

# Bass Model 기반의 접이식 컨테이너 수요 예측

김학성<sup>1</sup>, 하헌구<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국철도기술연구원,

<sup>2</sup>인하대학교 물류전문대학원

## Demand Forecasting of Foldable Container with Bass Model

Hag-Seoung Kim<sup>1</sup>, Hun-Koo Ha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Logistics System Research Division, Korea Railroad Research Institute

<sup>2</sup>Graduate School of Logistics, INHA University

Trade imbalance among the nations or regions has been deepening as a result of economic globalization. This trade imbalance causes another imbalance, in the area of container supply and demand. That is, Asian countries including China suffer a shortage of containers for shipping their products, while the United States or EU countries have a surplus of empty containers after unloading the freight. To deal with this problem, over-supplied empty containers are moved to the locations where containers are needed, yet this is an inefficient solution to the problem. In an effort to resolve this inefficiency, many countries are preparing to develop and introduce foldable containers, which can be transported and stored in a bundle by folding 3 or 4 empty containers together, significantly enhancing the transport and storage efficiency of empty containers. However, the foldable container is still in its early stage, with test products produced or introduced to the market in Europe and the United States. In this paper, we studied demand forecasting for the foldable containers with Bass model which is based on the diffusion theory. For this purpose, the parameters of the Bass model were estimated, and the forecasting model of the foldable container demand was constructed and evaluated.

**Keywords** : Foldable container, Bass Model, Empty container repositioning

### 1. 서론

오늘날 세계 경제는 국가 간 국경 없는 교역을 통하여 성장하여 왔다. 이러한 세계 경제 성장과 더불어 늘어나는 교역량 증가에 따라 각 국가별, 대륙별 무역 불균형 또한 심화되어 가고 있으며 현재와 같이 중국 등 아시아 지역이 노동 집약적 생산 중심지로서의 역할이 지속 될 경우 더욱 늘어날 것으로 보인다. 이러한 무역 불균형에 따라 컨테이너 수급 역시 불균형을 이루고 있는데, 아시아 지역에서는 상품 수출을 위한 공 컨테이너가 부족하고 이와 반대로 미국과 유럽에서는 상품을 하역하고 난 뒤 공 컨테이너가 남아 공급이 과잉되고 있는 실정이다. 이로 인해 매년 수많은 공 컨테이너가 재배치(repositioning)되고 있는 상황으로 해운회사와 같은 컨테이너 운송 기관에서는 매년 막대한 비용을 들여 이를 해결하고 있다. 이에 공 컨테이너의 보관 및 운송 효율성을 획기적으로 개선할 수 있는 접이식 컨테이너(foldable container)가 개발 중에

있다. 접이식 컨테이너는 화물을 하역하고 난 뒤 빈 컨테이너를 접철하여 3개 혹은 4개의 접철된 컨테이너를 하나로 묶어 운송 및 보관할 수 있는 컨테이너를 말한다. 그러나 접이식 컨테이너는 Bandara(2015)가 이야기한 것과 같이 아직 유럽과 미국 회사의 몇몇 제품이 시운전(pilot testing) 또는 시장 진입(market introduction) 단계에 있다. 이에 본 연구에서는 물류산업에 효율성을 제고해 줄 수 있는 신제품인 접이식 컨테이너가 시장에서 본격적으로 상품화되어 확산하는 것에 대한 수요예측방법에 대하여 연구하고자 한다.

## 2. 수요예측 모형 및 추정 방법

많은 연구자들이 신기술을 적용한 신제품 개발과 새로운 서비스의 도입 및 확산에 대하여 혁신확산이론 기반의 수요예측 모형을 개발하고 이를 설명하고자 노력하여 왔다. 이러한 확산 모형에서 가장 널리 활용되고 있는 모형은 Bass 모형으로 이를 토대로 한 논문이 750편에 이를 정도이다(Ozkaya, 2008).

