

■ 論 文 ■

**아세안지역의 국가간 여객통행수요 추정모형 구축에 관한 연구**

Development of International Passenger Travel Demand Models  
for the ASEAN Region

**문진수**

(한국교통연구원 연구위원)

**박준환**

(前 서울시정개발연구원 부연구위원)

**정호영**

(GS건설(주) 도로사업단)

목 차

- |                                                                                                                                            |                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>I. 서론</p> <p>1. 연구의 배경 및 목적</p> <p>2. 연구의 범위</p> <p>II. 선행연구 고찰</p> <p>III. 통행발생 및 통행분포 모형 구축</p> <p>1. 변수 및 모형 설정</p> <p>2. 모형의 추정</p> | <p>IV. 수단분담모형 구축</p> <p>1. 설문조사 개요</p> <p>2. 자료특성분석</p> <p>3. 수단선택모형 추정</p> <p>V. 결론 및 연구의 한계<br/>참고문헌</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Key Words : 아세안지역, 국가간 통행, 여객통행수요, 직접수요모형, 명시선호모형  
ASEAN Region, International Trip, Passenger Travel Demand, Direct Demand Model,  
Stated Preference Model

요 약

기존의 아세안지역 국가간 여객통행수요예측에 있어 적용된 방법론은 자료의 한계로 인하여 모형을 이용하기보다는 개략적인 분석방법론과 가정위주로 이루어져 왔다. 본 연구에서는 아세안 지역의 국가간 여객통행 수요예측을 위해 개발된 모형을 제시한다. 통행발생과 통행분포 모형을 개별적으로 추정하기에는 해당지역의 통계자료구축이 미흡한 상태이기 때문에 국가간 출입국 통계자료를 이용하여 통행발생과 통행분포를 동시에 고려하는 직접수요모형을 개발하였다. 또한 현재 연구대상지역의 경우 국가간 통행에 대한 수단선택모형이 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 수단분담을 산정할 위해 명시선호기법을 이용하여 수단분담모형을 추정하였다. 통행거리에 따른 수단선택행태의 차이를 반영하기 위해 세 개의 거리대로 구분하여 수단분담모형을 추정하였다. 추정결과 모형의 설명력과 변수의 유의성 측면에서 대체적으로 양호한 결과가 도출되었다. 본 연구에서 구축한 모형은 향후 아세안지역의 통행수요예측에 있어 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Due to the limitations in the statistical data, the existing studies adopted rough methodologies with strong assumptions in the estimation of international passenger travel demand forecast in the ASEAN region. This study aims to develop international passenger travel demand models using scientific methodologies. This study proposes a direct demand model using the immigration and emigration data between countries in the region. This is because of the difficulty of estimating trip generation and trip distribution separately due to the data limitation in the region. As there does not exist the mode choice model for the region, this study estimates a mode choice model using the Stated Preference technique. The mode choice model is separated into three categories of models according to the range of distance between the origin and destination of travel; this is to reflect the different behavior in mode choice according to the travel distance. The result of model estimations suggests that the estimated models produce reasonable results statistically. It is expected that the proposed models are useful for the future travel demand estimation in the ASEAN region.

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

그간 우리나라는 세계에서 유례를 찾아보기 드문 고도의 경제발전을 이룩한 바 있으며, 이를 가능케 했던 주요 요인으로 도로, 철도 등 사회간접자본의 확충을 빼놓을 수 없다. 그간 국내 건설업계가 구축한 기술력과 노하우활용 극대화 및 국내 건설산업 활성화 차원에서 최근 해외진출에 대한 국가적인 관심과 지원이 증대되고 있는 상황이다. 실제로 최근 베트남 등 아세안지역에 대한 국내 건설업체뿐만 아니라 국가적 관심이 증대하고 있는 상황이다.

건설업계의 본격적인 진출 이전에 각종 사업에 대한 타당성조사가 수반되게 마련인바 이러한 타당성 조사 등에 필수적인 아세안지역의 국가간 통행수요 예측을 위한 모형을 제시하고자 한다. 기존의 아세안지역 국가간 여객통행수요예측에 있어 적용된 방법론은 모형을 이용하기보다는 개략적인 분석방법론과 가정위주로 이루어져 왔다. 이에 대한 주요원인으로는 해당지역의 경우 국가간 여객교통수요예측에 필요한 기초통계자료의 구축이 미흡하기 때문으로 판단된다.

본 연구는 아세안지역의 통행수요예측의 신뢰성을 향상시키기 위한 차원에서 통행발생 및 통행분포를 동시에 고려하는 모형과 수단선택모형을 구축하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 연구의 범위

본 연구는 아세안지역 국가간 교통수요예측을 위한 모형을 제시한다. 즉 아세안 개별 국가내의 교통수요예측에 관한 사항은 본 연구범위에 포함되지 않으며, 국가간의 교통수요예측에 관한 부분만을 다루기로 한다. 보다 구체적으로 언급하면 본 연구에서는 통행발생과 분포 단계에서 적용한 모형과 수단선택모형을 중심으로 아세안지역의 국가간 교통수요 추정모형에 대하여 논하고자 한다.

