■ 論 文 ■

3-D기법을 이용한 TCS기반 전국 교통수요 추정 연구

3-Dimensional Balancing Technique for
Nationwide Travel Demand Model using Toll Collecting System Data

이 승 재
(서울시립대학교 교통공학과 조교수)

이 헌 주
(서울시립대학교 교통공학과 박사과정)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법
Ⅱ. 적용모형 검토
Ⅲ. 전국 교통수요 추정
1. 추정과정
2. 전국 8개권역별 TCS OD구축
3. 추정모형 적용결과
Ⅳ. 신뢰성 분석 및 검증
1. 분석기준
2. 권역별 통행량 비교
3. 관측과 배정교통량 비교
4. 통행시간분포(TLFD) 비교
5. 분석결과
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 3D기법, TCS, 수요추정, 신뢰성평가지표, 교통수요

요 약

본 연구는 교통수요 추정에 관련된 사회경제적 통계자료와 여러 기관에서 발표된 Data를 바탕으로 TCS OD의 통행특성을 반영한 전국 교통수요를 추정하였다.

추정된 교통수요의 신뢰성을 검증하기 위해 전국을 8개권역으로 구분하여 권역별로 통행량을 비교하였으며, 통계적인 오차분석 기법을 이용하여 관측교통량과 배정교통량의 차이를 비교하였다. 그리고 추정된 교통수요의 통행시간분포(TLFD)와 주요도시간 통행소요시간을 분석하여 2-D와 3-D기법으로 추정된 교통수요의 신뢰성을 검증하였다.

신뢰성분석 및 검증결과, 본 연구에서의 상황하에서는 3-D기법이 2-D기법보다는 TCS OD의 통행특성 및 패턴을 잘 반영하는 것으로 분석되었지만, 3-D기법이 전적으로 우수하다라고 단언할 수는 없을 것 같다.

Ⅰ. 서론

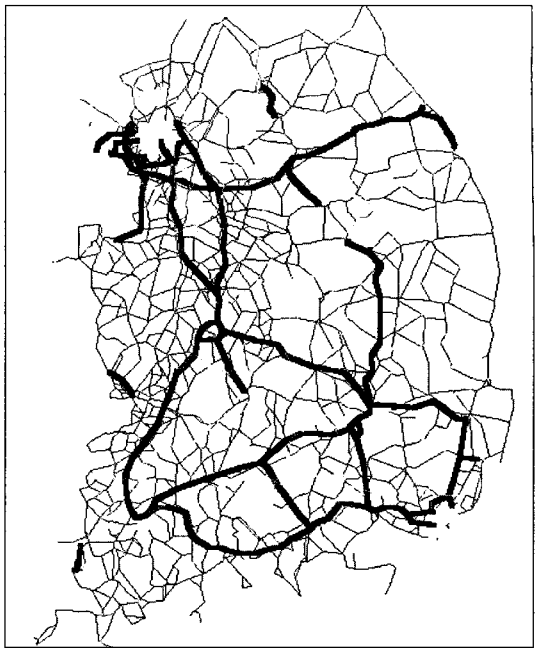
1. 연구배경 및 목적

교통수요의 추정은 일반적으로 분석대상지역에 대한 통행자의 통행실태조사를 근간으로 하여 교통수요를 추정한다. 이러한 과정에서 분석대상지역이 광범위한 경우, 특히 전국단위에서는 통행실태를 조사하기란 막대한 재원이 소요되며, 또한 조사를 하였다고 하더라도 전수화 및 모형화하는 과정에서 오차가 수반되고, 그 결과가 현실을 정확히 반영하는 통행특성이라고 하기에는 매우 어려운 상황이라고 하겠다. 그러나, 다행스러운 점은 교통수요 추정에 관련된 사회경제적 통계자료와 여러 기관에서 발표된 Data는 객관적인 신뢰성이 확보되어 분석하고자 하는 목적 및 용도에 따라 활용이 가능하다는 것이다. 즉, 막대한 재원을 소요하지 않고도 객관적인 Data를 바탕으로 교통수요 추정의 정확성을 높이는 것이 가능하다고 하겠다. 특히, 통행료징수시스템(Toll Collecting System : 이하 TCS라 함)에서 산출되는 Data는 권역간 통행량의 차이는 있지만 현실의 교통특성을 정확히 반영하고 있기 때문에, 교통수요 추정시 TCS Data를 이용하면 추정의 정확성을 높일수가 있으며 또한 TCS 기반 전국차원의 교통수요를 추정하는 것이 가능하다고 하겠다.

따라서 통행분포모형중 TCS Data의 통행특성을 반영할 수 있는 기법을 검토하여 전국인구센서스 Data(통계청), 도로교통량통계연보(건교부)의 전국 veh-km, 통행료징수시스템(TCS) Data(한국도로공사), 167개존의 발생/도착량 Data(교통개발연구원), '99년 서울시 교통센서스 Data(시정개발연구원)의 수도권 교통수요, '99년 전국교통DB구축(교통개발연구원)의 원단위 및 5대광역시 발생/도착율 등의 Data를 토대로 가장 효율적인 전국차원의 교통수요 추정과 추정된 교통수요의 신뢰성을 분석해 보는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구의 범위는 한국도로공사(1998)에서 구축한 전국 행정구역단위의 존체계로 구성된 224개존을 대상으로 하였다. 본 연구에서 전국 교통수요추정을 위해 분석한 전국 도로망도는 〈그림 1〉과 같다.



