

수도권의 사업체 규모에 따른 화물발생 예측 방법론 연구

박상철* · 최창호**

*부산·진해경제자유구역청, **여수대학교 교통물류시스템공학부 교수

A Study on the Method of Freight Generation Estimation according to Company Size in Seoul Metropolitan Area

Sang-Chul Park* · Chang-Ho Choi**

*Busan-Jinhae Free Economic Zone Authority, Busan 618-270, Korea

**Division of Transportation and Logistics System Engineering, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

요 약 : 화물발생 예측을 위해 주로 이용된 방법은 교통존을 중심으로 한 공간단위의 접근기법이다. 또한 연구사례에 따라 물동량 전수화 방법에 차이가 있고 모형에 포함된 변수가 다른 경우가 많아 일관된 화물발생 예측에 어려움이 있다. 본 연구에서 시도한 물동량 단위 예측기법은 개별 사업체를 대상으로 유출·입하는 화물 물동량과 종업원수, 매출액, 연면적, 부지면적 등 사업체의 특성을 이용하여 사업체 단위로 화물발생을 예측하는 것으로 공간단위 접근기법보다 간편하고 다른 지역에 적용이 가능한 장점이 있다. 연구의 대상은 수도권에 소재한 사업체이며 매출액을 설명변수로 선정하여 회귀식을 추정하고 모형의 적합성을 검증하였다. 회귀모형의 형태는 지수형으로 매출액이 증가함에 따라 화물발생의 규모도 커지는 특징을 갖는다. 본 연구는 교통 존 단위가 아닌 사업체 단위로 화물발생을 예측하는 보다 미시적인 연구방법을 개발함에 의의가 있다.

핵심용어 : 화물발생, 사업체단위, 물류조사, 지수형 회귀모형

Abstract : In Korea, freight generation models developed in Korea were estimated by spatial unit method which predict freight flow by traffic zone. But it is difficult to predict freight generation using these models, because there are the difference of the totality method of sampling data on freight volume and the variability of the variables by these models on each case study. This study developed new estimation model to predict freight flow which is generated from each company using the characteristics of each company such as the freight outbound & inbound volume, the number of employee, sales, gross area, land area. This model is simpler than the that of spatial unit and can apply to the other region. The subjects of study were companies in metropolitan area and types of model were exponential regression models. The adequate explanatory variable in the models were sales. this study have a uniqueness apply micro research method to estimate freight generation not use spatial unit method but use flow unit method by each company unit.

Key words : Freight generation, Company size, Goods movement survey, Exponential regression model

1. 서 론

서울시를 포함하여 수도권에서 발생하는 공로화물 물동량은 연간 발생 507,985천톤, 도착 518,903천톤으로 전국 물동량 1,343,033천톤의 38%정도를 차지하고 있다. 또한 수도권 발생 물동량의 32% 정도가 서울시내로 유출입 되고 있다(교통개발연구원, 2003).

서울시와 같은 거대도시의 화물발생은 도시관리의 측면에서 관심이 커지고 있는데 이는 화물발생에 따른 화물차의 통행이 도시교통을 비롯하여 도시민의 생활에 커다란 영향을 미치기 때문이다. 따라서 도시로 유출입되는 화물의 발생량을 정확하게 추계하고 그에 따른 도시관리 방안을 마련하는 것이 중요하다. 서울시를 비롯한 수도권의 화물발생량을 추계하기 위한 조사는 교통개발연구원에서 1996년, 1998년, 2001년에 이

루어졌다. 1996년과 2001년의 조사는 전국물류현황과악을 위한 건설교통부 주관의 조사이며, 1998년도의 조사는 서울시 도시물류정비계획 수립을 위한 조사이다. 이들 조사는 각각 1년 이상의 조사기간과 상당한 규모의 조사비가 소요되었다. 이와 같은 대규모 조사를 통한 화물 발생량의 추계도 필요하지만 현실적인 측면에서 보면 개략적인 추계방법을 개발하여 정책개발의 사안별로 적용하는 방안을 강구할 필요성이 있다.

본 연구는 개별 사업체가 유발하는 화물 물동량을 추정하는 물동량 단위(flow unit) 예측기법을 이용하여 화물발생량을 개략적으로 추계하는 모형을 개발하였다. 연구방법은 수도권에 소재한 사업체를 대상으로 조사된 화물발생량 자료와 각 사업체별로 사업체의 규모를 나타내는 종업원수, 매출액, 연면적, 부지면적 등을 설명변수로 고려하여 적합한 설명변수와 모형형태를 선정하였다. 그리고 이를 이용하여 화물발생 예측

* 대표저자 : 박상철(정회원), scpark@bjfez.net 051)979-5352

** 정회원, jc1214@yosu.ac.kr 061)659-3344

모형을 추정하였다.

2. 화물발생 예측 방법 및 선행연구 검토

2.1 화물발생 예측 방법

대도시권의 화물수요 예측은 공간적 특성에 따라 트럭 중심으로 예측되며, 예측방법은 화물기반모형(commodity based models)과 트럭통행기반모형(truck trip based models)으로 구분된다. 화물기반모형은 여객교통 수요예측 방법과 유사한 절차로 장래의 사회경제 지표를 예측하고 그에 따라 화물발생 모형을 추정하며, 다음으로 화물분포와 운송수단 선택 단계를 거쳐 최종 운송수단별 통행배정으로 이어진다. 이에 비해 트럭통행기반모형은 트럭통행량을 직접 예측하는 방법으로 운송수단 선택 단계가 필요하지 않다.

