

■ 論 文 ■

수도권 화물차량 기·종점자료 신뢰도 향상 방안

Increasing the Reliability of Truck O-D Matrices Estimation
in the Seoul Metropolitan Area

김 채 만

(경기개발연구원 책임연구원)

김 락 기

(경기개발연구원 연구원)

정 용 기

(안산시 교통행정과)

목 차

- | | |
|--|---|
| <p>I. 서론</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 연구의 배경 및 목적 2. 연구의 범위 및 수행절차 <p>II. 수도권 화물차량 기·종점자료의 한계</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 화물차량 교통량의 중요성 2. 기타수단 전수화계수의 한계 3. 2006년 수도권 가동 기존자료의 비교 4. 배정교통량과 도로교통량 조사결과의 차이 <p>III. 선행연구 검토</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 외국모형 | <ol style="list-style-type: none"> 2. 국내모형 <p>IV. 통합모형의 개발</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 수도권 적용가능 방법 검토 2. 통합모형(Hybrid Method) <p>V. 모형의 평가 및 활용</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 모형의 적용 및 평가 2. 최적모형의 활용 <p>VI. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|---|

Key Words : 수도권화물차량, 차종별 화물차량 기·종점자료, 기·종점자료 추정, 통합모형, GM모형 Truck in the SMA, Truck OD by Vehicle type, OD Estimation, Hybrid Method, Gradient Method

요 약

본 연구는 도로상의 화물차량 관측교통량과 가장 잘 부합하는 화물차량 기·종점통행량을 생성하는 모형을 개발하는 것이다. 본 연구에서는 비통행배정과 통행배정(GM모형)을 순차적으로 사용한 통합모형(Hybrid Method)을 개발하고, 통합모형과 GM모형을 수도권에 적용하여 비교·평가한 결과 평균오차율과 %RMSE에서 통합모형이 더 신뢰도 높은 화물차량 기·종점통행량을 생성하는 것으로 나타났다. 통합모형으로 보정된 수도권 화물차량 기·종점통행량은 첫째, 화물차량을 차종별로 구분하여 제시함으로써 활용 영역을 확장시켰다. 둘째, 기존 화물차량 기·종점통행량 보다 평균오차율과 %RMSE가 낮은 신뢰도 높은 화물차량 기·종점통행량을 산출하였다. 셋째, 현재뿐만 아니라 장래 화물차량 기·종점 자료를 제시함으로써 타당성 조사 등에 활용이 가능하게 하였다.

The main goal of this paper is to develop a methodology for increasing the reliability of truck OD matrices in Seoul Metropolitan Area. We propose a Hybrid Method made up of five processes by using Non-Traffic Assignment and Gradient Method. A Hybrid Method and Gradient Method have applied for comparison and estimation in Seoul Metropolitan Area. Mean Error and Root Mean Square Error of a Hybrid Method present lower than Gradient Method. The findings of this paper show that the new truck OD matrices created by a Hybrid Method are more reliable than the existing truck OD matrices in the Seoul Metropolitan Area.

I. 서론

공로상의 교통량은 여객차량과 화물차량으로 구성되어 있다. 수도권 화물차량 기·종점자료는 화물에 대한 조사 없이 여객조사자료의 “기타수단”을 사용하고 있다.

“2006년 수도권 가구통행실태조사(이후 “2006년 수도권 가통”으로 함)로 수행한 도로교통량 조사결과 공로상의 화물차량 비율은 서울시계 15%, 인천시계 16%, 경기도계 28%로 전체 도로상의 평균 화물차량 구성비는 16.5%이며, 승용차로 환산(PCU적용)하면 25% 수준이다. 2006년 수도권 가통 통행량의 배경교통량과 관측교통량을 비교하여 화물의 지점별 평균오차를 분석한 결과 73.3%로 매우 크게 나타났다.

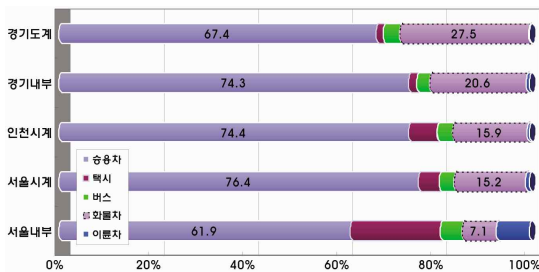
2006년 수도권 가통의 기타수단을 화물차량으로 사용은 화물차량 차종별 구분이 되지 않기 때문에 도로구조물의 안전을 확보하기 위한 통행제한 분석, 차종별 대기오염물질 배출량 차이를 반영한 정확한 대기오염물질 배출량 산출, 화물차량의 차종별 통행요금차이를 반영한 민간투자사업의 재무적 타당성 분석에 한계가 있다.

따라서 본 연구는 대규모 지역인 수도권의 물류조사로 생성된 화물차량 차종별 기·종점통행량과 도로상의 화물차량 차종별 관측 교통량의 오차를 최소화하는 화물차량 차종별 기·종점 통행량 생성 모형을 제시하는데 그 목적이 있다.

II. 수도권 화물차량 기·종점자료의 한계

1. 화물차량 교통량의 중요성

2006년 수도권 가통의 도로교통량 조사결과는 수도권의 토지이용 현황과 일치된 결과를 보여주고 있다. 공로상의 화물차량의 비율은 서울내부코든 7.1%, 서울시계코든 15.2%, 인천시계 15.9%, 경기도계의 경우



<그림 1> 코든라인 화물차량 통행비율

27.5%로 수도권 외곽으로 갈수록 도로상 화물차량의 비중이 높다. 수도권 공로상의 화물차량 구성비는 16.5%를 차지하는 것으로 나타났으며, 도로 점유(차량길이 고려)을 고려할 경우 25%를 점유하고 있다.

