

■ 論 文 ■

화물기반모형과 트럭통행기반모형의 통행거리분포 분석에 관한 연구

Analysis of Trip Length Distribution between Commodity-Based Model
and Truck Trip-Based Model in Seoul Metropolitan Area

권혁구

(교통개발연구원 연구원)

임홍상

(한양대학교 교통공학과 석사과정)

김건영

(한양대학교 교통공학과 박사과정)

강경우

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

목 차

- | | |
|---|---|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 화물수송수요 예측의 개요</p> <p>III. 통행거리분포함수의 이론</p> <p>IV. 통행거리분포함수의 도출</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 통행거리분포 함수 적합 모형 추정</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 전체 트럭통행거리에 대한 감마분포 추정</p> | <p>3. 화물통행에 대한 감마분포 추정</p> <p>4. 매개함수식의 도출</p> <p>V. 화물품목별 적용(서울시 사례)</p> <p>VI. 결론 및 향후 연구과제</p> <p>참고문헌</p> |
|---|---|

Key Words : 화물기반모형, 트럭통행기반모형, 통행거리분포, 중력모형, 감마분포

요 약

도시화물수요예측모형에는 화물기반모형과 트럭통행기반모형이 있는데 화물기반모형은 화물체계가 기본적으로 화물운송과 관계가 있다는 개념에 기초를 두고 있으며, 차량이 아닌 화물의 움직임을 주요 분석대상으로 삼고 있다. 반면에, 트럭통행기반모형은 집합화된 독립변수를 이용하여 각 존(Zone)에 유·출입하는 트럭의 통행을 분석하는 것이다. 본 연구의 목적은 트럭통행기반모형의 O-D 추정시 화물통행과 트럭통행 사이의 관계식을 산출하고 이를 설명할 수 있는 통행거리분포함수(Trip Length Distribution : TLD)를 추정함에 있다. 본 연구의 자료는 교통개발연구원에서 수행한 '서울시 물류조사 및 물류종합계획수립구상(1998)'의 화물 물동량 조사 자료를 이용하였으며, 이를 통해 통행거리분포에 따르는 화물 및 차량의 비율을 함수로서 나타내었다. 본 연구를 통하여 트럭통행기반모형에서 트럭통행거리분포를 이용하여 화물기반모형에서 도출할 수 있는 화물의 통행거리분포를 추정할 수 있었으며, 또한 각각의 통행거리분포는 감마분포를 이용하여 함수식으로 도출하고 상기한 두 가지 분포모형을 하나의 관계식을 통해 재산정할 수 있는 이론적인 틀을 제공하였다는 데 의의가 있다고 하겠다. 트럭통행거리분포, 화물통행거리분포 모두 통계적인 검증을 통해 적합한 것으로 분석되었으며, 전체화물의 통행거리분포와 매개함수를 통해 재산정된 모형의 결과 값 또한 통계적으로 유의하였다. 품목별 적용에서는 잡공업품과 화학공업품은 본 연구의 매개함수식을 통해 화물거리분포 모형이 적합하였으나, 금속공업품과 경공업품은 다소 차이가 있는 것으로 분석되었다.

본 논문은 한양대학교 과학기술특별교비에 의해 수행되었음.

1. 서론

도시화물수요예측모형에는 화물기반모형(Commodity based-Model)과 트럭통행기반모형(Truck Trip-based Model)이 있는데 화물기반모형은 화물체계가 기본적으로 화물운송과 관계가 있다는 개념에 기초를 두고 있으며, 차량이 아닌 화물의 움직임을 주요 분석대상으로 삼고 있다. 반면에, 트럭통행기반모형은 집합화된 독립변수를 이용하여 각 존(zone)에 유·출입하는 트럭의 통행을 분석하는 것이다.

화물기반모형은 화물의 직접적인 이동을 추정해낼 수 있고 조사시간과 경비가 많이 소요되나, 트럭통행기반모형은 트럭의 이동이 주관심사로서 화물기반모형보다 적은 노력으로 트럭의 O-D를 추정할 수 있다. 하지만 트럭통행기반모형의 경우 화물을 적재하지 않은 공차운행을 고려한다면, 정확한 물동량의 이동을 추정하기에는 한계가 있다.

본 연구의 목적은 트럭통행기반모형의 O-D 추정시 화물통행과 트럭통행 사이의 관계식을 산출하고 이를 설명할 수 있는 통행거리분포함수(TLD: Trip Length Distribution)를 추정함에 있다. 본 연구는 트럭통행기반모형에서 상기한 한계점을 극복함과 동시에 통행거리분포함수를 이용해 화물의 물동량까지 동시에 고려할 수 있는 이론적 배경 및 모형을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 화물수송수요예측의 개요에 대하여 살펴보고, 제3장에서는 통행거리분포함수 이론에 대하여 살펴본다. 제4장에서는 통행거리분포함수를 도출하고, 제5장에서는 서울시 사례로 품목별 적용을 비교·분석한다. 마지막으로 제6장은 결론 및 향후연구이다.

자료는 교통개발연구원에서 수행한 '서울시 물류조사 및 물류종합계획수립구상(1998)'의 화물 물동량 조사 자료를 이용하였으며, 이를 통해 통행거리분포에 따르는 화물 및 차량의 비율을 함수로서 나타내었다.

