Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 37, No. 4, pp. 297-303, December 2011.

동북아시아 환적물동량 예측모델 연구

이병철[1†] · 김윤배[2]

[1]농업기술실용화재단 / [2]성균관대학교 시스템경영공학부

Forecasting Model of Container Transshipment Traffic Volume in Northeast Asia

Byoung-Chul Lee[1] · Yun-Bae Kim[2]

[1]Crop and Horticulture Industry Team, Foundation of Agri. Tech. Commercialization and Transfer, Suwon, 441-857, Korea

[2]Department of Systems Management Engineering, Syungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Korea

Major ports in Northeastern Asia engage in fierce competition to attract transshipment traffic volume. Existing time series analyses for analyzing port competition relationships examine the types of competition and relations through the signs of coefficients in cointegration equations using the transshipment traffic volume results. However, there are cases for which analyzing competing relationships is not possible based on the results of the transshipment traffic volume data differences and limitations in the forecasting of traffic volume. Accordingly, we used the Lotka-Volterra (L-V) model,also known as the ecosystem competitive relation model, to analyze port competition relations for the long-term forecast of South Korean transshipment traffic volume.

Keywords: Transshipment Traffic volume, Lotka-Volterra Model, Traffic Volume Forecast, Port Competition

1. 서 론

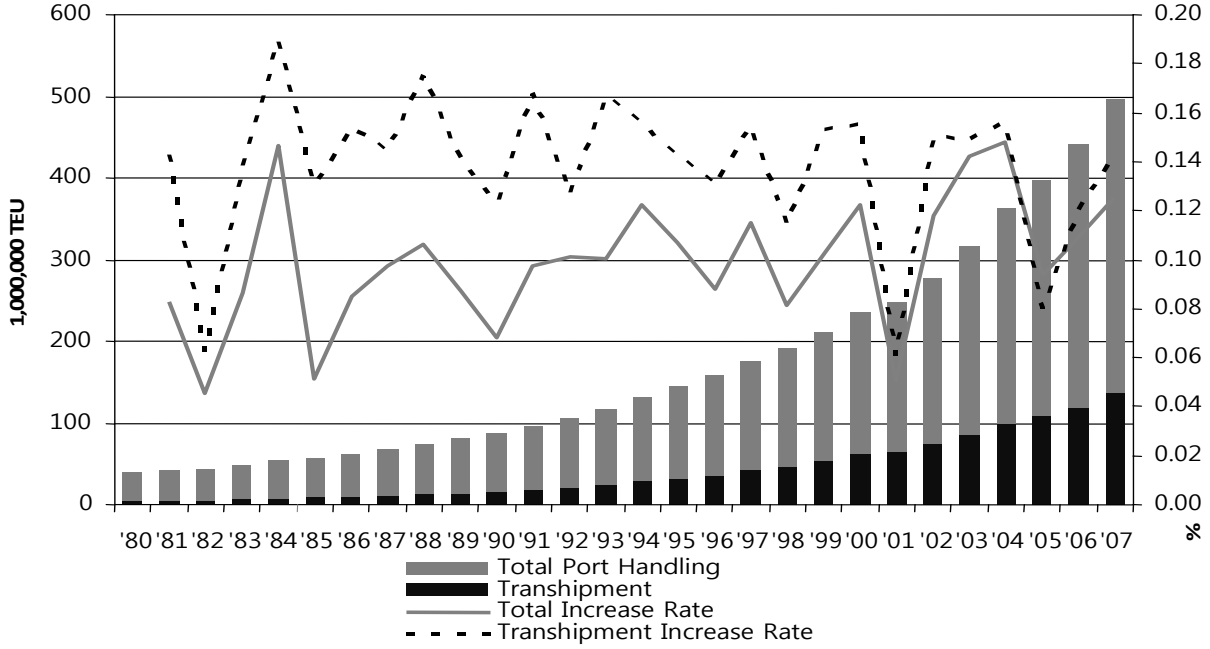
세계 컨테이너물동량은 2001년 4.8%의 증가율을 보인 것을 제외하고, 1990년대 이후 매년 평균 10% 이상의 높은 증가율을 보였다. 그러나 2008년 금융위기로 인해 8.9%로 다시 한 자릿수 증가율을 나타내기도 하였다. <Figure 1>을 보면 세계 컨테이너물동량에서 환적 컨테이너물동량이 차지하는 비중 역시 매년 증가하여, 2007년 전체 컨테이너물동량의 27.5%인 1억 3,640천 TEU로 조사되었다.