〈그림 1〉 2000년기준 전국도로망 구축

Ⅱ. 적용모형 검토

TCS기반 전국 교통수요를 추정하기 위하여 본 연구에서는 2중제약엔트로피모형과 3중제약엔트로피모형을 이용하였다. 이 장에서는 3중제약엔트로피모형(3-Constrained Entropy Model)에 대해서 간략히 살펴보았다. 3중제약엔트로피모형식은 식(1)과 같다.

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j \gamma_k \exp(-\theta C_{ij}) \tag{1}$$

또한 위의 기본식을 유도하는 엔트로피 모형식과 그 제약식은 식(2), 식(3)과 같다.

$$\max. \quad \log W = -\sum_{ij}(T_{ij}\log T_{ij} - T_{ij}) \tag{2}$$

$$\begin{aligned} s.t \quad & \sum_j T_{ij} = O_i \\ & \sum_j T_{ij} = D_j \\ & \sum_{(i,j)|\gamma_{ij}=k} T_{ij} = F_k \\ & \sum_{i,j} T_{ij} C_{ij} = C \qquad \forall i,j \\ & T_{ij} \geq 0 \qquad \forall i,j \end{aligned} \tag{3}$$

F_k : 관측 OD의 통행그룹(k)별 통행량합

앞의 식에서 3중제약 엔트로피모형의 특징은 목적함수에 γ_k라는 새로운 균형계수가 추가된다는 것이다. 이러한 γ_k는 위 식에서 알 수 있듯이 통행그룹별 추정치의 통행량합과 관측치의 통행량합이 같도록 하는 새로운 제약식이 추가됨에 따라 생성된 것이다. 따라서, γ_k의 역할은 몇 개의 쥔쌍으로 묶인 통행그룹(k)별 관측치 통행량과 실측치 통행량을 같게 해주는 역할을 하게 된다. 본 연구에서는 γ_k를 8개 권역별 전국 TCS OD를 이용하였으며 교통수요에 TCS의 통행특성을 반영하도록 하였다. 마찰저항함수의 파라메타(θ)값은 TCS 교통량과 통행시간을 이용하여 회귀분석법으로 정산하였으며 정산된 값은 0.02485이다.

3중제약 엔트로피모형의 정산은 EMME2 프로그램에서 지원하는 3중제약 축차계산(3-Dimensional Balancing)에 의해 수행되어 질 수 있는데, 축차계산 수행과정 및 알고리즘은 식(4)와 같다.

$$
\begin{aligned}
& g_{pq} = \alpha_p \cdot \beta_q \cdot \gamma_{k_{pq}} \cdot c_{pq} \\
& \sum_p g_{pq} = O_p \\
& \sum_p g_{pq} = D_q \\
& \sum_{(p,q)|k_{pq}=k} g_{pq} = F_k \\
& \sum_p O_p = \sum_q D_q = \sum_k F_k .
\end{aligned} \tag{4}
$$

여기서, g_{pq}는 추정 O/D, c_{pq}는 base O/D, O_p는 쥔별 발생량, D_q는 쥔별 도착량, F_k는 third dimension totals, k_{pq}는 third dimension matrix, α_p, β_q는 발생 및 도착 균형계수, $\gamma_{k_{pq}}$는 3-D 균형계수를 의미한다. 이때 g_{pq}를 계산하기 위해 α_p, β_q, $\gamma_{k_{pq}}$를 계산하는 축차과정은 다음과 같다.

〔단계 0〕 Initialization

$l=0$(iteration count) ; $\alpha_p^0=1$ for each p ; $\beta_q^0=1$ for each q ; $\gamma_{k_{pq}}^0=1$ for each k.

〔단계 1〕 Balancing Rows

$$\alpha_p^{l+1} = \frac{O_p}{\sum_q \beta_q^l \cdot \gamma_{k_{pq}}^l \cdot c_{pq}} \quad \text{for each } p.$$

〔단계 2〕 Balancing Columns

$$\beta_q^{l+1} = \frac{D_q}{\sum_p \alpha_p^{l+1} \cdot \gamma_{k_{pq}}^l \cdot c_{pq}} \quad \text{for each } q.$$

〔단계 3〕 Balancing Third Dimension Totals

$$\gamma_{k_{pq}}^{l+1} = \frac{F_k}{\sum_{(p,q)|k_{pq}=k} \alpha_p^{l+1} \cdot \beta_q^{l+1} \cdot c_{pq}} \quad \text{for each } k$$

〔단계 4〕 Stopping Test

If max

$$\left(\max_p \frac{\alpha_p^{l+1} - \alpha_p^l}{\alpha_p^{l+1}}, \max_q \frac{\beta_q^{l+1} - \beta_q^l}{\beta_q^{l+1}}, \max_k \frac{\gamma_k^{l+1} - \gamma_k^l}{\gamma_k^{l+1}} \right) \le \varepsilon$$

or if $l+1=l$ max, then stop.

