고속철도 수송실적자료를 활용한 경부·호남선의 철도직접수요모형의 작성과 적용

Calibration and Application of Direct Demand Models for Kyungbu · Honam Line After KTX Commissioning

송선아[1] 유현선[2] 서선덕[3]

Song, SunAh Yoo, HyunSun Suh, SunDuck

ABSTRACT

일반적으로 철도수요를 추정할 때에는 매표실적에 근거한 직접수요모형(Direct Demand Model)을 많이 사용하여왔다. 고속철도가 2004년 4월 개통됨으로써 실행된 수요가 나옴에 따라 이를 이용하여 KTX와 일반철도를 고려한 직접수요모형의 작성이 가능하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 고속철도 운행 전·후의 실제 수요를 이용하여 고속철도 개통 전·후의 직접수요모형을 추정하여보았다. 모형에 사용되는 변수로는 철도서비스, 사회경제지표 등을 사용하였다. 그 중 철도서비스, 즉 운행시간, 운행빈도, 운임 등을 집중적으로 사용하여 모형을 작성하였다.

이렇게 작성된 모형은 KTX와 일반철도, 일반철도 등급간에서 철도서비스 변수의 기여를 명시적으로 제시해준다. 개발된 모형을 이용하여 KTX 및 일반철도의 운행방향에 대하여 검토하였다.

1. 서론

2004년 4월, 고속철도(KTX, Korea Train Express)가 개통됨에 따라 기존에 철도수요를 예측한 예측 수요와 실제 실현된 실적치의 비교의 필요성이 대두되고 있다. 이렇게 예측치와 실적치를 분석·비교하는 과정은 좀 더 현실에 가까운 모형 작성을 위해 필요하다고 볼 수 있다.

1) 한양대학교 석사과정, 비회원

2) 한양대학교 석사과정, 비회원

3) 한양대학교 교수, 정회원

그러나 개통 1개월이 조금 지난 현재, 고속철도의 수요를 안정된 수요라고 보기에는 다소 무리가 있고, 도로 및 항공 등 기타 수단에 대한 자료가 부족한 상태에서 엄밀한 의미의 고속철도 수요모형을 작성하기는 현실적으로 제약이 있다. 따라서 본 연구에서는 고속철도와 일반철도의 실적 결과를 이용하여 철도 분야의 수요추정을 위한 직접수요모형을 작성하고자 한다.

직접수요모형에 사용되는 변수로는 철도서비스(통행시간, 운행빈도, 운임)와 사회경제지표를 고려할 수 있다. 특히 일반철도의 통행시간, 운행빈도, 운임 등 철도서비스의 경우 KTX 운행의 전·후로 변화가 생겼고, 이는 이용자의 반응에 민감하게 영향을 미치는 요소라 할 수 있다. 본 연구에는 이러한 내용을 고려하여 KTX 운행 전·후의 직접수요모형을 작성하여 이를 비교·분석해보고자 한다.

2. 직접수요모형(Direct Demand Model)[4)]

가. 개요

일반적으로 수요추정 방법으로는 집계화(Aggregate)된 절차를 사용하는 방법과 직접수요모형을 작성하여 추정하는 방법이 있다.

집계화된 절차는 철도운행체계의 총체적인 철도서비스변화를 수요의 변화로 예측하기 위해 통상 사용되는 4단계 절차와 같은 과정으로 통행이 발생하기까지 다양한 선택이 필요하며 이러한 일련의 선택의 과정인 교통수요예측과정을 각각 독립적으로 보는 것으로 순차적(Sequential)모형이라 할 수 있다. 반면 직접수요모형은 상호의존적으로 보는 것으로, 동시적(Simultaneous) 모형이라 할 수 있다. 또한 직접수요모형은 좀 더 구체적인 수요변화를 분석하기 위한 직관적인 모형이라고 할 수 있는데, 철도수요와 철도수요를 설명하는 설명변수 사이를 선형/비선형 함수의 형태로 표현한다.

직접수요모형은 두 가지 가설에 기초한다. 첫째, 교통수요의 발생은 중력모형형태를 가정하고 있다. 이러한 가설 때문에 각 설명변수에 대한 수요의 직접탄력성과 교차탄력성에 대한 구체적 형태의 가정으로 발전되고 있다. 따라서 직접수요모형은 일반적으로 각 설명변수에 대한 수요의 직접탄력성을 계수로 가정하고 있다. 둘째, 특정수단에 대한 교통수요는 특정수단의 명칭에 따라 나타나는 것이 아니라 교통수단이 제공하는 서비스의 속성(통행시간, 요금, 통행빈도 등)에 기인한다는 추상수단(Abstract Mode) 이론을 근거로 하고 있다.