<Table 1>에서 동북아시아에서 처리한 총 컨테이너물동량은 2008년 기준으로 전 세계물동량의 37.0%를 차지하며, 아시아 전체 지역으로 보면 전 세계 약 50%를 차지한다. 동북아시아 지역 컨테이너물동량의 증가는 <Table 2>에서 확인할 수 있듯이 1990년대 중반까지 홍콩과 일본에서 주로 처리되었지만, 2000년 이후부터 중국 항만이 대부분을 차지했다. Han and Uh (2004)은 동북아 지역의 컨테이너 물동량 증가의 이유가 중국을 비롯한 아시아 개발도상국들의 경제성장에 따른 수출입 물동량 증가와 대규모 항만개발에 의한 환적 물동량의 유인이라고 분석하였다. 특히 동북아 지역의 환적 컨테이너물동량 증가율을 살펴보면 1995년 이후 연평균 12.5%씩 증가하여 2005년 2,312만 TEU를 기록하였다. <Table 3>의 국가별로 살펴보면 2005년 홍콩이 1,015만 TEU, 대만이 576만 TEU, 우리나라가 553만 TEU를 처리하였다. 2000년부터 환적화물이 증가한 다롄, 톈진, 칭다오 등 북중국항만의 경우 2005년 58만 TEU에 불과하나 매년 60% 이상의 높은 증가율을 보이고 있다. 하지만 일본은 1995년 15.4%에서 2005년 3.3%로 크게 하락했다.

앞으로도 동북아 지역의 화물들을 자국의 항만으로 유치하기 위한 각 국의 대규모 항만건설이 예상된다. 하지만 기본적으로 항만개발은 대규모의 정부재정 및 민간자본이 투입되고, 개발에 소요되는 기간이 비교적 길어 물동량예측이 필수적이

† 연락저자 : 이병철, 441-857 경기도 수원시 권선구 서둔동 211-2번지 농업기술실용화재단 식량원예사업팀, Tel : 031-8012-7259, Fax : 031-8012-7267, E-mail : bclee@efact.or.kr

2011년 8월 25일 접수; 2011년 10월 14일 수정본 접수; 2011년 11월 15일 게재 확정.



Source : Drewry, Annual Container Market Review and Forecast 2009/10, 2009.

Figure 1. World container and transshipment traffic volume change

Table 1. Regional container traffic volume handling

(Unit : 1,000TEU)

Region	1980	1990	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009*
North America	9,531 (24.6)	16,662 (18.9)	30,869 (13.0)	40,812 (11.3)	44,502 (11.2)	46,972 (10.6)	47,885 (9.6)	45,888 (8.7)	40,243 (8.6)
West Europe	11,753 (30.3)	22,557 (25.6)	51,650 (21.8)	70,846 (19.6)	75,624 (19.0)	81,401 (18.4)	91,058 (18.3)	91,788 (17.5)	79,855 (17.0)
NorthEast Asia	7,587 (19.6)	22,951 (26.1)	71,675 (30.3)	122,314 (33.8)	137,952 (34.6)	157,286 (35.5)	180,307 (36.2)	193,870 (37.0)	177,204 (37.7)
SouthEast Asia	1,871 (4.8)	9,679 (11.0)	34,383 (14.5)	51,818 (14.3)	54,932 (13.8)	59,869 (13.5)	67,377 (13.5)	71,127 (13.6)	62,999 (13.4)
MiddleEast	1,943 (5.0)	3,583 (4.1)	11,085 (4.7)	20,057 (5.5)	22,389 (5.6)	24,536 (5.5)	28,382 (5.7)	31,715 (6.0)	29,517 (6.3)
Latin America	2,359 (6.1)	5,079 (5.8)	17,920 (7.6)	25,136 (6.9)	27,978 (7.0)	31,845 (7.2)	35,253 (7.1)	37,422 (7.1)	33,503 (7.1)
Pacific	1,611 (4.2)	2,334 (2.7)	5,027 (2.1)	7,293 (2.0)	7,497 (1.9)	7,931 (1.8)	8,643 (1.7)	9,406 (1.8)	8,774 (1.9)
SouthAsia	249 (0.6)	1,780 (2.0)	5,481 (2.3)	8,600 (2.4)	9,779 (2.5)	11,532 (2.6)	13,554 (2.7)	14,723 (2.8)	13,477 (2.9)
Africa	1,471 (3.8)	2,721 (3.1)	7,429 (3.1)	12,178 (3.4)	13,929 (3.5)	15,806 (3.6)	17,897 (3.6)	20,643 (3.9)	19,346 (4.1)
EastEurope	374 (1.0)	628 (0.7)	1,121 (0.5)	3,108 (0.9)	5,443 (1.1)	5,443 (1.2)	7,206 (1.4)	7,987 (1.5)	5,718 (1.2)
World Total	38,748 (100)	87,974 (100)	236,640 (100)	362,161 (100)	398,973 (100)	442,622 (100)	497,563 (100)	524,567 (100)	470,634 (100)

Source : Drewry, Annual Container Market Review and Forecast 2009/10, 2009.

