

■ 論 文 ■

수요 - 공급의 동시모형을 통한 공로 화물운송특성분석

The Analysis of the Road Freight Transportation using
the Simultaneous Demand-Supply Model

장 수 은

(University College,
Univ. of London)

이 용 택

(ITS Korea 책임연구원)

지 준 호

(서울대학교 환경대학원
석사과정)

목 차

- | | |
|----------------|-----------------|
| I. 서론 | IV. 모형추정 및 결과분석 |
| II. 연구의 이론적 고찰 | 1. 모형의 설정 |
| 1. 화물운송 요인고찰 | 2. 모형의 추정 및 검증 |
| 2. 선행연구 고찰 | 3. 모형결과 분석 |
| III. 자료의 분석 | 4. 정책적 시사함의 |
| 1. 자료의 개요 | V. 결론 및 향후 연구과제 |
| 2. 자료분석 및 변수선정 | 참고문헌 |

Key Words : 수요공급동시모형, 공로화물운송특성분석, 규제완화정책, 적재효율, 공차거리율

요 약

본 연구의 목적은 지금까지의 수요 또는 공급의 한 측면만을 중심으로 하는 일방향적 단일모형에서 벗어나 화물운송의 수요 - 공급을 동시에 고려하는 모형을 정립하고 이를 활용하여 국내운송특성을 분석하고 정책적 시사점을 도출하는 것이다. 이를 위해 기존의 단일모형의 한계를 논하고 이를 개선할 수 있는 수요-공급 동시모형을 도입하여 국내화물운송 실적자료를 바탕으로 모형을 개발하였으며, 이를 바탕으로 국내공로화물의 특성을 분석하고 정책적 시사점을 도출하였다.

본 연구에서 개발된 모형은 공차거리율의 감소로 인한 적재효율의 증가는 적재용량(공급량)을 안정적으로 증가시키고, 이는 다시 물동량을 증가시키는 과정을 잘 묘사하고 있다. 이러한 상호조정 인과관계로부터 정부의 규제완화 조치가 장기적 관점에서 운송시장의 효율성을 재고시킬 것으로 예상할 수 있다. 그런데 물동량의 증가에 따른 공차거리율 감소폭보다 적재용량의 증가에 따른 공차거리율 증가폭이 훨씬 큰 것으로 분석되어, 조정에 따른 단기적 비효율을 유발하는 것으로 나타나 물류인프라 구축과 단기적 조절 정책이 필요함을 시사하고 있다. 덧붙여 영세업자의 난립에 따른 소비자 보호를 위한 보완책과 함께 수요와 공급의 시장조절 능력에 따라 단계적으로 규제를 완화에 나아가는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

1. 서론

1. 연구의 배경과 목적

도시가 존속하고 생산 및 소비활동을 행하기 위해서는 원자재, 제품, 에너지의 수송이 원활히 행해져야 한다. 이러한 일련의 물류 활동은 생산과 판매의 효율적 운영과 함께 물류 효율화의 핵심적 요소라 할 수 있다. 이중 화물운송업은 전체 물류활동의 기본축을 이루는 제조업 지원 서비스이나 국내의 경우, 기반시설 부족과 운송사업자의 영세화로 인하여 물류체계 전체의 효율성을 저하시키고 있다. 특히 화물운송시장은 교통체증으로 인한 혼잡비용으로 연간 12조원에 이르는 물류비 손실을 나타내고 있으며, 높은 공차거리율과 적재효율의 저하 등으로 고비용 저효율의 운송 특성을 나타내고 있다(교통개발연구원, 1999). 따라서 국가물류체계의 효율성을 확보하기 위해서는 우선적으로 국내화물운송의 특성을 분석하여 주요 정책변화에 따른 영향을 고려하여 정책을 수립하는 것이 필요하다. 따라서 정책변수의 변화를 고찰할 수 있는 화물운송특성분석을 위한 모형의 틀을 정립하는 연구는 매우 중요하다. 국내에서도 국가경제성장에 화물운송이 차지하는 중요성을 인식하고 80년 중반이후 화물에 관한 자료수집과 분석에 대한 연구가 진행되어오고 있다.

화물운송특성분석을 위한 모형연구는 수요연구(demand study)와 공급연구(supply study)로 구분할 수 있다. 초기에는 화물수요량의 특성을 분석하고 예측함으로써 화물 유통에 대한 전반적인 정책을 수립하는 판단의 기준을 제시해 주며, 효율적인 지역 간 또는 도시내 화물정책을 도출하고자 하였다. 이러한 수요모형에 대한 연구는 생산활동과 물류영역에 따라 발생하는 화주(shipper)의 가변적 운송수요의 패턴을 모형을 통해 정량화할 수 있도록 하였다. 반면 공급모형에 대한 연구는 주로 기간산업의 최적 입지와 운영을 통한 가변수요(Random Demand)의 적정 배정에 관심을 두고 있다.

지금까지 모형연구는 수요와 공급을 상호 독립적인 것으로 가정하고, 개별적 연구 목적에 따라 한쪽이 외생적으로 주어지는 것을 가정으로 연구를 진행해왔다. 그러나 다른 모든 경제활동과 마찬가지로 화물의 수요와 공급은 상호 긴밀히 관계를 맺고 있으며,

어느 일방을 고려하지 않은 개별 부문의 연구는 일정한 한계를 가져올 수밖에 없다. 화물 운송의 수요는 현재의 서비스 수준, 즉 공급에 영향을 받으며, 서비스의 공급 역시 현재의 수요와 지금까지의 수요패턴에 영향을 받는다. 공급에 대한 고려가 없는 수요연구나 수요에 대한 고려가 없는 공급연구는 양 부문간 상호인과성(mutual causality)을 간과한 한계점을 안고 있다. 왜냐하면 공급측면을 고려하지 않고 수요만을 분석하거나 수요측면을 고려하지 않고 공급을 분석하는 일방향 단일모형(one directional single equation model)은 화물운송의 중요한 의사결정 과정을 효율적으로 분석할 수 없기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 수요가 변화하면 서비스 공급에 피드백(feedback) 효과를 주고, 공급의 변화에 따른 수요의 피드백 효과를 동시에 고려할 수 있는 화물운송특성분석을 위한 모형의 틀(Framework)로 수요-공급동시모형(Simultaneous Demand-Supply Model)을 정립하고 이를 활용하여 국내운송특성을 분석하고 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 수행방법

본 연구의 내용적 범위는 수요-공급의 동시모형을 통해 화물운송의 특성을 분석하는 것으로 이는 수요나 공급관련 변수를 독립변수 중 하나로 고려하여 화물운송 특성을 분석하는 단편적 사고를 넘어 서비스 수준의 변화에 따라 수요가 민감하게 변화하는 영향을 분석하고자 하는 것이다. 또한 공간적 범위는 전국을 32개의 존으로 구분한 집계(aggregate)자료를 사용하였다.