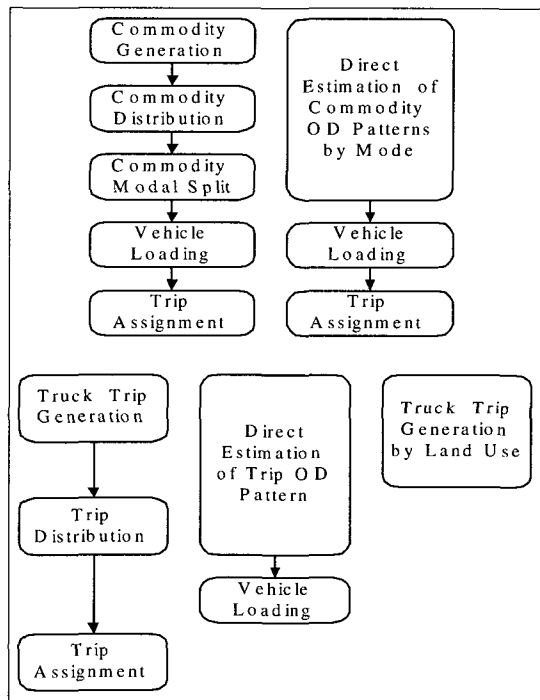
II. 화물수송수요 예측의 개요

일반적으로 여객수요와 화물수요를 추정할 때 가장 큰 차이점은 화물은 여객과는 달리 적재유무에 따라

운송하고 있는 화물의 부피나 중량이 달라지며 또한, 이러한 측정단위조차도 지역별로 차이를 보인다는 점이다. 예를 들어, 도시지역이나 주거지역에서는 화물 발생량이 제일 많지만 부피단위를 고려할 경우 매우 적은 경향을 보이며, 산업지역에서는 화물발생 빈도에 비하여 중량이 많이 나가는 경향을 보이고 있다. 이러한 이유 때문에 화물수송수요예측은 복잡·다양한 요소의 고려뿐만 아니라 화물기반모형이나 트럭기반모형 등의 도시화물모형은 분석목적에 따라 신중히 선택되어야 하며, 어느 한 가지 모형만으로 화물의 O-D와 트럭의 O-D에 대한 분포를 동시에 추정하기에는 한계가 있다.

도시화물수요모형은 여객수요모형과 어느 정도 유사성을 가지나 화물의 경우는 부가적으로 교통속성, 화물속성, 시장속성, 화주속성 등을 고려해야 하기 때문에 일반적인 수요예측모형 외에도 여러 가지 부모형(sub-model)이 존재한다. <그림 1>¹⁾은 다양한 도시화물수요예측모형의 단계이다.

본 연구는 이러한 두 가지의 도시화물모형이 통행배분단계에서의 트럭 및 화물의 통행배분모형을 통행



<그림 1> 화물기반 모형과 트럭통행기반모형

1) K. W. Ogden, Urban Goods Movement: A guide to Policy and Planning, pp.263~296, 1992.

거리분포를 이용하여 추정하였으며, 트럭통행거리분포와 화물거리분포간의 유의한 관계를 도출함과 동시에 두 화물수요예측 방법이 별도관계가 아닌 분석 가능한 체계적(systematic)인 관계가 있음을 밝혀 트럭통행거리분포를 통한 화물 물동량분포를 추정하는데 있다.

III. 통행거리분포 함수의 이론

통행배분이란 화물발생 단계에서 산출된 유·출입량을 링크의 O-D에 연결시키는 것을 말하며 주로 프라타모형(Fratar Model), 중력모형(Gravity Model) 등이 이용되고 있다. 특히 국내에선 '서울특별시 물류조사 및 물류종합계획수립 연구(1998)'에서 화물배분모형 단계시 업종간 결합력을 고려한 일반화 중력모형(Gravity Model)을 이용하였다. 중력모형이란 뉴턴 물리학의 중력작용에 근거하여 화물이나 여객의 통행은 존의 크기가 크며 존간 거리가 짧을수록 상호 교류가 많다는 이론을 발전시켜 여객수송수요, 화물수송수요 예측에 널리 쓰이고 있는 방법이다. 특히, 화물배분모형은 이러한 기본적인 거리와 존의 규모요소 외에도 지역적 특색, 산업업종 등의 분포에 의한 영향이 크므로 이러한 요소를 고려한 모형이 국내·외로 연구되어 왔다. 일반화된 중력모형식은 다음과 같다.

$$T_{ij} = KO_i D_j F_{ij}(c_{ij}) \quad (1)$$

여기서,

K : 상수

O_i : 시점

D_j : 종점

t_{ij}^p : 존 i 로부터 존 j 까지의 통행시간

c_{ij} : 존 i 로부터 존 j 까지 소요되는 일반화된 통행비용

F_{ij} : friction factor

여기서 F_{ij} 는 존 i 와 존 j 간의 통행비용함수로서 두 존 사이의 통행에 마찰인자로 작용하는 통행시간, 통

행거리함수이다. 본 연구에서 통행거리분포에 따른 이러한 마찰인자를 함수로서 나타내고 트럭통행과 화물통행에 대한 마찰인자사이의 관계식을 유도한다면 트럭통행의 O-D를 이용해 화물자체의 O-D를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

화물배분단계에서 중력모형은 널리 이용되는 방법인데, 특히 Ogden(1978)은 호주, 멜버른의 내부 존간 화물통행자료를 이용하여 존간 화물의 분배시 중력모형을 이용하였으며, Zavattero(1976)는 미국, 시카고 지역을 대상으로 중력모형식에 근거한 화물배분 모형구조를 발표하였다. 트럭통행분포 또한 중력모형이 주로 이용되는데, Swan Wooster(1979)는 캐나다의 밴쿠버 지역을 대상으로 차종별로 구분하여 중력모형을 적용하였다. 하지만 도시내 화물모형의 대부분은 1970년대에 개발된 것이고 그 이후로 매우 적은 모형이 개발되었으며, 실제로 계획과 정책 목적에 대한 도시화물모형의 발전은 거의 없었다. 이러한 이유는 도시화물 교통에서 측정에 대한 기본단위인 톤(ton)과 통행(trip)의 불(不)일치성에 따르는 결과에 기인하였다고 볼 수 있는 것이다.