연구의 공간적 범위로선 전체 아세안 10개국 중 태국, 미얀마, 캄보디아, 라오스, 베트남, 말레이시아, 싱가포르 등 국가 간 통행에 있어 육상교통수단의 이용이 가능한 7개국을 연구의 범위로 설정한다.

## II. 선행연구 고찰

아세안 지역의 통행수요예측에 관한 연구는 주로 특정국가에 대한 수요예측을 중심으로 이루어져 왔다. 이는 아세안 지역의 인프라사업이 주로 하나의 국가 내에서 이루어짐에 따른 것으로 판단된다.

아세안 지역의 국가 간 통행수요예측에 관한 기존연구로는 우선 KOTI(2003)을 들 수 있다. 본 연구는 아세안지역의 도로망개발 우선순위를 검토하는 연구로써, 도로의 국가간 OD표를 구축하는 과정이 수반된다. 본 연구에서는 모형에 의하여 장래 OD표를 구축하기 보다는 기준년도 국가간 OD표를 구축한 후 장래 인구증가율에 비례하여 장래 국가간 OD량이 변화하는 것으로 가정하였다. 수단선택단계 또한 모형을 통하여 수단간 전환량을 산정하지 않고 인접국가의 경우에는 도로를 이용하는 것으로 가정하고, 그 이외의 경우에는 기준년도의 국가간 도로분담비를 적용하는 방식을 채택하였다.

K.L. Consult(2000)의 연구는 아세안지역 전체 철도 단절구간(missing rail link)에 대한 건설우선순위를 검토한 바 있다. 본 연구 또한 모형에 의한 국가간 OD표를 구축하여 수단분담모형을 적용하기 보다는 장래 아세안 국가의 인구나 GDP 성장률 및 항공과 철도와의 경쟁력을 감안하여 장래 국가간 철도수요를 임의적으로 가정하였다.

UN(1999) 연구의 경우에도 아세안지역의 철도수요를 예측함에 있어 모형을 이용하기 보다는 일정수준의 화물수요를 가정하였으며, 추가로 일정비율의 철도수요를 가정하는데 그치고 있다.

ADB(2005)의 연구는 메콩강 유역의 교통전락수립을 위해 교통수요예측을 실시하였다. 장래 국가간 통행량은 현재의 OD표와 장래 존별 통행증가율을 가정하여 산출함에 따라 예측결과의 신뢰성은 높지 않을 것으로 판단된다. 장래 수단별 통행량을 산출방법으로는 수단선택모형을 이용하지 않고 단순히 도로교통량에 대한 철도/내륙수운의 비율을 적용함에 따라 시간이나 비용의 변화에 따른 수단선택행태를 고려하지 못하고 있다.

이와 같이 지금까지 아세안지역을 대상으로 하는 국가간 여객통행수요추정 방법론은 매우 개략적인 방법론을 적용하고 있다. 이에 대한 주요원인으로는 아세안지역에서 국가간 통행수요추정을 위한 기초통계자료의 구축이 매우 미흡하기 때문으로 보인다. 이러한 한계에도 불구하고 본 연구에서는 아세안 지역에서의 국가간 통행수요를 추정하는 모형을 개발하고자 한다.

### III. 통행발생 및 통행분포 모형 구축

본 연구에서는 아세안지역의 장래 국가간 OD표 구축을 위해서 통행발생과 통행분포를 위한 모형을 각각 추정하는 방법을 고려할 수 있으나, 해당지역에서는 이를 위한 기초통계자료의 구축이 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국가간 출입국 통계자료를 활용하여 통행발생과 통행분포를 동시에 추정하는 방법론인 직접수요모형을 제시한다(Ortuzar & Willumsen, 1994; Boberts, 2004). 국가간 출입국 통계자료는 1990년에서 2003년까지 14년간 아세안국가간의 출입국자료 138개의 자료를 활용하였다(AIT, 2005). 본 연구에서는 해당지역의 통계자료 구축의 어려움으로 인하여 총 42개 국가 간 OD 중 21개 OD에 대해서만 출입국 통계자료를 획득할 수 있었으며, 이를 이용하여 아세안의 국가간 통행행태를 묘사하는 모형을 구축한다. 본 연구에서는 OD쌍별로 통행수요모형을 추정하기 보다는 전체 42개 OD쌍 중 자료가 존재하는 21개 OD자료를 이용하여 아세안지역을 대표하는 직접수요모형을 구축한다. 이는 21개 OD쌍에 대해서는 통행자료가 존재하지 않기 때문에 OD쌍별로 통행수요모형의 구축이 불가능하기 때문이다. 즉 본 연구에서 제시한 모형이 국가간 통행자료가 존재하지 않는 OD에도 적용되기 위해서는 국가간 통행자료가 존재하지 않는 OD의 통행패턴은 국가간 통행자료가 존재하는 OD와 유사한 통행패턴을 갖는다는 가정이 만족되어야 한다. 이와 같이 21개 OD자료를 이용하여 추정한 모형이 아세안지역을 대표하는 모형으로 보기에는 다소 무리가 있으며, 향후 자료구축을 통하여 보완되어야 할 부분이다.