Otherwise $l=l+1$ and return to 단계 1.

Ⅲ. 전국 교통수요 추정

이 장에서는 전국 교통수요를 추정하기 위해 2000년 전국 통행료징수시스템(Toll Collecting System, 이하 TCS) OD를 기반으로 전국 8개권역별 OD를 구축하였다. 다음으로 2중제약 및 3중제약엔트로피모형을 적용하여 교통수요를 추정하였다.

1. 추정과정

2000년 전국 AADT기준 교통수요 추정의 접근방법은 객관적인 신뢰성이 확보된 사회경제적 통계데이타와 교통분야의 여러 기관에서 발표된 교통수요 추정관련 데이터의 정보를 이용하여 교통수요를 추정하였다. 전국 교통수요 추정과 관련된 데이터는 전국인구통계자료(통계청), 도로교통량통계연보(건설교통부)의 대·km, TCS OD(한국도로공사), 167개쥔의 발생/도착량(교통개발연구원), '99년 서울시 교통센서스조사(시정개발연구원)의 수도권 교통수요, '99년 전국교통DB구축(교통개발연구원)의 원단위 및 5대광역시 발생/도착율 등이다. 이러한 데이터를 이용하여 본 연구의 2000년기준 AADT 교통수요를 추정하였으며 세부적인 진행과정은 다음의 〈그림 2〉와 같다.

① 본 과업의 전국 224개쥔체계에 대한 총발생/도착량을 산정하였다.

- 교통개발연구원에서 조사한 교통수요의 1차전수화결과인 전국 167개쥔별 발생/도착량을 이용하였다.

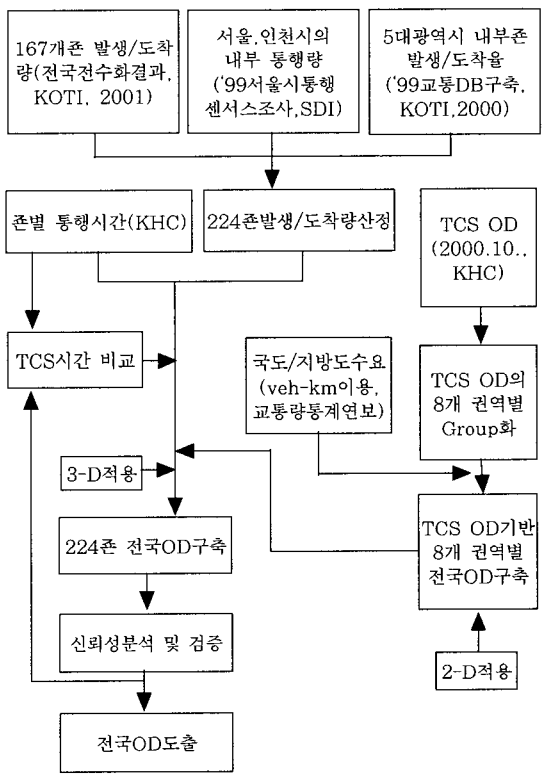
- 교통개발연구원의 존체계는 167개존체계로서 7대 특별시 및 광역시의 내부통행량은 zero로 산정되었다. 본 연구의 존체계는 224개존으로서 7대도시의 구를 존단위로 설정하였기 때문에 7대도시의 내부통행량 및 구별 발생/도착량을 산정할 필요가 있다. 따라서 내부통행량 산정을 위해 '99년 서울시 교통센서스조사 데이터를 이용하여 서울시와 인천광역시의 내부통행량과 구별 발생/도착량을 산정하였다.
- 또한 5대광역시의 내부통행량은 '99년 「전국교통DB구축사업, KOTI, 2000」의 광역시별 통행발생원단위를 이용하여 광역시별 인구기준 내부통행량을 산정하였다. 광역시별 내부존간 발생도착량 산정을 위해 구별 발생/도착비율 원단위를 이용하여 각 광역시별 내부 발생/도착량을 산정하였다.

② 전국 교통수요에 대한 TCS OD의 통행특성을 반영하기 위해 TCS OD기반 전국 8개 권역별 총교통수요를 추정하였다.

- 2000년 10/19일 기준 TCS OD를 이용하여 8개 권역별 TCS OD를 그룹화하였다.
- 그룹화된 TCS OD의 zero cell을 보정하기 위해 인구비율을 고려하여 보정하였고 특히 인천시권역은 영업소교통량이 없기 때문에 경기권의 TCS교통량중 인구비율을 적용하여 인천시의 권역간 교통량을 보정하였다.
- TCS OD는 고속도로만을 이용하는 통행량이므로 TCS OD기반 전국 통행량을 구축하기 위해서는 국도 및 지방도 이용수요를 추가하여야 한다. 이를 계산하기 위해 「2001년 도로교통량통계연보, 건교부」의 전국단위 도로종류별 대·km를 이용하여 고속도로 대비 국도 및 지방도비율을 산정(1:2.3)하여 TCS OD에 추가하였다.
- TCS기반 전국 8개 권역별 총OD를 산정하기 위해 2000. 10/19일기준 보정된 TCS OD와 국도 및 지방도 수요를 추가한 15개권역별 발생/도착량을 이용하여 2중제약축차계산(2-D)기법을 적용, 8개 권역간 전국 총 OD를 산정하였다.
- 산정된 8개 권역간 총 OD에 8개 권역내 내부통행량을 고려하여야 하는데, 이는 앞서 산정된 최종 224개존의 발생/도착량을 15개 권역으로 그룹화한 8개권역별 총발생/도착량에서 TCS기반 전국 8개 권역간 외부발생/도착량을 제외한 권역내 통행량을 산정하여 최종적으로 8개 권역별 전국 총 OD를 구축하였다.