본 연구의 수행방법은 다음과 같은 단계로 추진되었다.

- (단계 1) 화물운송특성에 영향을 미치는 요인과 수요-공급동시모형에 대한 문헌고찰을 수행한다.
- (단계 2) 국내공로화물의 동향과 자료를 수집, 정리한다.
- (단계 3) 국내공로화물의 수요-공급동시모형을 개발하고 모형을 검정한다.
- (단계 4) 모형의 결과를 해석하고 정책적 시사점을 도출한다.

II. 연구의 이론적 고찰

1. 화물운송 요인고찰

사람통행에서처럼 화물통행도 영향을 미치는 여러 가지 요인에 대한 고려가 선행되어야 한다. 먼저 화물운송 수요에 영향을 미치는 변수들로는 지역변수(Geographical factors), 입지변수(Location factors), 토지이용변수(Land-use factors), 그리고 기타변수(Miscellaneous)로 나눌 수 있다. 지역변수는 인구, 인구밀도, 산업별 종사자수 등 지역의 전반적 특성을 반영하는 변수에 해당한다. 입지변수는 화물운송의 파생수요적 특성을 반영하는 변수로서 산업별 사업체수, 산업별 지역내총생산지표, 농산물, 임산물 생산량, 추·하곡수매량으로 구성되어 있다. 토지이용변수는 총면적과 공장면적, 전답면적, 도로의 면적 등 산업별 토지이용 패턴과 공간구조를 반영하는 변수이다. 마지막 기타 변수로는 시장의 분포현황, 지역내 자동차 보유대수와 도로현황 등을 포함하고 있다.

다음으로 화물운송의 공급에 영향을 미치는 변수들로 적재변수, 공차변수, 입지변수(사회경제지표), 기타변수로 나뉘 볼 수 있다. 적재변수는 적재능력과 적재통행거리, 적재톤수, 적재운행시간, 적재효율로 구성되며, 공차변수는 화물차량의 공차통행과 공차거리, 공차시간으로 구성되어 있다. 그리고 수요변수에서처럼 입지변수(사회경제지표)가 포함되며 기타변수로서 화물 1톤을 운반하기 위한 운송비와 차량의 속도, 도로상황으로서 지체, 그리고 신뢰성을 들 수 있다.

2. 선행연구 고찰

수요와 공급을 동시에 고려하는 연구는 대중교통 수요의 특성을 분석하고자하는 노력에서 시작되었다. 먼저 Gaudry(1975)는 버스 운송 연구에서 대중교통 수요는 현재의 대중교통 서비스 수준과 다른 외생변수(인구, 소득 등)의 함수로 설정했으며, 대중교통 서비스는 과거의 수요(previous demand)와 시차를 둔(lagged) 외생변수의 함수로 구성하였다. 그의 연구는 수요와 공급의 상호조정과정을 모형내에 포함하였고, 특히 서비스 공급이 현재의 수요에 영향을 받지 않고 예산이 책정될 시점의 수요에 영향을 받는다

는 점을 제시하여 이후 일련의 연구에 큰 영향을 미쳤다. 그러나 모형의 설정과는 달리 모형 추정의 측면에서 수요와 공급함수가 상호 독립적인 것으로 가정함으로써 상호조정효과를 설명하지 못하는 한계를 안고 있다.

Alperovich et al.(1977)는 Gaudry의 연구가 지니고 있던 방법론적 한계를 극복하고자 공급측면의 장단기 조정과정을 모형내에 포함하였다. 즉, 현재의 수요와 과거의 수요를 공급함수에 포함하여 피드백 효과를 모형화 한 것이다. 그러나 현재의 수요를 공급함수에 포함할 경우 수요의 과다 추정 가능성이 지적되고 있으며, 수요와 공급이 개별 독립변수로 설정될 경우 상호조정을 통한 균형점에 이르지 못하는 한계가 있다.

Gaudry(1980)는 지금까지의 상호독립적 함수체계의 한계점을 극복하고자 연립방정식체계를 적용하였다. 즉, 소비자의 행태를 나타내는 수요함수, 공급자의 행태를 나타내는 공급함수 그리고 차량의 흐름, 승객의 흐름, 기술과 같은 기타 요소를 모형화하여 네트워크나 링크 내 서비스 수준과 가격 등의 정책변수의 변동을 설명하고 있다. 그는 대중교통 공급-비용체계, 대중교통 수요/비용-비용체계, 승용차수요-비용체계, 이항수단 수요-공급/비용-비용체계의 4가지 모형을 정립하고, 단일방정식추정법과 집단방정식추정법, 완전정보 최우추정법을 대상으로 추정방법의 차이를 보고하고 있다.

Voith(1991)는 통근열차에 대한 단기·장기 수요 탄력성의 차이를 이용하여 교통수단의 요금, 서비스 수준, 승객수의 관계를 연립방정식 체계를 이용하여 설명하고자 하였다. 이를 위해 129개 역의 승객수, 요금, 서비스 특성을 반영한 패널자료(panel data)를 이용하여 대중교통수단의 요금, 서비스 변화가 승객수에 장기적으로 어떤 영향을 미치는지를 설명하고자 하였다. Voith는 대중교통수단의 요금인상과 서비스 감소는 승객수를 감소시켜 요금인상 요인으로 작용하고 다시 서비스가 저하되는 악순환이 일어난다는 일반적인 사실을 확인하고 있다.

Peng et al.(1997)은 대중교통의 수요와 공급 및 경로간 대체효과를 동시에 고려하는 모형을 추정하였다. 그는 시간대별, 방향별 수요를 분석하고 대중교통 수요가 서비스 수준에 따른 함수임을 보였다. 아울러 현재의 수요는 현재의 공급과 지금까지의 수요에 영

향을 받으나, 증가된 경로의 수요는 감소된 경로의 수요에 의해 상쇄됨을 분석하여 서비스 개선에 따른 수요의 순수한 증가는 미비함을 입증하였다.

Yang et al.(2000)은 지난 10여 년간의 홍콩 도심 지역의 택시 서비스 상황에 기초해 거시적 관점에서 택시시장에서 정책변화가 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였다. 이를 위해 택시승객수요, 택시효율과 서비스 수준 모형을 연립방정식 체계를 이용하여 구축하였다. 특히 수요측면에서 잠재승객은 수단선택 시 요금뿐만 아니라 택시이용가능성까지 고려하고 있으며, 공급측면에서 회사측의 통행수입이나 비용뿐만 아니라 택시효율성까지 고려하여 모형을 개발하고 있다.

