서, 자전거는 1.8km 범위 내에서 접근통행이 이루어지는 것으로 분석하였으며, 도착역에서 목적지까지는 도보 600m, 자전거 2.4km의 범위로 나타나는 것으로 분석하였다. Keijer and Rietveld(2000)의 연구와 마찬가지로 도보, 자전거 등 비동력수단을 이용하는 접근통행만을 대상으로 하고 있다.

Sanko와 Shoji [13]는 일본의 오사카-고베간 철도이용자들을 대상으로 하여 철도역의 접근영향권을 분석한 결과 두 도시시간을 오가는 세 노선(JR, Hankyu, Hanshin)에 대해서 노선의 특성에 따라 서로 다른 영향권이 설정됨을 보였다. 표정속도가 52km/h(평균 역간거리 2.55km)로 가장 빠른 JR노선은 철도역 영향권이 대략 2.73km의 범위로 나타나며, 버스는 5.35km, 승용차 7.88km, 자전거 2.98km, 도보 1.27km로 나타났다. 한편 표정속도가 34km/h(평균 역간거리 0.95km)로 가장 느린 Hanshin노선은 대략 1.73km의 범위로 나타나며, 버스는 4.58km, 승용차 6.39km, 자전거 2.80km, 도보 1.09km로 나타났다. 결론적으로 열차의 표정속도가 빨라질수록 철도역 영향권의 면적은 더 커지는 것으로 나타났으며 표정속도 18km/h의 차이에서도 약 1km 이상의 차이를 나타내고 있다. 수도권 광역급행철도의 경우 표정속도 100km/h 수준으로 이 연구의 JR노선보다 2배 가량 빠르므로 영향권은 이보다 더 크게 확대될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 철도역 접근통행 현황조사

현재 수도권 광역철도 이용자들의 철도역 접근통행 현황과약을 위하여 경부선 수원역과 경춘선 평내호평역에서 서울방향 이용자를 대상으로 철도역 접근시간, 접근수단, 접근비용 등에 대한 설문조사를 실시하였다. 두 철도역은 기존의 일반전동차 외에도 표정속도에서 차이가 있는 ITX-청춘, 일반열차 등이 정차하고 있어서 현재의 광역권 통행을 잘 대표할 수 있는 철도역으로 판단하였다. 조사는 2013년 11월 11일(월), 12일(화), 15일(금), 18일(월), 19일(화), 총 5일간 이루어졌으며, 표본크기는 총 467개로 수원역 296개, 평내호평역 171개로 조사가 이루어졌다.

조사표본에 대한 접근수단별 분포는 Table 1과 같다. 여기서 주목할 점은 접근수단의 비율은 해당 역의 배후지역 규모와 관련성이 크다는 점이다. 수원역은 배후권역이 넓어 버스를 주로 접근수단으로 활용하고 있음에 반해, 산악지역으로 둘러싸여 있어서 배후권역이 좁은 평내호평역은 주로 도보로 접근하는 사람이 비율이 높은 것으로 나타났다.

철도역 이용자들이 접근거리에 대한 정보는 가지고 있지 못하기 때문에 접근시간을 조사하였고, 이를 평균적인 속도로 환산하여 대략적인 거리를 추정하였다. 또한, 표본 수가 부족한 자전거나 기타 수단은 분석에서 제외하였다.

Table 1. Modal share of access/egress trip in the sample

접근수단	수원역		평내호평역		계	
	표본크기	분담률	표본크기	분담률	표본크기	분담률
도보	45	15.20%	112	65.50%	157	33.62%
자전거	1	0.34%	2	1.17%	3	0.64%
버스	202	68.24%	44	25.73%	246	52.68%
택시	23	7.77%	1	0.58%	24	5.14%
승용차	10	3.38%	9	5.26%	19	4.07%
기타	15	5.07%	3	1.75%	18	3.85%
계	296	100.0%	171	100.0%	467	100.0%

접근시간에 대한 분석결과를 보면, 도보의 경우 수원역이나 평내호평역 모두 평균 약 10분 정도의 수치를 보이고 있다. 도보 평균속도인 3.7km/h를 적용하면 대략적인 접근거리는 600m 내외로 산정되어 기존의 영향권 분석결과와 유사한 수치를 나타낸다.