수도권 화물기종점 자료는 여객 기·종점자료에 포함되어 있는 기타수단을 사용하고 있기 때문에 오차율이 높고, 환경지역지정 및 교통시설물의 화물차량 통행제한 등에 활용이 불가능하다는 한계를 갖고 있다.

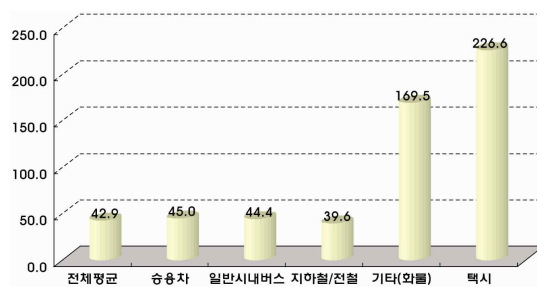
2. 기타수단 전수화계수의 한계

2006년 수도권 가통은 화물차량을 여객 통행수단 중의 하나인 “16.기타(항공, 선박, 화물차, 특수차)”수단으로 분류하여 조사하고, 이를 전수화하여 기타수단 기·종점통행량을 생성하였다.

일반적으로 임의표본추출인 경우 전수화 계수는 표본율의 역수이다. 2006년 수도권 가구통행실태조사의 표본율이 2.9% 수준임을 감안하면 전수화 계수는 평균 35수준이다.

$$\text{전수화 계수} = \frac{1}{\text{표본율}}$$

2006년 수도권 가통의 전수화 계수를 분석한 결과, 전체수단의 평균 전수화 계수는 42.9이며, 기타 수단의 전수화 계수는 평균의 약 4.0배 인 169.5이다. 가구통행실태조사는 수도권 거주가구를 대상으로 하기 때문에 수도권 외부거주자 차량이 많은 도로상 화물 관측교통량과 일치시키기 위하여 기타수단 전수화 계수가 비정상적으로 높게 된 것으로 판단된다.



<그림 2> 수단별 전수화계수(2006년 수도권 가통)

3. 2006년 수도권 가통과 기존 자료의 비교

수도권의 화물차량 통행량은 4개의 자료가 있다. 첫

째는 2006년 수도권 가통의 기타수단 통행량, 둘째는 서울시 “물류조사 및 물류종합계획 수립구상(1998)”의 화물차량 통행량, 셋째는 한국교통연구원에서 수행한 2001년 국가교통DB 사업에서 구축한 자료를 현행화하여 사용하고 있는 “수도권 화물 기·중점통행량”, 마지막으로 2006년 국가교통DB 사업으로 구축한 “전국 화물 기·중점통행량”이다.

수도권에 대한 최초의 물류조사인 「물류조사 및 물류종합계획 수립 구상」(이후 “1997년 물류조사”)는 화물발착업체와 운송업체 조사를 본조사로 하고, 코든·스크린라인 조사를 보완조사로 하였다.

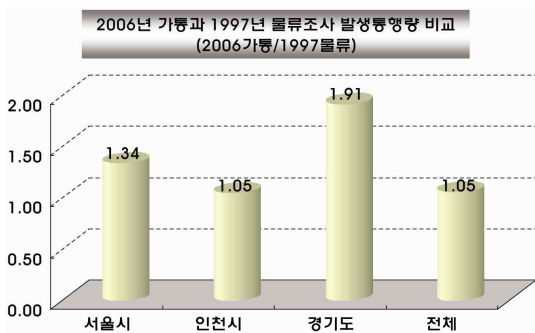
2006년 수도권 가통의 발생교통량이 1997년 물류조사보다 서울 1.34배, 인천 1.05배, 경기 1.91배 많은 것으로 나타났다.

2004년 국가교통DB구축사업으로 수행한 「수도권 및 지방 5대 광역권 화물 기중점통행량 자료의 현행화」(이후 “수도권 화물조사”로 정의함)는 2001년 수도권의 사업대상 물류현황조사로 구축된 수도권의 화물 기·중점통행량을 2003년 기준으로 현행화한 결과이다. 이 자료는 3개 차종(1톤 이하, 1~8톤, 8톤 이상), 7개 년도(2001~2003, 5년 간격)가 있다.

2006년 수도권 가통의 발생교통량이 수도권 화물조사보다 서울 2.07배, 인천 1.98배, 경기 1.87배로 많은 것으로 분석되었다.

<표 1> 수도권 화물차량 기·중점자료

구분	수행기관
2006년 수도권 가구통행실태조사	수도권교통본부
물류조사 및 물류종합계획수립구상	서울시
수도권 화물기·중점 통행량	한국교통연구원
전국 화물기·중점 통행량	한국교통연구원

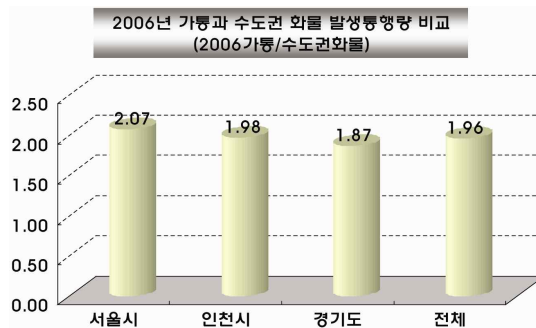


<그림 3> 2006년 가통과 1997년 물류조사의 교통량

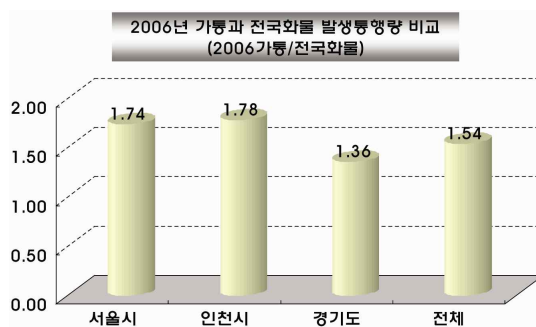
두 자료의 차이가 발생하는 원인은 첫째, 2006년 수도권 가통은 수도권관련통행(수도권↔수도권, 수도권↔외곽)을 모두 포함하고 있으나 수도권 화물조사는 수도권 내부통행량만 포함하고 있기 때문이다. 둘째는 2006년 수도권 가통은 차종이 구분되지 않기 때문에 소형화물로 가정하여 사용하고 있으나, 수도권 화물조사는 톤급별로 구분된 자료를 집계한 것으로 동일한 기준(PCU)을 사용할 경우 차이는 감소할 것으로 판단된다.