Bowyer²⁾(1991)는 화물기반모형과 트럭통행기반모형의 통합을 시도하자는 접근을 하였으며, 최근 Jos Holgu-Veras³⁾(2000)는 과테말라를 대상으로 화물기반모형과 트럭기반모형을 통행거리분포에 따라 적합시켜 양자간의 유의한 관계식을 도출할 수 있는 이론적 기반을 제시하는 시도를 하였다. 즉, 상이한 두 모형사이에 적절한 관계식이 도출된다면 통행거리분포를 통하여 화물 및 트럭의 분포를 동시에 추정할 수 있다는 개념적인 연구의 토대를 마련하였다.

IV. 통행거리분포 함수의 도출

1. 통행거리분포 함수 적합 모형 추정

통행거리에 따른 마찰인자를 모형화하기 위해서 통행거리에 따른 트럭 및 화물통행의 빈도를 그래프로 나타내었으며, 통행거리에 따른 서울시의 트럭통행거리분포와 화물통행거리분포는 <그림 2>와 같다. 본 연구에서는 교통개발연구원에서 수행한 '서울특별시

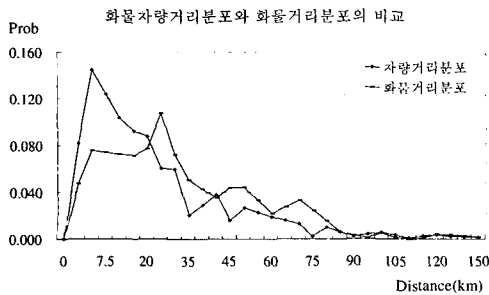
2) Bowyer DP, Urban Freight Model Development, pp. 33, Australian Road Research Board, Melbourne, Australia, 1991.
3) Jos Holgu-Veras, An Investigation of the Relationships between the Trip Length Distributions in Commodity-based Freight Demand Modeling, TRB 79th Annual Meeting Proceedings CD-ROM, Washington D.C., 2000.

물류조사 및 물류종합계획수립 연구(1998)'의 자료를 이용하였다. 전체 관측자료의 개수는 9,119개이며 통행거리는 2.5km단위로 집합화 하였다. <그림 2>를 보면 트럭통행거리분포의 경우에는 단거리통행이 주(主)를 이루는 반면 화물통행거리분포는 25km를 전후하여 정점에 이르는 것을 알 수 있다. 화물과 트럭 각각의 통행거리분포는 이처럼 그 분포가 같지 않지만, 만일 이 두 분포사이의 관계식을 추정할 수 있다면 차량거리분포를 이용하여 화물거리분포를 추정할

수 있을 것이다.

서울시의 트럭통행거리분포 함수를 추정하기 위하여 본 연구에서는 데이터 분포추정 패키지인 @RISK 4.0을 이용하였다. 트럭통행거리분포와 각각의 확률 분포 비교는 <그림 3>과 같다.

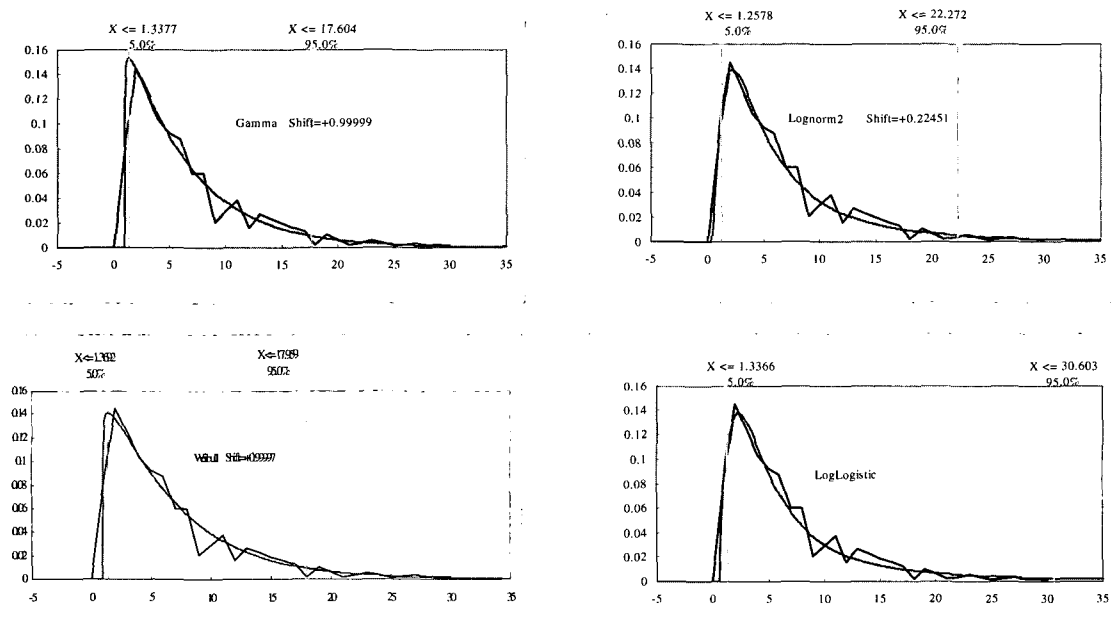
서울시 트럭통행거리분포에 가장 적합한 확률분포모형을 찾기 위하여 각각의 확률분포함수의 평균 제곱근오차(RMSE: Root Mean Square Error) 분석결과와 다음의 <표 1>과 같다. <표 1>의 RMSE 통계량에 의해 서울시 트럭통행거리분포함수로 감마분포함수가 가장 적합한 것으로 나타나 이를 선정하였다.