Table 2. Average Access/Egress time and distance by mode

접근수단		수원역	평내호평역	전체
도보	접근시간 (분)	10.00 (5.67)	9.75 (4.60)	9.82 (4.93)
	접근거리 (m)	617 (350)	601 (283)	606 (304)
버스	접근시간 (분)	19.75 (9.17)	9.73 (3.98)	17.96 (8.48)
	접근거리 (m)	6,584 (3,056)	3,242 (1,328)	5,986 (2,826)
택시	접근시간 (분)	13.17 (4.56)	10.00 (0.00)	13.04 (4.46)
	접근거리 (m)	6,587 (2,278)	5,000 (0.00)	6,521 (2,230)
승용차	접근시간 (분)	17.50 (9.01)	8.33 (3.33)	13.16 (6.93)
	접근거리 (m)	8,750 (4,507)	4,167 (1,667)	6,579 (3,465)

Note: standard deviations in parenthesis

버스 접근 통행자의 경우 역별로 조금 상이한 결과를 보이고 있는데, 배후권역이 비교적 넓은 수원역은 대략 20분 정도의 값을 보였으며, 배후권역이 좁은 평내호평역은 10분 정도로 나타났다. 앞서와 마찬가지로 버스 평균속도 20km/h로 가정하여 접근거리를 환산하면 3.5~6.5km의 수준으로 나타난다. 이에 따라 기존 지침 상에서 버스접근 영향권을 5km로 설정하는 것은 크게 무리가 없으나 배후권역이 넓은 지역이나 기존 광역도시철도 보다 표정속도가 향상되는 경우에는 그대로 적용하기 어려울 것으로 예상된다.

택시 접근 통행자의 경우 평내호평역은 표본 수가 작아 유의하다고 보기 어려우며, 수원역만을 대상으로 보면 대략 13분 정도로 나타나 평균속도 30km/h로 가정하여 접근거리를 환산하면 6.5km의 수준으로 나타나고 있다.

승용차 접근통행의 경우 평내호평역은 평균 8분, 수원역은 평균 17분 정도로 분석되어 택시와 마찬가지로 평균속도 30km/h로 가정하여 접근거리를 환산하면 4~9km의 수준으로 나타나고 있다.

결론적으로 도보는 기존 연구나 현행 지침의 기준과 유사한 것으로 나타났으나, 버스, 택시, 승용차 등을 고려한다면 기존의 지침에서와 같이 영향권을 5km로 제한하는 것은 현재의 표정속도 수준에서도 보수적인 기준으로 판단되며, 향후 광역급행철도를 고려하는 경우에는 과소하게 적용되는 기준으로 판단된다.

4. 광역급행철도를 고려한 영향권 설정

4.1 분석 방법론

앞서 현재 수도권 광역철도 이용자들이에 대한 철도역 접근통행 현황파악을 통하여 기존 교통시설투자평가지침이나 예비타당성조사지침에서 적용하고 있는 철도역의 영향권의 범위가 다소 보수적이며, 더욱이 광역급행철도의 영향권으로 설정하기에는 무리가 있음을 확인하였다. 따라서 광역급행철도에 대해서는 기존 광역도시철도와 다른 영향권을 갖게 될 것인지 확인하고, 그 범위를 수치적으로 제시하는 것이 필요하다고 하겠다. 다만 수도권 광역급행철도가 현재 존재하고 있지 않은 수단이므로 현황조사를 통해서 영향권을 파악할 수는 없다. 결국, 광역급행철도의 존재를 가정하고 이에 대한 통행자의 행태를 설문하여 얻어진 수단선호도 조사자료를 활용하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 광역권 통행에 대하여 승용차, 버스, 기존 광역철도, 가상의 광역급행철도에 대하여 수단선택모형을 구축하되, 총 통행시간을 차내시간과 접근시간을 분리하여 모형을 구축하고, 각 수단별 접근시간의 효용함수 모수차이를 통해 영향권의 차이를 규명하고자 하였다.