두 가지 예측방법에서 화물발생은 수요예측 과정의 첫 번째 단계로 이후의 모든 단계에 영향을 미치는 중요한 부분을 차지한다. 화물발생은 대상지역을 교통 존(zone)으로 구분하여 화물 물동량을 추정하는 공간 단위(spatial unit) 예측기법과 개별 사업체가 유발하는 화물(goods)의 규모를 추정하는 물동량 단위(flow unit) 예측기법으로 구분된다. 물동량 단위 예측기법은 공간단위 예측기법에 비해 세밀한 방법이다. 두 방법은 연구의 진행절차도 다르다. 공간단위 예측기법은 처음부터 교통 존이란 공간을 설정하여 물동량 유발시설을 표본조사하고 전수화를 통하여 화물 물동량을 집계한 후 화물발생과 관련 있는 인구수, 종업원수, GRP 등의 설명변수와 회귀시켜 장래 화물발생을 예측하는 것으로 모든 절차가 교통 존 내부에서 이루어진다. 이에 비하여 물동량 단위 예측기법은 물동량 유발시설을 조사하는 방법은 같으나 교통 존을 설정하지 않는다. 개별 사업체를 대상으로 유출·입하는 화물 물동량과 종업원수, 매출액, 연면적, 부지면적 등 사업체의 특성을 조사한 후에 이를 이용하여 사업체가 유발하는 화물 발생량을 예측한다.

따라서, 물동량 단위 화물발생 예측모형은 연구 목적에 따라 제조업, 도매업, 소매업 등 산업별로 추정하거나 또는 사업체의 규모를 분류하는 기준에 따라 대기업, 중기업, 소기업 등 다양한 형태로 추정할 수 있다. 또한, 한 지역의 사업체를 대상으로 화물발생 예측모형이 개발되면 유사한 성격을 갖는 다른 도시나 지역에도 적용할 수 있으며 공간단위 예측방법에서 어려움으로 제기되는 공간의 설정과 전수화 작업 등을 하지 않는 장점이 있다.

2.2 연구 검토 및 시사점

지금까지 우리나라는 화물발생 예측은 공간단위 예측기법을 주로 사용해왔다. 이 기법은 표본 사업체를 선정하여 유출·입하는 화물 물동량을 조사하고 이를 관련 통계자료와 사회경제지표 등을 기준으로 전수화하여 존별 화물 발생량을 예측하는 것으로 예측모형은 회귀모형이 주로 사용되었다. 그렇기

만 공간단위 예측기법은 회귀모형의 추정 과정에서 표본조사나 전수화 과정에서 고려되지 않은 인구수, GRP(지역총생산) 등을 설명변수로 채택하여 종속변수인 화물 물동량과 설명변수 사이의 일관성 유지가 부족하고 모형의 설명력도 낮게 나타나는 문제점이 지적되고 있다. 또한 연구기관별로 표본조사의 전수화 방법이 다르고 동일한 교통 존을 대상으로 추정된 회귀모형에서 서로 다른 설명변수가 포함되는 경우가 많아 일관된 화물발생 예측에 어려움이 있다.

화물발생을 예측한 연구사례는 여객교통에 비하여 많지는 않으나 앞서 정리한 두 가지 화물발생 예측 기법으로 정리하면 외국의 경우는 공간단위 예측기법과 물동량 단위 예측기법이 공존하는 추세이고 국내는 공간단위 예측기법이 중심이 됨을 알 수 있다. 외국에서 공간 단위로 물동량을 예측한 사례는 Odgen(1977), FHWA(1996) 등이 있다. 이들 연구는 존 단위 자료를 이용하여 존별 트럭통행 발생량을 예측하였고, 다중회귀모형을 이용하여 존별 화물발생을 예측하였다. 모형에 고려된 설명변수는 인구수, 가구수, 종업원수 등이다. 물동량 단위로 예측한 사례는 사업체가 발생시키는 화물 물동량을 예측한 사례와 사업체로 유출·입하는 트럭 통행량을 예측한 사례로 구분된다. 화물 물동량을 예측한 사례는 Watson(1975), FHWA(1996) 등이 있다. Watson(1975)은 시카고 소재 12개 사업체의 유출·입 물동량과 종업원수, 연상면적을 이용하여 화물발생예측모형을 개발하였는데 연상면적을 설명변수로 하는 단순회귀모형이 가장 적합하다고 제시하였다. FHWA(1996)도 종업원수와 연상면적을 이용하여 미국의 도시별 및 지역별 사업체의 화물 물동량을 예측하는 회귀모형을 추정하였다. 회귀모형의 형태는 Watson(1975)과 같이 단순회귀모형이다. 트럭 통행 발생을 예측한 연구는 Meyberg와 Stogher(1974), Noortman(1984), Odgen(1991) 등이 있으며 종업원수 또는 연상면적을 이용한 단순회귀모형을 추정하였다. 외국의 선행 연구사례를 살펴보면 공간 단위로 화물발생을 예측한 경우에는 단순회귀모형 또는 다중회귀모형이 사용되었고 물동량 단위로 화물발생을 예측한 경우에는 단순회귀모형이 주로 사용되었다. 이는 설명변수 사이에 작용하는 다중공선성 때문으로 해석되는데 공간 단위일 경우는 교통 존 내의 전체 물동량과 존에 포함된 인구수, 가구수, 종업원수, 상근자수 등의 총량을 회귀시키기 때문에 다중공선관계가 성립되지 않는 2~3개 자료가 설명변수로 채택될 수 있는 반면에 물동량 단위로 화물발생을 예측할 경우에는 사업체별 자료가 적용되어 종업원수, 매출액, 연상면적, 부지면적 등 사업체의 특성을 나타내는 자료간의 상관관계가 높게 나타나기 때문으로 해석된다.