<그림 2> 트럭 통행거리분포와 화물통행거리분포의 비교

2. 전체 트럭통행거리에 대한 감마분포 추정

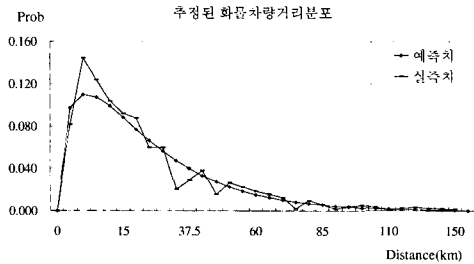
<그림 2>에서 보는 것처럼 트럭의 통행거리분포는 왼쪽으로 치우친(left-skewed) 감마분포형태를 나타내는 것을 알 수 있다. 감마분포로 추정된 트럭의 통행거리분포함수는 <그림 4> 및 식(2)와 같다.



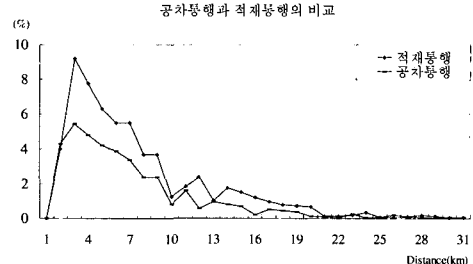
<그림 3> 트럭통행거리분포와 각각의 확률분포 비교

<표 1> 각각의 분포에 대한 통계량

구분	Gamma	Lognormal	Weibull	Log logistic
RMSE	3.693E-05	4.067E-05	4.248E-05	4.604-E05



〈그림 4〉 트럭통행거리의 감마분포 추정



〈그림 5〉 공차트럭통행과 적재트럭통행의 비교

〈표 2〉 추정된 트럭통행거리분포 함수의 χ^2 검정 통계량

OBS	Observed	Chi-Sq.	P_Value
31	0.0013	0.0630	0.9999

〈표 3〉 추정된 트럭통행거리분포 함수의 K-S 검정 통계량

Observed Relative Frequency	Observed Cumulative Frequency	Theoretical Cumulative Frequency	K-S Statistic	Critical Value
31	0.6335	0.5785	0.0551	0.29 ($\alpha=0.01$)

$$f(x_t) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

$$= \frac{1}{4.35^{1.513} \Gamma(1.513)} x^{0.513} e^{-x/4.35} \quad (2)$$

여기서, x_t 의 t : 트럭통행

이러한 연속적인 데이터의 성상이 추정된 감마분포 함수와 잘 적합하는지 χ^2 검정과 Kolmogorov Smirnov 검정 등의 적합도 검정을 통계패키지(SAS 6.12)를 이용하여 분석한 결과는 〈표 2〉, 〈표 3〉과 같다. 적합도 검정이란 관측도수의 기대도수에 대한 적합성 여부를 판정하는 것으로서 위의 관측치와 감마분포에 의하여 도출된 예측값을 이용하여 위에서 추정된 감마분포함수가 통계적으로 유의한가를 분석하는 방법이다.

χ^2 는 검정통계량값을 나타내며 위에서는 31번째의 χ^2 가 적합도 검정통계량 값이며 P-value는 0.9999로서 유의수준 0.01보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉 관측도수와 기대도수간에 차이가 없다고 볼 수 있다. 또한 K-S 검정⁴⁾을 시행한 결과도 유의수준 0.01에서 모든 관측값과 예측값의 차이가 없다

는 귀무가설을 기각할 수 없으므로 전체 트럭통행거리분포에 대한 감마분포 함수는 통계적으로 유의한 모형이라고 볼 수 있다.

〈그림 5〉는 공차트럭통행과 적재트럭통행을 분리하여 통행거리에 따른 통행비율을 나타낸 것인데, 절대적인 통행량으로 보면 적재트럭통행이 공차트럭통행보다 많지만, 상대적인 비율만을 본다면 통행 거리에 따라 그 추이가 서로 비슷함을 알 수 있다.

