

승법계절 ARIMA 모형에 의한 부산항 컨테이너 물동량 추정과 예측

이재득*

Forecasting the Container Throughput of the Busan Port using a Seasonal Multiplicative ARIMA Model

Ghae-Deug Yi

Abstract : This paper estimates and forecasts the container throughput of Busan port using the monthly data for years 1992-2011. To do this, this paper uses the several seasonal multiplicative ARIMA models. Among several ARIMA models, the seasonal multiplicative ARIMA model $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ is selected as the best model by AIC, SC and Hannan-Quin information criteria. According to the forecasting values of the selected seasonal multiplicative ARIMA model $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$, the container throughput of Busan port for 2013-2020 will increase steadily annually, but there will be some volatile variations monthly due to the seasonality and other factors. Thus, to forecast the future container throughput of Busan port and to develop the Busan port efficiently, we need to use and analyze the seasonal multiplicative ARIMA model $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$.

Key Words : Busan Port, Container Throughput, Forecast, Seasonal Multiplicative, ARIMA

▷ 논문접수: 2013.03.26 ▷ 심사완료: 2013.09.23 ▷ 게재확정: 2013.09.27
* 부산대학교 국제전문대학원 교수, givethanks@pnu.ac.kr , 051)510-2585

I. 서론

2012년 말 현재 세계 7위권의 교역액을 기록하고 있는 우리나라는 동북아중심국가의 하나이며, 부산항은 1876년 강화도조약 체결 이후 2013년 초 현재까지 우리나라 제일의 무역항으로서 발전해왔고, 현재 세계 5위의 컨테이너 항구로서의 위상을 가지고 있으며, 우리나라 총 해상수출물동량의 약 40%, 우리나라 컨테이너 화물의 80%를 차지하고 있다. 특히 2012년에는 상반기에는 세계 1위의 항만인 상해는 1,588만 TEU를 기록하여 3.9% 증가, 2위인 싱가포르항은 7.3% 증가, 3위인 홍콩항은 -0.7%의 감소를 각각 기록하는 등 글로벌 경기침체로 세계 항만들의 물동량이 주춤하거나 감소하고 있는 가운데 부산항은 동기간 세계 5대 항만컨테이너 항만가운데 가장 물동량이 많이 증가하였다. 그리하여 2012년에는 상반기에는 세계 10대 항만의 평균증가율은 5.5%를 증가하였지만 부산항은 853만 TEU를 기록하여 2011년 상반기보다 8.4% 증가하였다.

우리나라는 동북아 물류중심국가가 되기 위해 여러 가지 항만 개발 및 물류정책을 펼치고 있다. 항만법 제 5조에는 항만의 개발을 촉진하고 항만을 효율적으로 운영하기 위해 중앙정부는 지정항만에 대한 항만기본계획을, 지방자치정부는 지방항만에 대한 기본계획을 10년 단위로 수립·시행해야 되며, 항만법 제 7조에 의하면 관리청은 항만기본계획이 수립된 날로부터 5년 단위로 그 계획의 타당성을 검토하여야 된다.

그리하여 부산항 역시 기본계획을 수립하고 변경하는 등 효율적인 항만 기본계획을 수립·시행하기 위해서는 부산항의 물동량을 치밀하게 추정하여, 추정된 물동량을 바탕으로 부산항의 개발계획과 건설과 시설계획 등을 효율적으로 수립하여 부산항의 장기적이고 종합적인 발전계획을 도모해야 한다.

따라서 부산항의 물동량 추정과 예측은 부산경제뿐만 아니라 경제성장의 중요한 지표로서 부산항의 계획과 개발 및 부산지역경제의 발전, 그리고 나아가 우리나라의 경제개발을 위해서도 매우 중요한 연구과제이다. 그러나 부산지역차원에서 물동량 추정의 전문적이고 심층적인 연구는 그 중요성에도 불구하고 심층적으로 분석한 연구는 매우 희소하다.

우리나라의 항만물동량에 대한 최근의 주요 기본연구는 양항진(2006), 김창범(2007), 김정훈(2008, 2009), 그리고 손용정(2009) 등이 있다. 양항진(2006)은 중력모형을 이용하여 항만입지와 항만비용, 지역경제협력 등을 이용하여 부산항 물동량을 추정하였는데, 항만입지와 지역협력 등의 변수 등을 정량적으로 추정하는 데는 다소 한계가 있다. 모수원·김창범(2003)은 우리나라 해상물동량 추정을 ARIMA 모형으로 이용하여 추정하였다.