Bass 모형에서 혁신 채택자 즉, 신제품을 구매하는 그룹은 두 개의 집단으로 나누어진다고 가정한다. 이 중 하나의 집단은 외부영향이라 할 수 있는 대중매체 등의 영향을 받아 신제품을 구매하는 집단이고, 다른 집단은 내부영향이라 할 수 있는 기 구매자의 구전에 의해서만 영향을 받아 구매하는 집단이다. Bass 모형에서는 이러한 첫 번째 집단을 혁신자(innovators)로, 그리고 그 다음의 집단을 모방자(imitators)로 정의한다. 이를 근거로 Bass 모형에서 사용하는 모수는 세 개로 구성된다. 첫째, 신제품을 궁극적으로 구입할 고객의 크기를 나타내는 잠재수요 크기  $M$ , 그리고 임의의 고객인 혁신자가 제품을 구입하는데 영향을 미치는 외부적 영향을 나타내는 모수  $p$ 와 제품 구매자들로부터의 내부적 영향을 받아 구입하는 모방자가 구매하는 정도를 나타내는 모수  $q$ 가 있다. 이러한 모수 추정은 Bass 모형을 활용하여 신제품 확산 모형을 구축하는 첫 걸음이자 가장 중요한 단계라 할 수 있다.

Bass 모형의 모수를 추정하는 방식에 대하여 많은 연구자들이 제안 하였는데 그 중 Mahajan 등(1985)은 일반최소자승법(the ordinary least squares, OLS), 최우도추정법(the maximum likelihood estimation, MLE), 비선형최소자승법(the nonlinear least squares, NLS) 등의 모수 추정 방식을 비교 연구 하였다. 저자들은 NLS 즉, 비선형최소자승법이 가장 우수하다고 분석 하였으며 일반최소자승법(OLS)은 가장 쉽게 모수 추정을 할 수 있는 방법이라고 평가 하였다. 하지만 이러한 모수를 추정하기 위하여 필요한 과거 data는 신제품 혹은 신기술의 특성상 충분치 못한 경우가 대분이다. 이에 송영화 등(2005)은 Bass이론 등을 이용하여 위성 DMB 서비스에 대한 고객 수요예측 및 수용특성을 파악 할 때 위성 DMB 서비스와 같은 혁신 성향이 강한 신규 서비스의 수요예측은 고객의 성향에 따라 수용이 점진적으로 확산되며 확산단계별 고객 수용형태가 차별화 된다고 보았다. 따라서 Bass이론 등을 바탕으로 잠재 고객들을 대상으로 한 시장 조사 결과를 효과적으로 결합하여 신규 서비스에 대한 시장수용성과 변동성을 동태적으로 추정하였다. 박윤서(2005)는 기존의 Bass모형에 기반하여 확률이론을 바탕으로 종속적 관계를 가지는 상품들에 대한 수요확산 모형을 개발하고자 하였다. Bass의 hazard 함수 모형에 확률이론을 활용하여 확장 가능성을 확인하고 종속적 관계에 있는 신상품들에 대한 수요 확산모형을 개발하여 국내 이동전화와 무선인터넷 사례에 적용하여 실증적 분석을 수행하였다. 김우성(2007)은 미래 수요를 예측할 만한 데이터가 부족한 LCD의 국내 판매량 데이터를 예로 들어 잠재시장 규모와 그 도달시점을 예측하고자 하였다. 이를 위해 소수의 판매량 데이터로 예측이 가능하도록 수요 측 요인과 더불어 기업 측 요인을 반영한 확산 모형을 제시 하였다. 이봉주 등(2012)은 신규 사회서비스의 시장규모 예측을 위하여 Bass Model을 활용 하였다. 이를 위해 사회서비스 수요 설문 조사를 시행하고 Bass Model을 활용하여 아동발달 영역의 6개 유망사회서비스에 대하여 혁신 계수에 따른 서비스 확산 속도와 잠재 수요를 예측하였다. 채현석(2013)은 Bass 모형을 이용한 전기자동차 수요예측에 대한 모수 추정을 위해 유사추론방식으로 도요타 하이브리드 자동차의 세계 판매량 데이터를 이용하여 일반최소자승법에 의한 혁신계수와 모방계수를 추정 활용하였다.