〈표 1〉 분석자료 현황

O \ D	캄보디아	라오스	미얀마	베트남	태국	말레이시아	싱가포르
캄보디아	-	7	7	7	8	7	2
라오스	7	-	0	0	6	0	2
미얀마	7	0	-	0	7	0	0
베트남	8	0	0	-	6	0	2
태국	8	0	7	0	-	2	7
말레이시아	8	0	0	0	10	-	7
싱가포르	1	0	0	0	7	0	-

1) 설명변수 인구, GDP, 거리의 단위는 각각 명, US 달러, km 임

2) 상관계수는 -1에서 1 사이의 값을 갖게 되는데 절대값이 1에 가까울수록 상관관계가 높음

3) GDP를 모형에 존치시킨 경우에는 GDP와 인구와의 높은 상관관계로 인하여 인구의 계수부호가 음으로 나타나는 등의 문제를 야기하는 것으로 나타남

### 1. 변수 및 모형설정

직접수요모형의 종속변수는 기점  $i$  와 종점  $j$  간의 여객통행량  $T_{ij}$ 이며, 설명변수로 고려가 가능 한 자료는 기·종점 인구( $Pop_i, Pop_j$ ), GDP( $GDP_i, GDP_j$ ), 기종점간 거리 ( $Dist_{ij}$ ) 및 1인당 GDP( $pc\_GDP_i, pc\_GDP_j$ )이다.<sup>1)</sup>

이들 4개 설명변수 후보 중에서 모형에 적용할 변수를 선정하기 위해 상관분석을 수행한 결과 기점과 종점에 대한 GDP와 존간 1인당 GDP 간의 상관계수<sup>2)</sup>가 각각 0.817과 0.776으로 높은 편으로 나타났다. 상관관계가 높은 변수들을 모형에서 동시에 고려할 경우 다중공선성(multi-colinearity) 문제가 발생하게 된다. 이러한 다중공선성 문제를 제거하기 위해서는 GDP 또는 1인당 GDP 변수를 모형에서 제거해야 한다. 한편, 종속변수에 대한 GDP와 1인당 GDP의 상관관계는 유사한 것으로 나타났으나, GDP는 인구와도 상관계수가 0.504, 0.573으로 높은 편으로 나타난 반면, 1인당 GDP는 상관계수가 매우 낮은 것으로 나타났다. 따라서, GDP를 모형에서 제외<sup>3)</sup>한다.

〈표 2〉 변수 간 상관관계

구분	$T_{ij}$	$Pop_i$	$Pop_j$	$Dist_{ij}$	$pc\_GDP_i$	$pc\_GDP_j$	$GDP_i$	$GDP_j$
$T_{ij}$	1.0							
$Pop_i$	0.123	1.0						
$Pop_j$	0.161	-0.192	1.0					
$Dist_{ij}$	-0.178	-0.031	-0.004	1.0				
$pc\_GDP_i$	0.609	-0.005	-0.019	0.035	1.0			
$pc\_GDP_j$	0.570	-0.068	-0.154	0	0.153	1.0		
$GDP_i$	0.570	0.573	-0.126	0.011	0.817	0.086	1.0	
$GDP_j$	0.602	-0.182	0.504	-0.003	0.122	0.776	-0.006	1.0

상기한 절차를 통하여 모형에서 채택한 설명변수로는 기·종점 인구, 1인당 GDP, 존간 거리이며, 다음과 같은 모형을 설정하였다.

$$\log T_{ij} = C + \alpha_1 \log(Pop_i) + \alpha_2 \log(Pop_j) + \alpha_3 \log(pc\_GDP_i) + \alpha_4 \log(pc\_GDP_j) + \alpha_5 \log(Dist_{ij})$$

여기서,  $T_{ij}$  : 존  $i$ 와  $j$ 간의 통행량(인)

$C$  : 상수

- $Pop_i$  : 기점  $i$ 의 인구
- $Pop_j$  : 종점  $j$ 의 인구
- $pc\_GDP_i$  : 기점  $i$ 의 인당 실질 GDP
- $pc\_GDP_j$  : 종점  $j$ 의 인당 실질 GDP
- $Dist_{ij}$  : 존  $i$ 와  $j$ 간의 거리
- $\alpha_i$  : 파라메타

## 2. 모형의 추정

본 연구에서 수집한 자료는 14년간의 아세안 국가 간 통행자료로서 자료특성상 시계열분석을 통하여 모형이 추정되어야 하나, 각 OD 쌍별로 누락(missing)된 자료가 많아서 시계열분석이나 패널분석이 불가능하여 OLS (Ordinary Least Square)로 모형을 추정한다. 그러나, 시계열자료의 특성을 갖는 자료특성상 자기상관 (autocorrelation)<sup>4)</sup> 현상이 발생할 수 있어 이를 고려하는 적절한 모형추정이 요구된다.