4.2 분석자료

전술한 방법론에 따라 모형을 구축하기 위해서는 광역권 통행에 대한 대규모 자료가 요구된다. 본 연구에서 수집된 자료 규모로는 모형 구축이 어려워 기존의 광역급행철도를 고려하여 모형을 구축하였던 연구의 조사자료를 활용하여 변수를 조정하고 모형을 재구축하였다.

조사자료는 2010년 한국교통연구원 [14]에서 수행된 조사자료를 활용하였으며, 해당 연구의 조사자료는 2009년 9월 14일~2009년 9월 30일까지 총 16일간 조사를 실시하여 구축된 자료이다. 해당 연구의 조사는 광역권 통행의 경우 서울의 강북도심과 강남도심을 기종점으로 총 8개축을 선정하여, 승용차, 버스, 지하철 이용자를 대상으로 조사를 실시하였다. 대상 8개축은 고양/파주축, 의정부/양주축, 구리/남양주축, 인천/부천축, 시흥/안산축, 수원/안양축, 용인/성남축, 광주/이천축으로 각 조사축별로 조사지점은 아래의 Table 3과 같다.

설문지 구성 및 내용은 크게 통행자에 대한 기초자료조사, 현시선호(Revealed Preference, RP)로 나타나는 개인통행조사, 진술선호(Stated Preference, SP)조사로 구분되며, 진술선호조사는 수도권 광역급행철도가 신설된 상황을 가정하여 설문조사를 수행한 내용이다. 진술선호조사는 선택실험법을 바탕으로 수행되었으며, 교통수단별 접근비용, 접근시간, 통행시간, 통행비용에 대한 시나리오를 제시하여 응답자가 자신의 선호를 표현하게 하는 방식으로 기존 교통수단(승용차, 버스, 기존 광역도시철도)과 신규 교통수단(광역급행철도)에 대해 '통행시간' 및 '통행운임'의 시나리오에 따른 선호 교통수단을 파악하는 것이었다.

Table 3. Survey Area by corridor

교통축	조사지점(철도역)
고양 / 파주	마두, 화정
의정부 / 양주	의정부, 덕정
구리 / 남양주	구리, 덕소
인천 / 부천	부천, 부평
시흥 / 안산	안산, 상록수
수원 / 안양	수원, 안양
용인 / 성남	야탑, 보정
광주 / 이천	광주, 이천

Source: The Korea Transport Institute, 「A Study for Revising the Appraisal Guideline of Railway Investment」, 2010

Table 4. Contents of Survey

구분	조사항목
통행자의 사회경제적 특성변수	성별, 나이, 통행목적, 차량보유대수, 가구소득, 직업 등
현시선호 자료(Revealed Preference Data)	이용수단, 수단별 접근시간, 수단별 접근비용, 수단별 차내시간, 수단별 통행비용
진술선호 자료(Stated Preference Data)	수도권 광역급행철도의 차내시간 및 운임 변화에 따른 선호수단

Source: The Korea Transport Institute, 「A Study for Revising the Appraisal Guideline of Railway Investment」, 2010

진술선호 시나리오 구성은 ‘통행시간’과 ‘통행비용’의 2가지 속성에 3수준을 적용하여 완전배치 요인설계(Full Factorial Design)로 시나리오를 구성하되, 기존 교통수단의 ‘통행시간’ 및 ‘통행비용’은 고정된 속성으로 설정하고 광역급행철도에만 3수준으로 변화를 주었다. 또한 기존 교통수단의 접근시간은 현시선호조사(RP)의 결과를 그대로 활용하였고, 광역급행철도의 접근시간은 기존 광역철도의 접근시간보다 10분 가량 증가되는 것으로 가정하였다.

사용된 조사자료의 전체 표본 수(현시선호 자료수)는 1,200개 이며, 현재 존재하지 않는 광역급행철도에 대한 모형을 위하여 별도의 대안으로 추가한 진술선호자료는 총 5,400개에 이른다. 이에 대한 사회경제적 특성변수의 통계적 수치는 Table 5와 같다.