김창범(2007)은 승법 계절 ARIMA 모형을 이용하여 해상운송의 물동량 예측을 간단

히 단지 2가지 모형으로 기초적인 시계열 모델로 제시하고 있다. 김정훈(2008)은 부산항 전체가 아니라 부산 북항만의 물동량 예측을 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모델 1개만 가지고 제시하여 부산항 전체에 대한 분석으로는 미흡하다. 김정훈(2009)은 전국 컨테이너항만 물동량을 역시 (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모델 1개로 예측하고 있다. 손용정(2009)은 2001년부터 2008년 9월까지 우리나라와 중국 항만교역량을 계절 ARIMA 모형으로 예측하고 있다.

그러나 위의 모든 기존 연구들은 나름대로 공헌한 점이 있으나 단순히 한 두 개의 ARIMA 모형만을 사용하고 있기 때문에 모형의 건정성이 미흡해보이고 분석자료의 기간도 비교적 짧아 모형설정에 따른 자유도 때문에 추정상 위험이 존재한다. 따라서 본 연구는 부산항의 항만물동량과 물동량 변동을 추정하기 위하여 1992년부터 2011년까지의 부산항의 월별 물동량 통계자료를 사용하여 여러가지 승법계절(Seasonally Multiplicative) ARIMA 모형을 사용하여 부산항의 물동량의 추정하고 예측한다.

II. 부산항의 컨테이너 물동량 동향

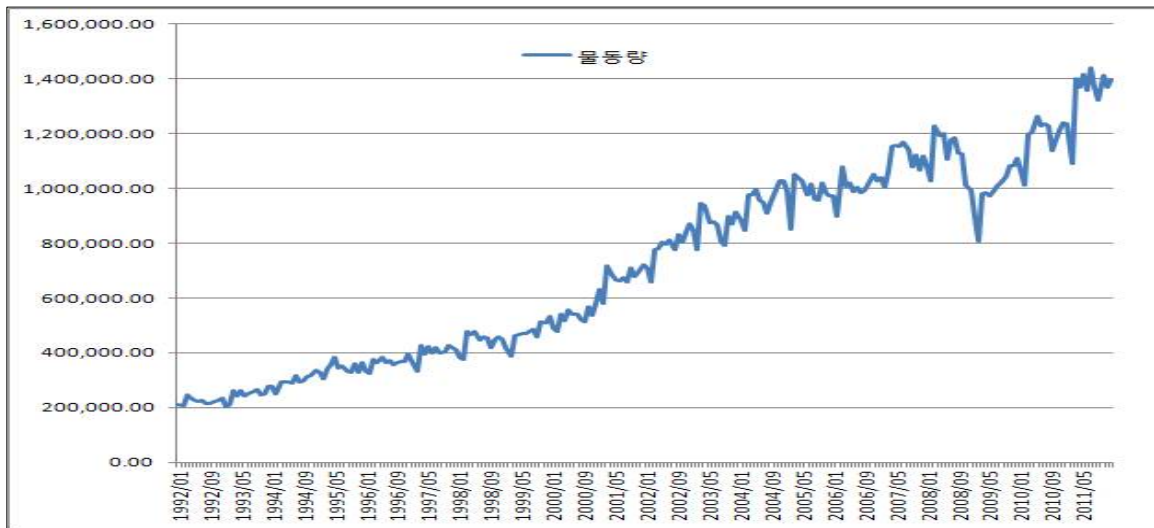
부산항은 1984년 100만 TEU의 컨테이너를 처리한 후에 1988년 200만 TEU, 1998년 500만 TEU, 2003년 1,000만 TEU를 돌파하였고 2012년에는 1,618만 TEU를 기록하였다. <그림 1>에서는 1992년 1월부터 2011년 12월까지의 부산항의 총물동량의 월별자료가 나타나 있다.