③ 최종적으로 224개존별 전국 총OD를 구축하였다.

- 전국단위 224개존별 총OD를 구축하기 위해서 TCS OD의 통행특성이 반영된 8개 권역별 총OD와 224개존별 발생/도착량을 이용하여 3중제약축차계산(3-D)기법으로 224개존간 통행수요(OD)를 구축하였다. 구체적으로 부연설명을 하자면 본 연구에서 사용된 패키지는 EMME2를 이용하여 최종적으로 전국 224개존 기반 수요를 추정하였는데 먼저, 8개 권역별 TCS OD기반 전국 8개권역 OD를 구축하기 위하여 고속도로 이용수요만 반영된 TCS OD의 8개권역별 발생/도착량에 국도 및 지방도 수요를 추가한 발생/도착량과 TCS OD를 이용하여 EMME2의 모듈 3.22에서 제공되는 2-D Balancing기법을 이용하여 국도/지방도 수요가 추가된 TCS OD의 통행패턴이 반영된 전국 8개권역 총OD를 구축하였다.



〈그림 2〉 교통수요 추정과정

최종적으로 TCS OD의 통행패턴이 반영된 전국 224개존별 OD를 구축하기 위해서는 제약 하나를 더 추가시킨 3-D Balancing기법을 이용하여야 하는데 여기에 이용된 제약식은 224개존별 추정된 발생/도착량, 224개존별 통행시간 matrix, 그리고 위에서 추정된 TCS OD기반 8개권역별 OD를 이용하였다. 역시 EMME2의 모듈 3.22의 3-D Balancing기법을 이용하여 224존 OD를 구축하였다.

- 224개존별 구축된 전국 총 OD를 이용하여 통행배정한 후 주요도시간 TCS의 영업소간 통행시간을 고려하여 통행시간을 비교하였다.

2. 전국 8개 권역별 TCS OD구축

2000년 10/19(목)기준 전국 171개 통행료징수시스템(Toll Collecting System:TCS)을 이용하는 총 차량은 117만대/일이며 전국을 8개권역으로 그룹화(Grouping)한 순수 권역간 교통수요는 총 39만대/일로 분석되었다(<표 1>).

3. 추정모형 적용결과

2중제약 엔트로피모형을 이용하여 전국 AADT기준 교통수요를 추정한 결과, 224개존 기준으로 1,755만대/일로 추정되었고 8개 권역내 통행을 고려하지 않고 순수 8개 권역간으로 그룹화한 결과는 393만대/일로 추정되었다(<표 2>). 또한 3중제약엔트로피모형을 이용하여 AADT기준 교통수요를 추정한 결과는 역시 224개존 기준으로 1,755만대/일로 추정되었고 순수 8개 권역간으로 그룹화한 결과는 129만대/일로 추정되었다(<표 3>).

<표 1> 전국 영업소(TCS)간 교통량 (단위:대/일)

구분	경기권	강원권	충북권	충남권	전북권	전남권	경북권	경남권	합계
경기권	0	19158	21335	32822	7167	4789	10946	3647	99864
강원권	18952	0	676	775	217	151	122	41	20934
충북권	21418	783	0	17013	1375	645	3205	864	45303
충남권	32557	832	16892	0	6357	2460	5808	1536	66442
전북권	7475	241	1292	6268	0	10303	444	137	26160
전남권	4700	140	522	2428	10399	0	10	7943	26142
경북권	11383	104	3117	5674	379	18	0	36382	57057
경남권	4092	57	868	1561	107	8105	36319	0	51109
합계	100577	21315	44702	66541	26001	26471	56854	50550	393011

주) 2000년 10월 19일기준 전국 영업소간 OD를 8개 권역으로 그룹화하였고 권역내통행은 zero처리한 결과임.

<표 2> 2-D기법을 이용한 전국 교통수요 추정결과 (단위:대/일)

구분	경기권	강원권	충북권	충남권	전북권	전남권	경북권	경남권	합계
경기권	0	123038	190729	353328	31139	16689	58940	19010	792874
강원권	122142	0	18724	11243	1235	704	16541	1699	172288
충북권	192548	18467	0	127730	15817	8965	49583	12056	425165
충남권	354948	11273	126671	0	89494	49309	110226	45651	787572
전북권	30781	1221	15556	89453	0	120458	25093	28672	311233
전남권	16469	696	8809	49290	120216	0	27163	67029	289672
경북권	59509	17001	50987	111251	25182	27955	0	342300	634184
경남권	18722	1773	11981	45587	27605	66520	345997	0	518186
합계	795118	173469	423457	787881	310688	290600	633543	516417	3931173

주) 권역내 통행은 zero처리한 결과임.