4.3 모형구축결과

모형의 구조는 가장 보편적으로 이용되고 있는 다항로짓모형(Multinomial logit model)을 이용하였으며, 변수는 접근시간, 차내시간, 통행비용 등 세 개의 변수로 추정하였다. 차내시간과 통행비용은 수단에 관계없이 일반화변수(generic variable)로 추정하였으며, 접근시간 변수는 영향권의 비교를 위하여 대안특정(alternative-specific)변수로 설정하고 모형을 구축하였다.

모형구축에 적용된 자료는 이상점을 제거하고 현시선호자료 1,193개와 진술선호자료 5,374개 자료를 모두 이용하여 총 6,567개의 자료를 활용하여 모형을 구축하였으며, 현시선호자료 및 진술선호자료를 통합한 모형을 구축하였다.

물론 현시선호와 진술선호의 미관측 요소에 있어 분산이 다를 수 있음을 고려하여 각각의 자료에 대해 서로 다른 규모 모수(scale parameter)가 적용되도록 할 수 있으나, 본 연구는 수단선택모형의 구축이 아니라 접근시간에 대한 모수추정치의 차이를 규명하고자 함이므로 모형의 단순성을 위해 이를 배제하였다.

이에 따른 모수추정결과는 Table 6에 제시된 바와 같다. 모든 변수들이 유의수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 대부분은 유의수준 99%에서도 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 모형적합도는 0.13 수준으로 그리 높지 않으나, 개별행태자료임을 감안한다면 0.1을 넘고 있어서 적용가능한 수준으로 판단된다.

Table 5. Socio-demographic and trip characteristics in the sample

구분		표본수 (표본비율)
나이	20~29	274 (22.8%)
	30~39	351 (29.3%)
	40~49	389 (32.4%)
	50~	186 (15.5%)
성별	남자	555 (46.3%)
	여자	645 (53.8%)
직업	직장인	631 (52.6%)
	자영업	253 (21.1%)
	학생	84 (7.0%)
	주부	226 (18.8%)
	기타	6 (0.5%)
월평균 가구소득	~2백만원	5 (0.4%)
	2~3백만원	75 (6.3%)
	3~4백만원	491 (40.9%)
	4~5백만원	336 (28.0%)
	5~6백만원	224 (18.7%)
	6백만원 초과	59 (4.9%)
가구차량 보유대수	무응답	10 (0.8%)
	0	148 (12.3%)
	1	975 (81.3%)
	2	73 (6.1%)
	+3	4 (0.3%)
통행목적	업무	351 (29.3%)
	친지방문	96 (8.0%)
	여가	289 (24.1%)
	출퇴근	349 (29.1%)
	기타	115 (9.6%)
이용수단	승용차	576 (48.0%)
	버스	296 (24.7%)
	지하철	328 (27.3%)

Source: The Korea Transport Institute, 「A Study for Revising the Appraisal Guideline of Railway Investment」, 2010

Table 6. Estimation Results

변수		모수	표준오차	t-통계량	
대안특정 상수	승용차	-0.4904	0.1489	-3.29***	
	버스	0.4737	0.1619	2.93***	
	기존 광역도시철도	0.6624	0.1387	4.77***	
통행자 속성변수	고소득 더미(5백만원 이상) - 승용차	0.2537	0.0627	4.05***	
	업무통행 - 승용차	0.5216	0.0592	8.82***	
	차량보유대수 - 승용차	0.9207	0.0703	13.10***	
	수하물 - 승용차	0.4776	0.1474	3.24***	
	수하물 - 버스	-0.5580	0.3088	-1.80**	
	동행인원 - 승용차	0.1582	0.0393	4.02***	
대안속성 변수	통행비용 (백원)	-0.03367	0.00149	-22.64***	
	차내시간 (분)	-0.01442	0.00103	-14.04***	
	접근시간 (분)	버스	-0.01736	0.00568	-3.06***
		기존 광역도시철도	-0.02048	0.00419	-4.89***
		광역급행철도	-0.00815	0.00418	-1.94**

요약통계량

관측 수 : 6,567

모수 수 : 14

L(0) = -8651.7882

L(β) = -7463.8291

$\rho^2 = 0.1373$

$\bar{\rho}^2 = 0.1357$

Note : * significant level 90%, ** significant level 95%, *** significant level 99%

우선 대안특정상수는 모두 0과 유의하게 다른 것으로 나타났고, 광역급행철도의 수단상수를 0으로 가정한 상태에서 기존 광역도시철도와의 상수도 0과 유의하게 나타났으므로 이들 두 철도서비스에 대한 수단분리가 합리적인 것으로 나타났다.