〈그림 6〉은 각각 공차트럭과 적재트럭의 통행거리분포를 감마분포에 적합시킨 그래프이다. 만약 공차트럭통행과 적재트럭통행의 상대적인 비율과 전체 통행수를 안다면 트럭통행기반모형을 통한 O-D 추정시 공차통행분포와 적재통행분포를 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

적재트럭거리분포 함수와 공차통행거리분포 함수에 대한 각각의 함수식은 식(3), (4)와 같다.

$$f(x_L) = \frac{1}{4.577^{1.633} \Gamma(1.633)} x^{0.633} e^{-x/4.577} \quad (3)$$

(P_value=0.9999($\alpha=0.01$)) 주어진 유의수준에서 99.9%적합한 모형)

$$f(x_e) = \frac{1}{2.731^{2.841} \Gamma(2.841)} x^{1.841} e^{-x/2.731} \quad (4)$$

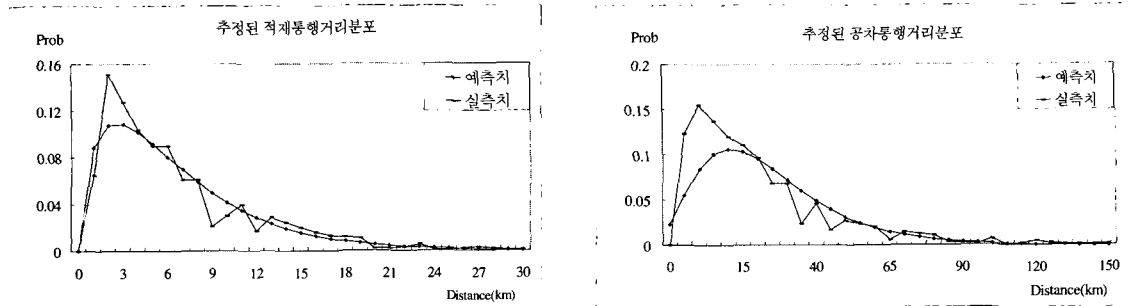
(P_value=0.9999($\alpha=0.01$)) 주어진 유의수준에서 99.9% 적합한 모형)

여기서,

x_L : 적재트럭

x_e : 공차트럭

4) 일반적으로 K-S 검정은 χ^2 검정에 비하여 샘플수가 적어도 유효한 검정방법중의 하나로서 관측데이터와 예측데이터의 누적을 통하여 수행된다.



〈그림 6〉 추정된 적재트럭통행거리 및 공차트럭통행거리분포

3. 화물통행에 대한 감마분포 추정

〈그림 7〉은 트럭이 아닌 화물자체의 물동량을 톤 (ton) 단위를 기준으로 감마분포함수에 적합시킨 후 화물통행거리분포와 비교한 결과인데, 서울시의 경우는 중량이 많이 나가지 않는 다품종 소화물과 같은 도시내 화물 특성 때문에 〈그림 7〉과 같은 형태를 보였다.

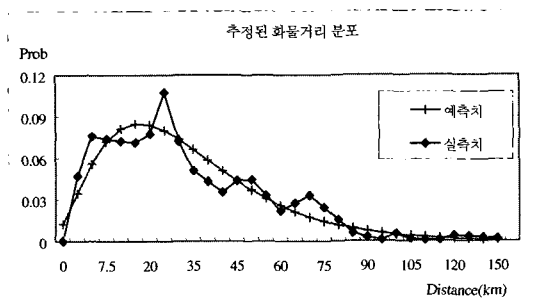
$$f(x_c) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

$$= \frac{1}{3.216^{2.949} \Gamma(2.949)} x^{1.949} e^{-x/3.216} \quad (5)$$

(P_value=0.9999(α=0.01) 주어진 유의수준에서 99.9% 적합한 모형)

여기서, x_c 의 c : 화물통행

위의 추정된 화물통행거리분포와 원래의 관측값이 적합한가에 대해 χ^2 검정과 K-S 검정 등의 적합도 검정을 통하여 분석한 결과는 〈표 4〉, 〈표 5〉와 같다.



〈그림 7〉 화물통행거리의 감마분포 추정

〈표 4〉 추정된 화물통행거리분포 함수의 χ^2 검정 통계량

OBS	Observed	Chi-Sq.	P_Value
31	0.1726	9.6487	0.9998

〈표 5〉 추정된 화물통행거리분포 함수의 K-S 검정 통계량

Observed Relative Frequency	Observed Cumulative Frequency	Theoretical Cumulative Frequency	K-S Statistic	Critical Value
31	0.7272	0.7544	0.0272	0.29 (α=0.01)

χ^2 는 검정통계량값을 나타내며 위에서는 31번째의 χ^2 가 적합도 검정통계량 값이며 P-value는 0.999로서 유의수준 0.01보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉 관측도수와 기대도수간에 차이가 없다고 볼 수 있다. 또한 K-S 검정을 시행한 결과도 유의수준 0.01에서 모든 관측값과 예측값의 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없으므로 전체 화물통행거리분포에 대한 감마분포 함수는 통계적으로 유의한 모형이라고 볼 수 있다.

4. 매개함수식의 도출

〈그림 8〉은 본 연구에서 추정한 트럭통행거리분포와 화물통행거리분포의 감마분포인데 각각의 감마분포의 성상은 단거리 다품종 소량화물의 비중이 높은 도시물류의 행태를 잘 반영하고 있는 것을 알 수 있다.

트럭통행거리분포를 이용하여 화물통행거리분포를 추정하기 위한 관계식을 추정하기 위하여 각각의 통행거리에 해당하는 트럭통행비율을 화물물동량비율로 나누어 함수식을 추정한 결과 〈그림 9〉와 같이 나타났으며, 매개함수식을 추정하기 위한 통계분석결과는

〈표 6〉과 같다.

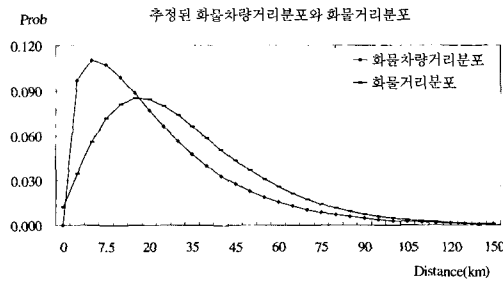
즉, 일반적으로 시간과 비용이 적게드는 화물차량 거리분포를 통하여 화물통행거리분포를 도출할 수 있는 매개함수식이 도출되는 것이다.