이상에서 본바와 같이 Bass 모형 적용을 위한 모수 추정 방식은 과거 데이터가 충분하지 않은 관계로 여러 가지 방안이 활용되었으나, 본 연구에서는 접이식 컨테이너가 기존에 사용하고 있는 컨테이너의 특수한 형태임을 감안하여 유사추론방식을 활용하였다. 즉, 접이식 컨테이너와 유사한 특수 컨테이너의 판매량을 기초하여 모수를 추정하였다.

## 2-1 Bass 모형

Bass모형은 확률함수인 위험함수(hazard function)로부터 유도되는데 구매가 아직 일어나지 않았다고 주어진 경우 하나의 구매가 t 시점에 일어날 확률, 즉 t 시점까지 비 구매자로 남아있던 개인이 다음 시점에서 구매자가 될 확률을 말한다. 따라서 위험함수는 가입위험률(subscription hazard rate)이 선형함수로 표현된다는 가정하에 다음과 같이 정의된다.

$$\frac{f(t)}{1-F(t)} = p + qF(t) \quad \text{단 } F(0) = 0 \quad (1)$$

여기서,

$f(t)$ : t 시점에서의 구매에 대한 확률 밀도함수

$F(t)$ : t 시점까지의 구매에 대한 누적 확률밀도함수

p : 혁신 계수 (innovation coefficient)

q : 모방 계수 (imitation coefficient)

한편 잠재구매자 전체수를 M이라하고 시점 t에서의 구매자수를 N(t)라 할 때 다음 식이 성립된다

$$N(t) = MF(t) \quad (2)$$

또한 식 (2)로부터

$$f(t) = (p + qF(t))(1 - F(t)) \quad (3)$$

이 됨을 알 수 있으므로 시점 t에서의 구매자 수를 S(t)라 하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S(t) &= \frac{dN(t)}{dt} = Mf(t) = M(p + qF(t))(1 - F(t)) \\ &= M(p + q\frac{N(t)}{M})(1 - \frac{N(t)}{M}) \\ &= (p + \frac{q}{M}N(t))(M - N(t)) \end{aligned} \quad (4)$$

이를 다시 이산화하여 정리하면 아래의 식과 같다.

$$S(t+1) = (p + \frac{q}{M}N(t))(M - N(t)) \quad (5)$$

여기서  $p(M - N(t))$ 은 혁신자(innovator)들에 의한 구매를 의미하고  $\frac{q}{M}N(t)(M - N(t))$ 은 모방자(imitator)들에 의한 구매를 의미한다.

한편 식 (3)을 미분방정식으로 풀면 다음과 같은 형태의 성장곡선 즉 누적분포함수(cumulative distribution function)가 도출된다.

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} \quad (6)$$

또한 t 시점에서의 구매량인 S(t)를 시점 t로 미분한 식을 0으로 하는 시점  $T^*$ , 즉 최고 구매확률 시점은 아래와 같이 정리 된다.

$$T^* = -\frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{p}{q}\right), \quad S(T^*) = \frac{1}{4q}(p+q)^2 \quad (7)$$

이와 같이 Bass 모형에 필요한 모수는 혁신 계수(p), 모방 계수(q) 및 잠재적 시장 규모(m) 등 이다. 앞서 Mahajan 등(1985) 밝힌 바와 같이 일반최소자승법(the ordinary least squares, OLS)이 가장 간단히 모수를 추정 할 수 있으며 비선형최소자승법(the nonlinear least squares, NLS)이 가장 정확하다.

## 2.2 Bass 모형의 모수 추정

### 1) 일반최소자승법

Bass(1969)는 혁신 확산 모형 발표 당시 일반최소자승법에 의한 모수 추정 방법을 제안 하였다. 저자는  $X(i)$ 를 시 구간(time interval)  $(t_{i-1}, t_i)$  에서 증가된 구매자들의 기대치 즉,  $X(i) = N(t_i) - N(t_{i-1})$ 라고 하고 다음과 같은 이산적 수식을 유추하였다.

$$\begin{aligned} X(i) &= pm + (q-p)N(t_{i-1}) - (q/m)N^2(t_{i-1}) + \varepsilon(i) \\ &= \alpha_1 + \alpha_2 N(t_{i-1}) + \alpha_3 N^2(t_{i-1}) + \varepsilon(i) \end{aligned} \quad (8)$$