III. 자료와 변수

1. 자료의 개요

본 연구에 적용된 자료는 교통개발연구원의 "제1차 전국 물류현황 조사"자료이다. 이 조사는 전국적으로 종합적이고 주기적인 물류현황조사를 실시하여 정책 기초자료를 확보함으로써 정부·민간의 체계적인 물류정책, 개선방안의 수립에 활용될 수 있는 기초 데이터베이스 구축을 그 목적으로 하고 있다. 조사대상 산업은 통계청의 한국표준산업분류표(1992년 개정)에 의한 농·임업 및 수렵업, 어업, 광업, 제조업, 도매업 및 창고업 등이며, 조사대상 총사업체수는 129,367 개에 해당한다. 화물품목분류는 농산물 등 33개 화물 품목분류와 농수임산물 등 7개의 대분류로 구분하고

있다.

화물 물동량조사는 화물의 출발점에서 도착점까지의 이동을 하나의 유동으로서 파악하는 순물동량 개념을 적용하고 있다. 순물동량 개념은 여러 수송수단이 이용될 경우 이용되는 수송수단의 결정이 필요하게 되며, 수송거리가 가장 긴 수단을 대표 운송수단으로 적용했다. 화물의 순유동량 파악을 통해 분석된 각종 지표는 향후 주기적인 물류현황조사 결과와 시계열로 비교·평가되어 물류정책의 개선효과와 분석에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 분석대상은 중존단위로 집계된 총물동량 자료를 이용한다. 일반적 O-D 조사는 소존에 근거해 실제 통행량을 조사하고(Zone - to - Zone) 이를 중존, 대존으로 확대하는 방법을 적용하고 있다. 그러나 물류현황조사에서는 표본자료의 회수문제로 중존을 대상으로 실측 자료를 수집하였으며(Corridor - to - Corridor), 이를 제조업체수에 따라 소존의 물동량을 추정한 뒤, 다시 대존 물동량을 추정하는 과정을 거치고 있다. 또한 표본의 전수화 과정은 비율추정을 적용하고 있는데, 이는 물동량과 상관관계가 높은 보조정보(출하액, 판매액, 부지면적 등)에 따라 일률적으로 물동량을 추정하는 방법이다. 따라서 전수화자료의 유의성과 대표성이 그다지 높지 않은 것으로 사료되며, 본 연구는 편의된 전수화 자료의 적용대신, 중존을 바탕으로 한 표본자료를 분석대상 자료로 사용한다. 이는 표본자료가 합리적 표본추출법(층화표본추출과 네이만의 최적할당법)에 의해 모집단의 특성을 대표하고 있고, 자료가공을 거치지 않은 원자료(raw data)이기 때문이다.

<표 1> 수요-공급에 영향을 미치는 주요 변수들

구분		변수
수요 ¹⁾	지역변수	총인구, 농림업 근로자수, 광업 근로자수, 제조업 근로자수, 도소매업 근로자수
	입지변수 (사회경제지표)	전체 사업체수, 농림업사업체수, 광업 사업체수, 제조업 사업체수, 도소매업 사업체수, 총 GRP, 1차산업 GRP, 2차산업 GRP, 3차산업 GRP, 농산물생산량, 임산물생산량, 추하곡수매량
	토지이용변수	총면적, 대지면적, 공장면적, 전답면적, 도로면적
	기타변수	시장분포현황, 자동차 보유대수, 도로현황
공급 ²⁾	적재변수	적재능력, 적재통행, 적재톤, 적재시간, 적재효율
	공차변수	공차통행, 공차거리, 공차시간
	입지변수	수요변수와 동일
	기타변수	운송비, 속도, 지체, 신뢰성 등

1) 교통개발연구원, "화물유통체계 합리화 방안 연구", 1990.

2) 교통개발연구원, "제 1차 전국 물류현황 조사", 1997.

2. 자료분석 및 변수선정

본 연구에 적용되는 자료는 전국을 32개 중존으로 구분하고 존별로 화물자동차의 적재용량, 등록대수, 적재효율, 공차거리율, 물동량, 인구, 광·공업생산액, 전체산업사업체 수에 대한 자료를 확보하였다(〈표 2〉).

먼저 화물적재용량과 물동량은 화물운송업에 의한 서비스 공급정도와 화주의 화물수요를 나타낸다. 화물적재용량은 각 소존의 적재용량의 합으로 구성하고, 물동량 역시 각 소존 물동량의 합으로 산정하였다.

$$Q_i = \sum_j a_{ij}$$

$$QGT_i = \sum_j \sum_c a_{gtjc} \tag{1}$$

- Q : 중존의 적재용량(ton)
- QGT : 중존의 물동량(ton)
- q : 소존의 적재용량(ton)
- qct : 소존의 물동량(ton)
- i : 중존
- j : 소존
- c : 품목

〈표 2〉에서 볼 수 있듯이 화물적재용량은 지역간 물동량에 따라 편차가 크게 나타나고 있다. 최소값과 최대값의 차이가 3,390톤, 표준편차가 902톤으로서 지역간 물동량과 매우 밀접한 관계가 있을 것으로 판단된다(〈그림 1〉과 〈그림 2〉). 이는 물동량이 많은 지역은 수요에 부합하는 적정 서비스 공급체계가 형성되어 있음을 의미하는 것으로 해석된다.

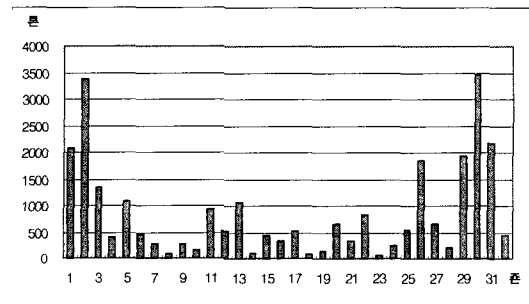
적재용량은 개별차주와 운송회사의 화물차량 보유대수에 영향을 받고 있다. 국내의 경우 일반노선화물을 담당하는 10톤이상의 대형차량의 차량증가는 미비한 반면, 개별화물자동차운송사업, 용달화물자동차운송사업자들의 중소형트럭의 대수의 물동량 변동에 따른 차량등록대수 변화가 심한 것으로 나타나고 있다(통계청, 1999).