Notes : ( ) indicates container handling percentage; 2009 traffic volumes are estimated values.

Table 2. Yearly container traffic volume change in the northeast asia region

(Unit : 1,000TEU)

Country	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
SouthKorea	4,488	9,024	9,802	11,642	13,049	14,311	15,114	15,888	17,434
China	5,477	19,662	23,740	31,989	41,715	55,056	68,359	83,637	102,726
Hong Kong	12,550	18,098	17,826	19,144	20,449	22,021	22,424	23,539	23,904
Taiwan	7,665	10,511	10,426	11,605	12,090	13,029	12,791	13,102	13,698
Japan	10,739	13,834	13,192	13,947	15,209	16,319	16,679	17,560	18,793
Total	40,919	71,129	74,985	88,327	102,512	120,737	135,367	153,726	176,555

Source : Drewry, Intra-Asia Container Trades, 2008.

Table 3. Yearly transshipment traffic volume change in the northeast asia region

(Unit : 1,000TEU)

Country	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	CAGR
Japan	1.097	1.114	1.052	0.923	0.948	1.034	0.972	0.84	0.751	0.756	0.757	-3.6
South Korea	0.859	0.943	1.106	1.214	1.661	2.454	3.111	4.205	4.598	5.158	5.533	20.5
North China	-	-	-	-	0.031	0.06	0.105	0.127	0.122	0.464	0.577	62.8
East/Southeast China	-	-	-	-	-	0.035	0.045	0.072	0.134	0.282	0.35	58.5
Hong Kong	2.786	2.957	3.96	3.887	4.883	5.934	6.457	7.407	8.534	9.487	10.151	13
Taiwan	2.37	2.392	2.765	3.324	3.919	4.34	4.513	5.098	5.335	6.004	5.758	6.6
Total	7.112	7.406	8.883	9.348	11.442	13.857	15.203	17.749	19.474	22.151	23.124	12.5

Source : OSC, East Asian Containerport Markets to 2020, 2006.

Note : 1) North China includes Qingdao, Tianjin, Dalian, Lianyungang, Yingkou, Yantai, Jinzhou, etc. and the increase rates are based on '00～'052) East/Southeast China includes Shanghai, Taicang, Shenzhen, Ningbo, Canton, Xiamen, Hutchison Delta, Fuzhou, etc.

다. 하지만 수출입 물동량과는 달리 계량화가 곤란한 여러 요인들에 의해 영향을 받는 환적물동량은 예측이 어렵다.

2. 환적물동량 예측방법 연구

2.1 기존 연구 동향

Baird(2005)는 최적의 환적항만 결정조건으로 간선항로와 인접성 및 환적화물의 처리비용에 중심을 두고 몇 개의 북유럽 항만에 대한 장래 환적화물 유치 가능성을 평가하였다. 이 연구는 환적화물 유치의 중요한 요소로서 항만이 환적화물이 이송되는 간선항로상에 어느 정도 가깝게 위치하고 있느냐와 처리비용의 상대적 우위성이라고 보았다.

Jun(2007)은 데이터마이닝(Data Mining) 기법 중 인공신경망모형(Neural Network Model, NNM)을 이용하여 항만물동량을 예측하였다. 연구에서는 품목별 물동량의 변화추세를 구분하고 기존 예측방법인 회귀분석과 시계열분석 방법 결과와 비교하였는데, 단시간 내에 심한 변동을 보이는 자료에서는 인공신경망모형의 예측력이 더 높았음을 보이고 있다. 하지만 장기예측의 경우 예측 결과에 대한 해석이 어렵다는 단점이 있다.