〈표 6〉으로부터 매개함수식으로 2차함수식이 가장 적합한 것으로 분석되었으며 식(6)과 같이 표현된다.

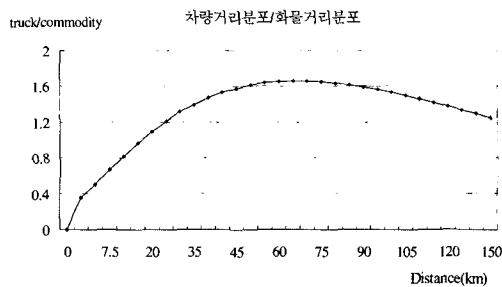
$$f(x_{convert}) = 0.4524 + 0.0298X - 0.00018X^2 \quad (6)$$

여기서, X : 거리

위의 매개함수식 식(6)과 트럭통행거리분포함수식(2)를 이용하면 화물물동량분포함수를 재추정할 수 있다.



〈그림 8〉 추정된 트럭통행거리모형과 화물통행거리모형의 비교



〈그림 9〉 매개함수 그래프

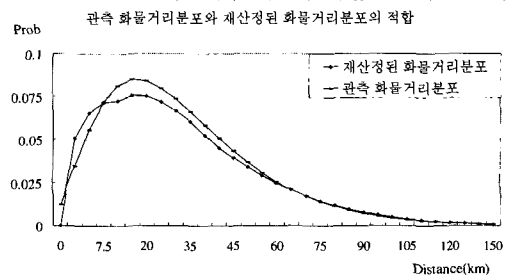
〈표 6〉 매개함수식의 통계량

함수식	변수	t값	sig.	F값	sig.	R ²
2차 함수	상수	6.941	0.0001	103.03	0.0001	0.88
	x	13.444	0.0001			
	x ²	-11.465	0.0001			
자연 로그	상수	1.88	0.0711	62.33	0.0001	0.69
	ln x	7.89	0.0001			

$$\begin{aligned}
 & f(x_{commodity-estimated}) \\
 &= f(x_{truck-estimated}) \times f(x_{convert}) \\
 &= \left(\frac{1}{4.350^{1.513} \Gamma(1.513)} x^{0.513} e^{-x/4.350} \right) \\
 & \quad \times f(x_{convert}) \quad (7)
 \end{aligned}$$

즉, 매개함수식 자체는 트럭비율을 화물물동량비율로 나눈 값을 표현한 식이므로 이를 트럭통행거리 함수에 곱하면 통행거리에 따른 화물물동량분포의 추정이 가능해진다. 즉, 〈그림 8〉 그래프의 형태를 보면 알 수 있듯이 차량거리분포는 화물거리분포에 비하여 왼쪽으로 치우쳐 있으며(left skewness), 단거리에서는 높이 솟은 형태(high kurtosis)를 보이고 있다. 매개 함수식은 통행거리를 독립변수로 하고 차량거리분포와 화물거리분포의 상대적인 확률차이를 종속변수로 하는 식이므로 이 매개함수식을 차량거리분포에 곱하면 차량거리분포 그래프와 화물거리분포 그래프가 만나는 20km지점을 중심으로 하여 왼쪽의 skewness, kurtosis를 확률의 차이만큼 아래로 이동시키고 오른쪽의 kurtosis, skewness는 위로 변화시켜 화물거리분포에 근사하도록 변환되는 것이다. 〈그림 10〉은 실제 관측된 화물통행거리분포 함수와 재추정된 화물통행거리분포 함수를 비교한 것으로서 적합도 검정을 통해 통계적으로 유의함을 알 수 있다.

감마분포함수와 잘 적합하는지 χ^2 검정과 K-S 검정 등의 적합도 검정을 통하여 분석한 결과는 〈표 7〉, 〈표 8〉과 같다.



〈그림 10〉 재산정된 화물통행거리분포 함수

〈표 7〉 매개함수식의 χ^2 검정 통계량

OBS	Observed	Chi-Sq.	P_Value
31	0.0666	2.856	0.9999

〈표 8〉 매개함수식의 K-S 검정 통계량

Observed Relative Frequency	Observed Cumulative Frequency	Theoretical Cumulative Frequency	K-S Statistic	Critical Value ($\alpha=0.01$)
31	0.837	0.8913	0.054	0.29

χ^2 는 검정통계량값을 나타내며 위에서는 31번째의 χ^2 가 적합도 검정통계량 값이며 P-value는 0.9999로서 유의수준 0.01보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉 관측도수와 기대도수간에 차이가 없다고 볼 수 있다.

또한 K-S 검정을 시행한 결과도 유의수준 0.01에

서 모든 관측값과 예측값의 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없으므로 매개함수식에 대한 감마분포 함수는 통계적으로 유의한 모형이라고 볼 수 있다.