단,  $\alpha_1 = pm$ ,  $\alpha_2 = (q-p)$ ,  $\alpha_3 = -q/m$ ,  $E[\varepsilon(i)] = 0$ ,  $var[\varepsilon(i)] = \sigma^2$ ,  $\varepsilon(i)$ 는 모든  $i \neq j$  에 대해  $\varepsilon(i)$ 와 독립이다. 이때 주어진  $\hat{\alpha}_1$ ,  $\hat{\alpha}_2$ ,  $\hat{\alpha}_3$  에 의하여 모수를 추정하면 다음과 같다.

$$\hat{p} = \frac{-\hat{\alpha}_2 + \sqrt{\hat{\alpha}_2^2 - 4\hat{\alpha}_1\hat{\alpha}_3}}{2} \quad (9)$$

$$\hat{q} = \frac{\hat{\alpha}_2 + \sqrt{\hat{\alpha}_2^2 - 4\hat{\alpha}_1\hat{\alpha}_3}}{2} \quad (10)$$

$$\hat{m} = \frac{-\hat{\alpha}_2 - \sqrt{\hat{\alpha}_2^2 - 4\hat{\alpha}_1\hat{\alpha}_3}}{2\hat{\alpha}_3} \quad (11)$$

일반최소자승법의 장점은 가장 손쉽게 적용 가능하다는데 있다. 이에 따라 많은 확산 모형에서 모수 추정에 사용되어 지고 있다. 하지만 Schmittlein 등(1982)은 일반최소자승법에 대해 3가지 문제점을 가지고 있다고 평가 하였다. 첫째, 불안정하거나 잘못된 부호를 가진 추정치를 얻기 쉬운데, 이는 주로 시계열 자료가 희소하고, 변수  $N(t_{i-1})$  와  $N^2(t_{i-1})$  사이에 다중공선성(multi-collinearity)이 존재할 때 발생한다. 둘째, 추정치들의 분포(표준오차)를 직접적으로 제공해 주지 않는데, 이는 모수  $p$ ,  $q$ ,  $m$ 이 추정량  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ 의 비선형함수이기 때문이다. 셋째, 연속형 모형을 추정하는데 이산적 시계열자료를 사용하므로 시 구간 편의(time interval bias)가 발생할 수 있다. 즉, 이론적으로 추정식의 좌변은  $N(t)$ 의 도함수(derivative)이어야지  $X(t)$ 로 표현되는 차이(difference)는 아님으로,  $X(t)$ 는 변곡점 전까지의 시 구간(time interval)에 대해서는  $dN_t/dt$ 를 과소추정하고, 그 이후 부분에서는 과대추정하기 쉽다.

### 2) 비선형최소자승법

비선형최소자승법(NLS, the nonlinear least squares)은 최우도추정법(MLE, maximum likelihood estimation)의 단점을 보완하기 위하여 Srinivasan 등(1986)이 제안하였다.

먼저 Bass 모형의 누적분포함수를 이용하여 저자들은 혁신 계수  $p$ , 모방 계수  $q$ , 그리고 시장의 잠재적 규모인  $m$  이 세 가지 모수가 아래의 수식에 따라 시 구간(time interval)  $(t_{i-1}, t_i)$ 에서 증가된 구매자들의 기대치  $X(i)$ 를 이용해 추정 가능 하다고 하였다.

$$X(i) = m(F(t_i) - F(t_{i-1})) + \varepsilon_i \quad (12)$$

$$X(i) = m \left( \frac{1 - e^{-(p+q)t_i}}{1 + (q/p)e^{-(p+q)t_i}} - \frac{1 - e^{-(p+q)t_{i-1}}}{1 + (q/p)e^{-(p+q)t_{i-1}}} \right) + \varepsilon_i \quad (13)$$

여기서  $\varepsilon(i)$ 는 오차항이며 이에 오차 제곱합을 최소화하는 목적함수인 식(14)을 만족하는 혁신 계수  $p$ , 모방 계수  $q$ , 그리고 시장의 잠재적 규모인  $m$ 이 추정된다.

$$\min_{p, q, m} \sum_{i=1}^T [\hat{X}(i) - X(i)]^2 \quad (14)$$

비선형최소자승법은 일반최소자승법에 의하여 범 할 수 있는 오류인 시 구간편의(time interval bias)를 극복 할 수 있으며 더욱이 오차항은 외부 변수 즉, 경제 상황이나 마케팅 변수 등에 영향을 받지 않고 오직 표집오차(sampling error)에 의하여 영향을 받음으로 보다 현실적인 모수 추정이 가능하다.