본 연구에서 분석하는 자료는 21개의 OD쌍 각각에 대하여 약 5~7개년도의 통행자료로 구성되어 있어 OD 쌍간에는 상관관계가 존재하지 않는 것으로 볼 수 있으나 OD쌍 내에서는 상관관계가 존재한다고 볼 수 있다. 자기상관현상이 존재함에도 불구하고 이를 무시한 상태에서의 OLS 추정량이 갖는 분산은 하향편의(downward bias)를 갖으며, 결과적으로 추정량의 신뢰구간을 위축시키는 결과를 초래하는 것으로 알려져 있다(이종원 (2007), p.370). 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 고려하기 위하여 통계분석 패키지인 STATA 9.0 (Stata Press, 2001)을 이용하여 OLS를 시행 시 Cluster 분석을 추가하였다<sup>5)</sup>. Cluster 분석은 표준오차와 추정치의 공분산행렬을 변화시킴에 따라 단순 OLS 분석결과와 비교 시 파라메타 추정치는 동일하나 표준오차가 상이하게 도출된다.

모형의 추정결과 각 설명변수의 부호는 합리적으로 나타났다. 즉, 국가 간 여객통행수요는 기종점 간의 인구와 1인당 GDP에 비례하여 증가하며, 거리와는 반비례 관계가 있는 것으로 나타났다. 한편, 모형 전체의 설명력은 0.739로 합리적인 수준으로 나타났다.

단순 OLS로 추정한 결과와 Cluster 분석을 추가한 경우를 비교해보면 두 가지 분석의 계수추정치는 동일하

〈표 3〉 직접수요모형 추정결과

변수	계수 추정치	표준오차		t 통계량	
		OLS	OLS +Cluster	OLS	OLS +Cluster
$\log(Pop_i)$	0.521	0.109	0.221	4.76	2.36**
$\log(Pop_j)$	0.630	0.096	0.215	6.55	2.93
$\log(pc\_GDP_i)$	0.927	0.076	0.143	12.17	6.48
$\log(pc\_GDP_j)$	0.852	0.070	0.148	12.20	5.77
$\log(Dist_{ij})$	-0.954	0.221	0.458	-4.32	-2.08**
$C$	-6.788	2.358	4.005	-2.88	-1.69*
Adjusted R <sup>2</sup>	0.739				

주: 1) 관측수는 138개임  
 2) \*는 90% 신뢰수준에서 유의, \*\*는 95% 신뢰수준에서 유의하며, 나머지 변수는 99% 신뢰수준에서 유의

나 각각의 OD쌍내의 자기상관 현상을 해결할 수 있는 Cluster 분석을 이용한 경우의 표준오차는 단순 OLS 분석 결과에 비하여 2배가량 증가하는 것으로 나타났으며, t 통계량은 절반수준으로 감소하는 것으로 나타났다. 이에 따라 단순 OLS 분석 시 모든변수가 99% 신뢰수준에서 유의하였으나, Cluster 분석을 추가한 경우에는 상수( $C$ ),  $Pop_i$ ,  $Dist_{ij}$  등의 변수는 각각 90%와 95% 수준에서 유의한 것으로 나타났다.

## IV. 수단분담모형 구축

### 1. 설문조사 개요

현재 아세안지역의 경우 개별 국가의 수단선택모형은 존재하나 국가 간 통행에 대한 수단선택모형이 존재하지 않는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국가 간 여객통행에 대한 수단분담모형의 구축을 위해 2006년 1월 태국에서 설문조사를 실시하였다. 명시선호(SP)모형의 구축을 위해 국가 간 통행경험이 있는 사람위주로 총 1,721명을 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 각 조사지점은 다음과 같다.

- 버스터미널: 387명
- 철도역: 454명
- 공항: 363명
- 대학: 246명
- 기타 공공장소: 271명

4) 다중회귀분석의 경우 오차항들은 서로 1차함수적 상관관계에 있지 않다는 기본가정을 만족시켜야 하며, 이러한 가정이 파괴되는 현상을 자기상관이라 함(이종원(2007), p.366)

5) 본 연구에서는 각 OD쌍을 Cluster로 지정하여 분석함

설문조사의 당초 목적은 아세안 국가간을 연결하는 철도가 건설될 경우 철도의 수단분담율을 도출하기 위함이었다. 그러나, 현재 아세안 국가들을 연결하는 철도노선이 없기 때문에 현재의 통행자료로는 철도를 고려하는 국가간 수단분담모형을 구축할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 현시선호모형 대신에 명시선호모형을 이용하여 국가간 수단선택모형을 추정하였다.

설문지는 피 응답자의 사회·경제적 특성, 국가간 통행특성을 나타내는 항목과 함께 각 교통수단의 비용과 시간에 대한 16개의 시나리오를 제시하고 각 시나리오별로 최적의 교통수단을 선택하도록 설계하였다. 선택 가능한 교통수단으로는 철도, 승용차(도로), 항공을 제시하였다. 통행거리에 따른 수단선택행태의 차이를 반영하기 위해 세 개의 통행거리대(300km이하, 300-800km, 800km 이상)로 구분하여 제시하였으며, 각 피 응답자가 과거 통행경험 등으로 인하여 적절한 응답을 할 수 있는 통행거리대를 선택하여 응답하도록 유도하였다. 300km 이하의 경우 377개, 300-800km의 경우 439개, 800km 이상의 경우 828개의 유효샘플을 획득하였다.

수단선택모형의 주요 설명변수인 통행시간과 비용에 대하여 각각 4개의 수준을 설정하였으며, 거리대별로 상이한 수준값을 설정하였다. 통행시간과 비용에 대한 수준값은 태국 통행자를 대상으로 파일럿 서베이를 통하여 현실성 있는 값을 설정하였다. 각 항공과 철도의 경우에는 통행시간과 비용을 차내시간과 접근시간으로 구분하여 제시함으로써 수단선택의 합리성을 제고시키고자 하였다.