국내의 연구사례로는 교통개발연구원(1997, 1998, 2003)이 물류현황조사를 수행하는 과정에서 제시하였다. 공간단위 예측기법을 이용하여 시, 구, 군 단위로 자료를 정리하고 수도권, 광역권 또는 전국 단위로 화물발생 예측모형을 추정하였다. 모형의 형태는 지수형 단순회귀모형 또는 지수형 다중회귀모형이다. 이는 통행배정을 목표로 하는 O/D를 작성하는데

주안점을 두었기 때문으로 해석된다. 최근의 연구로 교통개발 연구원(2003)이 수도권을 대상으로 화물품목을 7개 집단으로 묶어 화물발생 예측모형을 추정한 사례를 살펴보면, 경공업품과 광산품은 매출액, 금속공업품은 종업원수를, 농수임산품은 인구수, 그리고 기타품목은 GRP(지역총생산)를 설명변수로 하는 단순회귀모형을 추정하였으며 잡공업품은 인구수와 종업원수, 화학공업품은 인구수, 매출액, GRP를 설명변수로 하는 다중회귀모형을 추정하였다. 물동량의 전수화와 모형추정을 사업체를 중심으로 하였기 때문에 결국 모형에서 채택된 설명변수도 사업체의 특성을 대변하는 매출액과 종업원수가 가장 많다고 평가된다.

이에 따라 그동안 우리나라에서 예측한 화물발생모형은 존내부에서 사업체별로 유발하는 화물 발생량을 알 수가 없으며 산업이나 화물 품목별로 모형에 적용된 설명변수가 모두 달라 정형화할 수 없다. 또한 화물발생모형이 제조업 중심으로 추정되어 존 내에 다수 포함되었고 물동량 유발이 큰 도매업과 소매업에 대한 고려가 부족하다. 이외 연구로서 정수정(1988), 이강대(2000) 등이 있으며 교통 존을 구분하여 존별 화물발생을 예측하는 단순회귀모형 또는 다중회귀모형을 개발한 사례가 있다. 모형의 형태는 대부분 지수형 회귀모형이다. 지금까지의 국내 연구는 통행배정을 목표로 하는 기·중점표(O/D)를 작성하고자 존 단위 물동량을 예측하는데 주안점을 두었다. 따라서 사업체 단위에서 발생시키는 화물 물동량을 예측하는 연구는 미진하다고 평가된다.

3. 연구자료 분석

3.1 연구자료 구성

연구에 사용된 자료는 1998년에 교통개발연구원에서 수행한 서울시 물류조사 및 물류종합계획수립 연구에서 조사된 자료이다. 자료의 구성은 사업체별로 종업원수, 매출액, 생산품목 또는 취급품목, 연상면적, 부지면적 등 화물발생과 관련된 대부분의 항목이 포함되었다.

본 연구는 국내·외 선행연구에 대한 조사에서 화물발생과 관련이 높다고 입증된 종업원수, 매출액, 연상면적, 부지면적 등 네 가지 자료를 사업체별로 정리하였다. 당초 6,365개 사업체의 자료가 조사되었으며, 사업체별 구성은 제조업 2,410업체, 도매업 1,933업체, 소매업 1,570업체, 광공업 69업체, 기타 58업체 등이다. 이 중에서 광공업과 기타의 업체는 대부분 수도권 외곽지역에 입지하여 도시화물 발생과 관련이 적은 것으로 본 연구의 대상에서 제외하였다. 이에 따라 제조업, 도매업, 소매업의 5,913개 사업체 자료가 사용되었다.

3.2 연구자료의 특징

Table 1에 정리한 연구자료의 특징은 분산이 매우 크다는 것이다. 그리고 평균과 중앙값의 차이도 커서 특정 범위에 포함된 사업체가 차지하는 비중이 큼을 알 수 있다. 이는 물동량

에서 두드러지는데 최소 0.5톤/년에서 최대 7,603천톤/년까지 편차가 매우 크며 평균이 3/4분위보다 높아 소수의 사업체가 유발하는 대규모 물동량이 평균값에 미치는 영향이 크다는 것을 유추할 수 있다. 종업원수, 매출액, 연상면적, 부지면적 모두 같은 결과를 보이고 있다. 또한 연상면적과 부지면적의 비교로부터 다수의 사업체가 부지면적보다 건물의 연상면적이 넓은 입체형 사업장을 보유하고 있음을 알 수 있다.

Table 1 Characteristics and contents of the study data

구분	물동량 (톤/년)	종업원수 (인)	매출액 (백만원/년)	연상면적 (㎡)	부지면적 (㎡)
최소값	0.5	1.0	0.54	1.7	3.3
중앙값	194.0	8.0	675.0	594.0	214.5
최대값	7,603,200	800.0	860,000.0	181,500	102,983.1
사분위	1/4	48.0	5.0	250.0	106.0
	3/4	850.0	16.0	2,000.0	558.0
평균	6,958.7	15.3	3,559.5	2,225.1	767.1
표준편차	147,995.8	28.0	25,108.9	9,447.3	3,114.6

Fig. 1은 사업체를 연구자료의 크기에 따라 정렬한 후에 분포로 나타낸 것이다. 모든 연구자료에서 대부분의 사업체가 90~95%이하에 분포하며, 그 이상에 분포하는 사업체는 매우 큰 값을 갖고 있다. 따라서 Fig. 1에 정리한 바와 같이 일부 사업체의 자료가 평균값에 커다란 영향을 미치고 있음이 증명되었으며, 화물발생 예측모형의 개발 과정에서도 이와 같은 특성이 고려될 필요가 있다.