### 3. 자료 수집 및 수요예측

#### 3-1 자료 수집

접이식 컨테이너 확산을 위한 Bass 모델을 구축하기 위해서는 앞서 살펴 본 바와 같이 혁신 계수(p), 모방 계수(q) 그리고 잠재적 시장 규모(m)에 대한 모수 추정이 필요하다. 모수 추정 과정은 일반최소자승법(OLS, the ordinary least squares)에 의하여 초기 값을 추정한 후 이를 근거로 하여 비선형최소자승법(NLS, the nonlinear least squares)을 활용하도록 한다.

먼저, 접이식 컨테이너는 Bandara 등(2015)이 밝힌 바와 같이 현재 시장에서 도입 초기에 있다. 이러한 이유로 Bass 모델의 모수 추정을 위한 직접적인 판매 자료(data)는 존재 하지 않는다. 따라서 일반최소자승법(OLS, the ordinary least squares)에 의한 모수추정을 위한 기초 자료는 유사추론방식을 적용하여 접이식 컨테이너와 같은 유사 제품인 특수 컨테이너 판매량을 조사하였다. 조사 대상 기업은 전 세계 컨테이너 판매량의 49 %를 차지하는 컨테이너 1위<sup>1)</sup> 제조업체인 CIMC(China International Marine Container Group Co., Ltd.)의 Annual report 및 Semi-Annual Report를 기반으로 조사하였다. 이를 근거로 중량물 수송을 위한 Flat Rack Container와 액체 수송용 탱크 컨테이너 등을 포함한 특수 컨테이너(Special Container) 판매량을 2002년부터 2014년까지 13년간의 판매량을 반기별로 다음과 같이 정리하였다.

Table 1. CIMC Semi-Annual Sales Volume of Special Container

(unit : box)

Year	2002		2003		2004	
	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half
Special Container	11,723	14,457	14,289	19,777	23,150	32,668
Year	2005		2006		2007	
	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half
Special Container	39,817	24,175	54,000	33,361	55,900	32,946
Year	2008		2009		2010	
	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half
Special Container	52,500	50,200	27,000	16,200	24,500	37,400
Year	2011		2012		2013	
	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half	1st Half	2nd Half
Special Container	46,200	30,900	33,000	40,100	30,800	33,100
Year	2014					
	1st Half			2nd Half		
Special Container	31,500			38,000		

#### 3-2 모수 추정 및 수요예측

상기 특수 컨테이너(Special Container) 판매량에 대한 모수 추정을 위하여 전술한 바와 같이 식(8)를 이용하여 일반최소자승법에 의하여 모수를 추정 하도록 한다.

먼저, CIMC의 특수 컨테이너 판매량에 대한 SPSS를 활용한 회귀 분석 결과는 다음과 같다.

1) CCIA (China Container Industry Association), first half of 2007, <http://www.chinaccia.com>

Table 2. Result of Regression Analysis

계수 <sup>a</sup>								
모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률	B에 대한 95.0% 신뢰구간	
		B	표준오차	베타			하한	상한
1	(상수)	19759.730	4849.934		4.074	.000	9726.877	29792.582
	Y	.089	.031	1.909	2.844	.009	.024	.153
	Y2	-9.716E-8	.000	-1.669	-2.486	.021	.000	.000
a. 종속변수: X								