〈표 4〉 거리대별·속성변수별 수준값

구분	300km 이하			300 ~ 800km			800km 이상			
	도로	항공	철도	도로	항공	철도	도로	항공	철도	
통행 시간 (시간)	1수준	2	1.5	4	2.5	1.5	10	10	1.75	15
	2수준	3	2.0	6	5.0	2.5	15	15	2.5	25
	3수준	4	2.5	8	7.5	3.5	20	20	3.25	35
	4수준	5	3.0	10	10.0	4.5	35	25	4.0	45
통행 비용 (바트)	1수준	500	3000	50	400	3000	200	1875	8000	320
	2수준	750	4000	100	1200	6000	340	3750	16000	640
	3수준	1000	5000	150	2000	9000	480	5625	24000	960
	4수준	1250	6000	200	2800	12000	620	7500	32000	1280

주: 항공과 철도의 통행시간과 통행비용은 차내시간과 접근시간의 합임

## 2. 자료특성분석

피 응답자의 연간 가구소득의 경우 52%가 300,000 바트(약 800만원) 이상인 것으로 나타났다.

피응답자의 88.7%가 전년도에 타 아세안국가로 통행

〈표 5〉 연간 가구소득

구분	100,000 바트 이하	100,000 ~ 300,000 바트	300,000 ~ 500,000 바트	500,000 ~ 700,000 바트	700,000 바트 이상	합계
300km 이하	69	180	60	45	23	377
300km ~ 800km	41	173	110	75	40	439
800km 이상	47	274	242	132	133	828
합계	157 (9.5%)	627 (38.1%)	412 (25.1%)	252 (15.3%)	196 (11.9%)	1644 (100%)

〈표 6〉 타 국가로의 통행 횟수

구분	0 통행	1~3 통행	4~6 통행	7~10 통행	11 통행 이상	합계
300km 이하	64	249	28	25	11	377
300km ~ 800km	65	305	36	19	14	439
800km 이상	57	636	74	42	19	828
합계	186 (11.3%)	1,190 (72.4%)	138 (8.4%)	86 (5.2%)	44 (2.7%)	1,644 (100%)

〈표 7〉 수단분담현황

구분	300km이하	300 ~ 800km	800km이상	합계
도로 (차량)	288 (76.39%)	360 (82.00%)	289 (34.90%)	937 (56.89%)
해운 (선박)	42 (11.14%)	6 (1.37%)	14 (1.69%)	62 (3.76%)
항공 (비행기)	47 (12.47%)	73 (16.63%)	525 (63.41%)	645 (39.34%)
합계	377 (100.0%)	439 (100.0%)	828 (100.0%)	1644 (100.0%)

한 경험이 있는 것으로 나타났으며, 대부분은 1~3회의 통행을 한 것으로 나타났다.

800km 이상의 국가 간 통행에 있어서는 항공을 이용한 경우가 전체의 63.4%를 차지하는 것으로 나타났으며, 도로의 경우에는 34.9% 차지하는 것으로 나타났다. 300km이하의 통행에 대해서는 76.4%가 도로를 이용하고 항공과 해운이 각각 12.5%와 11.1%로 나타났다. 참고로, 〈표 7~9〉는 실제 통행자료를 이용하여 분석한 결과임을 밝혀 둔다.

피응답자의 아세안국가에 대한 통행을 목적별로 살펴보면 관광이 71.5%, 업무통행이 10.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

〈표 8〉 목적별 통행현황

구분	300km 이하	300 ~ 800km	800km 이상	합계
업무	23 (6.10%)	37 (8.43%)	110 (13.28%)	170 (10.34%)
관광	304 (80.63%)	333 (75.85%)	539 (65.10%)	1,176 (71.53%)
통근	50 (13.27%)	69 (15.72%)	179 (21.62%)	298 (18.13%)
합계	377 (100.0%)	439 (100.0%)	828 (100.0%)	1,644 (100.0%)

〈표 9〉 연령 분포

구분	20세 미만	20세~40세	40세 이상	계
300km 이하	53	224	100	377
300km~500km	25	278	136	439
800km 이상	72	464	292	828
계	689 (9.12%)	725 (58.76%)	230 (32.12%)	1,644 (100%)

응답자의 연령분포에 대해서 살펴보면 20세 미만이 약 9%에 해당한다. 20세 미만의 경우 국가간 통행의 수단선택에 있어서 시간과 비용에 대한 합리적인 판단이 어려운 것으로 판단되어 수단선택모형에 있어서 20세 미만의 연령을 제외한 분석을 별도로 수행한다.