2006년 수도권 가통은 수도권 화물조사보다 상대적으로 단거리 통행량의 비율이 높고, 장거리 통행량의 비율이 낮은 것으로 분석된다. 가구통행실태조사는 수도권 거주자를 대상으로 하기 때문이다. 이 점이 2006년 수도권 가통 화물부분의 특징이자 한계이다.

2006년 국가교통DB구축사업으로 수행한 「전국 지역간 화물 기중점통행량 자료의 전수화」(이하 “전국 화물조사”로 정의)는 2005년 전국 물류현황조사 자료를 이용하여 전수화하고 이를 이용하여 예측한 결과이다. 이 자료는 3개 차종(3톤 이하, 3~8톤, 8톤 이상), 7개 년도(2005년, 2011~2036 5년간격)가 있으며, 존 체계는 시·군·구 단위이다.



<그림 4> 2006년 가통과 수도권 화물조사의 비교



<그림 5> 2006년 가통조사와 전국 화물조사의 비교

2006년 수도권 가통 발생량은 전국 화물조사보다 서울 1.74배, 인천 1.78배, 경기 1.36배 많은 것으로 나타났다. 2006년 수도권 가통은 전국화물조사보다 단거리 통행량 비율이 높고, 장거리 통행량 비율이 낮다.

4. 배정교통량과 도로교통량과의 차이

수도권 화물차량 기종점통행량들이 도로상에 배정되었을 경우 얼마만큼의 오차율이 발생하는지를 분석하였다. 실제 통행하는 도로교통량과 기존 기·종점통행량 자료를 통행배정하여 구한 배정교통량과 차이를 오차로 정의하고 이를 분석하기로 한다.

도로교통량은 2006년 수도권 가통의 도로교통량 조사 자료를 사용하였다. 도로교통량 조사는 12개 차종(택시, 승용차, 승합차, 중형버스, 대형버스, 소형화물차, 중형화물차, 대형화물차, 컨테이너·트레일러, 이륜차)으로 구분하였다. 배정교통량과 관측교통량의 비교 대상지점은 207개 지점으로 <그림 6>과 같다.

도로교통량과 비교대상이 되는 수도권 화물차량 기·종점통행량은 2개 자료로 단순화하였다. 하나는 2006년 수도권 가통의 기타수단 자료이며, 다른 하나는 한국교통연구원의 수도권 화물과 전국 화물을 결합하여 생성한 화물차량 기·종점통행량(이후 “결합 화물”)이다.

기·종점통행량의 통행배정은 TransCAD를 이용하여

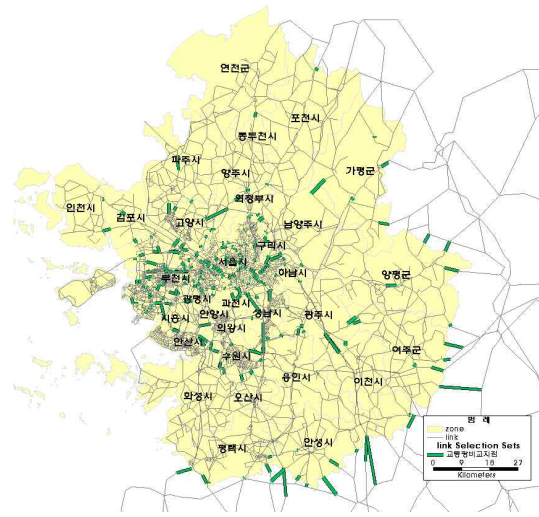
<표 2> 통행배정대상 화물차량 기·종점자료

구분	화물차량 기·종점통행량	차종구분
2006년 수도권 가통	기타수단	단일차종
결합화물	수도권내(수도권화물자료) +수도권←외곽(전국화물자료)	1톤미만, 1-8톤, 8톤초과

여객차량과 화물차량을 동시에 배정하는 Multi-class Assignment를 수행하였다.

2006년 수도권 가통의 통행배정 결과 <표 3>, 지점별 총 평균오차율은 서울시계 7.2%, 인천시계 34.9%, 경기도계 107.1%, 전체 30.8%로 나타났으며, 화물차량 평균오차율은 서울시계 24.9%, 인천시계 47.0%, 경기도계 235.5%, 수도권 전체는 73.3%로 화물차량의 오차가 큰 것으로 나타났다.

결합화물의 통행배정 결과 <표 4>, 지점별 총 평균오차율은 서울시계 7.9%, 인천시계 30.9%, 경기도계 95.0%, 전체 31.2%로 나타났으며, 화물차량 평균오차율은 서울시계 19.9%, 인천시계 13.7%, 경기도계 154.8%, 수도권 전체는 73.7%로 화물차량의 오차가 큰 것으로 나타났다.