V. 화물품목별 적용(서울특별시 사례)

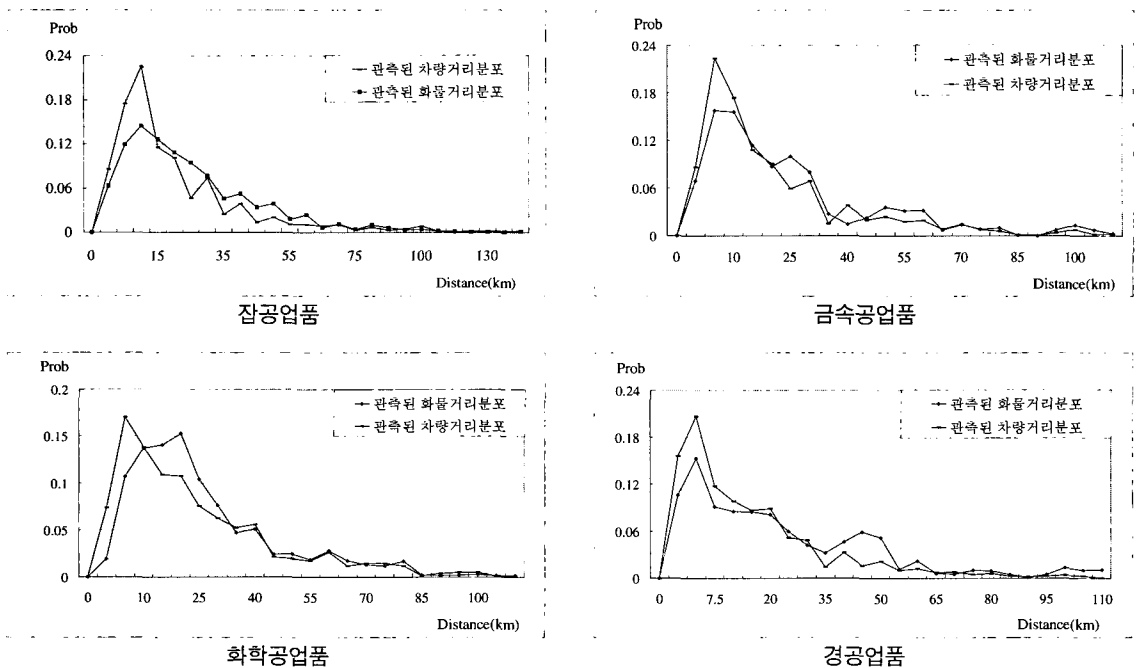
지금까지 위에서 도출한 모형은 전체화물에 대하여 집합화된 모형이다. 화물은 품목별로 통행거리분포가 상이하게 나타나므로 기 조사된 서울시 물류조사 자료를 이용하여 품목별로 분석을 하였다. 분석에 이용한 화물품목 분류는 〈표 9〉와 같다.

〈그림 11〉, 〈그림 12〉는 각각의 품목에 대한 트럭

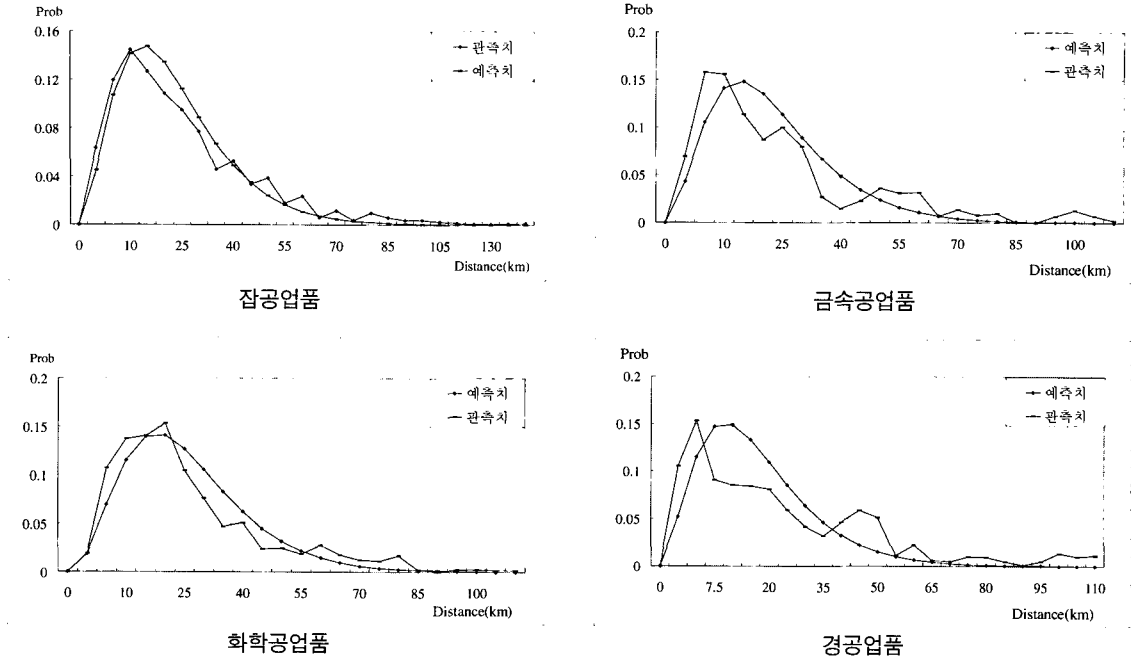
〈표 9〉 화물 품목 분류표

대분류	소분류
농수임산품	농산물, 임산물, 축산물
광산품	석탄광물, 석회석 광물, 원유 및 천연가스 채취물, 금속 광물 등
금속기계공업품	제1차 금속산업광물제품, 조립금속(기계, 장비 제외), 사무·계산·회계용 기계, 영상·음향·통신 장비 등
화학공업품	코크스·석유정제품 및 핵연료품, 화합물 및 화학제품, 고무 및 플라스틱제품 등
경공업품	음식료품, 담배제품, 섬유제품, 펄프·종이 및 종이제품
잡공업품	가죽·가방·마구류 및 신발제품, 의복 및 모피제품, 목재 및 나무제품(가구 제외), 출판·인쇄물 등
기타화물	재생재료 가공품, 폐기물(산업, 건축, 생활폐기물), 우편물, 택배화물