적재효율(Capacity utilization)과 공차거리율은 화물자동차의 운송효율을 나타내는 변수이다. 적재효율은 연구에 따라 다양한 개념이 적용되고 있으나, 본 연구에서는 적재량의 합을 적재용량의 합으로 나눈 비율을 적용해 외생변수 처리한다. 공차거리율은 화물자동차의 총 운행거리 중에서 공차상태의 운행거리비율을 뜻하며, 32개 존의 총합을 활용하였다. 따라서, 적재효율은 각 소존의 적재량의 합을 적재용량

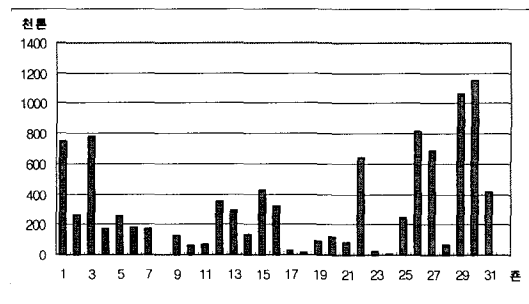
〈표 2〉 수요-공급 모형 자료의 개요

	적재용량 (ton)	화물자동차 등록대수(대)	적재효율 (%)*	공차거리율 (%)*	물동량 (ton)	인구 (명)	사업체수 (개)	광·공업생산액 (십억원)
평균	851.7	55705.3	44.1	55.9	306555.8	1365151.2	79182	10561.1
중앙값	496.75	41072.5	44.5	55.5	178246.3	813178.5	46550.5	5100.0
표준오차	902.2	56398.7	12.6	12.6	321290.6	1820714.2	122383.0	13377.9
최소값	72.5	345.0	13.0	30.7	0.0	202814.0	11245.0	178.0
최대값	3463.3	311297.0	69.3	87.0	11506643	10231217	708025.0	52254.0

* 각 소존의 적재효율, 공차거리율의 평균합



〈그림 1〉 각 존의 적재용량



〈그림 2〉 각 존의 물동량

의 함으로 나눈 값이며, 공차거리율은 전체운행거리 중에서 공차로 운행한 거리의 비율로 나타내었다.

$$LE_i = \sum_j \frac{Q_{ij}}{CAPA_{ij}} \times 100$$

$$VC_i = \sum_j \frac{UDT_{ij}}{SDT_{ij}} \times 100 \quad (2)$$

LE : 적재효율(%)
 CAPA : 적재능력(ton)
 VC : 공차거리율(%)
 UDT : 1일 공차운행거리(ton-Km)
 SDT : 1일 총운행거리(ton-Km)

〈표 2〉에서 볼 수 있듯이 각 존의 평균 공차거리율은 55.9%로서 국내물류 운송체제의 비효율성이 매우 심각함을 알 수 있다. 화물자동차 공차운행은 도로화물운송용량의 과소이용을 의미하며, 주로 귀로운행(Back-Haul) 시에 발생한다. 공차운행을 감소시키는 것은 경제적인 측면뿐만 아니라 환경적인 측면에서도 편익을 발생시키는 것으로 알려져 있다. 국내의 연구결과를 살펴보면, 공차운행으로 추가되는 수송비가 1996년 기준으로 약 1조 3,322억원이며 공차운행률을 1% 감축할 때마다 2,944억원의 수송비 절감 효과가 발생한다. 또한 화물자동차 공차운행에 따른 CO₂ 추가발생은 2,315만톤으로 추정되고 있다(신동선, 1999). 이러한 비효율성은 영세차주와 화물운수 업체에 재정적 부담을 끼칠 뿐만 아니라 국가적으로도 도로사용의 비효율성, 유류낭비 등의 손해를 끼친다. 따라서 적재효율의 향상을 통한 비효율성의 제거는 시급한 문제라 하겠다.

본 연구에 적용된 외생변수로는 인구, 광·공업생산액, 전체산업의 사업체 수, 화물자동차 등록대수 등이다. 각 존의 인구는 사업체에 근무하는 근로자(생산자)이며, 동시에 해당 지역에서 상품을 소비하는 소비자의 역할을 한다. 따라서 사업체수의 증가는 인구수의 증가와 맞물리며 이는 화물물동량을 증가시킨다. 다음으로 광·공업생산액은 각 존의 광·공업 분야에 해당하는 업체의 연간 총생산액이다. 보다 정확한 분석을 위해서는 해당 생산품의 최종 소비지가 존내인지 존외인지를 구분하여 존외에서 소비되는 물품의 생산액만을 자료로서 활용하여야 한다. 가령 중소도시의 경우

생산품의 대부분을 지역 내에서 소비하나, 몇몇의 대규모 중공업단지가 조성된 지역의 경우 상당량의 생산품을 존외 지역에서 소비하기 때문에 생산액만을 가지고 물동량의 정확한 흐름을 표현하는 데에는 한계가 있다. 그러나 이를 구분하기가 매우 어렵기 때문에 본 연구에서는 이 자료를 그대로 활용하였다. 광·공업 생산액의 경우 속초 지역이 연간 1,780억원 정도의 생산액을 나타내는데 비해, 인천, 수원, 울산, 부산 지역 등이 10조원 이상을 생산하고 있어 중공업 단지가 조성된 지역의 특성을 나타내고 있다. 전체산업의 사업체 수는 농업어업, 광·공업, 서비스업 등을 총괄한 사업체의 수이다. 화물자동차 등록대수는 95년 말까지 등록된 화물차량의 총대수이다. 〈표 2〉를 보면 존별 화물자동차의 평균등록대수는 55,705대이며, 가장 적게 보유하고 있는 존의 경우 345대, 가장 많이 보유하고 있는 지역은 311,297대를 보유하고 있다. 그러나 화물차량의 등록대수의 경우 광·공업 생산액의 경우와 마찬가지로 존내 물류이동에도 큰 영향을 받기 때문에 존내 물류이동과 존간 물류이동의 영향을 구분하여 보유대수를 산정해야 하나 실질적으로 이의 구분이 어려우므로 본 연구에서는 구분 없이 사용하였다.

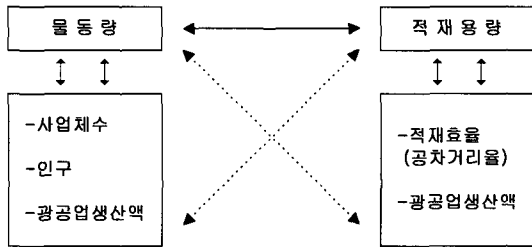
본 연구의 실제분석에는 위 변수값을 각각의 평균값으로 나누어 지수화한 값을 활용하였다. 또한 적재효율과 공차거리율은 각 소존의 평균값의 함을 이용하였는데, 이는 중존에 포함된 각 소존의 특성을 유지하기 위해서이다. 그리고 최적모형을 산정하는 정산(calibration) 과정에서 인구와 자동차 등록대수를 제외한 함수를 채택하였다.