<그림 6> 교통량 비교 지점도

<표 3> 2006년 수도권 가통의 통행배정 결과

구분	배정교통량 ¹⁾			교통량조사결과 ²⁾			화물계의 평균오차율 (A-E/E*100)	화물 평균오차율 (B-F/F*100)	총 평균오차율 (C-G/G*100)
	화물계의외 (A)	화물 (B)	소계 (C)	화물계의외 (E)	화물 (F)	소계 (G)			
서울도심코든	1,225,830	110,995	1,336,825	1,260,182	104,755	1,364,937	-4.4	-0.3	-4.4
서울시계코든	3,049,159	562,713	3,611,872	2,965,447	535,251	3,500,698	6.2	24.9	7.2
인천시계코든	965,378	254,780	1,220,159	1,016,426	239,092	1,255,518	33.6	47.0	34.9
경기내부코든	1,650,225	392,341	2,042,566	1,524,945	400,105	1,925,050	15.5	2.7	11.8
경기도계코든	1,045,004	397,573	1,442,578	801,346	304,962	1,106,308	104.4	235.5	107.1
한강스크린라인	2,004,997	330,006	2,335,003	2,170,218	317,056	2,487,274	7.4	98.7	14.7
총계	9,940,594	2,048,408	11,989,002	9,738,564	1,901,221	11,639,785	29.5	73.3	30.8

주1 : 화물계의외는 2006년 수도권 가구통행실태조사의 승용차, 택시, 버스 배정결과
 주2 : 2006년 수도권 가구통행실태조사의 코든·스크린라인 도로교통량 조사자료

<표 4> 결합 화물의 통행배정 결과

구분	배정교통량 ¹⁾			교통량조사결과 ²⁾			화물제의 평균오차율 (A-E/E*100)	화물 평균오차율 (B-F/F*100)	총 평균오차율 (C-G/G*100)
	화물제의 (A)	화물 (B)	소계 (C)	화물제의 (E)	화물 (F)	소계 (G)			
서울도심코든	1,224,366	172,327	1,396,693	1,260,182	104,755	1,364,937	-4.4	54.7	0.1
서울시계코든	3,046,783	605,758	3,652,541	2,965,447	535,251	3,500,698	8.6	19.9	7.9
인천시계코든	965,108	241,954	1,207,062	1,016,426	239,092	1,255,518	34.2	13.7	30.9
경기내부코든	1,617,479	515,749	2,133,228	1,524,945	400,105	1,925,050	17.5	32.6	20.2
경기도계코든	1,067,357	376,299	1,443,656	801,346	304,962	1,106,308	111.9	154.8	95.0
한강스크린라인	1,986,107	455,153	2,441,260	2,170,218	317,056	2,487,274	9.2	165.2	21.2
총계	9,907,199	2,367,241	12,274,440	9,738,564	1,901,221	11,639,785	32.3	73.7	31.2

주1 : 화물제의는 2006년 수도권 가구통행실태조사의 승용차, 택시, 버스 배정결과
 주2 : 2006년 수도권 가구통행실태조사의 코든·스크린라인 도로교통량 조사자료

III. 선행연구 검토

화물차량 기·중점 생성모형은 화물차량기반 모형과 화물물동량기반 모형으로 구분된다. 화물차량기반 모형은 차량통행, 화물물동량 모형은 물동량을 출발점으로 하고, 도로상에 화물차량 통행량 산정을 최종 목표로 한다. 화물차량모형은 모형이 단순하고, 최근 ITS를 통해 입력자료인 도로상의 교통량을 쉽게 얻을 수 있다는 장점 때문에 사용이 증가되고 있다. 본 연구에서는 화물차량모형에 대한 선행 연구를 살펴보았다.

1. 국외모형

JFA(Jack Faucett Associates, 1999)의 화물차량 모형은 화물차량 발생은 토지이용의 함수로, 화물차량 분포는 중력모형을 적용한 모형이다. 모형정산은 화주와 화물차량 다이어리 조사 자료를 사용하였다.

Cambridge시스템 사에 의해 1996년에 만들어진 QRFM(Quick Response Fright Manual)은 기존에 존재하는 화물차량기반 모형에 사용되는 원시자료와 모형의 파라미터를 제공했다.

List and Turnquist(1995)은 폭넓고 다양한 입력 자료를 가진 도시내 화물교통량을 이용한 다차중 화물차량 기·중점자료 생성 모형을 개발하였다.

Tamin 과 Willumsen(1992)은 교통량 자료로부터 화물 기·중점자료를 추정하는 2가지 방법을 제안하였다. 이중계약 중력모형인 GM(Gravity Model)과 Wills(1978, 1986)에 의해 개발되어진 중력-기회모형인 GO(Gravity-Opportunities)이다.

Crainic et al(2001)은 관측된 교통량과 화물 기·중

점자료의 배정된 값의 오차가 최소화되는 해를 찾는 바 이레벨 최적화 문제를 정의하고 해를 구하는 알고리즘을 개발하였다.

2. 국내모형

국내에서의 링크 관측교통량을 이용한 기·중점자료 생성 연구는 여객통행에 집중되었으며, 화물에 대한 연구는 전무한 상태이다. 여객에 대한 연구는 김종형(2000)의 GM(Gradient Method)모형을 사용한 연구, 이현주·이승재(2005)의 Conjugate Gradient 기법을 사용한 연구가 수행되어졌으며 다차중에 적용이 가능하도록 제시되어 있다. 이 연구들은 관측된 링크교통량과 초기 기·중점자료를 입력자료로 사용하였다. 결과는 관측된 링크 교통량과 통행배정(Assignment)된 링크 교통량의 차이가 최소가 되도록 기·중점자료를 수정하는 것이다.

한국건설기술연구원(2000)의 연구는 GM모형을 사용하여 일반국도, 국가지원지방도, 지방도에 대한 ADT 및 AADT 교통량 자료와 한국도로공사의 고속도로 AADT 자료를 관측교통량으로 하여 EMM/2 네트워크 데이터에 입력하고 제주도를 포함한 전국을 대상으로 관측된 링크 교통량과 통행배정(Assignment)된 링크 교통량의 차이가 최소가 되도록 기·중점자료를 구축하였다.