이상의 회귀 분석 결과를 이용하여  $\alpha_1 = pm$ ,  $\alpha_2 = (q-p)$ ,  $\alpha_3 = -q/m$ ,  $E[\varepsilon(i)] = 0$ ,  $var[\varepsilon(i)] = \sigma^2$ ,  $\varepsilon(i)$ 는 모든  $i \neq j$ 에 대해  $\varepsilon(i)$ 와 독립으로 이때 주어진  $\hat{\alpha}_1 = 19,759.730$ ,  $\hat{\alpha}_2 = 0.089$ ,  $\hat{\alpha}_3 = -9.716E-8$ 에 대하여 일반최소자승법에 의하여 식(9), (10), (11)를 사용하여 일반최소자승법에 의한 모수를 추정하면 다음과 같다.

$$\hat{p} = 0.01802$$

$$\hat{q} = 0.10653$$

$$\hat{m} = 1,096,414.3$$

상기 일반최소자승법에 의한 모수 추정 결과를 초기 값으로 하여 비선형최소자승법에 의한 모수 추정을 위해 식 (14)를 이용하여 다음과 같이 잔차 제곱 합을 최소화하는 모수 추정 결과를 얻었다.

$$\hat{p} = 0.01639$$

$$\hat{q} = 0.10568$$

$$\hat{m} = 1,127,237.7$$

이상 두 가지 모수 추정 방식에 의하여 추정된 모수에 따른 오차 제곱 합을 구하면 다음 표와 같다.

Table 3. Sum of Squared Residual (SSR)

	Ordinary Least Squares	Nonlinear Least Squares
SSR	2,762,624,882	2,713,484,372

상기 결과에 따라 일반최소자승법 방식에 의한 모수 추정 보다 비선형최소자승법에 의한 모수 추정 결과가 좀 더 정확한 것을 알 수 있었다. 이에 상기 모수 추정 결과에 따른 접이식 컨테이너의 확산에 대하여 도입 초기 연도부터 50년간의 결과를 살펴보면 아래 그래프와 같다.

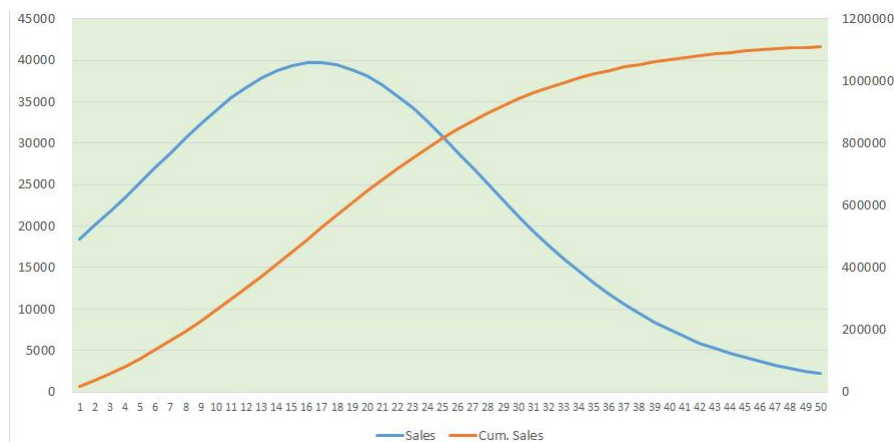


Figure 1. Sales Forecasting of Foldable Container

### 3-3. 수요예측 결과 검증

이상과 같이 구축된 Bass 모형에 의하여 예측된 값의 정확도를 평가하였다. 예측의 정확도를 평가 하는 지표로는 잔차제곱합(sum of squared residual : SSR), 평균평방오차(mean squared error : MSE), 평균절대편차 (mean absolute deviation : MAD), 평균 절대 백분율 오차 (mean absolute percentage error : MAPE), 평균자승백분율오차(mean squared percentage error : MSPE), 근평균제곱오차 (root mean squared error : RMSE) 평균자승백분율오차의 평방근 (root mean squared percentage error : RMSPE) 등이 있다(이종원, 2006)

한편 이종원(2006)은 타일(Theil)의 U-통계량을 이용하여 예측모형의 정확도를 평가 할 수 있다고 하였는데, 타일(Theil) U-통계량 값이 1이면 특정한 모형의 예측력이 단순 예측 방법과 동일함을 의미하고 U 값이 1보다 작으면 단순예측방법보다 예측력이 우수하며, U 값이 1보다 크면 단순예측방법보다 예측력이 낮은 것으로 설명하였다. 이러한 점을 고려 한 타일(Theil) U-통계량은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$U = \sqrt{\frac{\sum (\frac{F_{t+1} - A_{t+1}}{A_t})^2}{\sum (\frac{A_{t+1} - A_t}{A_t})^2}} \quad (15)$$