### 3. 수단선택모형 추정

본 연구에서는 설문조사자료를 이용하여 국가간 여객 통행에 대한 수단선택모형을 추정하였다. 수단선택모형으로는 로짓모형을 적용하며, 효용함수식은 다음과 같이 구성된다.

$$V_i = \beta_1 \cdot TTime_i + \beta_2 \cdot Tcost_i + C_i$$

여기서,  $V_j$  : 수단  $i$ 의 효용함수

$TTime_i$  : 수단  $i$ 의 총통행시간

$TCost_i$  : 수단  $i$ 의 총통행비용

$C_i$  : 수단  $i$ 의 특성상수,  $C_{air} = 0$

$\beta_i$  : 파라메터

독립변수로는 총통행시간과 총통행비용을 주요 변수로 고려하였으며, 수단특성변수를 포함하였다. 거리대별 상이한 통행특성을 반영하기 위하여 효용함수는 거리대

별로 추정하였으며, 그 결과는 〈표 10〉과 같다.

주요 변수인 시간과 비용의 부호는 합리적인 것으로 나타났으며, 모든 독립변수는 99% 신뢰수준에서 유의한 것으로 나타났다. 모형의 적합도(adj-p<sup>2</sup>)는 0.083~0.146로써 비교적 낮은 편으로 나타났다. 특히 300~800km 구간대의 모형의 적합도가 0.083으로 상대적으로 낮은 것으로 나타났는데 이는 300km이내의 비교적 단거리 특성과 800km이상의 장거리 특성이 혼재되어 수단선택 특성이 다소 모호해진 때문으로 판단된다. 수단특성상수를 통해 장거리일수록 비행기에 대한 기본적인 선호도가 높은 것을 알 수 있다.

한편, 거리구분이 없는 통합모형의 추정결과는 거리별 모형과는 달리 변수의 부호나 적합도, 시간가치 등 측면에서 신뢰하기 어려운 결과를 나타내고 있다. 그 원인은 국가간 통행에 있어 거리에 따라 선호 교통수단이 달라질 수 있다는 특성을 통합모형은 고려하지 못하기 때문으로 판단된다.

시간가치의 경우 장거리일수록 높게 나타나는 경향이 나타났다. 소득을 시간가치로 환산한 경우(하루 8시간 250일 근무, 가구평균소득 300,000바트로 가정) 150바트가 나오는데, 이보다 시간가치가 높게 나타나는 이유는 국가 간 장거리 통행의 시간가치가 높은 요인을 고려할 수 있다.

〈표 10〉 수단선택모형 추정결과(모든 연령)

변수	300Km 이하	300Km ~ 800Km	800Km 이상	전체 거리
$TTime_i$	-0.0006366 (-4.373)	-0.0005704 (-18.684)	-0.000194 (-7.299)	-0.000799 (-39.404)
$TCost_i$	-0.0001653 (-2.313)	-0.0001272 (-8.513)	-0.00002925 (-14.950)	0.00001124 (7.519)
$C_{road}^{2)}$	1.457871 (14.950)	0.111980 (2.721)	-0.889697 (-22.288)	0.48072 (24.281)
$C_{rail}^{2)}$	1.503481 (14.917)	-0.411662 (-5.404)	-1.454266 (-25.000)	0.44316 (18.14)
관측수	6032	7024	13248	26304
$L(0)^{3)}$	-6626.8293	-7716.6527	-14607.1490	-28951
$L(\beta)^{4)}$	-5668.7081	-7269.4082	-13182.1278	-26887
$p^2$	0.14458	0.05796	0.09756	0.0713
Adj-p <sup>2</sup>	0.14428	0.05770	0.09742	0.0712
시간가치	231 바트	269 바트	398 바트	4267 바트

- 주: 1) 괄호안은  $t$  값임
- 2)  $C_{road}$ 와  $C_{rail}$ 은 각각 도로와 철도의 수단특성상수
- 3)  $L(0)$ : 모든 파라메터의 값이 0일 때 로그우도 함수 추정치
- 4)  $L(\beta)$ : 로그우도 함수의 최대 추정치

계층 구분에 따른 모형의 이질성 검증은 전체 데이터를 G개의 하위집단으로 분리하였을 경우 모형 및 계수추정치

6)  $p^2$ 은 회귀분석의 R<sup>2</sup>과 마찬가지로 0과 1사이의 값을 가지며, 0.2와 0.4의 값을 가지면 추정된 모형이 아주 좋은 적합도를 가지는 것으로 평가할 수 있음(윤대식&윤성순(2002), p.314; McFadden(1975), p.41.

의 동일성 여부를 기준으로 한다. 계수추정치 이질성 검정은 전체 계수벡터의 동일성 검정을 위한  $\chi^2$ -test로 확인할 수 있다. (Ben-Akiva and Lerman, 1987)

전체 계수벡터의 이질성 검정을 위한  $\chi^2$ -test의 귀무가설(Null Hypothesis)은 모든 계층이 동질적이라는 가설로서 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$H_0 : \beta^1 = \beta^2 = \dots = \beta^G$$

$\beta^G$  : G번째 하위계층 계수의 벡터

이때의 우도비 검정통계량(likelihood ratio test statistic)은 아래와 같고, 검정통계량은  $\chi^2$ (chiquare) 분포를 갖는다고 가정한다.

$$-2[L(\hat{\beta}) - \sum_{g=1}^G L_g(\hat{\beta}^g)]$$

$L(\hat{\beta})$  : 전체모형의 최대 로그우도함수 추정치

$L_g(\hat{\beta}^g)$  : g번째 하위계층모형의 최대 로그우도함수 추정치

상기 수식을 이용하여 산출한 통계량은 1533.5로 99% 유의수준에서 두 집단의 계수추정치가 동일하다는 귀무가설은 기각된다. 즉, 통합모형과 거리대별로 구분한 모형은 서로 상이하다는 것을 알 수 있다.