백승걸·김현명·임용택·임강원(2000)의 연구는 반복수행을 통해 관측된 링크 교통량과 통행배정된 링크 교통량의 차이를 감소시켜 나가는 기존방법과 달리 유전자 알고리즘을 이용하여 여러 가지 기·중점자료를 생성하고 이를 교배와 돌연변이를 통해 오차를 감소시켜 나가는 것이다.

이들 연구는 관측된 링크교통량이 많지 않기 때문에

유일해를 갖지 않는다는 한계를 갖고 있으며, 입력되는 초기 기·종점자료의 생성방법이 불명확하고 초기에 입력된 기종점 통행패턴과 변화된 사항을 구현하기 어렵다는 한계를 갖고 있다.

IV. 통합모형의 개발

1. 수도권 적용가능 방법 검토

수도권의 화물차량 기·종점통행량이 수도권 교통정책분석에 활용되기 위해서는 3가지 조건을 만족하여야 한다. 첫째, 적절한 신뢰도를 확보해야 한다. 둘째, 화물차량이 차종별로 구분되어야 한다. 셋째, 장래 예측치를 제시할 수 있어야 한다.

국가교통DB센터의 수도권 및 전국 화물을 결합한 화물차량 기·종점통행량이 차종구분과 장래 추정치 조건을 만족하여 2006년 수도권 가통의 기타수단보다 더 적합한 것으로 판단된다.

수도권에 활용 가능한 것으로 판단된 결합 화물의 화물차량 기·종점통행량을 통행 배정하여 구한 배정교통량과 관측된 도로 교통량(화물차량)을 비교분석한 결과 오차율이 큰 것으로 나타났다. 따라서 화물차량 기·종점통행량이 교통정책분석에 활용되기 위해서는 적절한 신뢰도를 확보하여야 하므로 기·종점통행량의 보정이 필요하다.

관측된 도로 교통량과 통행 배정된 교통량 오차율을 감소시키기 위한 기·종점통행량 보정방법은 관측된 도로 교통량의 형태에 따라 다르다. 관측이 폐쇄선 조사일 경우에는 비통행배정 방법과 통행배정 방법을 모두 사용할 수 있으나, 관측된 교통량이 폐쇄선 조사가 아닌 경우에는 통행배정 방법이 유일하다.

2006년 수도권 가통의 도로교통량 조사는 폐쇄선 조사를 수행하였다. 2006년 수도권 가통의 폐쇄선은 서울도심코든, 서울시계코든, 인천시계코든, 경기내부코든, 경기외부코든(경기도계), 한강교량스크린으로 총 6개이다.

<표 5> 교통정책 활용 가능성

구분	정확도	차종구분 가능	장래 추정치	검토의견
2006년 수도권 가통의 기타수단	△(73.3%)	×	○	
국가교통DB의 결합 화물의 화물차량	△(73.7%)	○	○	◎

따라서 기존의 화물차량 기·종점자료를 보정 방법은 비통행배정 방법과 통행배정방법을 모두 사용할 수 있다.

2. 통합모형(Hybrid Method)

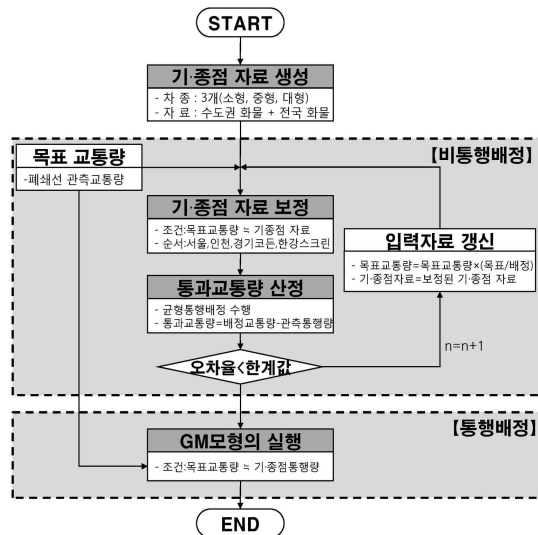
본 연구는 관측교통량과 배정교통량의 오차율을 감소시키는 통합모형(Hybrid Method)을 개발하였다. 통합모형은 크게 비통행배정과 통행배정으로 구성되어있으며, 세부적으로는 5단계로 이루어져 있다. STEP I 은 준비과정이며, STEP II ~ IV는 비통행배정 방법이며, STEP V는 통행배정 방법이다.

비통행배정 방법은 폐쇄선의 관측교통량과 기·종점자료의 오차를 최소화 시키는 과정이다. 이 과정은 2개 이상의 폐쇄선을 통과하는 교통량 때문에 한 번에 모든 폐쇄선의 오차율이 한계값 보다 낮은 기·종점 통행량을 생성할 수 없다. 따라서 반복적으로 수행하였다. 반복수행시 여러 지점의 폐쇄선을 통과하는 교통량을 산정하고, 목표 교통량은 통과교통량을 제거하여 재 산정하였다. 이때 통과교통량 산정은 기·종점 통행량을 통행배정하여 간접적으로 산정하였다.

통행배정 방법은 GM(Gradient Method)모형을 이용하였다.

STEP I 은 초기 기·종점통행량을 생성이다.