IV. 모형추정 및 결과분석

1. 모형의 설정

본 연구에서 수요-공급 동시모형의 메카니즘은 〈그림 3〉과 같이 물동량(수요)과 화물적재용량(공급) 사이의 상호관계를 묘사하고 있다. 일반적으로 광·공업 생산액이 증가하면 지역내, 지역간 물동량도 증가하고 이는 다시 화물차량의 적재용량도 증가시키게된다.

여기서 수요와 공급의 동시성(simultaneity)은 현재의 수요와 서비스 수준(공급)은 계획기간에 걸친 상호작용과정으로 정의할 수 있다. 서비스 수준의 개선은



〈그림 3〉 공로 화물운송의 수요-공급 동시모형

즉각적으로 이루어지기보다는 주기적인 조정과정에 따르며, 수요 또한 산업구조, 토지이용, 고용의 변화에 따른 반응과 조정의 과정이기 때문이다.

$$\begin{aligned}
 D &= \Psi(S, P, E, L) \\
 S &= \Gamma(D, P, E, O) \\
 D &= S
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

위의 식(3)의 D는 화물운송의 수요량을 일반적인 함수의 형태로 표시한 것이다. 여기서 S는 화물운송의 공급량, P는 인구, E는 사회경제지표, L은 토지이용 현황을 나타낸다. 그런데 단기적인 관점에서 수요량 D에 영향을 미치는 4가지 변수 중에서 공급량(S)과 사회경제지표(E)가 수요량에 미치는 영향이 가장 크고 직접적이며 나머지 2가지 변수는 비교적 간접적이라 할 수 있다. 마찬가지로 S는 화물운송의 공급량을 일반적인 함수의 형태로 표시한 것이다. 여기서 D는 화물운송의 수요량, P는 인구, E는 사회경제지표, O는 화물차량의 운행특성으로서 적재효율 또는 공차거리를 뜻한다. 마지막으로 D=S는 화물운송의 수요-공급의 균형조건을 나타내고 있다.

위의 수요-공급 모형을 설명하기 위한 함수형태로서 본 연구에서는 아래 두 가지 형태의 모형을 구성한다. 본질적으로 비선형함수로 이해될 수 있는 수요 및 공급함수에 관한 것이어서 모두 자연대수를 취하여 선형화한 형태를 선정한다. 이와 같은 방법으로 추정된 계수값은 변수의 변화량에 대한 탄력성을 나타내는 특징이 있기 때문에 정책적으로도 활용도가 매우 우수한 함수형태이다.

MODEL I

$$\begin{aligned}
 \text{수요함수} : \ln QGT &= a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln IN \\
 &+ a_3 \ln MMI + u_d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{공급함수} : \ln Q &= b_0 + b_1 \ln QGT + b_2 \ln LE \\
 &+ b_3 \ln MMI + u_s
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\text{공차거리} : \ln VC = c_0 + c_1 \ln QGT + c_2 \ln Q + u$$

MODEL II

$$\text{수요함수} : \ln QGT = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln MMI + u_d$$

$$\text{공급함수} : \ln Q = b_0 + b_1 \ln QGT + b_2 \ln LE + u_s \tag{5}$$

$$\text{공차거리} : \ln VC = c_0 + c_1 \ln QGT + c_2 \ln Q + u$$

- QGT : 물동량(ton)
- Q : 적재용량(ton)
- P : 인구(명)
- MMI : 광·공업 생산액(십억원)
- IN : 사업체수(개)
- LE : 적재효율(%)
- VC : 공차거리율(%)
- u_d, u_s, u : 수요, 공급, 공차거리 함수의 확률적 오차항

위의 모형은 〈그림 3〉과 같이 수요(물동량)와 공급(적재용량)측면의 상호관계를 묘사하는 동시에 운송체계의 효율성(공차거리율)을 추정할 수 있도록 구성되었다. 각 모형에 사용된 설명변수는 선행연구결과와 일반적 상식에 부합하는 변수들을 선택한 후(〈표 2〉), 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)에 의해 유의한 변수군의 조합을 찾고 이를 정산하여 결정하였다.

먼저 MODEL I에서 수요함수는 사업체 수(IN)와 광·공업 생산액(MMI), 적재용량(Q)과 물동량(QGT)의 관계를 나타내고, 공급함수는 화물차량의 적재효율(LE), 광·공업 생산액(MMI)과 적재용량(Q)과 물동량(QGT)의 상호작용 관계를 묘사하는 모형이다. 여기서 광·공업 생산액은 현시점에서 과거의 경기흐름을 반영한 지표로서 차주의 입장에서 광·공업 생산액의 증감에 따라 화물차량의 적재용량(화물차량의 보유대수)을 증가시키거나 감소시킬 수 있는 판단의 근거가 될 수 있다. 또한 지역 내, 지역 간 물동량에 영향을 미치는 변수로서 광·공업 생산액의 높고 낮음은 곧 물동량의 많고 적음과 연결될 수 있다 하겠다. 그리고 사업체수는 지역 내 인구를 함께 나타내는 변수인데, 사업체수가 많을수록 지역 내 고용기회가 늘어나 인구도 늘어나기 때문이다.

그리고 MODEL II에서는 수요함수는 광·공업 생

산액과 적재용량이 물동량에 미치는 영향을 나타내고, 공급함수는 물동량과 화물차량의 적재효율이 적재용량에 미치는 영향을 동시에 묘사하는 모형이다. 여기서 광·공업 생산액은 지역 내 총생산 지표를 대신한 지표로서 광·공업 생산액이 크면 클수록 업체의 수나 규모가 큼을 의미한다.