Yap and Lam(2004)은 항만별 물동량 시계열 자료를 이용하여 항만간 경쟁관계를 확인하는 방법을 제안하였다. 이 연구는 시계열간 공적분 관계를 이용하여 항만간 경쟁관계를 분석한 연구로서 항만간 관계를 경쟁관계(competent)와 보완적 관계(complimentary)로 개념화하였다. Yap and Lam(2004)이 제시한 항만간 경쟁관계의 확인 작업은 다음과 같은 작업을 거치게 된다. 첫째, 대상 항만의 물동량 시계열 단위근을 구하고 둘째, 단위근 적분차수가 같은 시계열끼리 공적분(cointegration) 관계를 검정하여 장기적 균형관계를 구한다. 셋째, 오차수정모형을 적용하여 단기적 조정 양상을 분석한다. 공적분은 개별 시계열들 사이에 장기적인 균형관계가 존재하는지를 확인할 때 사용하는 것으로 공적분 관계가 성립하지 않을 경우 두 시계열은 장기적 균형관계 없이 서로에 대해 임의적으로 변동하게 된다. 이 분석방법은 물동량 시계열 자료로 항만들 사이의 경쟁과 보완관계를 설명하였다는데 의의가 있지만 해당 항만물동량의 시계열이 안정적이지 않거나, 시계열이 동일한 적분 차수를 갖지 않는 경우는 분석이 어렵다는 단점이 있다.

일반적으로, 항만물동량 예측에서 가장 대표적인 회귀분석 방법은 데이터간에 설명변수와 종속변수를 가정하고 접근하므로, 만약 원인과 결과의 인과관계 혹은 함수관계가 뚜렷하지 않은 데이터의 경우는 적용이 어렵다. 그리고 시계열 방법은 데이터가 정상성(stationarity)을 충족하는지 비정상적(non-stationary)인지를 판단했을때 만약 자료가 비정상적이라면 정상성을 갖도록 하기 위해 시계열 자료에 차분하여 해결하

지만, 장기 예측이 어렵다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 항만 경쟁에 초점을 맞춰 L-V모형을 이용한 환적물동량 예측모형으로 적용 가능성을 탐색하고 활용방안을 제시하고자 한다.

2.2 Lotka-Volterra 모형을 이용한 항만경쟁관계분석

진화 경제학 이론에서 분석되는 이용자의 서비스나 제품의 채택 모형은 각 집단의 구조의 특징을 고려하는 것이 특징이다. 즉, 집단 게임모형과 같은 복잡한 구조를 지니는데, 이러한 원리를 가장 쉽게 반영한 모형이 L-V(Lotka-Volterra)모형이다. L-V모형은 집단 게임모형의 하나의 형태로서 복잡성 경제문제들을 비교적 명확히 표현하고 있기 때문에 사용가치가 높은 모형으로 간주되고 있다. L-V모형은 각 집단이 처해있는 상황에 따라 적절히 변용하여 사용할 수 있는 장점이 있다. L-V모형은 이종 개체간의 내부, 외부 영향에 따른 상태 변화를 나타냄으로써 기존의 확산 모형에 있어서의 개인의 행태뿐만 아니라 집단 전체의 행동 패턴에 대한 영향을 내포하고 있다(Kim *et al*., 2001). L-V모형은 외부 경쟁 요소가 없는 경우에는 로지스틱 함수 형태를 띠며, 이에 기초한 게임이론과 경제학의 복잡한 동역학에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 따라서 항만간의 경쟁 또는 보완 관계를 모형화 할 수 있다면 이를 통해 특정항만의 예측도 가능할 것이다. 이에 본 연구에서는 동북아 항만들로 L-V모형을 구성하고 환적물동량 예측 가능성을 검토하고자 한다.

기본적 형태의 LV모형은 이종간 경쟁모형으로 두 집단의 성장과 상호영향 계수로 이루어져있다(Pielou, 1969).

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = N_i(t)[r_i + a_{ii}N_i(t) + a_{ij}N_j(t)] \quad (1)$$

$$\frac{dN_j(t)}{dt} = N_j(t)[r_j + a_{jj}N_j(t) + a_{ji}N_i(t)] \quad (2)$$

동일 시점에 i라는 집단과 j라는 집단의 성장 단계에서 서로의 영향을 주고받는 관계를 나타내며, 각 집단의 개인이 양 쪽 집단 사이에 임의의 이동이 있을 수 있음을 가정한다. $N_i(t)$, $N_j(t)$는 t 시점의 각각의 집단의 수에 대한 누적값을 의미한다. r_i, r_j는 각 집단의 상대적 성장률을 가리키는 성장 계수이며, a_{ii}나 a_{jj}는 집단의 내부적인 성장계수를 의미한다. Ueda (1990)에 따르면 <Table 4>와 같이 계수 a_{ij}와 a_{ji}의 부호가 모두 양부호(+)일 경우 두 집단이 공존관계 또는 성장관계로 두 집단이 서로 성장에 도움을 주고 받는 관계이다. 그리고 양(+)과 음부호(-)로 다를 경우는 집단의 피식자-포식자(predator-prey)관계로 한쪽의 성장으로 한쪽이 쇠퇴하는 먹이사슬 관계로 해석한다. 마지막으로 두 집단이 음부호(-) 일경우는 순수한 경쟁(pure competition)관계로 서로 집단의 성장에 방해되는 관계이다.