STEP II는 입력된 기·종점통행량을 목표 교통량(폐쇄선 관측교통량)과 일치하게 보정하는 것이다. 보정과정은 서울도심, 서울시계, 인천시계, 경기내부, 경기외곽,



<그림 7> 통합모형의 전체과정도

한강스크린 순으로 순차적으로 수행한다. 이 단계는 3개 과정으로 구성된다. (1) 대상 폐쇄선에 맞게 존 구분, (2) 폐쇄선교통량과 기·중점통행량을 산정하여 일치시키는 보정계수 산정, (3) 기중점 통행량에 보정계수를 곱하여 보정된 기중점 통행량 생성이다.

STEPⅢ은 통과교통량의 산정이다. 보정된 기·중점 통행량을 통행배정하여 산출된 배정교통량과 관측교통량의 차를 통과교통량으로 정의하였다.

STEPⅣ 비통행배정 방법의 “수렴판단”으로 폐쇄선 평균오차율을 판단지표로 사용하였다. 수렴조건은 폐쇄선 평균오차율이 10% 이내로 정의하였다. 수렴조건을 만족할 경우 다음단계로 진행하고, 아니면 “입력자료 갱신”을 통해 STEPⅡ단계부터 반복수행 한다.

평균오차율(%)=

$$\left\{ \sum_{l=1}^N \frac{|\text{배정교통량} - \text{목표교통량}|}{\text{목표교통량}} \times 100 \right\} \times \left(\frac{1}{N} \right)$$

여기서, l : 폐쇄선

N : 총 폐쇄선 수

STEPⅤ는 GM(Gradient Method)모형을 수행하는 것이다. 입력자료는 폐쇄선 관측교통량 비통행배정 방법의 산출물인 기·중점 통행량이다(GM모형은 Heinz Spiess(1990) 참조).

V. 모형의 평가 및 활용

1. 모형의 적용 및 평가

통합모형 결과와 보정전 기·중점 통행량을 적용한 GM모형 결과의 비교·분석을 통해 통합모형의 적용가능성을 평가하기로 한다. 적용대상 자료는 수도권 화물차량 기·중점통행량을 사용하였다. 보정을 위한 목표교통량(관측교통량)은 2006년 수도권 가통의 도로교통량을 이용하였다.

1) 모형의 적용

(1) 초기 기·중점통행량 생성

목표교통량은 영상기기를 이용하여 1일(24시간) 동안 조사된 화물차종별(소형화물차(1톤이하), 중형화물

차(1~8톤), 대형화물차(8톤이상)] 교통량이다.

따라서 화물차량 기·중점통행량은 3개 차종별로 구성된 “결합 화물”자료를 사용하였다.

수도권 화물자료의 차종 구분은 1톤이하, 1~8톤, 8톤 이상으로 교통량 조사 자료와 일치하나, 전국 화물자료는 3톤이하, 3~8톤, 8톤 이상으로 교통량 조사 자료와 불일치한다. 이를 해결하기 위하여 전국 화물자료의 차종구분 보정작업을 수행하였다.

전국 화물자료의 화물차량 차종을 일치시키기 위한 방법은 8톤 이하의 차종을 합하여 2006년 수도권 가통의 경기도계 교통량조사 자료의 8톤 이하 차종의 구성비율을 적용하여 산출하였다.

(2) 기·중점통행량의 보정

폐쇄선별 순서에 따라 순차적·반복적으로 수행하였다. 이 과정은 SAS프로그램으로 구현하였다.

(3) 통과교통량 산정

통과교통량은 보정된 기·중점통행량을 가로망에 배분한 하여 구한 배정교통량과 조사된 교통량의 차이로 산정하였다.

통행배정은 여객과 화물통행량을 동시에 배정하는 Multi-Class Assignment를 사용하였다. 여객은 승용차, 버스, 택시로 구분된 통행량, 화물은 3개 차종 통행량을 사용하였다.

평균제차인원은 2006년 수도권 가통의 결과인 승용차 1.289인/대, 노선버스 18.18인/대, 기타 버스 11.478인/대, 택시 1.548인/대로 설정하였으며, 승용차 환산계수(PCE)는 『도로용량편람, 2001』에 따라 버스 1.5, 화물 1.0톤 이하 1.0, 화물 1~8톤 1.5, 화물 8톤 이상 2.0으로 설정하였다.

(4) 수렴판단

지점별 관측교통량과 배정교통량의 차이가 한계조건 이하일 경우 보정을 종료하고 다음 단계로 진행한다.

(5) GM모형

비통행배정 방법에서 생성한 기·중점통행량과, 폐쇄선 관측교통량을 입력자료로 사용하였다. GM모형의 수행은 TransCAD 프로그램의 O-D Matrix Estimation를 이용하였다. 가로망 배분시 화물차 이외의 차량은 2006년 수도권 가통의 2006년 승용차, 버스, 택시 기·

중점자료를 사용하며 Multi-Class Assignment를 통해 균형통행배정법을 사용하여 화물차량 기·중점통행량을 산출하였다.

2) 모형의 평가

평가기준은 평균오차율과 %RMSE, 배정교통량/관측교통량을 사용하였다. 평균오차율은 지점별 배정교통량과 관측교통량의 차이를 관측교통량으로 나눈 값의 백분율을 합계하여 관측지점수로 나눈 값이다.

$$\text{평균오차율(\%)} = \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{|\text{배정 교통량}_i - \text{관측교통량}_i|}{\text{관측교통량}_i} * 100 \right\} \times \left\{ \frac{1}{N} \right\}$$

여기서, i : 교통량 관측 지점
 N : 총 관측 지점수

%RMSE는 조사지점별 배정교통량과 관측교통량의 차이를 제공하여 총 관측지점 수로 나누어 구한 값을 제곱근을 취하여 관측지점별 교통량의 평균치로 나눈 값을 백분율로 표시한 값이다.

$$\%RMSE = \left\{ \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{배정교통량}_i - \text{관측교통량}_i)^2}}{\text{관측지점별 교통량의 평균}} \right\} \times 100$$