통행자 속성변수와 관련해서는 월평균 500만원 이상 고소득자, 업무통행자, 큰 짐을 가지고 있는 경우 승용차를 선호하는 것으로 나타났으며, 마찬가지로 차량보유대수나 동행인원이 증가할수록 승용차를 선호하는 것으로 나타났다. 반대로 짐이 있는 경우 버스이용을 회피하는 것으로 분석되었다. 통행비용, 차내시간, 접근시간 등 모든 대안속성변수는 음(-)의 부호를 가져 직관과 일치하였다.

영향권 비교를 위하여 버스의 접근시간, 기존 광역도시철도의 접근시간, 광역급행철도의 접근시간의 모수추정치를 비교하였다. 버스 접근시간의 모수는 -0.01736, 기존 광역도시철도 접근시간의 모수는 -0.02048 로 추정되었는데, 두 모수간의 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 t-검정을 수행한 결과 t-통계량이 -0.44에 불과하여 통계적으로 다르다고 보기 어려우며, 반면 광역급행철도 접근시간의 모수는 -0.00815, 기존 광역도시철도 접근시간의 모수 -0.02048 간 차이에 대해서는 t-통계량이 -2.08 로 나타나 유의수준 95%에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이로써 광역급행철도에 대해서 기존 광역도시철도와 동일한 철도역 영향권을 설정하는 것은 합리적이지 않다는 점을 확인할 수 있었다.

4.4 광역급행철도 영향권 설정

기존 교통시설투자평가지침이나 예비타당성조사지침에서는 철도수요분석을 위하여 철도역의 영향권을 도보는 0.75km이내, 마을버스는 0.75~3km, 버스는 3~5km 이내로 설정하고, 5km이상에 대해서는 반영하지 않는다.

그러나 앞서 제시한 모형에서 기존 광역도시철도와 광역급행철도간의 접근시간에 대한 비효용의 비율을 보면 기존 광역도시철도 접근시간의 비효용(-0.02048)이 광역급행철도 접근시간의 비효용(-0.00815)보다 2.51배 가량 더 큰 것으로 분석되었다.

광역급행철도역 접근시간 1분의 비효용은 기존 광역도시철도의 접근시간 2.5분과 동일한 수준이라는 것을 알 수 있으며, 접근수단의 통행속도가 동일하다고 가정하면 광역급행철도의 영향권은 기존 광역도시철도보다 2.5배 가량 확대될 수 있을 것으로 판단된다.

이를 기초로 광역급행철도의 영향권을 설정하며, 도보는 0~0.75km, 마을버스는 0.75~3km, 버스는 3~12.5km로 확대하는 것이 필요하다고 하겠다. 여기서 도보나 마을버스의 영향권도 2.5배 확대하는 것이 가능하지만 이럴 경우 도보 영향권은 마을버스 영향권과, 마을버스 영향권은 버스 영향권과 중복되므로 영향권이 가장 넓은 버스를 기준으로 2.5배 확대하는 것이 지침 적용 상 합리적이라고 판단된다.

5. 광역급행철도 영향권을 고려한 수요분석

5.1 분석 개요

본 절에서는 4절에서 검토한 영향권 설정방안을 실제 수요분석과정에 적용해 봄으로써 실제 수요분석 프로그램 입출력 단계에서 어떻게 적용할 수 있는 지 적용방안을 제시하고, 기존 영향권 설정방법을 적용했을 때와 어떻게 다른 결과를 보이게 되는지 검토한다.