이러한 가정은 미래의 신교통수단의 도입 시나 새로운 서비스 특성을 추가할 경우의 교통수요분석에 매우 유용하다. 특히 지역간 철도의 경우 주어진 노선에 통행량(T_{ij})을 구하는 것으로 4단계 문제에서 접하는 다수의 문제점을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 비용, 통행시간 등 수요에 민감한 영향을 주는 서비스 변수에 대한 탄력도를 살필 수 있어 정책 수립시 매우 유용하게 사용될 수 있다.

4) 철도청, 2002, 열차운영체계 변화에 따른 영향조사

나. 직접수요모형의 형태

직접수요모형은 동시적(Simultaneous) 모형에 속하며 계량경제학적(Econometric) 모형에 근거를 두고 있다. 직접수요모형은 크게 전도성(Conductivity) 모형과 수단경쟁형(Model-Competition Product-form)모형으로 구분된다. 전도성 모형은 중력모형의 기본 개념을 토대로 하여 출발지와 목적지간의 교통서비스 수준에 관한 변수를 사용하여 승수 형태로 모형식을 구성한다. 통행수요의 수단분담은 수단별로 독립적으로 계산되고 각 수단의 수단분담량의 합에 대한 각 수단의 분담율이 수단 분담율이 되는 것이다.

반면, 수단 경쟁모형은 모형의 형태와 변수는 같으나 모형식 안에서 동시적으로 수단간의 서비스 특성의 변수를 고려함으로써 수단간 교차관계를 고려한다는 점에서 전도성 모형과는 차별성을 가진다. 직접수요모형의 기본적 모형식 형태는 다음과 같다.

$$X^{d}_{ijmrt} = X(D^{p}, S_{ijmrt}, \ \forall\ i, j, m, r, t)$$

여기서, D^{p} : 통행목적 P의 수요 변수 벡터(Demand Variable Vector)

S^{p}_{ijmrt} : i, j, m, t 선택시 요구되는 공급변수 벡터(Supply Variable Vector)

i : 통행 발생존

j : 통행 도착존

m : 교통수단

r : 노선

t : 통행시간

위의 식은 특정 목적 통행수요에 대해 통행발생단계에서 목적지 선택, 수단선택, 노선선택, 통행시간대의 선택까지 5가지 선택 과정을 하나의 모형식으로 처리한다.

3. 자료의 수집

본 모형에 사용된 자료는 다음과 같다.

<표 1> data의 내용 및 출처

항목	출처	비고
수요	철도청	2004년 3월, 4월(KTX 개통 전후)
철도 서비스 속성	철도청	-
사회경제지표 (인구수, 자동차등록대수, 사업체수, 지역내 총생산)	각 통계연보	2002년 기준

철도의 수요는 KTX 개통 전·후를 비교하기 위하여 2004년 3월의 주말과 2004년 4월의 주말 일일 역간 O/D 중 경부선·호남선에 해당하는 수요를 추려서 사용하였다. 열차 등급은 3월과 4월 각 각 새마을, 무궁화와 KTX, 새마을, 무궁화로 구분하였다.

철도 서비스 속성은 철도청에서 제공하는 열차 시각표와 운임표를 참고하여 작성하였으며, 사회경제지표는 각 역의 영향권을 수도권의 경우 시와 구로, 기타 지역의 경우 시, 군의 수준으로 설정하여 각 영향권의 사회경제지표를 구득하였다. 사용된 변수로는 주민등록 인구수, 자동차등록대수, 사업체수, 지역내 총생산이 있다. 지역내 총생산은 시군구 단위로 제공되는 금액이 없는 관계로 각 시·도의 지역내 총생산(당해년도 가격)을 영향권의 인구비율로 나누어 추정하였다. 또한 아직 2003년 통계연보(2004년 발행)가 발행되지 않은 지역이 많아 일괄적으로 2002년 통계연보(2003년 발행)의 자료를 이용하였다.

또한 data의 원래 값으로 입력하여 모형을 추정하면 각 변수마다 scale이 달라서 계수 추정에 문제가 발생하는 경우도 있기 때문에, 필요한 경우 변수의 단위를 조정하였다. 조정된 변수의 단위는 요금은 백원, 출발지의 주민등록인구수와 도착지의 GRP는 인·백만원/10,000,000,000, 시종점 자동차 등록대수의 곱은 십억대이다.

4. 모형의 작성

준비된 자료를 이용하여 다음과 같은 일반적인 형태의 수요모형을 SYSTAT[5]이라는 통계 패키지를 이용하여 비선형회귀분석모형의 계수를 정산하였다. SYSTAT은 일반 통계 패키지와는 달리 비선형회귀모형을 직접 추정할 수 있는 통계 패키지이다.