Table 4. Relation type between groups of L-V model

a_{ij}	a_{ji}	Relation Type	Explanation
+	+	Mutualism	Coexistence situation or win-win situation for both groups
+	-	Predator-prey	Tribe *i* becomes the direct prey of Tribe *j*.
-	-	Pure competition	Each tribe is interfered with by the other tribes

3. L-V모형을 이용한 동북아시아 환적물동량 예측

환적물동량 예측을 위한 물동량 통계 자료는 데이터의 통일성을 유지하기 위해 OSC사 통계자료를 기준으로 분석하였고, 예측을 위한 가정은 다음과 같다. 첫째, <Table 5>와 같이 아시아 지역 주요 16개 환적항만 중 동북아시아 항만으로 비교적 장기간의 환적물동량 실적을 구할 수 있는 북중국 지역과 동북아시아 지역의 항만인 부산, 다롄, 홍콩, 카오슝, 고베, 광양, 닝보, 오사카, 칭다오, 상하이, 도쿄, 요코하마를 선정하였다. 둘째, L-V모형에 적용하는 집단은 위에서 선정한 항만을 대상으로 하되, 16개 개별 항만이 아니라 <Table 6>과 같이 한국, 일본, 중국 3개 집단으로 그룹화하여 집단을 구성한다. 이러한 이유는 자료에 나와 있듯 항만별 환적물동량 데이터가 부족하고, 조사기관마다 상이하기 때문에 국가의 항만별 실적을 통합하여 항만별 데이터의 오차를 상쇄하고자 하였다. 셋째, 중국은 신생항만이 많고, 조사기관마다 통계의 자료가 상이하여 아래와 같이 홍콩, 카오슝 등도 중국그룹에 포함하여 <Table 7>과 같이 7개 모델로 다양화하고, 최종적으로 가장 오차가 낮은 모델로 예측치를 추정하였다.

항만물동량은 이산형 데이터이지만 L-V모형은 연속형모형이기 때문에 이산형 형태로 변형하여 사용하는 것이 필요하다. Leslie(1958)은 L-V모형의 이산형 모델을 제시하였고, 이를 기초로 아래와 같이 한국·일본·중국의 환적물동량 이산형 L-V모형을 구성하였다.

L-V모형의 g_i, α_1, β_2, γ_3는 단일 종족의 확산과정을 로지스틱 성장곡선의 모수와 동일한 것으로 각 국가 항만의 자체적인 성장계수이다. β_1,γ_1은 한국이 일본과 중국으로부터 성장에 제약을 받는 상호영향계수이며, α_2,γ_2는 일본의 상호영향계수 α_3,β_3은 중국의 상호영향계수이다.

$$K(t+1) = \frac{g_1 K(t)}{1 + \alpha_1 K(t) + \beta_1 J(t) + \gamma_1 C(t)} \quad (3)$$

$$J(t+1) = \frac{g_2 J(t)}{1 + \alpha_2 K(t) + \beta_2 J(t) + \gamma_2 C(t)} \quad (4)$$

$$C(t+1) = \frac{g_3 C(t)}{1 + \alpha_3 K(t) + \beta_3 J(t) + \gamma_3 C(t)} \quad (5)$$

Table 5. Transshipment traffic volume change according to ports in Asia

(Unit : 1,000TEU, %)

port		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
South Korea		859	943	1,105	1,214	1,660	2,454	3,111	4,205	4,599	5,159	5,533
Japan	Yokohama	553	378	420	278	249	254	253	260	275	298	316
	Tokyo	261	277	286	299	324	348	305	303	298	286	267
	Osaka	39	76	79	82	75	98	100	105	113	122	127
	Kobe	243	383	268	263	300	334	315	173	65	49	47
	Total	1,097	1,114	1,052	923	947	1,034	972	840	751	756	757
North China	Qingdao	0	0	0	0	na	na	na	na	na	300	380
	Dalian	0	0	0	0	31	60	105	127	122	164	197
	Total	0	0	0	0	31	60	105	127	122	464	577
South China	Hong Kong	2,786	2,957	3,960	3,887	4,883	5,934	6,457	7,407	8,534	9,487	10,151
	Kaohsiung	2,370	2,392	2,765	3,324	3,919	4,340	4,513	5,098	5,355	6,004	5,758
	Shanghai	0	0	0	0	0	35	45	72	134	282	350
	Ningbo	0	0	0	0	0	0	0	0	85	140	181
	Total	5,156	5,349	6,725	7,211	8,802	10,309	11,015	12,576	14,108	15,913	16,441
Asia	Singapore	8,573	9,487	10,401	11,720	12,920	13,930	12,650	13,700	14,817	17,422	18,938
	Tanjung Pelepas	na	na	na	na	na	381	1,967	2,540	3,169	3,668	3,987
	Port Klang	na	na	na	436	966	1,206	1,880	2,367	2,582	2,715	2,924
	Total	8,573	9,487	10,401	12,156	13,886	15,516	16,497	18,607	20,568	23,806	25,849
Total		15,685	16,893	19,283	21,503	25,327	29,373	31,699	36,355	40,148	46,098	49,156