이와 같은 사업체 분포특성은 연구자료간의 상관관계에서도 나타났다. 상관분석 결과 모든 연구자료가 95% 유의수준에서 강한 양(+)의 선형관계를 보였다. 연구자료별로 살펴보면 종업원수는 매출액 및 부지면적과 상관도가 높으며 매출액은 종업원수와 부지면적, 그리고 연상면적은 부지면적과 상관도가 높다. 이에 따라 다중회귀모형을 추정할 경우에는 설명변수간의 다중공선성 문제가 발생할 가능성이 있는 것으로 평가된다.

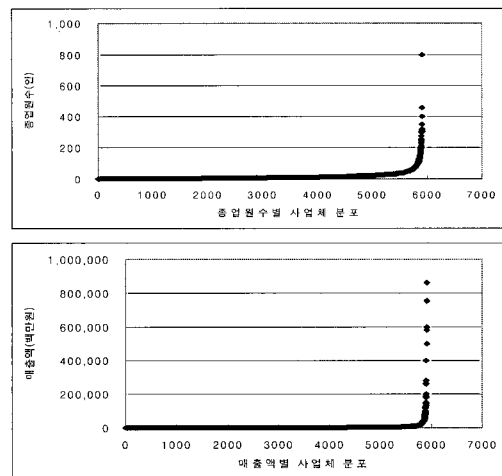


Fig. 1 Distribution by each company of the study data

4. 모형 및 변수 형태 결정 과정

4.1 연구자료의 모형추정 적합성 검토

Table 1 및 Fig. 1에 나타난 결과, 조사된 원시자료를 이용하여 화물발생모형을 예측하는 것은 쉽지 않은 것으로 평가된다. 이는 자료의 분산이 크고 관측값이 특정 범위에 다수 분포하여 회귀식의 구성이 어렵기 때문이다.

이를 검증하기 위해 Table 2와 같이 네 가지 연구자료를 단독으로 또는 조합하여 회귀모형을 추정하였다.

Table 2 Result on estimation model of the freight generation using raw data by each company

모형	구분	모형 적용 설명변수				결정계수(R^2)/조정 결정계수($\overline{R^2}$)			
		종업원수	매출액	연상면적	부지면적	직선형	지수형	대수형	제곱근형
단순회귀모형	A	◎				0.0003/0.0001	0.0925/0.0924	0.0006/0.0004	0.0006/0.0004
	B		◎			0.0027/0.0025	0.1857/0.1856	0.0045/0.0044	0.0081/0.0079
	C			◎		- / -	0.0201/0.0199	0.0002/-	0.0001/-
	D				◎	0.0006/0.0004	0.1371/0.1369	0.0002/-	0.0007/0.0006
다중회귀모형	E	◎	◎	◎	◎	0.0029/0.0022	0.2501/0.2496	0.0047/0.0041	0.0085/0.0078
	F	◎	◎	◎		0.0026/0.0021	0.1953/0.1949	0.0047/0.0042	0.0084/0.0079
	G	◎	◎			0.0027/0.0023	0.1953/0.1951	0.0047/0.0043	0.0084/0.0081
	H	◎		◎		0.0003/-	0.0940/0.0936	0.0006/0.0003	0.0006/0.0003
	I	◎			◎	0.0007/0.0004	0.1540/0.1537	0.0006/0.0002	0.0009/0.0006
	J		◎	◎	◎	0.0029/0.0023	0.2500/0.2496	0.0046/0.0041	0.0081/0.0076
	K		◎	◎		0.0027/0.0023	0.1862/0.1859	0.0045/0.0042	0.0081/0.0078
	L		◎		◎	0.0029/0.0026	0.2392/0.2389	0.0046/0.0043	0.0080/0.0077
	M			◎	◎	0.0005/0.0002	0.1413/0.1410	0.0003/-	0.0008/0.0004

주 : - 표시는 회귀식 구성이 되지 않은 경우임.

회귀모형의 추정 결과 모든 형태의 모형이 통계적으로 의미 있는 설명력을 갖지 못하였다. 이는 사업체 단위의 자료가 갖는 한계로 평가된다. 다만, 모형의 형태는 지수형이 보다 적합한 형태로 평가되며, 설명변수가 많을수록 모형의 설명력이 높은 것은 다중공선관계가 존재할 수 있음을 보인다. 모형의 설명변수로 매출액과 부지면적이 다른 설명변수가 적용될 경우보다 설명력이 증가하며 그 중에서도 매출액이 다소 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 지금까지 국내에서 추정된 화물발생모형은 준 단위로 총량값을 적용하였기 때문에 관측점이 많지 않고 관측점도 비교적 균일하게 분포하기 때문에 설명력 있는 회귀모형의 예측이 가능했다. Watson(1975)의 연구에서 연상면적을 단일변수로 적용한 회귀모형의 결정계수가 높게 나타난 것은 관측점의 수와 상당한 영향이 있을 것으로 유추된다. 이로 볼 때 본 연구에서 의도하는 사업체 단위의 화물발

생모형을 예측하기 위해서는 자료구성을 다시 할 필요성이 제기되었다. 즉, 자료를 사업체의 규모에 따라 집산화시켜 모형을 추정하거나 또는 산포된 자료가 일정 범주 안에서 평균값을 갖도록 정규화 시키는 방법이 고려되어야 한다.