2. 모형의 추정 및 검증

화물운송의 수요 - 공급함수는 변수들간의 동시적 의존성(simultaneous dependence)으로 인해 설명변수와 확률오차항 사이의 상관성이 존재하지 않는다는 전통적인 선형회귀모형의 가정을 위반하게 된다. 따라서 변수와 확률오차항의 관계는 OLS가 아닌 새로운 방법에 의해 추정해야 하며 이러한 방법이 바로 연립방정식 모형(Simultaneous Equation Model)이다. 연립방정식 모형에서는 내생변수가 종속변수가 되기도 하고 독립변수가 되기도 한다. 이는 내생변수간에도 인과관계가 쌍방향적으로 상호연관되어 있는 상황을 대변하는 모형이며, 따라서 설명변수가 오차항과 독립적이라는 가정이 충족되기 어려운 상황을 효과적으로 설명할 수 있다. 일반적으로 단일방정식모형에서는 설명변수(X_i)가 비확률적이거나 또는 확률적이라 하더라도 오차항(ϵ_i)과는 독립적이라고 가정하고 OLS를 적용한다.

$$\begin{aligned} E(\epsilon_i) &= 0 \\ E(\epsilon_i^2) &= \sigma^2 \\ E(\epsilon_i \epsilon_j) &= 0, \quad i \neq j \end{aligned} \tag{6}$$

식(6)은 오차항간의 자기상관(autocorrelation)이 없음을 뜻한다. 이는 오차항 ϵ_i 와 $\epsilon_j(i \neq j)$ 의 평균값이 0이라는 가정을 근거로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} var(\epsilon_{i,j} | X_{i,j}) &= E[\epsilon_{i,j} - E(\epsilon_{i,j} | X_{i,j})]^2 \\ &= E(\epsilon_{i,j}^2 | X_{i,j}) \\ &= \sigma^2 \end{aligned} \tag{7}$$

이러한 특성은 ϵ_i 와 ϵ_j 가 서로 독립임을 의미하며, 식(8)과 같이 간단히 나타낼 수 있다.

$$E[X_i \epsilon_i] = X_i E[\epsilon_i] \tag{8}$$

그러나 연립방정식체계에서는 설명변수 중 일부가 내생변수이며, 이는 속성상 확률변수일뿐 아니라 오차항과도 독립적이지 않는 특성을 갖는다.

$$\begin{aligned} Cov(Q, u_d) &\neq 0 \\ Cov(QGT, u_s) &\neq 0 \\ Cov(Q \text{ or } QGT, u) &\neq 0 \end{aligned} \tag{9}$$

따라서 연립방정식모형을 구성하고 있는 구조방정식에 OLS를 적용할 경우 그 추정량은 편의성과 비일관성을 갖게 되는 문제가 발생한다.

일반적으로 OLS는 여타 조건이 일정하다는 가정이 큰 문제가 되지 않을 때 특정 변수간에 성립되는 함수관계를 분석하는 부분균형(partial equilibrium)분석방법인 반면, 연립방정식모형은 일반균형(general equilibrium) 분석모형이라고 이해할 수 있다. 본 연구에서 연립방정식 모형의 추정에 적용된 방법은 2SLS(two stage least-squares method)이다. 2SLS는 과대식별된 연립방정식모형의 추정을 위해 개발된 것으로 OLS 적용시 예상되는 연립방정식 편의(bias)를 가능한 한 최소한도로 줄이고, 나아가 일관성을 회복시키는 추정방법이다.

2SLS에 의한 추정절차는 두 단계를 거쳐 이루어진다. 제1단계는 구조방정식 내에 있는 내생변수들이 오차항과의 독립성을 유지할 수 있도록 가공하는 과정이라 할 수 있다. 즉, 각 내생설명변수들을 연립방정식체계 내의 모든 선결변수의 함수로 표현하는 유도방정식모형에 OLS를 적용함으로써 그 추정치를 얻는다.

$$\hat{Y}_j = X_j [(X' X)^{-1} X' Y_j] = X P_j \tag{10}$$

이렇게 추정된 결과를 내생설명변수의 본래 관측치들을 대체시킴으로써 오차항과의 연관성을 단절시키고자 하는 것이다. 유도형 방정식에서는 모든 설명변수들이 선결변수이므로 방정식 내의 오차항과는 독립적이라 볼 수 있기 때문에 OLS를 적용하는데 아무런 하자가 없다.

2단계에서는 1단계에서 도출한 각 내생설명변수들의 추정치로 원래의 각 내생설명변수들의 관측치를 대체시킨 다음 개별구조방정식에 OLS를 적용하여 구조

계수들을 추정한다.

$$\hat{\delta}_{j, 2SLS} = \begin{bmatrix} \hat{Y}_j & Y_j & \hat{Y}_j & X_j \\ \hat{X}_j & Y_j & \hat{X}_j & X_j \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{Y}_j & y_j \\ \hat{X}_j & y_j \end{bmatrix} \quad (11)$$

이 때 사용된 추정치들은 일종의 수단변수라 볼 수 있다. 또한 구조방정식의 오차항과는 독립성을 유지하도록 조치된 가공변수의 성격을 가지므로 이들 변수로 대체시킨 연후의 구조방정식을 OLS로 추정하여도 더 이상 연립방정식의 편의문제는 발생하지 않는다.

3. 모형의 해석 및 정책적 시사점 도출

본 연구에서는 물동량(수요) 및 적재용량(공급)과 변수들과의 관계를 고려해 두 가지 모형을 구축하였다. 첫 번째 모형(Model I)은 광공업생산액과 사업체 수, 그리고 적재효율을 주요 설명변수로 채택하였으며, 두 번째 모형(Model II)은 첫 번째 모형에서 사업체 수를 제외하였다. 특히 모형 I에서는 광공업 생산액을 기준으로 물동량과 적재용량의 변화관계를 비교할 수 있어 정부의 화물정책 수립에 있어 적절한 분석도구가 될 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 모형 II는 모형 I의 분석결과를 바탕으로 적재용량에 큰 영향을 미치지 않는 광공업 생산액을 설명하는 변수

에서 제외하였다. 두 모형을 이용한 분석결과는 <표 3>과 <표 4>를 통해 OLS와 2SLS로 각각 나타내었다.

모형의 적합성 측면에서 OLS와 2SLS를 이용하여 추정한 경우를 비교해보면, R²와 F-통계량에 있어서 큰 차이가 없다. 일부 변수의 통계적 유의성(t-통계량)은 높지 않으며, 수요함수의 적합도 역시 저조하다. 그러나 모형의 전반적 적합도는 비교적 양호하므로 본 연구의 목적인 정책적 시사점 도출에는 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

부호의 적합성측면에서는 OLS와 2SLS의 추정결과는 전반적으로 유사하나 몇몇 계수의 크기와 부호가 차이를 보이고 있다. 2SLS로 추정한 파라미터의 부호는 모두 상식과 일치하고 있으나, OLS에 의한 추정에서는 물동량 증가에 공차거리율의 변화가 양(+)으로 나타나 비상식적 결과를 나타내었다. 왜냐하면 수요의 증가(물동량의 증가)는 공차거리율을 감소시키는게 일반적이기 때문이다. 특히 화물자동차의 공차통행이 주로 귀로운행시 발생하는 점을 고려한다면 이는 더욱 분명해 진다.