교통수요분석은 교통수요 분석프로그램인 Emme/2를 활용하고, 국가교통DB에서 배포한 수도권 기종점 통행량 자료 및 네트워크를 활용하여 분석하였다. 분석대상노선은 수도권 광역급행철도 노선 중 예비타당성조사를 통과한 킨텍스~동탄 노선으로 하였다.

철도역 영향권의 반영을 위해서는 최종적인 통행배정 이전에 사전적인 철도 통행배정을 통해 교통 존간 차내시간과 접근시간을 각각 매트릭스 형태로 받아야 하는데, 이렇게 받아진 접근시간 매트릭스를 활용하여 철도의 영향권을 설정하였다.

접근시간은 Emme/2 프로그램 상의 접근수단(auxiliary transit mode)를 이용하여 각 존에서 가까운 철도역까지의

접근시간으로 나타나는데, 접근시간은 평균 보행속도(3.7km/h 적용)를 이용하여 존에서 지하철역까지의 거리를 환산하여 입력한다.

앞서 언급한 바와 같이 기존 영향권을 적용하는 경우에는 해당 접근거리를 이용하여 철도역 영향권을 도보는 0~0.75km, 마을버스는 0.75~3km, 버스는 3~5km로 설정하며, 광역급행철도에 대해서는 영향권을 확대하여 도보와 마을버스 범위는 동일하게 두고, 버스를 12.5km까지를 영향권으로 설정하였다.

다만, 각 범위에 포함되는 존간 접근시간 매트릭스는 각 수단의 평균통행속도(마을버스 20km/h, 버스 25km/h 적용)로 나누어 수단별 접근시간으로 환산하여 접근통행시간을 반영하고, 상기 범위를 초과하는 값은 매우 큰 값을 주어서 수단선택확률이 0에 가까워지도록 하였다.

수요분석을 위한 수단선택모형은 현행 예비타당성조사 지침의 모형을 적용하여 기존 분석결과와의 차이를 비교할 수 있도록 하였는데, 이에 따라 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 한국개발연구원, 2008」에서 제시한 수도권 수단선택모형을 사용하였다.

다만, 수요분석 시 수도권 광역급행철도가 별도의 수단으로 분리되지 않는 모형을 적용함에 따라서 기존 광역도시철도와 수도권 광역급행철도에 대한 별도의 통행시간 및 통행비용 매트릭스를 구성할 수 없는 한계점이 있다. 그럼에도 철도역 영향권 확대는 수도권 광역급행철도에 대해서만 적용이 되어야 하므로 이를 반영하기 위하여 다음과 같은 분석과정을 거쳤다. 우선 기존 광역도시철도를 제외한 수도권 광역급행철도만을 열차운행정보(transit line data)에 입력하여 앞서 설명한 과정을 반복하여 수도권 광역급행철도만의 접근시간 매트릭스를 구하였다. 여기에 다시 앞서 구한 기존 광역도시철도의 접근시간 매트릭스와 결합하는 과정을 거쳐 전체 철도노선이 포함된 접근시간 매트릭스를 산출하고 이를 존간 통행시간에 반영하여 수요분석을 실시하였다. 또한, 광역급행철도와 일반 도시철도간 환승도 별도의 링크를 두어 적절한 환승시간과 운임효과가 반영될 수 있도록 하였다.

5.2 분석 결과

최종 분석목표년도인 2036년의 수요분석결과 Table 7에 제시된 바와 같다. 기존 영향권으로 분석을 수행하는 경우에는 승차기준 1일 33만 9천명 가량이 이용할 것으로 분석되었으며, 본 연구에서 제시한 바와 같이 광역급행철도에 대해서 철도역 영향권을 확대하는 경우에는 1일 약 37만 9천명 가량이 이용할 것으로 예측되어, 수요가 약 12% 가량 증가하는 것으로 분석되었다.

영향권 조정에 따른 수요분석결과와의 차이는 정차역별로도 상이하게 나타났는데, 킨텍스역, 대곡역, 수서역, 성남역과 같이 철도역 인근지역보다 배후지역에 광범위한 택지개발지역이 포함되어 있어서 영향권 확대 시 수요가 크게 증가하는 경우에는 약 15~22% 가량 증가하였다. 반면, 이미 개발밀도가 높은 서울시 도심지역이나 배후 영향권이 좁은 연신내역, 서울역, 용인역, 동탄역 등은 약 6~10% 정도의 차이만을 나타내었다.