Source : East Asian Containerport Markets to 2020, OSC, 2006.
Note : Singapore 1995～1997 information is based on estimated values.

Table 6. Model group using the transshipment traffic volume of ports

Type	$K(t)$	$J(t)$	$C(t)$	
Model 1	Transshipment traffic volume of South Korea	Transshipment traffic volume of Japan (Yokohama, Tokyo, Osaka, Kobe)	Transshipment traffic volume of China	North China(Qingdao, Dalian)
Model 2				North China(Qingdao, Dalian), Ningbo, Shanghai
Model 3				North China(Qingdao, Dalian), Hong Kong
Model 4				North China(Qingdao, Dalian), Kaohsiung
Model 5				North China(Qingdao, Dalian), Ningbo, Shanghai, Kaohsiung
Model 6				North China(Qingdao, Dalian), Ningbo, Shanghai, Hong Kong
Model 7				North China(Qingdao, Dalian), Ningbo, Shanghai, Kaohsuing, Hong Kong

$K(t)$: t 시점에 한국 항만 그룹의 환적물동량
$J(t)$: t시점에 일본 항만 그룹의 환적물동량
$C(t)$: t 시점에 중국 항만 그룹의 환적물동량

L-V모형은 연속형으로 모수 추정방법은 OLS, NLS, 능형회귀분석 등이 있다. 하지만 해외항만들의 환적물동량 데이터의 개수가 적기 때문에 연속형 모형보다 이산형 형태로 변환 후 모수를 추정한다. 이산형 모형은 연속시간 모형보다 모수추정이 편리하고 이전 모형의 모수와 개념적으로도 관계를 유지하고 있기 때문이다. 일반적으로 모형 자체는 비선형적 회귀모형이기 때문에 CNLS(Conditional Nonlinear Least Square) 방법을 적용하지만, 본 모형은 데이터의 개수가 적어 회귀분석을 이용하여 모수를 추정하였다.

<Table 5>에 1995년부터 2005년까지의 항만별 환적물돌량 데이터를 <Table 6>의 각 모델 집단의 해당 항만별로 합산하여 3개 집단 데이터로 만들고 회귀분석을 통해 7개 모델의 모수를 추정하였다. <Table 7>의 7개 각 모델의 모수 추정결과를 R^2와 MAPE 기준으로 평가한 결과 모델 4가 가장 오차가 적은 것으로 분석되었다.

<Table 7>의 모델 4의 모수추정 결과를 살펴보면 우리나라

Table 7. L-V model parameter estimation

Type/Parameter		g	α	β	γ	R^2	MAPE
Model 1	K(t)	2.58307	0.00008	0.00095	0.00049	0.20617	8.39
	J(t)	10.97289	0.00087	0.00891	-0.00274	0.46307	53.87
	C(t)	-0.33230	-0.00009	-0.00101	-0.00015	0.60654	34.25
Model 2	K(t)	2.77268	0.00007	0.00113	0.00048	0.25521	8.15
	J(t)	7.93652	0.00065	0.00614	-0.00129	0.49163	53.90
	C(t)	-0.32427	-0.00007	-0.00100	-0.00013	0.95131	11.98
Model 3	K(t)	1.45828	0.00025	0.00036	-0.00013	0.32313	7.13
	J(t)	5.18834	0.00045	0.00402	-0.00009	0.40865	53.72
	C(t)	4.09124	-0.00024	0.00176	0.00027	0.19563	6.03
Model 4	K(t)	0.90031	0.00016	0.00005	-0.00017	0.63003	5.22
	J(t)	3.17875	0.00030	0.00229	-0.00015	0.43898	53.71
	C(t)	3.85923	0.00004	0.00178	0.00017	0.31360	4.60
Model 5	K(t)	0.99393	0.00016	0.00007	-0.00016	0.50672	5.84
	J(t)	2.60934	0.00028	0.00177	-0.00016	0.47075	53.68
	C(t)	6.70610	-0.00006	0.00359	0.00043	0.33358	4.39
Model 6	K(t)	1.66998	0.00023	0.00045	-0.00011	0.26196	7.60
	J(t)	4.38736	0.00044	0.00332	-0.00012	0.42086	53.68
	C(t)	4.93286	-0.00034	0.00232	0.00034	0.21886	5.87
Model 7	K(t)	1.06049	0.00021	0.00013	-0.00008	0.46233	6.05
	J(t)	3.65161	0.00036	0.00269	-0.00007	0.42512	53.67
	C(t)	2.80408	-0.00001	0.00109	0.00005	0.23739	4.24