모형 I과 모형 II의 경우 계수의 크기에 차이가 있을 뿐, 그 함축적인 의미는 부호와 크기가 유사하므로 본 연구에서는 모형 I의 2SLS 추정기법을 중심으로 추정된 결과를 해석하였다. 추정된 모형의 결과에서 물동량은 광·공업 생산액에 가장 민감하게 반응하며, 동시에 적재용량은 광·공업 생산액이나 물동

<표 3> MODEL I의 추정결과

설명변수 (t-value)	OLS에 의한 추정결과			2SLS에 의한 추정결과		
	물동량(QGT)	적재용량(Q)	공차거리율	물동량(QGT)	적재용량(Q)	공차거리율
상수항	0.114 (.313)	0.012 (0.119)	-0.064 (-0.607)	0.105 (0.306)	0.009 (0.095)	-0.060 (-0.359)
QGT		-0.021 (-0.401)	0.026 (0.558)		0.063 (0.215)	-0.272 (-1.565)
Q	-0.022 (-0.045)		0.816 (7.348)	0.263 (0.409)		1.454 (4.174)
MMI	1.148 (3.635)	0.160 (1.559)		1.023 (2.856)	0.072 (0.225)	
IN	0.579 (1.223)			0.460 (0.949)		
LE		0.622 (6.236)			0.592 (4.141)	
Adj R-square	0.537	0.796	0.744	0.531	0.777	0.336
F Value	12.97	41.36	46.07	12.69	37.04	8.84
D.W	2.802	2.153	1.888	2.693	2.135	2.295

〈표 4〉 MODEL II의 추정결과

설명변수 (t-value)	OLS에 의한 추정			2SLS에 의한 추정		
	물동량(GT)	적재용량(Q)	공차거리율	물동량(QGT)	적재용량(Q)	공차거리율
상수항	0.001 (0.003)	-0.022 (-0.223)	-0.064 (-0.607)	0.023 (0.067)	0.007 (0.069)	-0.066 (-0.372)
QGT		0.101 (2.215)	0.026 (0.558)		0.132 (1.485)	-0.307 (-1.576)
Q	0.227 (0.517)		0.816 (7.346)	0.585 (1.507)		1.515 (3.921)
MMI	1.159 (3.640)			0.965 (2.633)		
LE		0.702 (8.006)			0.567 (4.355)	
Adj R-square	0.529	0.786	0.744	0.518	0.743	0.241
F Value	18.39	57.96	46.07	17.65	45.73	5.91
D.W	2.598	2.327	1.888	2.483	2.163	2.278

량보다는 적재효율에 더 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 특히 모형 I의 2SLS 추정결과를 살펴보면, 광·공업 생산액이 1% 증가에 대한 물동량의 탄력성은 1.023으로 탄력적이나, 적재용량과 사업체수는 각각 0.263, 0.460으로 비탄력적으로 나타났다. 이러한 결과는 공로 운송시장의 수요(물동량)는 인구나 사업체 수, 제공 가능한 서비스의 적재용량보다는 광·공업 생산액에 의해 결정된다는 것을 의미하는 것으로 판단된다. 즉 광·공업 생산액의 증가는 지역경제의 활성화를 의미하며 이는 지역 간 교류를 활성화시켜 물동량을 증가시키기 때문이다. 또한 지역경제의 활성화로 지역 내 소비수준의 향상, 투자의 활성화 등으로 물동량이 증가되기 때문인 것으로 판단된다.

다음으로 공급(적재용량) 탄력성의 경우는 물동량과 광·공업 생산액에 대해 각각 0.063, 0.072로 비탄력적으로 나타났다. 그러나, 적재효율 변화에 대해서는 0.592로 다소 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이로부터 화물운송업체는 단기적으로 적재용량이 일정할 때, 물동량이 증가하면 적재효율이 증가할 것으로 기대할 수 있다. 또한 장기적으로 현재 수요가 늘거나, 앞으로의 수요가 늘 것으로 예상되면, 운송업체는 현재 보유한 화물차량의 적재용량(공급)을 늘리기 위해 화물차량의 보유대수를 빠르게 늘리는 것으로 판단할 수 있다.

한편, 공차거리율은 물동량과는 음의 관계를, 적재용량과는 양의 관계를 갖고 있음을 확인할 수 있다. 특히 물동량에 대한 공차거리율의 탄력성이 -0.272

임에 비해, 적재용량에 대한 탄력성은 1.454로 훨씬 탄력적인 것으로 나타났다. 즉 현재의 화물운송시장 시스템하에서는 수요(물동량)의 증가로 인한 공차거리율의 감소폭 보다 공급(적재용량)의 증가로 인한 공차거리율의 증가폭이 훨씬 큼을 알 수 있다. 따라서 물동량증가에 따라 운송시장의 공급량이 증가하면 공차거리율이 급격히 증가하는 것을 의미하며, 이는 단기적 관점에서 비효율이 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 초기 조정과정에 따르는 부작용은 현행 운송시장에서 확인되고 있다. 89년 화물자동차 운송사업의 규제완화에 대한 필요성이 제기된 이후 10년만인 지난 99년 면허제에서 등록제로 전환되었다. 등록제의 전환과 동시에 등록기준대수가 20대에서 5대로 급격히 완화돼(현행 화물자동차운수사업법 시행규칙 제13조) 화물차량이 급증, 운임이 바닥세를 맴돌게 돼 지금까지 흑자를 달성해 오던 건설한 운송업자도 적자를 기록하고 있는 것으로 보고되고 있다(박남규, 2001). 이러한 현상에 주목, 화물운송시장의 규제완화에 대한 부정적 의견이 제기되고 있다. 그러나 공급 조절같은 규제정책은 단기적 관점에서 비효율성을 감소시킬지는 모르나, 장기적 관점에서 더 큰 비효율을 가져오는 것이 알려져 있다.

이러한 측면에서, 본 연구의 결과는 최근 정부가 추진중인 화물운수업 규제완화정책에 대해 시사점을 제공한다. 정부의 규제완화 조치는 장기적으로는 수요-공급의 시장기능을 회복시켜 운송시장의 효율성을 재고시킬 것으로 예상되며 이는 추정된 모형의 상호

조정 인과관계에서도 확인되고 있다. 특히 지역별 물동량 및 화물운송에 대한 분석없이 일괄적으로 적용되었던 20대 등록기준이 5대로 낮추어짐으로써 개별차주와 운송업체가 실제 수요량에 따라 자율적으로 적재용량(차량대수)을 맞추는 것이 가능하게 되어 불필요한 화물차량의 감소에 따른 소규모 업체의 활성화가 예상돼 화물운수업체의 경쟁력 또한 높아질 것으로 기대된다.