〈표 3〉 3-D기법을 이용한 전국 교통수요 추정결과 (단위:대/일)

구분	경기권	강원권	충북권	충남권	전북권	전남권	경북권	경남권	합계
경기권	0	59391	66138	101750	22218	15000	33933	11307	309737
강원권	58751	0	2096	2402	673	778	999	1056	66755
충북권	66396	2427	0	52740	4262	2154	9936	2678	140593
충남권	100927	2580	52366	0	19707	7625	18006	4761	205972
전북권	23173	747	4005	19431	0	31939	1531	1355	82181
전남권	14725	744	1928	7527	32237	0	18765	37149	113075
경북권	35286	942	9663	17589	1330	18791	0	112784	196385
경남권	12685	1107	2691	4840	1208	37717	112589	0	172837
합계	311943	67938	138887	206279	81635	114004	195759	171090	1287535

주) 권역내 통행은 zero처리한 결과임.

Ⅳ. 신뢰성 분석 및 검증

이 장은 3장에서 2중제약 및 3중제약모형으로 추정된 교통수요의 신뢰성을 검증하였다.

1. 분석기준

전국 교통수요 추정을 위해 2중제약 및 3중제약 엔트로피모형의 정산과정을 거쳐 산출된 결과의 비교 및 신뢰성 검증이 필요하다. 본 연구에서는 추정된전국 교통수요 추정을 위해 2중제약 및 3중제약 엔트로피모형의 정산과정을 거쳐 산출된 결과의 비교 및 신뢰성 검증이 필요하다. 본 연구에서는 추정된 교통수요의 신뢰성 및 적정성을 검증하기 위한 평가지표로 일반적으로 많이 이용하고 있는 RMSE(Root Mean Square Error)와 EC(Equivalent Coefficient)를 이용하였다. RMSE는 값이 작을수록, EC는 1에 가까울 수록 모형의 설명력이 높다고 할 수 있으며 각각의 함수식은 식(5)와 같다.

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{N}\sum|V_o-V_e|^2}$$

$$EC=1-\frac{\sqrt{\sum|V_o-V_e|^2}}{\sqrt{V_o^2}+\sqrt{V_e^2}} \qquad (5)$$

여기서,

V_o : 관측교통량(또는 관측 OD)

V_e : 추정교통량(또는 추정 OD)

N : 관측교통량 지점수(또는 OD쌍 개수)

2. 권역별 통행량 비교

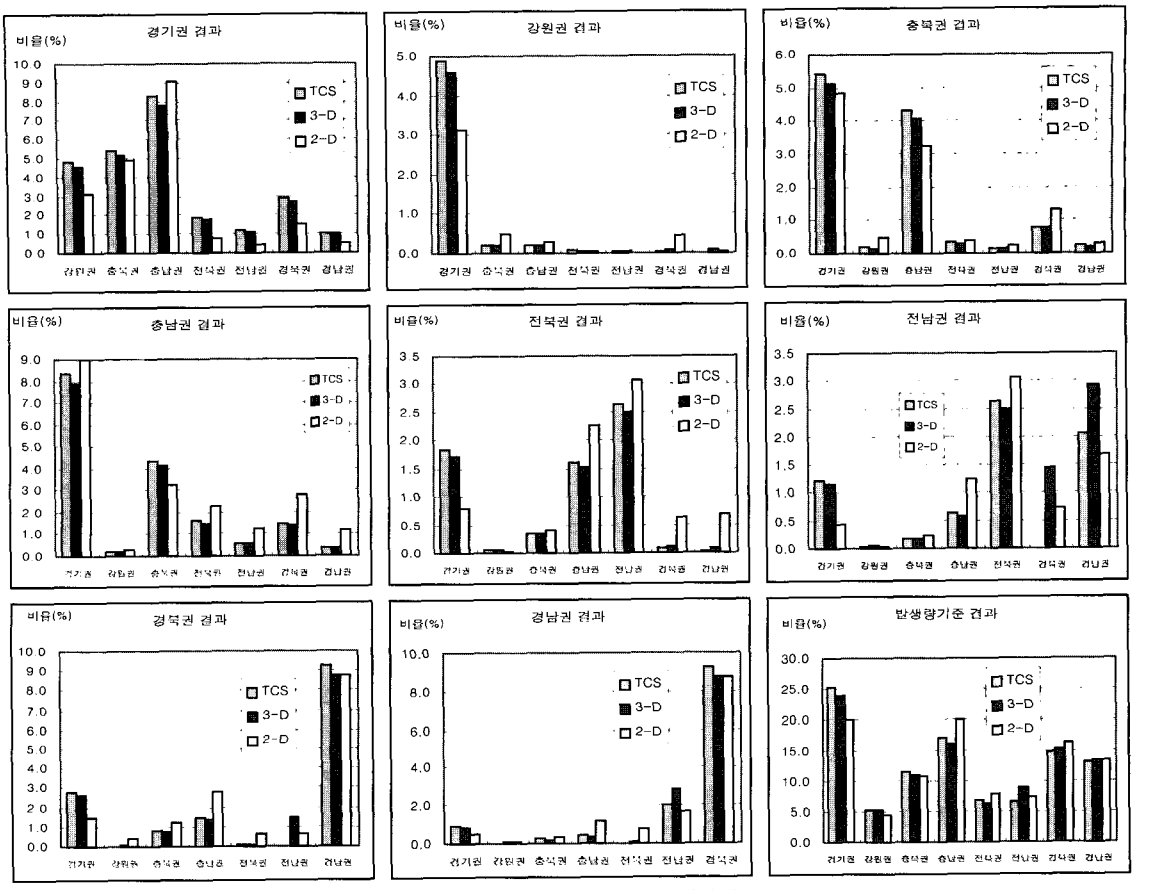
〈그림 3〉은 본 연구에서 추정된 교통수요의 적정성을 판단하기 위해 TCS OD의 통행특성과 비교분석한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 3중제약모형(3-D)으로 추정된 결과치가 2중제약모형(2-D)으로 추정된 결과치보다 TCS OD의 통행패턴을 잘 따르고 있는 것으로 분석되었다. 이는 3-D모형으로 정산시 TCS OD의 통행패턴을 반영하였기 때문이다.