와 일본 항만 집단 사이의 상호영향계수 추정치 β가 0.00005, α가 0.003으로 부호가 +, +이므로 두 국가의 항만은 상호보완 관계로 성장해왔다고 해석이 가능하다. 그러나 우리나라와 중국 항만집단 사이의 상호영향계수 γ가 -0.00017, α가 0.00004로서 부호가 -, +이므로 우리나라와 중국 항만집단과는 피식자-포식자 관계(Predator-prey)인 것으로 분석되었다. 우리나라와 중국 항만의 피식자-포식자 경쟁관계는 중국 항만의 대규모 건설과 물동량 유치로 인해 우리나라의 기존 환적물동량이 중국항만으로 이동했다는 기존 전문가들의 견해와 일치하고 있다. 마찬가지로 일본 항만과 중국 항만은 피식자-포식자 관계로 중국 항만의 성장으로 일본 항만의 환적물동량이 중국항만으로 이동했다고 분석된다.

1995년에서 2005년의 항만 집단별 환적물동량 데이터와 앞서 추정된 모델 3의 모수로 예측한 한국, 중국, 일본 항만그룹의 환적물동량은 <Figure 2>~<Figure 4>와 같다. 2015년에 중국이 928만 TEU로 가장 높게 예측되었고, 그 다음 우리나라가 895만 TEU로 증가할 것으로 분석되었으나, 일본은 2015년 45만 TEU로 예측되어 지속적으로 감소할 것으로 예측되었다.

예측치의 정확성을 검토하기 위해 L-V모형 예측치를 우리나라 환적물동량 실적 통계와 비교해보았다. 우리나라 1995년에서 2005년의 환적물동량 데이터로 예측한 2006, 2007, 2008년 추정치와 비교해 보면 2006년은 3.8%, 2007년은 1.8%의 오

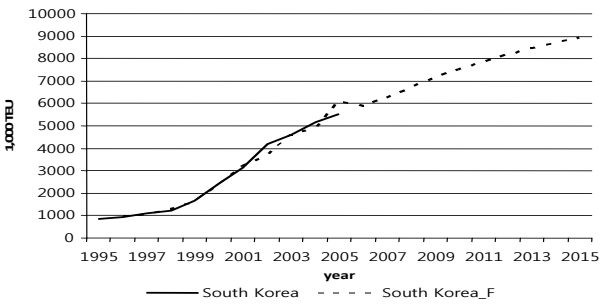


Figure 2. Comparison of the transshipment traffic volume result and forecast value of South Korea

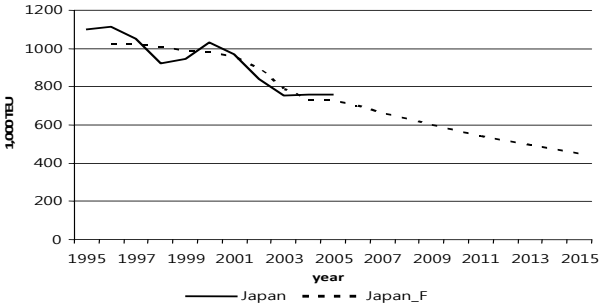


Figure 3. Comparison of the Transshipment Traffic Volume Result and Forecast Value of Japan(~2015)

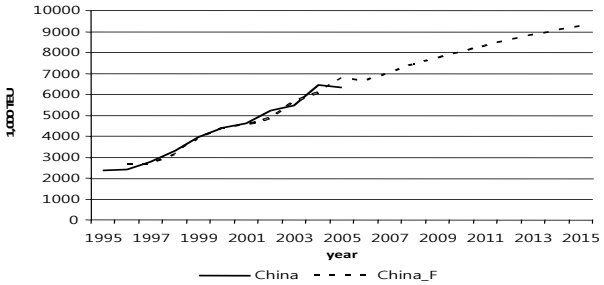


Figure 4. Comparison of the transshipment traffic volume result and forecast value of China(~2015)