여기서, A = 실제 값, F = 예측 값이며 상기 식에 의한 Bass 모형의 타일 U-통계량은 0.9537으로 나타났다. 이를 근거로 보았을 때 단순예측방법 보다 본 연구에서 구축된 Bass 모형이 상대적으로 우수한 것으로 판단된다. 이와 함께 일반적으로 사용하고 있는 예측방법인 지수평활법 등과 비교하기 위하여 대표적인 지수평활법인 단순지수평활법(single exponential smoothing)과 윈터스 지수평활법(Winter's exponential smoothing)를 활용하여 잔차제곱합을 비교하였다.

먼저, 단순지수평활법은 전기의 실제 값과 예측 값의 차이인 잔차의 일정비율에 전기의 예측 값을 더하는 방법으로 다음 식과 같다.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (A_t - F_t) \quad (16)$$

$$\text{단, } 0 < \alpha < 1$$

여기서 A = 실제 값, F = 예측 값이며  $\alpha$ 는 평활계수이다. 다음으로 윈터스 지수평활법은 가법(additive seasonality)과 승법(multiplicative seasonality)으로 구분된다. 윈터스 가법 모델은 계절 변동이 있는 시계열이 시간 흐름과 관계없이 일정한 변동을 갖는 수치에 대한 예측 기법이며, 윈터스 승법 모델은 시계열이 가진 수평, 추세, 계절 패턴에 대한 모수(parameter)를 각각 평활하는 세 방정식을 연립해 구한 값을 윈터스 평활모델의 방정식에 대입해 예측하는 방식이다. 본 연구에서는 윈터스 승법모델을 사용하였으며 이를 수식으로 나타내면 아래와 같다.

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (17)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \quad (18)$$

$$I_t = \beta \frac{X_t}{S_t} + (1-\beta)I_{t-L} \quad (19)$$

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m} \quad (20)$$

여기서 m = 예측기간, L = 계절 주기,  $X_t$  = 실제 값,  $I_t$  = 계절 패턴 평활식,  $b_t$  = 추세 패턴 평활식,  $S_t$  = 계절성이 없는 수평 패턴 평활식이다. 이상의 대표적인 지수평활법에 의하여 앞서 제시한 정확도 비교 방법 중 Bass 모형과 같은 기간 예측 한 후 잔차제곱합(SSR)을 계산 한 결과 아래와 같이 Bass 모형에 의한 SSR 값이 가장 적은 결과를 보여 Bass 모형에 의한 예측이 좀 더 우수한 것을 확인하였다.

Table 4. Comparison of sum of squared residual : SSR

	Bass Model	Single Exponential Smoothing	Winter's exponential smoothing
SSR	2,713,484,372	3,342,268,989	3,805,937,507

#### 4. 결론 및 시사점

본 연구에서는 국가 간 교역 불균형에 의하여 심화되어 가고 있는 공 컨테이너 재배치로 인한 비효율을 제거하기 위하여, 현재 각국에서 개발되고 있는 접이식 컨테이너에 대한 수요예측을 Bass 모형을 기반으로 구축하고 이를 평가하였다. 이를 위해 유사추론방식을 적용하여 CIMC 특수 컨테이너 판매실적을 기반으로, 일반최소자승법을 사용하여 초기 모수를 추정한 후, 비선형최소자승법으로 혁신 계수(p), 모방 계수(q) 및 잠재적 시장 규모(m) 등의 모수를 추정하였다. 또한 테일의 U-통계량을 통해 수요예측모형을 평가한 결과 단순예측방법 보다 설명력이 우수한 것을 확인하였다. 이와 더불어 일반적인 시계열 예측방법과 비교하고자 단순지수평활법과 윈터스 지수평활법을 사용하여 각각 잔차제곱합 값을 구한 후 비교하였다. 이를 통해 Bass 모형을 기반으로 한 수요예측 모형이 타 예측 방법에 비해 좀 더 정확하게 접이식 컨테이너 확산에 따른 수요를 예측 할 수 있는 것으로 나타났다.