3. 관측과 배정교통량 비교

배정교통량의 오차분석을 위해 이용된 관측교통량의 조사지점수는 고속도로는 370개 링크, 일반국도는 1,936개 링크, 국가지원지방도는 292개 링크, 지방도는 420개 링크의 2000년 상시 및 전역조사지점 교통량을 이용하였다(〈표 4〉). 관측교통량과 배정교통량의 통계적 오차분석에 이용한 단위는 도로별 대·km를 이용하여 오차분석을 하였다. 3중제약엔트로피모형을 이용한 결과치가 2중제약 엔트로피모형을 적용한 결과치보다 모든 평가지표에서 설명력이 높은 것으로 분석되었다(〈표 5〉, 〈그림 4〉).

〈그림 5〉는 3-D와 2-D로 추정한 결과의 관측교통량과 배정교통량의 기울기를 비교한 것이다.

3중제약결과가 2중제약결과보다 기울기값이 1에 더 가까운 것으로 보아 관측량과 배정량의 오차가 더 적음을 알 수 있다.



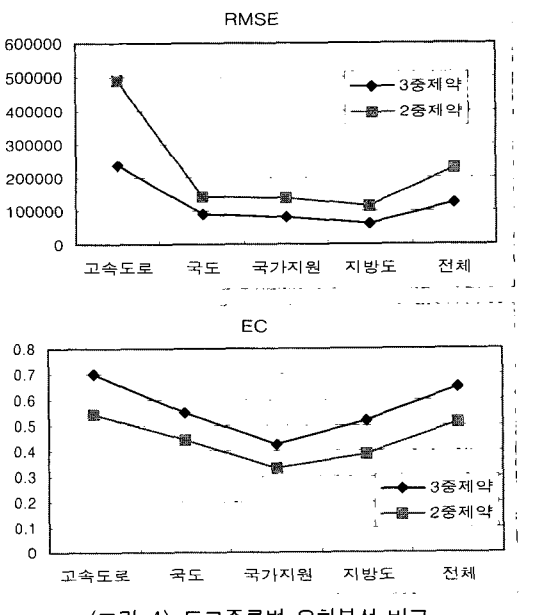
〈그림 3〉 각 권역별 발생기준 결과비교

〈표 4〉 통계분석을 위한 관측교통량 링크수

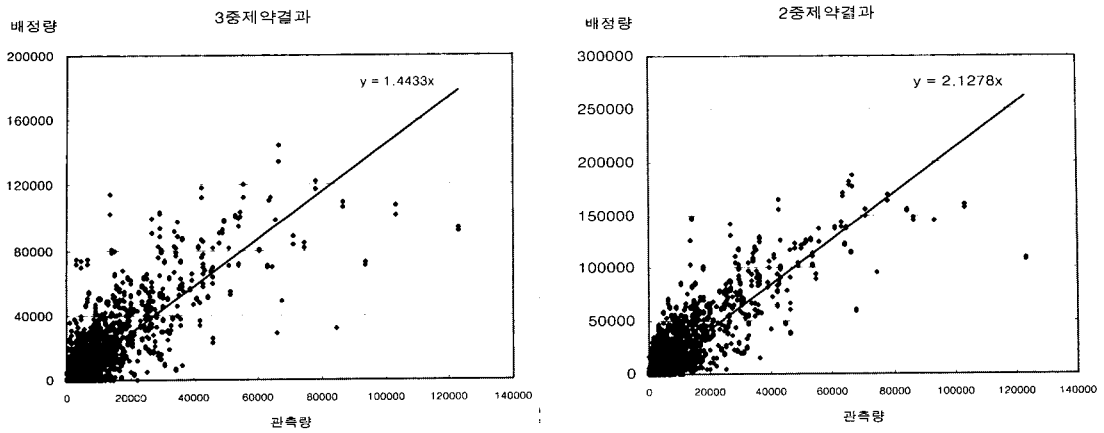
구분	관측링크 입력수
고속도로	370개
일반국도	1,936개
국가지원지방도	292개
지방도	420개
합계	3,018개