4.2 연구자료의 사업체 규모 분류에 따른 모형추정 및 평가

사업체 규모의 구분은 통상적으로 기업규모 분류기준을 적용하는데 종업원수를 기준으로 소기업(50인 이하), 중기업(50인 초과~300인 미만), 대기업(300인 이상)으로 분류한다. 다른 방법으로 군집분석 또는 관측자료의 변곡점을 찾아 구분하거나 사분위에 따라 구분하는 방법을 검토하였으나 자료 분포 특성으로 적용이 어려웠다.

기업규모에 따른 비교모형은 연구자료간의 다중공선관계가 없도록 Table 2중에서 A, B, C, D 형태를 추정하였고 다중공선 관계를 감안한 E형태를 추정하여 비교하였다. 모형추정 결과 모형의 설명력은 대부분 낮게 나타났다. 또한 기업규모가 커질수록 모형의 설명력이 증가하는데 이는 자료수가 적어질수록 모형의 설명력이 개선되며 분산 정도가 모형에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다. 이는 관측 자료를 정규화 시키는 개념인 지수형의 설명력이 커지는 이유로 설명된다.

모형의 형태는 Table 3과 마찬가지로 지수형의 설명력이 우수하고 매출액을 설명변수로 적용할 경우가 가장 적절하며 대기업에서는 부지면적도 설명력 있는 변수로 부상하지만 관측자료가 작아 유의성은 없다.

Table 3 Result on estimation model of the freight generation by each company size

구분 (자료수)	모형	설명변수				결정계수(R^2)/조정 결정계수($\overline{R^2}$)		
		종업원수	매출액	연상면적	부지면적	직선형	지수형	대수형
소기업 (5,676개)	A	◎				0.0003/0.0001	0.0762/0.0760	0.0003/0.0001
	B		◎			0.0028/0.0026	0.1655/0.1654	0.0038/0.0036
	C			◎		- / -	0.0110/0.0180	- / -
	D				◎	0.0001/ -	0.1139/0.1137	- / -
	E	◎	◎	◎	◎	0.0031/0.0024	0.2296/0.2290	0.0041/0.0034
중기업 (227개)	A	◎				0.0005/ -	0.0501/0.0407	0.0022/ -
	B		◎			0.0120/0.0082	0.2293/0.2263	0.0200/0.0162
	C			◎		0.0040/0.0002	0.0555/0.0518	0.0021/ -
	D				◎	0.0098/0.0059	0.2120/0.2089	0.0182/0.0144
	E	◎	◎	◎	◎	0.0184/0.0030	0.3385/0.3281	0.0316/0.0164
대기업 (10개)	A	◎				0.0010/ -	0.0055/ -	0.0001/ -
	B		◎			0.0051/ -	0.1406/0.0546	0.0430/ -
	C			◎		0.0031/ -	0.2176/0.1394	0.0663/ -
	D				◎	0.6745/0.6419	0.3914/0.3305	0.2274/0.2052
	E	◎	◎	◎	◎	0.7198/0.5597	0.5924/0.3596	0.4438/0.1250

즉, 조사자료를 어느 정도 수준으로 집단화시켜 평균값으로 분류해 내느냐가 중요한 의미를 갖는다.

4.3 연구자료의 정규화에 따른 모형추정 및 평가

연구자료를 집단화시켜 평균값으로 재분류하기 위한 기준은 모형에 적용되는 설명변수 자료이다. 이는 모형의 형태가 단순회귀모형으로 단일의 설명변수와 관계되기 때문이다. 따라서 설명변수 자료를 일정한 범주로 구분하여 평균값으로 변환하는 정규화 과정을 통하여 모형의 예측력을 증가시킬 수 있으며 일련의 시장분할 과정이다.

연구자료는 Table 4와 같이 전체 사업체수를 100%로 하여 개별 자료의 값이 낮은 순서부터 높은 순서로 각각 5%씩 분할하여 분할점에 해당하는 관측값과 상하 두 분할점간 평균값으로 정리하였다. Table 4를 보면 종업원수는 분할점간 평균값을 구하기가 어려운 한계가 있다. 종업원수 10인 이하의 사업체가 전체 사업체의 60%를 차지하기 때문이다. 따라서 종업원수를 기준으로 하는 연구자료의 분류에는 한계가 있다. 매출액은 비교적 일정한 간격을 지니고 구성비가 증가하고 있다. 연상면적도 구분이 가능하며, 부지면적은 구간별로 정형화된 특성이 나타나지 않는다.

다음으로 이와 같은 연구자료의 분포 형상이 화물 물동량 예측모형에 미치는 영향을 평가하고 집단화의 정도에 따른 결과를 평가해 보는 것이 필요하다. 즉 본 연구는 두 방법을 통하여 이 문제를 증명하려한다. 하나는 구성비의 분할점의 관측값으로 회귀모형을 추정하며 다른 하나는 분할점간 평균값으로 회귀모형을 추정하여 비교하였다. 회귀모형은 앞서 전체 자료에 대한 특성 및 모형결과 분석과 선행연구에서 가장 적절한 함수형태로 입증된 지수형 회귀모형의 형태로 추정하였다.