〈표 11〉에 탄력성분석 결과를 제시하였는데 총시간과 총비용에 대한 탄력성은 모두 비탄력적인 것으로 나타났다. 총시간에 대한 탄력성은 철도>도로>항공 순으로, 총비용에 대한 탄력성은 항공>도로>철도 순으로 나타났다. 일반적으로 항공수단과 같은 고속·고비용의 수단의 경우 저속·저비용의 수단과 비교하여 시간탄력성은 높게, 비용탄력성은 낮게 나타나는데 본 연구에서는 기존 연구들과 다소 상이한 결과를 나타내고 있다. 이러한 결과는 합리적인 수단선택이 불가능한 것으로 판단되는 20세 미만의 선택이 포함되어 있기 때문으로 판단된다.

따라서, 국가간 통행의 수단선택에 있어서 시간과 비

〈표 11〉 탄력성 추정결과(모든 연령)

변수		300Km 이하	300Km ~ 800Km	800Km 이상
TTime	도로	-0.050	-0.113	-0.150
	항공	-0.034	-0.068	-0.030
	철도	-0.113	-0.543	-0.326
TCost	도로	-0.0001	-0.105	-0.097
	항공	-0.186	-0.656	-0.293
	철도	-0.004	-0.041	-0.019

〈표 12〉 수단선택모형 추정결과(20세 미만 제외)

변수	300Km 이하	300Km ~ 800Km	800Km 이상
TTime	-0.00029018 (-6.557)	-0.00053215 (-8.012)	-0.00019029 (-6.970)
TCost	-0.00005726 (-8.205)	-0.00012999 (-18.995)	-0.00002758 (-13.689)
$C_{road}^{(2)}$	1.239799 (19.741)	0.712907 (1.727)	-0.887960 (-21.572)
$C_{rail}^{(2)}$	1.335356 (18.180)	-0.432136 (-5.693)	-1.406951 (-23.516)
관측수	5184	6976	12512
L(0) <sup>(3)</sup>	-5695.2061	-7663.9193	-13745.8370
L( $\beta$ ) <sup>(4)</sup>	-4834.2763	-7068.9061	-12314.4237
$p^2$	0.15117	0.07764	0.10413
Adj- $p^2$	0.15084	0.07737	0.10399
시간가치	304 바트	246 바트	414 바트

- 주: 1) 괄호안은 t값임
- 2)  $C_{road}$ 와  $C_{rail}$ 은 각각 도로와 철도의 수단특성상수
- 3) L(0): 모든 파라미터의 값이 0일 때 로그우도 함수의 추정치
- 4) L( $\beta$ ): 로그우도 함수의 최대 추정치

용에 대한 합리적인 판단을 기대하기 어려울 것으로 판단되는 20세 미만의 연령을 제외한 수단선택 분석을 별도로 수행하였다. 응답자의 연령분포에서 제시한 바와 같이 20세 미만 응답자가 약 9%에 해당한다.

20세 미만을 제외한 후 분석한 결과는 전체 연령을 대상으로 분석한 결과와 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 우선, 300~800km의 경우를 제외한 나머지 결과에서는 시간가치가 높아진 것을 알 수 있다.

20세 미만을 제외한 탄력성 분석결과를 〈표 13〉에 제시하였다. 총시간과 총비용에 대한 탄력성은 모두 비탄력적인 것은 전체연령대의 경우와 동일한 것으로 나타났다. 그러나 수단별 탄력성을 볼 때, 〈표 11〉과는 달리 거리에 상관없이 총시간에 대한 탄력성은 항공>도로>철도 순으로, 총비용에 대한 탄력성은 철도>도로>항공의 순으로 나타났다. 즉, 고속·고비용의 수단의 경우 저속·저비용의 수단과 비교하여 시간탄력성은 높게, 비용탄력성은 낮게 나타나는 기존 연구들의 특성이 나타나는 것을 알 수 있다.

〈표 13〉 탄력성 추정결과(20세 미만 제외)

변수		300Km 이하	300Km ~ 800Km	800Km 이상
TTime	도로	-0.075	-0.109	-0.092
	항공	-0.545	-0.672	-0.274
	철도	-0.013	-0.042	-0.018
TCost	도로	-0.091	-0.107	-0.148
	항공	-0.059	-0.063	-0.029
	철도	-0.187	-0.501	-0.318

## V. 결론 및 연구의 한계

기존의 아세안지역 국가간 여객통행수요예측에 있어 적용된 방법론은 모형을 이용하기보다는 개략적인 분석 방법론과 가정위주로 이루어져 왔다. 이에 대한 주요원인으로는 해당지역의 경우 국가간 여객교통수요예측에 필요한 기초통계자료의 구축이 미흡하기 때문으로 판단된다. 본 연구에서는 아세안지역의 국가간 장래수요예측에 필요한 통행발생 및 통행분포를 동시에 고려하는 직접수요모형과 수단선택모형을 제시하였다. 본 연구의 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