〈표 5〉 전국 도로별 추정교통량의 통계분석 결과비교

구분	3중제약 엔트로피모형		2중제약 엔트로피모형	
	RMSE	EC	RMSE	EC
고속도로	238894	0.7009	490003	0.5424
국도	92200	0.5476	144729	0.4458
국가지원	80554	0.4246	137064	0.3284
지방도	62388	0.5164	113470	0.3845
전체	122214	0.6531	227461	0.5141



〈그림 4〉 도로종류별 오차분석 비교

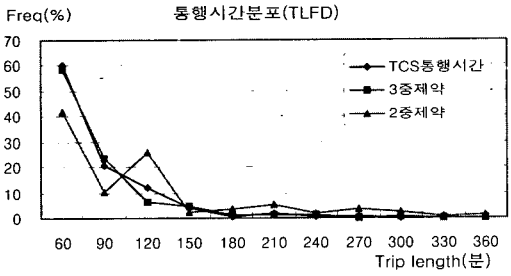


〈그림 5〉 관측교통량과 배정교통량의 결과비교

4. 통행시간분포(TLFD)비교

통행시간분포(Trip Length Frequency Distribution:TLFD)는 조사된 TLFD와 추정된 TLFD는 두 곡선의 모양과 위치가 매우 유사하여야 하고, 조사된 TLFD와 추정된 TLFD의 평균통행시간 차이는 3% 이내이어야 한다. 본 연구는 전국 TCS OD기반 8개 권역 관측교통량과 2중제약 및 3중제약엔트로피모형을 이용하여 추정한 교통량의 통행시간분포(TLFD)를 비교한 결과는 〈그림 6〉과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 3중제약 엔트로피모형을 이용하여 추정한 TLFD가 TCS OD기반 관측교통량의 TLFD와 매우 유사한 분포를 이루고 있음을 알 수 있다.

또한 〈표 6〉에서처럼 주요도시간 통행 소요시간을 분석한 결과, 3중제약엔트로피모형을 이용한 결과치가 2중제약엔트로피모형을 이용한 결과치보다 TCS OD기반 통행소요시간의 차이가 적음을 알 수 있다.



〈그림 6〉 통행시간분포(TLFD) 비교

〈표 6〉 주요도시간 통행시간 결과

구분	TCS	3중엔트로피모형	2중엔트로피모형
서울-부산	362분	337분	513분
서울-대구	283분	239분	391분
서울-광주	217분	238분	395분
서울-대전	87분	117분	234분

주) TCS는 영업소간 관측시간이며 2중 및 3중모형 시간은 통행배정후 산출된 시간임.

5. 분석결과

이상에서 2중제약(2-D) 및 3중제약엔트로피모형(3-D)을 이용하여 추정된 전국 교통수요의 통계적인 오차분석방법으로 검증한 결과는 다음과 같다. 관측교통량 및 배정교통량 비교는 도로종류별 RMSE와 EC의 부등계수를 이용하여 비교분석하였으며 3중제약엔트로피모형의 결과치가 모형의 추정력이 다소 높은 것으로 분석되었다. 통행시간분포(TLFD) 및 주요도시간 통행시간을 비교하였는데, TLFD는 3중제약엔트로피모형의 TLFD가 8개 권역간 TCS에서 산출된 TLFD와 매우 유사한 분포를 이루고 있으며 주요도시간 통행소요시간 역시 3중제약엔트로피모형의 결과치가 오차가 더 적은 것으로 분석되었다.

V. 결론

본 연구는 교통수요 추정과 관련된 데이터를 기준으로 여러기관에서 발표한 Data를 이용하여 전국차원의 교통수요를 추정하였으며 TCS(Toll Collecting

System) Data의 통행특성을 반영할 수 있는 기법을 적용하여 전국 교통수요를 추정하였다. 추정된 전국 교통수요의 신뢰성을 검증하기 위해 RMSE와 EC의 통계적인 오차분석방법을 이용하였다. 신뢰성 검증결과는 다음과 같다. 관측교통량 및 배정교통량 비교에 있어서 3중제약 엔트로피모형의 추정력이 본 연구에서는 신뢰성이 있는 것으로 판단된다. 통행시간분포(TLFD) 및 주요도시간 통행시간 비교는 3중제약 엔트로피모형의 TLFD가 8개 권역간 TCS에서 산출된 TLFD와 매우 유사한 분포를 형성하고 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 2-D결과보다는 3-D결과가 신뢰성이 있는 것으로 도출되었으나 이 결과만으로 일반적으로 2-D의 신뢰성이 낮다라고 판단할 수는 없으며, 다만 본 연구의 상황하에서는 3-D를 적용하여 추정한 것이 신뢰성이 다소나마 더 우수하다라고 말 할 수 있을 뿐이다.