자료 : 교통개발연구원, 서울특별시 물류조사 및 물류종합계획수립 구성, 1998



〈그림 11〉 품목별 트럭통행거리분포와 화물통행거리분포



〈그림 12〉 매개함수식에 의하여 도출된 품목별 화물통행거리분포

〈표 10〉 품목별 χ^2 검정 통계량 검정 통계량

품목	Obs.	Chi-Sq.	P_Value	적합유무
잡공업품	27	10.399	0.9972	Accept
경공업품	25	414.440	0.0000	Reject
화학공업품	24	22.840	0.4702	Accept
금속공업품	23	125.353	0.0000	Reject

통행거리분포를 구한 후, 본 연구에서 도출한 화물통행거리분포에 적용시킨 그림이다. 본 연구에서 사용된 화학공업품의 관측 자료수는 1,059개이며 금속공업품은 1,306개, 경공업품은 1,983개 그리고 잡공업품은 939개이며, 이때 자료의 개수가 상대적으로 적은 농·수임산물, 광산품과 기타화물은 통계량의 신뢰성 저하로 분석에서 제외하였다.

〈그림 12〉를 보면 잡공업품과 화학공업품은 본 연구에서 제시한 매개함수식을 통한 화물통행거리분포 모형이 적합하다는 것을 알 수 있으나, 금속공업품과 경공업품은 그래프의 성상에 있어서 차이를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 〈표 10〉은 위의 관측치와 예측치에 대한 χ^2 검정 통계량과 유의 수준을 나타내었다.

경공업품과 금속공업품은 상대적으로 장거리 물동량의 비중이 높게 나타나기 때문에 본 연구에서 제시

한 집합화된 모형으로 표현하기에는 한계가 있지만, 단거리 물동량의 비중이 높은 잡공업품이나 화학공업품의 경우엔 높은 적합도를 가지는 것을 볼 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 연구의 목적은 트럭통행기반모형에서 트럭통행거리분포를 이용하여 화물기반모형에서 도출할 수 있는 화물통행거리분포를 추정하는데 있으며, 또한 각각의 통행거리분포는 감마분포를 이용하여 함수식으로 도출하고 상기한 두 가지 분포모형을 하나의 관계식을 통해 재산정할 수 있는 이론적인 틀을 제공하였다는 데 의의가 있다고 하겠다.

트럭통행거리분포, 화물통행거리분포 모두 통계적인 검증을 통해 적합한 것으로 분석되었으며, 전체화물의 통행거리분포와 매개함수를 통해 재산정된 모형의 결과값 역시 통계적으로 유의하였다. 품목별 적용에서는 잡공업품과 화학공업품은 본 연구의 매개함수식을 통해 화물거리분포 모형이 적합하였으나, 금속공업품과 경공업품은 다소 차이가 있는 것으로 분석되었다.

도시화물모형의 구축시 화물배분단계에서는 단순한

거리, 시간의 마찰인자뿐만 아닌 존의 업종분포 및 업종간 결합력 그리고 존내의 산업구조가 화물의 이동에 영향을 끼치나, 본 연구에서의 감마분포는 통행거리와 이에 따른 통행빈도수를 2차원으로 분석하였으므로 업종결합력 변수를 고려할 수는 없었다. 즉 일반적인 중력 모형의 식은 $T_{ij} = KO_i D_j F_{ij}(c_{ij}^\alpha)$ 와 같으며, 여기서 c_{ij}^α 는 설명변수로 n개까지 고려할 수 있지만, 본 연구에서는 설명변수로서 기본적인 통행거리를 이용하였으므로, 향후 이를 반영할 수 있는 변수를 추가하여 연구를 진행하는 것이 더욱 정교하고 합리적인 분석을 수행할 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

1. 교통개발연구원(1998), 서울특별시 물류조사 및 물류종합계획수립 구상, 1~5권.
 2. 남기찬(1993), "화물수송수단 선택모형의 이론 및 적용측면에서의 고찰", 대한교통학회지, 제11권 제1호, pp.37~54.
 3. Bowyer DP(1991), "Urban Freight Model Development", Australian Road Research Board, Melbourne, Australia.
 4. Cambridge Systematics Inc(1997), "Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand", NCHRP report 388, Transportation Research Board, Washington D.C.
 5. Jong Hyung Kim et al(2001), "Travel Demand Estimation using Traffic Counts on the Large Scale Network", 9th WCTR Proceedings CD-ROM, Seoul, Korea
 6. Jos Holgu-Veras(2000), "An Investigation of the Relationships between the Trip Length Distributions in Commodity-based Freight Demand Modeling", TRB 79th Annual Meeting Proceedings CD-ROM, Washington D.C.
 7. K. W. Ogden(1992), Urban Goods Movement: A guide to Policy and Planning, pp.263 ~ 296, Ashgate publishing company.
- ♣ 주 작 성 자 : 권혁구
 ♣ 논문투고일 : 2002. 2. 8
 논문심사일 : 2002. 3. 20 (1차)
 2002. 4. 1 (2차)
 심사판정일 : 2002. 4. 1
 ♣ 반론접수기간 : 2002. 8. 30