Table 4 Distribution of the study data by division based on the percentage of the company number

분할 기준 (%)	종업원수(인)		매출액(백만원)		연상면적(m ²)		부지면적(m ²)	
	분할점 관측값	분할점간 평균값	분할점 관측값	분할점간 평균값	분할점 관측값	분할점간 평균값	분할점 관측값	분할점간 평균값
5	3	2.2	63	37.1	66.0	37.3	33.0	24.5
10	4	3.3	100	89.6	99.0	83.4	52.8	43.6
15	5	4.0	150	122.1	148.5	125.9	69.3	64.2
20	5	5.0	200	177.1	198.0	173.1	92.4	81.6
25	5	5.0	250	215.9	247.5	216.0	99.0	98.6
30	5	5.0	300	283.8	297.0	274.9	132.0	116.8
35	6	5.6	360	322.6	339.9	327.1	148.5	133.9
40	6	6.0	450	403.4	396.0	384.1	165.0	159.3
45	7	6.9	500	495.0	495.0	455.1	198.0	176.7
50	8	7.5	675	589.4	594.0	526.3	214.5	201.0
55	9	8.6	800	745.4	660.0	636.9	264.0	236.8
60	10	9.8	1000	938.9	792.0	715.7	313.5	278.0
65	12	10.6	1200	1048.2	990.0	857.4	330.0	329.3
70	13	12.4	1500	1290.9	1089.0	1010.2	396.0	371.4
75	15	14.5	2000	1653.4	1320.0	1239.1	495.0	464.8
80	20	17.4	2400	2084.9	1650.0	1517.6	660.0	585.9
85	23	20.6	3000	2799.3	2310.0	1942.2	891.0	741.6
90	30	26.0	4800	3843.3	3300.0	2815.6	1320.0	1081.2
95	45	36.2	9600	6478.8	6930.0	4721.2	2640.0	1830.0

모형의 추정 결과 분할점의 관측값보다 분할점간 집단의 평균값으로 예측한 모형의 설명력이 높았다. 또한 자료의 속성으로 볼 때 당연한 결과이지만 사업체의 규모가 큰 95% 이상의 자료를 제외하였을 때의 예측력이 전체 자료를 사용한 예측력보다 우수하게 나타났다. 전체적으로 볼 때 매출액과 연상면적으로 추정한 모형의 설명력이 가장 우수하며 두 자료사이의 우열을 가리기는 어렵다.

Table 5 Result on estimation model of the freight generation according to division based on the percentage of the company number (coefficient of determination R²)

구분	분할 수준	종업원수		매출액		연상면적		부지면적	
		분할점 관측값	분할점간 평균값	분할점 관측값	분할점간 평균값	분할점 관측값	분할점간 평균값	분할점 관측값	분할점간 평균값
전체 자료	5% 단위	0.5912	0.7272	0.7582	0.8007	0.7617	0.8080	0.6951	0.7617
	10% 단위	0.6071	0.7546	0.7825	0.8091	0.7744	0.8161	0.6972	0.7847
95% 이상 자료 제외	5% 단위	0.7456	0.8282	0.8671	0.9140	0.8658	0.9248	0.8338	0.8872
	10% 단위	0.7669	0.8869	0.9282	0.9547	0.9238	0.9618	0.8755	0.9329

그러나 Fig. 2에 나타난 두 자료간의 사업체 분포 특성이 유사하고 앞서 전체자료의 예측력 비교에서도 매출액이 예측력이 우수하며, 매출액이 사업체의 규모를 대표하는 지표임을 고려할 때 화물발생 예측모형을 추정하기 위해서는 매출액이 적합한 설명변수라고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 화물발생 예측모형을 추정하기 위해 매출액을 기준으로 사업체를 분할하고 정규화 과정을 수행하였다.

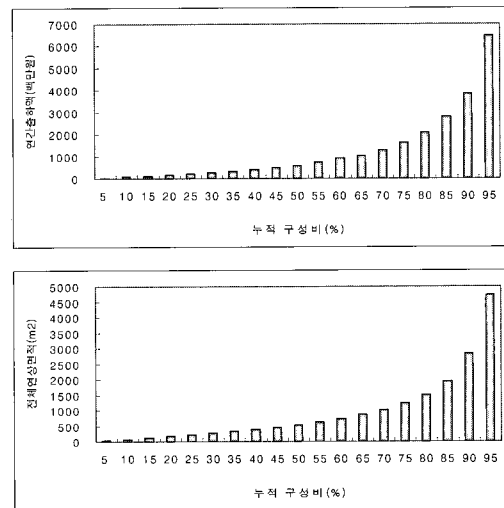


Fig. 2 Comparison with mean distributions on the division groups of sales and gross area

4. 모형 및 변수 형태 결정

사업체의 분산을 정규화 시키는 방법으로 매출액을 이용한 분류기준이 가장 적절하다고 평가하였다. 동일한 방법으로 매

출액의 백분율을 기준으로 사업체를 분할하여 화물발생 모형을 예측할 경우에도 적절한 예측력의 확보가 필요하다. 즉, 화물 물동량의 발생과 매출액 사이의 관련이 높기 때문에 매출액의 구성비를 이용한 분류 기준이 보다 적합하다는 판단이다. 이에 본 연구는 전체 사업체를 매출액의 크기에 따라 5% 구성비 단위로 다시 분할하여 회귀모형을 추정하였다. 모형의 추정 결과는 Table 6과 같이 일정 수준 이상의 예측력을 확보하였다. Table 6을 보면 지수형 회귀모형이 가장 적절한 형태이며 설명력도 높게 나타났다. 종업원수와 연상면적, 부지면적을 설명변수로 예측한 회귀모형도 매출액을 기준으로 분류한 값을 적용한 것으로 일정 수준의 설명력을 보임에 따라 매출액을 기준으로 하는 시장분할의 유의성이 평가된다. 이로써 앞서 자료간의 상관관계 등을 고려할 때 매출액을 단일 설명변수로 적용하는 것이 바람직하다고 평가된다.