따라서 전국 권역간 TCS OD의 통행특성을 어느 정도 반영하면서 통행배분시킬수 있는 기법은 본 연구에서는 3-D기법이 2-D기법보다는 잘 반영이 되었다라고 판단할 수 있다. 이것은 3-D의 제약조건식에 위에서 언급된 식(3)에 통행그룹별 관측교통량과 배정교통량의 합이 같도록 해주는 제약식이 하나 더 추가된 것이기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구는 전국 규모의 지역간 OD 교통량 패턴을 추정하기 위해 일반적으로 조사하는 표본조사를 이용하여 전수화된 OD를 만들어내는 방법이 현실적으로 매우 어려운 점을 감안하여 한국도로공사에서 TCS를 통하여 상시로 수집되고 있는 고속도로 영업소간 TCS OD 패턴을 이용하여 국도 및 지방도 이용수요를 포함한 전국 OD을 추정하는데 일련의 과정을 기술하였다. 현실적으로 오차의 한계를 감안하고 TCS OD의 통행패턴을 고려할 수 있는 3-D기법의 적용가능성을 제안한데 본 논문의 의미가 있다고 사료된다.

본 연구의 한계 및 과제는 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 추정한 교통수요는 총대(total vehicle)단위로 추정되었다. TCS의 차종은 전체 6종으로 되어 있지만 1종 차종을 제외하고 2종부터는 각각의 수단이 혼재되어 있어 부득이 수단구분 없이 총대단위로 추정하였다. 하지만 TCS 차종에서 각 수단별 OD로 분류되어 진다면 TCS OD기반 교통특성을 반영하는 교통수단별 OD를 추정하는 것이 가능하다고 하겠다.

둘째, 3-D기법을 적용하기 위하여 전국을 8개권역으로 그룹화한 전국수요를 만들어내는 과정에서 국도 및 지방도 교통수요를 추가할 때 자료의 한계성으로 인하여 '도로교통량 통계연보(2000)'의 고속도로대비 국도 및 지방도수요의 비율을 일률적으로 적용하였다. 이에 따라 OD쌍간의 고속도로와 국도 노선간의 노선선택을 정확하게 반영할 수 없는 한계성을 지니고 있어 향후 정확한 자료의 확보여부에 따라 추정의 정확성을 높이는 방법을 고려해볼 필요가 있다.

셋째, 권역간 통행패턴을 정확히 반영하는 TCS OD를 이용하여 전국 교통수요를 추정하여 통계적으로 유의성이 검증되었다고 할지라도 궁극적인 목적이 참 OD를 추정하는 것이 아니고 통행분포모형의 신뢰성을 비교한 것에 초점을 맞추었기 때문에 이것이 참 OD라고 단언하기에는 현실적으로 무리가 있다고 판단된다.

넷째, 통행분포모형인 3-D Balancing은 2-D Balancing의 제약에 3번째 제약인 그룹에 대한 총량 제약식을 추가하였기 때문에 2-D Balancing보다 현실상황에 대한 모사력이 더 높지만 그룹별 균형계수(γ_k)가 장래에도 그대로 유지된다고 가정하기 때문에 통행패턴이 급변하는 지역과 장래 예측시에는 통행패턴이 왜곡될 위험성이 내재되어 있으므로 3-D기법을 그대로 적용하기에는 무리가 따른다고 하겠다.

마지막으로, 본 논문은 2-D와 3-D기법의 통행분포모형을 적용하여 추정된 OD의 신뢰성을 검토해 보는 것이었다. 따라서 2-D와 3-D기법으로 추정된 OD가 TCS OD의 통행패턴을 얼마나 잘 반영하는지 판단해 보기 위해서는 두 기법을 비교할 수 밖에 없었다. 향후에는 TCS OD의 통행패턴을 잘 반영할 수 있는 모형을 정립하는 것도 의미가 있다고 하겠다.

참고문헌

1. 서울특별시(1999), 서울시 교통센서스 및 데이터베이스구축.
2. 교통개발연구원(2000), '99년 전국교통DB구축.
3. 서울시정개발연구원(1998), 서울시 교통수요 예측모형 정립(Ⅰ).
4. 이승재·손의영·김종형(1999), "통행시간분포를 이용한 교통량기반 추정O/D의 신뢰성 평가에 관한 연구", 대한교통학회지, 제18권 제2호, 대한교통학회, pp.53~62.

5. 한국도로공사(1998), 고속도로 Network Analysis 모형 적용을 위한 자료구축 및 실용화 연구.
6. A. G. Wilson(1970), Entropy in Urban and Regional Modelling, Pion Limited, London.
7. J. de. D. Ortuzar and L. G. Willumsen(1994), Modelling Transport, John Wiley & Sons. Inc.
8. TMIP(1997), Model Validation and Reasonableness Checking Manual, Barton-Aschman Associates, Inc. and Cambridge Systematics, Inc.

♧ 주 작 성 자 : 이승재
♧ 논문투고일 : 2002. 1. 17
논문심사일 : 2002. 3. 7 (1차)
2002. 4. 11 (2차)
2002. 5. 10 (3차)
2002. 7. 10 (4차)
심사판정일 : 2002. 7. 10
♧ 반론접수기간 : 2002. 12. 31