식의 형태는 다음과 같다.

$$T_{ijk} = a \cdot freq^{b} \cdot fare^{c} \cdot (pop_i grp_j)^{d}$$

여기서, T_{ijk} : i 지점과 j 지점간에 열차등급 k를 이용하는 이용객

$freq$: k 등급 철도의 통행빈도

$fare$: k 등급 철도의 통행요금

$pop_i grp_j$: 출발지점 i의 인구수와 도착지점 j의 GRP의 곱

a, b, c, d : 계수값

모형은 등급별로는 각 등급을 별도로 고려하여 작성한 것과 모든 등급을 함께 고려하여 작성한 것으로 구분하였고, 노선별로는 경부·호남선을 각 각 고려한 것과 경부·호남선을 통합하여 고려한 경우로 구분하였다. 모든 등급을 고려한 경우는 dummy 변수를 추가하여서 KTX의 경우는 1, 그렇지 않은 경우는 0으로 처리하였다. 또한 고속철도 개통 전·후의 비교를 위하여 3월과 4월을 구분하여 작성하였다.

5) SPSS Inc., 2000, SYSTAT version 10

고려한 변수 중 여러 가지로 조합하여 계수를 추정하였고, 작성된 모형의 변수간 부호등을 따져서 더 우수하다고 판단되는 모형의 계수 값을 표기하였다. 그 결과 경부선에 있어서는 4월의 새마을, 무궁화 열차의 직접수요모형이, 호남선에 있어서는 KTX와 새마을 열차등의 직접수요모형이 의미가 있는 것으로 판단되었다. 자세한 계수의 값은 아래와 같다.

<표 2> 모형의 계수값

경부선											
수단	3월						4월				
	a	freq	fare	$pop_i \cdot grp_j$	car_{ij}	R^2	a	freq	fare	$pop_i \cdot grp_j$	R^2
KTX	-						0.416	1.513		0.065	0.560
새마을	0.666	2.446	-	-	-0.157	0.619	-	-	-	-	-
무궁화	2.324	1.381		0.197		0.553	-	-	-	-	-

호남선										
수단	3월					4월				
	a	freq	fare	$pop_i \cdot grp_j$	R^2	a	freq	fare	$pop_i \cdot grp_j$	R^2
KTX	-					19.883	1.170	-	0.026	0.685
새마을	12.68	0.362	-	0.374	0.560	-	-	-	-	-

5. 모형의 적용

작성된 모형식을 이용하여 예측치와 실측치를 비교한 결과 고속철도 서비스가 시작되기 이전인 3월의 모형은 예측치와 실측치의 오차가 비교적 크지 않은 것으로 나타났으나, 고속철도 서비스가 시작된 4월의 모형은 예측치와 실측치의 오차가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 아직 고속철도의 수요가 개통 초기인 점을 감안하여 안정적이지 못 하고, 고려한 변수가 다양하지 못 함으로 인해 야기된 것으로 판단된다.

또한 작성된 모형을 토대로 주요 변수의 변화가 수요에 얼마만큼의 영향을 미치는지에 대해서 계산하여보았다.

경부선 KTX의 경우는 통행빈도를 10%, 20% 증가시켰을 때 수요가 각각 16%, 32% 증가하는 것으로 나타났다. 또한 호남선 KTX의 경우는 통행빈도를 10%, 20% 증가시켰을 때 수요가 각각 12%, 14% 증가하는 것으로 나타났다.

초기에 새마을 열차와 무궁화 열차의 KTX 서비스 개통 전후의 모형 변화를 비교하려 하였으나, 3월과 4월에 일치되는 식이 도출되지 못 한 관계로 비교분석은 실시하지 못 하였다.

6. 결론 및 향후연구과제

철도 수요예측을 위한 직접수요모형을 KTX 개통을 전·후로 하여 작성하여보았다. 작성결과 KTX 개통 전의 수요 모형이 비교적 실측치에 가까운 값을 예측하였고, KTX 개통 후의 수요모형은 개통 전의 모형에 비해 오차가 큰 것으로 나타났다. 이는 앞에서도 지적하였듯이 KTX의 수요가 아직 안정된 수요가 아니고, 고려한 사회경제지표 변수가 적은 것이 이유로 생각된다.

또한 변수에 따른 민감도 분석을 한 결과 통행빈도를 10~20% 증가시킬 경우 수요 역시 약 10~30% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

향후 KTX의 수요가 안정화되고 철도 서비스의 체계가 안정된다면 안정화 된 수요와 좀 더 다양한 사회경제지표를 이용하여 현실에 가까운 모형을 추정하고, 이를 통해 KTX 서비스 시작 이후의 지역간 열차 서비스의 특성 변화의 비교검토가 필요하다.

7. Reference

[1] 2002, “열차운영체계 변화에 따른 영향조사”, 철도청
[2] SYSTAT version 10 User Manual
[3] 2003, 시도별 통계연보(2002년 기준)