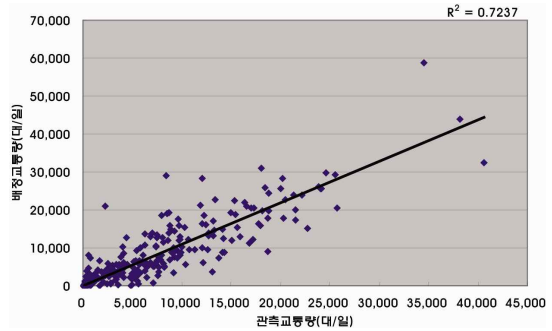
여기서, i : 교통량 관측 지점
 N : 총 관측 지점수

평균오차율은 통합모형이 93.9%로 보정 전보다 69.9%가 개선되었으며, GM모형은 128.2%로 보정 전보다 58.9%가 개선된 것으로 나타났다. %RMSE는 통합모형이 66.7%로 보정 전보다 51.5%의 개선효과가 있고, GM모형은 68.2%로 보정 전 보다 50.4%의 개선효과가 있다. 통합모형은 상관계수가 0.724로, GM모형 0.714로 보다 더 개선되는 것으로 분석되었다.

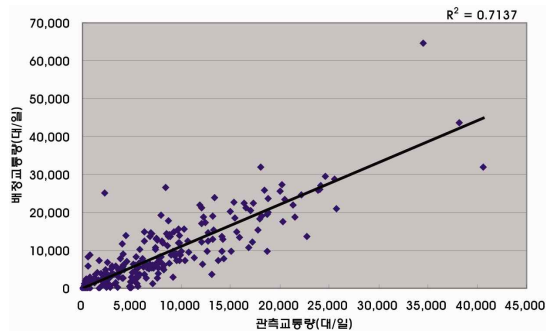
화물차량의 차종별로 분석 결과 평균오차율은 통합모형이 모든 차종에서 GM모형보다 우수한 것으로 나타났으며, %RMSE는 1톤 이하와 8톤 이상에서는 통합모형이 우수한 것으로 나타났다. 상관계수는 %RMSE와 동일하게 1톤 이하와 8톤 이상에서는 통합모형이 우수한

것으로 나타났다.

통행거리는 관측 자료가 없어 보정 전·후의 평균통행거리를 비교하였다. 보정 전에 비해 보정된 화물차량 기·중점 통행량은 평균통행거리가 감소하였다. 즉, 장거리 통행량의 비율이 감소하고, 단거리 통행량이 증가하면서 오차를 최소화 한 것을 알 수 있다. 이는 보정 전 자료가 수도권화물자료와 전국화물 자료를 결합하여 사용하였기 때문인 것으로 판단된다.



<그림 8> 통합모형 상관관계 분석



<그림 9> GM모형의 상관관계 분석

<표 6> 모형의 신뢰도 평가결과

구분		1톤이하	1-8톤	8톤이상	전체
평균 오차율(%)	보정 전	127.9	687.5	207.0	311.6
	통합모형	23.8 (81.4)	40.9 (94.1)	125.1 (39.5)	93.9 (69.9)
	GM모형	31.3 (75.5)	68.9 (90.0)	194.5 (6.0)	128.2 (58.9)
%RMSE	보정 전	72.8	408.8	143.2	137.6
	통합모형	49.7 (31.7)	64.0 (84.3)	86.2 (39.8)	66.7 (51.5)
	GM모형	51.3 (29.5)	56.6 (86.2)	87.5 (38.9)	68.2 (50.4)
상관계수	보정 전	0.40	0.28	0.31	0.51
	통합모형	0.69	0.79	0.72	0.72
	GM모형	0.67	0.84	0.71	0.71

주 : ()는 개선효과임[(보정전-보정후)/보정전*100]

<표 7> 모형의 평균통행거리

구분	보정 전	통합모형	GM모형
1톤이하	40.21	29.72	30.36
1-8톤	43.97	41.68	40.80
8톤이상	122.31	68.79	70.98
전체	48.24	37.20	38.18

2. 최적모형의 활용

기준년도 보정된 화물차량 기·종점통행량과 보정 전 화물차량 기·종점통행량의 셀별 보정계수를 산정하고, 이를 기존의 장래 화물차량 기·종점통행량에 적용하여 장래 수도권 화물차량 기·종점통행량을 보정할 수 있다.

$$T_{ijk}^{t,a} = T_{ijk}^{t,b} \times A_{ijk}$$

여기서,

$$A_{ijk} = T_{ijk}^{0,a} / T_{ijk}^{0,b}$$

$T_{ijk}^{0,b}$: 보정전 기준년도 t 의 차종 k 의 i 존과 j 존간 통행량

$T_{ijk}^{0,a}$: 보정된 기준년도 t 의 차종 k 의 i 존과 j 존간 통행량

$T_{ijk}^{t,b}$: 보정전 목표년도 t 의 차종 k 의 i 존과 j 존간 통행량

$T_{ijk}^{t,a}$: 보정된 목표년도 t 의 차종 k 의 i 존과 j 존간 통행량

VI. 결론

현재 사용되고 있는 수도권 화물차량 기·종점자료는 2가지 이다. 하나는 가구통행실태조사의 기타수단이며, 다른 하나는 국가교통DB센터에서 2001년 화물조사를 통해 구축한 수도권 화물과 전국 지역간 화물을 결합한 수도권 화물차량 기·종점통행량이다. 두 자료는 통행배정 결과와 207개 지점의 관측교통량을 비교·분석한 결과 지점별 평균오차율이 70%이상으로 나타났다. 가구통행실태조사의 기타수단은 단일차종의 화물차량으로 가정하기 때문에 도로 구조물의 차량 중량제한 등과 같은 화물차종별 기·종점통행량의 필요에 대응하지 못하고 있다.