Table 6 Result on estimation model of the freight generation according to division of based on sales and dependent variable (coefficient of determination R^2 /cotrolcoefficient of determination $\overline{R^2}$)

모형 형태	개별 설명변수 적용				전체 설명변수 적용
	종업원수	매출액	연상면적	부지면적	
직선형	0.5254/0.4769	0.7584/0.7449	0.6146/0.6040	0.5682/0.5275	0.8258/0.7871
지수형	0.7327/0.6956	0.9275/0.9234	0.5739/0.5336	0.6443/0.5967	0.9409/0.9251
대수형	0.6610/0.6144	0.6333/0.6130	0.5415/0.5011	0.5686/0.5169	0.6888/0.6419

5. 화물발생 예측모형 추정

5.1 화물발생 예측모형의 추정 및 평가

앞서 모형의 형태와 설명변수의 선정 과정에서 대도시권 사업체 단위의 화물 발생량을 예측하기 위해서는 매출액을 설명변수로 하는 지수형 단순회귀모형이 가장 적합한 형태임을 밝혔다. 그리고 이를 토대로 Table 7에 정리한 사업체의 규모별 화물발생 예측모형을 추정하였다. 모형의 추정을 위해 매출액을 기준으로 사업체를 다시 세분화하고 세분화한 집단별로 평균값을 구하였다. 통계적으로 안정된 수준의 관측점을 확보하기 위해서다. 예컨대 매출액이 5억원 이하인 집단의 경우 매출액이 1억원 이하는 5백만원 단위로 사업체를 묶어 평균값을 구하고 1억원을 초과하는 경우는 1천만원 단위로 사업체를 묶어 평균값을 구하였다. 이에 따라 전체 5,913개의 사업체 자료가 분할구간을 대표하는 평균값을 갖는 264개의 관측점으로 정규화 되었다. 전체 264개 관측점에 대한 모형 추정 결과 결정계수(R^2)가 0.93으로 통계적으로 매우 유의한 설명력을 확보하였다. 그리고 분할된 집단별로 예측한 모형에서도 5억원 초과~10억원 이하와 100억원 초과~300억원 이하에서 설명력이 다소 낮으나 대체적으로 통계적으로 유의한 예측력이 확보되었다고 평가된다.

5.2 모형의 단순화 검토

Table 7은 사업체의 매출액 규모를 세분하여 추정된 모형으로 실무 적용을 위해서는 보다 단순화된 모형이 필요하다. 또한 Fig. 1을 볼 때 매출액이 큰 사업체가 분포하는 일부 구간에 관측점의 수가 적어 통계적으로 불안정한 결과가 나타날 수도 있다. 따라서 본 연구는 물동량의 구성비를 기준으로 모형의 수를 줄여 상용하기 쉽도록 하였다.

전체 264개 관측점에 대한 회귀모형의 추정 결과 결정계수(R^2)가 0.93으로 통계적으로 매우 유의한 설명력을 확보하였다.

사업체의 매출액 규모별로 모형을 추정하기 위한 분할기준은 사업체수가 전체의 45.2%로 절반 정도를 구성하며 전체 물동량의 10%정도를 차지하는 5억원과 전체 사업체수의 91.3%와 전체 물동량의 50%정도를 차지하는 50억원, 그리고 전체 사업체수의 95.8%가 속하고 물동량의 60%정도를 차지하는 100억원을 기준으로 하였다. 이로써 모든 모형의 관측점도 통계적으로 안정된 수준으로 확보되었다. 또한 모형의 추정결과에서도 설명력을 나타내는 결정계수(R^2)가 모두 0.8 이상이며 개별 설명변수의 t 값도 모두 통계적으로 유의한 수준에 포함되었다.

Table 7 Estimation Result on regression model by sales division(R^2)

매출액 (백만원)	분할기준 (백만원)	관측점수 (개)	사업체수 (개)	물동량 구성비 (%)	화물발생예측모형(회귀식)			
					절편(t값)	기울기 (t값)	결정계수 (R^2)	
500이하	1억원이하 5 1억원초과	10	60	2,672	8.5	-3.0883 (-2.4053)	0.4853 (7.2102)	0.8813
500초과 ~ 1,000이하	10	50	1,068	7.3	-0.0165 (-1.0037)	0.3399 (2.5684)	0.6808	
1,000초과 ~ 2,000이하	20	50	893	12.9	-39.7943 (-8.5888)	2.2622 (10.2587)	0.9722	
2,000초과 ~ 5,000이하	100	30	766	22.7	-42.7819 (-18.6335)	2.3383 (22.2354)	0.9919	
5,000초과 ~ 10,000이하	200	25	268	9.5	16.2486 (2.0474)	-0.3353 (-1.4927)	0.7748	
10,000초과 ~ 30,000이하	1,000	20	162	7.0	2.1169 (1.5540)	0.2837 (2.7510)	0.7054	
30,000초과 ~ 100,000이하	5,000	14	57	9.3	-36.8745 (-5.1569)	1.9047 (6.5474)	0.9345	
100,000초과	10,000	15	27	22.8	-8.3894 (-1.1589)	0.7615 (2.7074)	0.8799	
전 체	-	264	5,913	100.0	-7.0556 (-11.2417)	0.6936 (24.1267)	0.9372	