Table 8. Comparison of the actual values and forecast values of transshipment traffic volume in South Korea

(Unit : 1,000TEU)

Year	Actual Values	Forecast Values	Error(%)
2006	5,673	5,896	3.8
2007	6,155	6,265	1.8
2008	6,186	6,725	8.3
2009	5,719	7,157	25.1
2010	6,641	7,521	13.3

차를 보여 거의 비슷하게 예측되었다. 하지만 2008년, 2009년, 2010년의 경우 예측 오차가 높았는데, 이는 2008년 금융위기로 인해 전 세계가 항만물동량 전체가 감소하였기 때문에 환적물동량 역시 영향을 받았기 때문으로 판단된다.

4. 결론 및 추후 연구과제

동북아 지역 국가의 주요 환적항만들은 환적물동량을 유치하기 위한 마케팅 경쟁이 활발하다. 이에 본 연구에서는 각 국가의 환적물동량 유치 경쟁이라는 상황을 대표적인 경쟁모델인 L-V모형에 적용하고 실제 항만데이터와의 비교를 통해 예측가능성을 확인했다. 일반적인 항만물동량 예측방법은 거시경제지표, 주변 국가의 항만물동량 등에 의해 결정되나, L-V모형은 특정한 지표가 없이도 물동량 데이터 특성을 이용하여 항만 간의 동적 관계를 확인할 수 있으며, 중장기적인 추세 예측이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 동북아시아 지역 주요 환적항만을 대상으로 한국, 일본, 중국으로 국가별 항만집단을 그룹화하여 분석한 결과, 우리나라 항만들은 일본 항만들과는 상호보완적인 관계이나, 중국항만들과는 먹이사슬관계이거나 경쟁관계에 있는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 최근에 건설된 중국의 대규모 항만건설로 인해 우리나라 환적물동량이 감소되었다는 전문가들의 판단과 동일하다.

그러나 본 연구의 L-V모형은 환적물동량 선택요인인 항만규모와 효율성, 이용료, 서비스, 위치 등의 세부요인이 직접적으로 반영이 되지 않아 다양한 시나리오의 분석이 되지못했다. 물동량 예측은 기본적으로 데이터 수집 자체가 어렵고 국·내외 전문 기관의 조사결과도 차이가 많은 게 현실이다. 앞으로 개별 항만의 특성들을 정량화하여 모델에 반영할 수 있는 추가적인 연구와 다른 예측 모형과의 비교를 통해 예측결과에 대한 신뢰성 확보가 필요하다.

참고문헌

Kim, Y. B., Kim, J. B., and Lee, H. S. (2001), Forecasting of IMT-2000 Market Size using Modified Multi-generation Lotka-Volterra Model, *IE Interfaces*, **14**(1), 54-58.

Jun, C. Y. (2007), A Study of Forecasting Model of Container Transshipment Traffic Volume in Korea, *The Journal of Maritime Monthly*, **272**, 6-28.

Han, C. H. and Uh, J. K. (2004), *The Impact on the Korea's Transshipment Traffic Volume in According to the Development of North Chiness Ports*, Korea Maritime Institute.

Alfred, J. B. (2005), Optimising the Container Transshipmrnt Hub Location in Northern Europe, *Journal of Transport Geography*, **14**(3), 195-214.

Dekker, N. (2009), *Annual Container Market Review and Forecast 2009/10*, Drewry Shipping Consultants.

Drewry Shipping Consultants (2008), *Annual Review of Global Container Terminal Operators 2008*, Drewry Shipping Consultants.

Drewry Shipping Consultants (2008), *Intra-Asia Container Trades 2008*, Drewry Shipping Consultants.

Kim, Y. B., Seo, S. Y., and Lee, Y. T. (1999), A Substitution and Diffusion Model with Exogenous Impact : Forecasting of IMT-2000 subscribers in Korea, *Vehicular Technology Conference-Fall*, 948-952.

Ocean Shipping Consultants (2006), *East Asian containerport markets to 2020*, Ocean Shipping Consultants.

Pielou, E. C. (1969), *An Introduction to mathematical ecology*, Wiley Interscience.

Ueda, T. (1990), A Study of a competitive Bass model which takes into account competition among firms, *Journal of Operations Research Society of Japan*, **33**(4), 319-334.

Yap, W. Y. and Lam, J. S. L. (2004), An interpretation of inter-container port relationships from the demand perspective, *Maritime Policy and Management*, **31**, 337-355.