본 연구에서는 화물차량의 관측교통량과 배정교통량의 차이를 최소화하기 위하여 비통행배정 방법과 통행배정 방법(GM모형)을 순차적으로 수행하여 화물차량 기·종점통행량 신뢰도를 향상시킬 수 있는 통합모형(Hybrid Model)을 개발하였다. 통합모형의 비통행배정 보정은 폐쇄선을 통과할 것으로 예상되는 화물차량 기·종점통행량의 합계를 폐쇄선 관측교통량 합계와 직접 비교하여 일치하도록 보정하는 방법이다. 비통행배정 방법에서 산출된 화물차량 기·종점통행량을 통행배정(GM모형)에 입력하여 화물차량 기·종점 통행량을 재

<표 8> 장래 수도권 화물차량 기·종점자료 보정결과

(단위 : 대/일)

기점	종점	서울시	인천시	경기도	수도권 외곽	합계
		2006년	서울시	258,663	19,725	180,875
	인천시	23,883	83,075	49,907	5,198	162,063
	경기도	167,337	68,182	554,073	66,708	856,300
	수도권외곽	9,236	6,064	66,918	-	82,218
	합계	459,119	177,046	851,773	86,442	1,574,380
2016년	서울시	306,294	25,633	242,994	19,774	594,695
	인천시	32,145	130,795	74,952	7,837	245,729
	경기도	229,756	103,894	910,535	106,687	1,350,872
	수도권외곽	11,163	8,596	101,098	-	120,857
	합계	579,358	268,918	1,329,579	134,298	2,312,153
2026년	서울시	365,677	30,868	287,404	24,708	708,657
	인천시	38,990	170,261	97,582	9,681	316,514
	경기도	273,221	135,277	1,184,055	139,291	1,731,844
	수도권외곽	12,918	10,404	129,325	-	152,647
	합계	690,806	346,810	1,698,366	173,680	2,909,662
2031년	서울시	393,671	33,144	302,370	26,958	756,143
	인천시	41,877	185,088	106,378	10,279	343,622
	경기도	288,181	148,048	1,270,274	150,615	1,857,118
	수도권외곽	13,741	11,022	139,954	-	164,717
	합계	737,470	377,302	1,818,976	187,852	3,121,600

산정 하였다.

본 연구에서 제시한 통합모형(Hybrid Model)은 GM모형보다 평균오차율과 %RMSE 지표를 더 많이 개선하는 것으로 분석되었다. 즉, 통합모형은 기존의 화물차량 기·중점통행량보다 신뢰도 높은 화물차량 기·중점자료를 생성하는 것으로 평가되었다. 따라서 통합모형을 이용하여 기준년도의 셀별 보정계수를 산정하고 이를 장래 화물차량 기·중점통행량에 적용하여 장래 화물차량 기·중점통행량을 산출하였다.

통합모형으로 보정된 수도권 화물차량 기·중점통행량은 차량 기·중점통행량을 소형(1톤 이하), 중형(1톤~8톤), 대형(8톤 초과)으로 구분하여 제시함으로써 활용 영역을 확장시켰다. 둘째, 기존 화물차량 기·중점통행량보다 신뢰도가 높은 화물차량 기·중점통행량을 산출하였다. 셋째, 현재뿐만 아니라 장래 화물차량 기·중점 자료를 제시함으로써 타당성 조사 등에 활용이 가능하다.

참고문헌

1. 이현주·이승재(2005), “관측교통량 기반 기중점 OD 행렬 추정모형의 대규모 가로망에 적용(CG모형 적용을 중심으로)”, 대한교통학회지, 제23권 제3호, 대한교통학회, pp.61~71.
 2. 임강원·임용택(2003), “교통망분석론”, 서울대학교 출판부.
 3. 백승걸·김현명·임용택·임강원(2001), “관측교통량을 이용한 다차종 OD 통행량 추정”, 대한교통학회지, 제19권 제2호, 대한교통학회, pp.61~72.
 4. 한국건설기술연구원(2000), “구간 교통량으로부터 기·중점통행량 산출 방안”.
 5. 백승걸·김현명·임용택·임강원(2000), “링크관측 교통량을 이용한 도시부 OD 통행행렬 추정(GA와 SAB 알고리즘의 비교를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제18권 제6호, 대한교통학회, pp.89~99.
 6. 김종형(2000), “Gradient 방법을 의한 통행량기반 수요추정연구 - 다차종 통행배분 및 대규모교통망 적용을 중심으로-”, 서울시립대학교 대학원 박사논문.
 7. Federal Highway Administration of US DOT (2007), “Quick Response Freight Manual II”.
 8. Jose Holguin-Veras, George F List, Arnim H Meyburg, Kann Ozbay, Robert E Passwell, Hualiang Teng, Shmuel Yahalom(2001), “An Assessment of Methodological Alternative for a Regional Freight Model in the NYMTC region”, NYMTC(New York Metropolitan Transportation Council).
 9. Cranic T G, Dugour G, Florian M, Latin D, Leve Z (2001), Demand Matrix Adjustment for Multimodal Freight Network, TRB, Vol.1771.
 10. Hai Yang(1995), “Heuristic Algorithms for the Bilevel Origin-Destination Matrix Estimation Problem”, Transportation Research 29B.
- ♣ 주 작성자 : 김채만
 ♣ 교신저자 : 김채만
 ♣ 논문투고일 : 2009. 2. 16
 ♣ 논문심사일 : 2009. 4. 13 (1차)
 2009. 5. 29 (2차)
 ♣ 심사판정일 : 2009. 5. 29
 ♣ 반론접수기한 : 2009. 12. 31
 ♣ 3인 익명 심사필
 ♣ 1인 abstract 교정필