6. 결 론

본 연구는 사업체 단위로 화물의 움직임에 제약을 하는 물동량 단위 예측모형을 개발하여 화물 발생량을 추정할 수 있는 미시적인 연구방법을 제시하였다. 연구 과정에서 나타난 주요한 특징과 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 교통 존을 분할하여 물동량을 예측하는 공간 단위 접근기법은 설명변수로 사업체와 관련이 적은 인구수, GRP 등 다른 자료를 적용할 수 있기 때문에 모형의 추정이 비교적 용이하다. 반면에 개별 사업체 단위로 물동량을 예측하는 물동량 단위 예측방법은 사업체에 해당하는 자료만을 사용하기 때

참고 문헌

문에 자료의 분산이 커서 자료의 변환이 없는 원시자료의 형태로 모형을 추정하기가 어렵다. 따라서 적절한 범주와 기준에 따라 자료를 평균화시키는 정규화 과정이 필요하다.

둘째, 사업체를 대상으로 조사된 종업원수, 매출액, 부지면적, 연상면적 등은 자료간의 다중공선관계가 매우 높아 다중회귀모형 보다는 단순회귀모형의 형태가 적합하다. 본 연구에서는 매출액이 사업체의 화물 발생과 가장 관계가 높은 적절한 설명변수로 선정되었다.

셋째, 물동량 예측 모형의 형태는 지수형 회귀모형이 바람직하다. 우리나라의 선형 연구들과 일치되는 부분이다. 이는 우리나라 사업체의 분포가 소기업의 구성이 높고 중기업이나 대기업의 구성이 적은 반면에 화물 물동량의 발생은 대기업이 중·소기업에 비해 더욱 큰 이유로 해석된다.

넷째, 보다 세밀한 연구를 위해서는 사업체의 규모에 따라 적절한 개수의 모형을 추정하여 물동량을 예측하는 것이 바람직하다.

Table 8 Result on estimation model of the freight generation by each company unit

물동량 분할 기준 (실제값)	매출액 (백만원)	관측점 수(개)	사업체수/ 구성비 (개, %)	화물발생예측모형(회귀식)		
				절편(t값)	기울기(t값)	결정계수 (R^2)
10% 이하	500 이하	60	2,672 / 45.2	-3.0884 (-2.4053)	0.4853 (7.2102)	0.8813
10% 초과~ 50% 이하	500 초과~ 5,000 이하	130	2,727 / 46.1	-13.1371 (-5.5586)	0.9854 (8.8343)	0.8387
50% 이하	5,000 이하	190	5,399 / 91.3	-8.1766 (-7.2077)	0.7513 (13.5131)	0.8881
50% 초과	5,000 초과	74	514 / 8.7	-9.9922 (-4.6391)	0.8131 (9.0196)	0.8531
60% 이하	10,000 이하	215	5,667 / 95.8	-7.2080 (-8.0553)	0.7025 (16.3721)	0.9023
60% 초과	10,000 초과	49	246 / 4.2	-15.5858 (-6.1008)	1.0377 (9.9319)	0.9163
전체	-	264	5,913 / 100.0	-7.0556 (-11.2417)	0.6936 (24.1267)	0.9372

본 연구는 수도권의 물류현황조사 자료를 대상으로 교통 준단위의 화물발생 예측이 아닌 사업체 단위의 화물발생 예측모형을 추정하고 모형의 적합성과 실용성을 평가하는데 주안점을 두었다. 본 연구에서 제안한 방법론에 따라서 5년마다 전국단위로 수행되는 물류현황조사 자료로 보완하면 보다 최신의 화물발생 예측모형이 정산될 수 있다. 또한 향후 수도권 이외 지역의 조사자료가 구비되면 지역별 사업체 단위의 화물발생 모형도 예측하여 서로 비교하는 연구도 필요하다.

[1] 교통개발연구원(1997), 제1차 전국물류현황조사 보고서
 [2] 교통개발연구원(1998), 물류조사 및 물류종합계획수립 구상, 서울특별시
 [3] 교통개발연구원(2003), 2002년 전국교통D/B 구축사업 물류현황조사 보고서
 [4] 안승범, 김의준(2001), 지역간 화물수송수요 예측모형 정립, -화물발생 및 배분모형을 중심으로-, 교통개발연구원
 [5] 이강대(2000), 지역간 화물발생예측모형 개발에 관한 연구, 서울대 환경대학원 석사학위논문
 [6] 정수정(1988), 지역간 화물발생 예측모형의 개발, 서울대 환경대학원 석사학위논문
 [7] FHWA(1996), Quick Response Freight manual
 [8] Meyberg, A. H. and Stopher, P. R.(1974), "A Framework for the Analysis of Demand for Urban Goods Movement", Transportation Research Record 496, pp. 68~79
 [9] NCHRP(1995), "Characteristics and Changes in Freight transportation Demand"
 [10] Noortman, H. J.(1984), "Goods Distribution in Urban Area", Report of the 61st Round Table on transport economics, pp. 5~64
 [11] Odgen, K. W.(1977), "Modeling Urban Freight Generation", Traffic Engineering and Control, March 1977, pp. 106~109
 [12] Odgen, K. W.(1991), "Truck movement and Access in Urban Areas", ASCE Journal of Transport Engineering 117(1), pp. 72~91
 [13] Watson, P. L.(1977), "Urban Goods Movement, Lexington Press"

원고접수일 : 2005년 3월 21일
 원고채택일 : 2005년 5월 31일