그러나 단기적으로는 화물차량의 등록대수를 증가시켜 공급과잉으로 인한 공차거리율을 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 운송시장의 수요-공급 균형이 단기간에 달성되기 어려우며, 이 과정에서 비효율에 따른 비용을 유발하는 것으로 풀이된다. 특히, 자가용 자동차가 높은 비중(95%, 대수기준)을 차지하고 있는 후진국형 시장구조상 조정과정에서의 영세차주의 피해는 상당할 것으로 판단된다. 또한 균형에 도달하더라도, 현재의 시스템하에서는 화물자동차 운송효율을 재고할 수 있는 정책적 대안이 부족한 실정이다. 운송사업은 그 특성상 운송사의 경쟁력 확보를 위한 기초여건의 조성이 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 규모의 경제로 인한 이익이 산업전체에 적용될 수 있도록 기반구축을 위한 노력을 기울여야 한다. 유통비용 절감을 위한 공동수배송 시스템 체계의 도입, 화물운송정보망구축을 통한 공급 사슬망 형성 및 허브 앤 스포크(Hub & Spoke)체계의 도입으로 인한 물류기업의 경쟁력을 재고하면서 화주기업에 대한 서비스를 개선할 수 있는 투자를 선행해야 할 것이다.

결론적으로 화물운송체계의 효율성을 증진시키기 위해서는 규제완화를 통한 시장기능의 유지 정책을 바탕으로, 물류인프라 구축과 단기적 관점에서 공급 조절 정책이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 덧붙여, 정부의 규제완화 정책으로 영세한 운송업체의 난립, 소비자보상대책 미흡 등의 문제가 발생할 수 있는 만큼 영세업자의 정보화, 공동화 및 표준약관, 보험 등의 보완책을 마련해야 할 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 지금까지의 수요 또는 공급의 한 측면만을 중심으로 하는 일방향적 단일모형에서 벗어나 화물운송의 수요-공급을 동시에 고려하는 모형을 개발해, 화물운송 정책에 효과적인 판단척도를 제공하기 위해

시도되었다. 이를 위해 선행 연구의 한계를 점검하고 이를 극복할 수 있는 접근법으로 연립방정식 모형을 제시하고 실증연구에 적용하였다.

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 공로화물운송사업의 특성을 분석할 수 있는 수요-공급동시모형의 틀을 정립하고 국내 자료를 활용하여 모형을 개발하였다. 본 연구는 구조방정식 이론과 2SLS추정법을 활용하여 수요-공급동시모형을 개발하였으며, 이는 국내에서 처음으로 시도되는 의미있는 연구로 판단된다.

둘째, 수요-공급 동시모형을 통하여 국내공로화물의 특성을 분석하고 정책적 시사점을 도출하였다. 본 연구에서 개발된 모형은, 공차거리율의 감소로 인한 적재효율의 증가는 적재용량(공급량)을 안정적으로 증가시키고, 이는 다시 물동량을 증가시키는 과정을 잘 묘사하고 있다. 추정된 모형의 상호조정 인과관계로부터 정부의 규제완화 조치가 장기적 관점에서 운송시장의 효율성을 재고시킬 것으로 예상할 수 있다. 그런데 물동량의 증가에 따른 공차거리율 감소폭보다 적재용량의 증가에 따른 공차거리율 증가폭이 훨씬 큰 것으로 분석되어, 조정에 따른 단기적 비효율을 유발하는 것으로 나타나 단기적 조절 정책이 필요함을 시사하고 있다.

연구의 한계점으로는 본 연구의 대상이 공로화물운송에 국한된 것이어서 철도, 항공, 해운 등 타수단에 대한 영향을 반영하지 못하고 있다는 것이다. 따라서 수단별 특성변수를 추가하여 화물운송 특성을 연구한다면 더욱 발전된 연구가 될 것으로 판단된다. 다음으로 운송시장의 특성상 장·단기 조정과 효율성 재고전략이 입체적으로 검토되어야 하나 가용자료의 한계상 제한된 범위의 분석에 그쳤다는 점이다. 따라서 시계열자료가 구비된다면 시차(lagged)변수를 활용한 더욱 정확한 모형의 개발이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 류재영, "디지털경제시대의 물류산업발전방안-국내 화물운송체계의 문제점과 개선방안을 중심으로", 교통학회학술발표회논문집, 2000.
2. 박남규, "화물운송시장의 진입규제 완화를 보면서", 교통신문 3411호, 2001.
3. 신동선, "화물자동차 공차운행 감소를 위한 전략방

- 안”, 교통개발연구원, 1999
4. 이강대, “지역간 화물발생예측모형 개발에 관한 연구”, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문, 2000.
 5. 교통개발연구원, “화물유통체계 합리화 방안 연구”, 1990.
 6. 교통개발연구원, “제 1차 전국 물류현황 조사”, 1997.
 7. 통계청, “운수통신통계조사보고서”, 1999.
 8. Damodar N. Gujarati, “Basic Econometrics”, McGraw-Hill(3rd), 1995.
 9. Green W. H, “Econometric Analysis”, 4th edition, 2000.
 10. Gaudry M., “A Study of Aggregate Bi-Modal Urban Travel Supply, Demand and Network Behavior Using Simultaneous Equations with Autoregressive Residuals”, Transportation Res. -B, Vol. 14, pp.29~58, 1980.
 11. Voith R., “The Long - Run Elasticity for Demand for Commuter Rail Transportation”, Journal of Urban Economics, Vol. 30, pp. 360~372, 1991.
 12. Zhong - Ren Peng, K. J. Dueker, J. Strathman, “A Simultaneous Route -Level Transportation”, Vol. 24, pp. 159~181, 1997.
 13. Hai Yang, Yang Wing Lau, Sze Chun Wong & Hong Kam Lo, “A macroscopic taxis model for passenger demand, taxi utilization and level of services”, Transportation, Vol. 27, pp.317~340, 2000.

✉ 주 작 성 자 : 장수은

✉ 논문투고일 : 2001. 2. 6

논문심사일 : 2001. 3. 12 (1차)

2001. 5. 3 (2차)

2001. 5. 23 (3차)

2001. 6. 7 (4차)

2001. 7. 13 (5차)

2001. 8. 7 (6차)

심사관정일 : 2001. 8. 7