Table 7 Demand Forecasting Results in 2036

철도역	기존 영향권(A)		본 연구 제안 영향권(B)		차이(B-A)	
	승차	하차	승차	하차	승차	하차
킨텍스	12,462	11,786	14,748	13,980	2,286	2,194
대곡	25,121	23,630	28,890	27,051	3,769	3,421
연신내	15,621	20,333	17,172	22,464	1,551	2,131
서울역	66,353	66,435	73,111	73,317	6,758	6,882
삼성	27,375	26,383	32,132	30,495	4,757	4,112
수서	26,959	26,351	33,082	32,210	6,123	5,859
성남	25,193	26,044	30,501	32,088	5,308	6,044
용인	70,483	70,416	76,153	79,798	5,670	9,382
동탄	69,210	67,395	73,545	68,453	4,335	1,058
계	338,777	338,773	379,334	379,856	40,557	41,083

결론적으로 수도권 광역급행철도의 수요분석을 함에 있어서 기존의 영향권 설정방법을 그대로 적용하는 경우에는 정착지역별로 최대 20%까지 차이가 날 수 있으며, 노선 전체적으로도 10% 이상의 차이를 나타내는 것으로 분석되었다.

결국 이러한 수요분석결과와 차이는 편익산정 및 타당성 분석결과에도 영향을 미칠 수 있으므로 향후 광역급행철도의 수요분석에 있어서는 본 연구에서 제시된 영향권 설정방법 등 적절한 영향권 설정방법의 적용이 필요할 것이며, 그렇지 않고 기존의 영향권을 그대로 적용하는 경우에는 광역급행철도 사업의 수요 및 경제적 타당성을 과소평가할 가능성이 있는 것으로 판단된다.

6. 결론

수도권 광역화에 따른 교통혼잡의 해소와 광역철도의 도로 대비 경쟁력 확보를 위하여 추진 중인 수도권 광역급행철도 사업이 진행되면서 수요 및 타당성 분석에 있어서 철도역의 영향권 설정 문제가 대두되었다. 일반적으로 철도역 영향권은 철도 노선의 속도가 높아질수록 커지는 것으로 인식되고 있으며, 수도권 광역급행철도의 경우도 2배 이상 높아진 표정속도에 따라 기존 광역도시철도 노선의 철도역 영향권 보다는 확대될 것으로 판단된다. 이에 본 연구는 광역급행철도 도입에 따른 철도역 영향권의 차이를 규명하고 적절한 철도역 영향권을 제시하고자 하였다.

철도역의 영향권 설정과 관련된 국내의 연구에서는 주로 도보접근을 중심으로 분석이 이루어지거나, TOD 혹은 지가와 관련된 분석이 대부분을 차지하였으며, 국외연구들에서는 철도역의 입지, 노선특성에 따라 접근통행거리가 커질 수 있음을 확인하였다.

경부선 수원역과 경춘선 평내호평역에 대한 접근통행 실태조사결과를 바탕으로 도보는 접근거리가 600m 정도로 기존 연구결과와 차이가 없었으나, 버스, 택시, 승용차 등의 접근수단을 이용하는 경우에는 평균 접근거리가 6km 정도까지 증가하여 기존 지침에서와 같이 영향권을 5km로 제한하는 것은 광역급행철도 수요분석 시에 과소예측의 우려가 있다고 하겠다.

광역급행철도의 영향권 설정을 위해 기존 광역도시철도와 수도권 광역급행철도를 별도의 수단으로 구분하여 수단선택모형을 구축한 후 버스, 기존 광역도시철도, 광역급행철도에 대하여 접근시간의 상대적 가중치를 도출하였는데, 기존 광역도시철도의 접근시간 비효율이 광역급행철도 접근시간의 비효율 보다 2.5배 가량 큰 것으로 나타나, 동일한 접근속도를 가정한다면 철도역 영향권은 2.5배 가량 확대될 수 있음을 보였다.