새로운 기술과 서비스에 기반 한 신제품 개발은 산업의 발전과 경제 성장에 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 그러나 실제 존재하지 않는 새로운 제품에 대한 수요예측은 자료 부족 등의 이유로 인하여 정확성도 낮은 것이 사실이다. 이에 본 연구에서는 유사추론방식에 의하여 모수를 추정하고 이를 근거로 수요를 예측해 보았다. 본 연구의 결과는 물류산업의 효율성을 제고할 수 있는 접이식 컨테이너의 사업화 추진 시 생산 설비 등의 과잉 투자 혹은 과소 투자에 의한 기회 손실 등의 문제를 초래하지 않도록 실무분야에서 많은 응용이 기대된다. 또한 접이식 컨테이너 도입과 활용에 따른 관련 산업계에 미치는 영향과 파급효과를 사전에 검토 할 수 있는 토대를 제공함으로써 해운 관련 기관의 경영 전략과 국가 해운 활성화 정책 수립에 활용 될 수 있을 것이다.

또한, 향후 접이식 컨테이너 생산이 본격화되고 경영노력 등에 의하여 가격이나 광고 등 마케팅 활동이 활발해지게 되면 이에 따른 수요예측방법도 차별화하여 연구 할 필요성이 있을 것이다.

#### 감사의 글(Acknowledgement)

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(20TLRP-C126986-04)에 의해 수행되었습니다.

[This research was supported by a grant(20TLRP-C126986-04) from Transportation logistics R&D Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.]



## 참고문헌

- 김우성. (2007). '신상품 수요예측을 위한 Bass모형 확장에 관한 연구', 박사학위논문, 동국대학교.
- 박윤서. (2005). 종속적 신상품의 수요확산모형: 무선인터넷 사례를 중심으로. 한국경영과학회 2005년 춘계 학술대회논문집, 1082-1088.
- 송영화, & 한현수. (2005). 혁신채택 및 확산이론의 통신방송융합 (위성 DMB) 서비스 수요추정 응용. 경영과학, 22(1), 179-197.
- 이봉주, 김남희, & 서정민. (2012). 사회서비스 수요예측을 위한 Bass 확산모형 적용 가능성에 대한 탐색적 연구: 아동분야 유망사회서비스 유형을 중심으로. 한국사회복지행정학, 14(2), 27-55.
- 채현석. (2013). 'Bass 확산모형을 이용한 전기자동차 수요예측', 석사학위논문, 경북대학교.
- Bandara, Y. M., Garaniya, V., Chin, C., & Leong, Z. H. (2015). Improving Logistics Management Using Foldable/Collapsible Containers: A Case Study. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 31(1), 161-185.
- Bass, F. M. (1969). A New Product Growth Model for Consumer Durables. Management Sciences. Institute for Operations Research and the Management Sciences. Evanston, XV (5).
- CCIA (China Container Industry Association), first half of 2007. ([www.chianccia.com](http://www.chianccia.com))
- CIMC ([www.CIMC.com](http://www.CIMC.com)) : CIMC/Investor Relationship/PeriodicReport /Annual Report/Semi-annual Report. 2002 - 2014
- Mahajan, V., Mason, C. H., & Srinivasan, V. (1985). An evaluation of estimation procedures for new product diffusion models. Graduate School of Business, Stanford University.
- Mahajan, V., Muller, E., & Bass, F. M. (1995). Diffusion of new products: Empirical generalizations and managerial uses. Marketing Science, 14(3\_supplement), G79-G88.on)
- Ozkaya, E., Demand management in global supply chains, Ph. D. Thesis, Georgia Institute of Technology, 2008.
- Schmittlein, D. C., & Mahajan, V. (1982). Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance. Marketing science, 1(1), 57-78.
- Srinivasan, V., & Mason, C. H. (1986). Technical note-nonlinear least squares estimation of new product diffusion models. Marketing science, 5(2), 169-178.