통행발생과 통행분포모형을 개별적으로 추정하기에는 해당지역의 통계자료구축이 미흡한 상태이기 때문에 국가간 출입국 통계자료를 이용하여 통행발생과 통행분포를 동시에 고려하는 직접수요모형을 개발하였다. 직접수요모형에서는 다중공선성을 제거하기 위하여 상관관계가 높은 변수 중 하나인 GDP를 제거한 후 인구, 1인당 GDP, 존간 거리를 주요변수로 채택하여 모형을 추정하였다. 누락(missing)된 자료가 많아 시계열분석이나 패널분석이 어려움에 따라 OLS로 추정을 시도하였다. 분석에 사용한 자료가 시계열자료의 특성을 갖고 있어 각 OD쌍 내에서의 상관관계를 고려할 수 있도록 OLS 추정 시 Cluster 분석을 추가하였다. 모형추정결과 모형의 적합도, 변수의 유의성과 부호 등이 양호하게 나타났다.

현재 연구대상지역의 경우 국가간 통행에 대한 수단선택모형이 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 수단분담율 산정을 위해 명시선호기법을 이용하여 수단분담모형을 추정하였다. 거리대에 따른 수단선택행태의 차이를 반영하기 위해 세 개의 거리대(300km이하, 300-800km, 800km 이상)로 구분하여 수단분담모형을 추정하였다. 또한, 조사대상 중 20세 미만이 전체의 9%를 차지하고 있으며, 이들은 수단선택에 있어 시간과 비용에 대한 합리적인 판단을 기대하기 어려울 수 있어 전체연령대에 대한 모형과 20세 미만을 제외하는 모형으로 구분하여 모형을 추정하였다. 모형추정결과 변수의 부호와 유의성은 매우 양호한 것으로 나타난 반면, 모형의 설명력은 비교적 낮은 수준으로 나타났다. 특히 300-800km 구간대의 모형의 적합도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 탄력성 분석결과 20세 미만을 제외한 모형이 고속·고비용의 수단의 경우 저속·저비용의 수단과 비교하여 시간탄력성은 높게, 비용탄력성은 낮게 나타나는 기존 연구들의 특성과 부합하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시한 통행발생과 통행분포를 동시에 고려하는 직접수요모형은 국가 간 통행자료의 부족으로 인하여 전체 42개 OD쌍 중 21개 OD쌍에 대한 자료만으로 직접수요모형을 추정함에 따라 특정국가간의 실질적인 통행패턴과는 다소 상이할 수 있는 개연성에 대해서는 연구의 한계로 지적하고자 한다. 또한, 직접수요모형의 추정에 활용한 자료의 성격이 시계열자료임에도 불구하고 누락(missing)된 부분이 많아 시계열분석을 통한 모형추정이 이루어지지 못한 부분은 향후 자료구축이 이루어질 경우 가능할 것으로 기대된다. 수단선택모형의 경우 태국의 명시선호조사 자료를 활용함에 따라 아세안 전체에 대한 대표성 있는 모형으로 활용되기에는 일부 한계가 있을 것으로 판단되며, 향후 이에 대한 보완노력이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 연구의 한계에도 불구하고 아세안지역의 국가간 통행수요예측과 관련한 기존연구가 매우 부족한 상황을 고려해 볼 때 본 연구에서 구축한 모형은 향후 아세안지역의 통행수요예측에 있어 유용한 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 윤대식·윤성순(2004), “도시모형론”, 홍문사.
2. 이종원 (2007), “계량경제학”, 박영사.
3. Asian Development Bank (2005), “GMS Transport Sector Strategy Study(Draft Final Report).”
4. Asian Institute of Technology (2005), “Immigration and Emigration Statistics for ASEAN and Neighboring Countries (Internal Source).”
5. Korea Transport Institute (2003), “Preparation Studies for the ASEAN Highway Network Development.”
6. K.L. Consult (2000), “Feasibility Studies for the Singapore-Kunming Rail Link.”
7. M. Ben-Akiva & Steven R. Lerman(1987), “Discrete choice analysis”, The MIT Press.
8. McFadden(1975), “Urban travel demand, : behavioral analysis”, John Wiley & Sons.
9. Ortuzar J. de D. and Willumsen L.G. (1994) “Modelling Transport.” John Wiley & Sons, pp.198~201.
10. Roberts B.A. (2004), “A Gravity Study of the

- Proposed China-ASEAN Free Trade Area”, The International Trade Journal, Vol 18, No. 4, pp.335~353.
11. Stata Press (2001), “STATA Reference Manual Extract.”
12. United Nations (1999), “Development of the Trans-Asian Railway: Trans-Asian Railway in the Southern Corridor of Asia-Europe Routes.”

- ✎ 주 작 성 자 : 문진수
- ✎ 교 신 저 자 : 문진수
- ✎ 논문투고일 : 2007. 5. 17
- ✎ 논문심사일 : 2007. 8. 27 (1차)  
2008. 8. 12 (2차)  
2008. 11. 11 (3차)
- ✎ 심사판정일 : 2008. 11. 11
- ✎ 반론접수기한 : 2009. 4. 31
- ✎ 3인 익명 심사필
- ✎ 1인 abstract 교정필