확대된 영향권을 적용하여 수요분석을 시행한 결과, 역별로 최대 20%까지 차이가 날 수 있고, 노선 전체적으로는 약 10% 가량 차이가 나는 것으로 분석되었다. 따라서 기존 지침의 영향권을 그대로 적용하는 경우에는 수도권 광역급행철도 사업의 수요와 경제적 타당성을 다소 과소예측할 가능성이 있다고 하겠다.

본 연구는 수도권 광역급행철도의 노선 특성에 부합하는 철도역 영향권 설정방안과 이에 부합하는 분석과정을 구체적으로 제시하였다는 점에서 의의가 있으며, 향후 국토교통부의 교통시설투자평가지침 등에 반영함으로써 이후 광역철도 사업의 급행화에 따른 수요분석에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

다만, 수도권 광역급행철도가 현재 존재하지 않으므로 진술선호자료에 근거하여 분석을 수행하였는 바 실제 사업 완료 후의 통행자 패턴과는 차이가 존재할 수 있다는 점에서 한계가 있으며, 이를 보완하기 위해서는 표정속도가 기존 광역철도 보다 높은 신분당선 이용객과 기존 분당선 이용객을 대상으로 하는 현시선호자료 분석을 통해서 표정속도에 따른 영향권의 차이를 규명하고, 이를 확장하여 수도권 광역급행철도 수요분석에 활용하는 것이 추후 연구로 필요하리라 판단된다.

감사의 글

본 논문은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINK) 육성사업의 연구결과입니다.

References

- D. Kim, Y., Ryu, H. Choi (2002) A study on the setting up method of subway access/egress area by walking and its application, *Journal of Korea Planners Association*, 37(5), pp. 177-186.
- J.H. Kim, S.I. Lee, S.H. Lee (2007) Defining the spatial extent of subway catchment area in the metropolitan areas using SP and RP data, *The Korea Spatial Planning Review*, 52, pp. 131-148.
- T. Kim, Y. Lee, E. Hwang, J. Won (2008) Development of selection model of subway station influence area in new town using categorical and regression tree, *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(3), pp. 216-224.
- E. Shon, J.Y. Kim, C.Y. Jeong, J.H. Lee (2009) Modeling the urban railway demand estimation by station reflecting station access area on foot, *Journal of Korean Society of Transportation*, 27(2), pp. 15-22.
- N. Kim (2012) Estimating the subway station influence area by the distribution of walking distance and the change of housing sale prices, *Journal of Korea Planners Association*, 47(6), pp. 29-38.
- Y. Lee, D. Sohn (2012) A relationship analysis between subway transit demand and urban spatial characteristics in the subway station area, *Urban Design*, 13(4), pp. 23-32.
- S. Kim, S. Eom, M. Lee (2013) A study on spatial range of seoul subway station area on characteristics of land use, *Journal of Korea Planners Association*, 48(1), pp. 23-35.
- E. Lee, E. Shon, S. Kim, B. Hwang (2013) Estimating urban railway demand based on catchment area, *The Korea Spatial Planning Review*, 77, pp. 189-203
- R. Cervero, A. Round, T. Goldman, K. Wu (1995) Rail access modes and catchment areas for the BART system, Working Paper No. 307, University of California Transportation Center
- M. J. N. Keijer, P. Rietveld (2000) How do people get to the railway station? The dutch experience, *Transportation Planning and Technol.*, 23, pp. 215-235.
- M. Wardman, J. Tyler (2000) Rail network accessibility and the demand for inter-urban rail travel, *Transport Reviews*, 20(1), pp. 3-24.
- S. Krygsman, M. Dijst, T. Arentze (2004) Multimodal public transport: an analysis of travel time elements and the interconnectivity ratio, *Transport Policy*, 11, pp. 265-275.
- N. Sanko, K. Shoji (2009) Analysis on the structural characteristics of the station catchment area in Japan, 11th Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Delft University of Technology.
- The Korea Transport Institute (2010) A study for revising the appraisal guideline of railway investment, Korea Railway Network Authority