먼저 <그림 1>의 부산항의 컨테이너 총물동량을 보면, 1992년 이래 1997년 까지 월별로 다소의 변동은 있었지만 연도별로 보면 우리나라와 동아시아의 금융위기가 왔던 1997년 전까지는 대체로 큰 변동폭을 보이지 않고 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 그러나 <그림 1>와 <그림 2>에서 나타나 있듯이 우리나라에 금융외환위기가 와서 우리나라의 교역과 경제성장이 침체 혹은 감소를 가져왔던 1997년 이후 부산의 월별 물동량은 상당히 큰 변동 폭을 2-3년에 한 번씩 보이고 있지만, 그래도 연도별 물동량은 2002년 까지는 상당히 증가하는 추세를 보이고 있다.

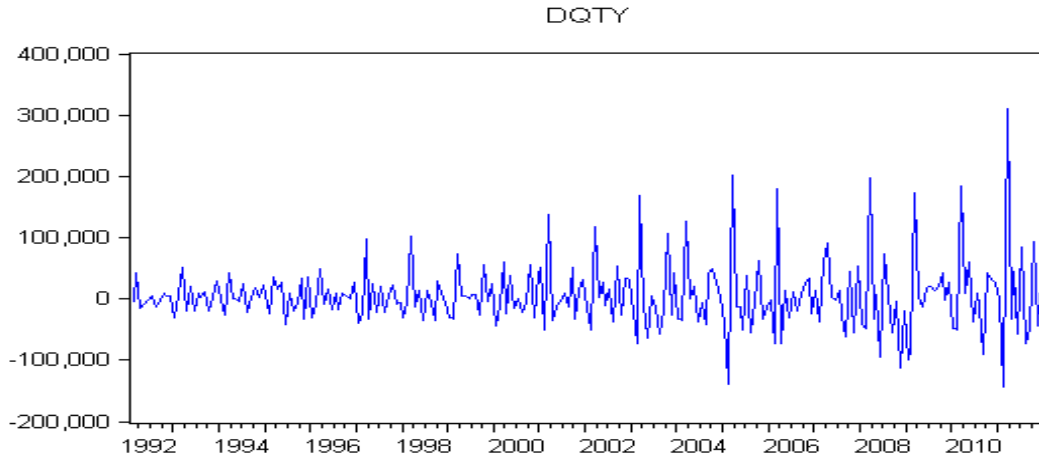
그러나 이러한 증가추세는 2002년 이래 2007년까지 월별 변동 폭이 더욱 크게 나타났지만, 연도별로는 역시 지속적으로 증가추세를 보였는데, 2007년 미국의 서브프라임 모기지 위기와 미국 및 세계의 경제위기가 시작되어 세계경제가 침체됨에 따라 2008년에는 부산의 항만 물동량은 <그림 1>과 <그림 2>에 나타나 있듯이 아주 큰 폭으로 급격히 감소하였고 월별 변동폭 역시 2000년대 후반 들어 세계경제의 침체와 그에 따른 수출입의 감소 등으로 변동 폭이 아주 크게 좀 더 자주 나타나고 있다.

그리하여 세계적인 금융위기와 경기침체로 인해 2008년 8월에는 118만 TEU에서 2008년 9월에는 113만, 2008년 12월에는 99.3만, 2009년 6월에는 98.8만 TEU를 각각 기록하는 등 부산항의 물동량은 급감하였다. 세계경기가 다소 개선된 2009년 7월 100.3만 TEU를 기록하였고 그 이후에는 다시 부산항의 물동량은 100만 TEU를 넘어 증가 추세를 보이다가 2010년 12월 123.6만 TEU를 기록한 후 2011년 1월 이후 다시 조금씩 감소하다가 2011년 2월 다시 109.2만 TEU로 감소하였다가 2011년 3월 다시 140.1만 TEU로 크게 증가하는 등 부산항의 물동량은 세계 경제위기와 경기침체 등에 상당한 영향을 받은 것으로 나타났다.

<그림 1> 부산항 물동량 추이



<그림 2> 부산항 물동량 우러별 변동폭(DQTY)



Ⅲ. 물동량의 시계열 특성

부산항의 컨테이너 물동량을 추정하기 위하여 1992년부터 2011년까지의 부산항의 월별 물동량 통계자료 240개를 사용하여 구한 평균(Mean), 중위값(Median), 최고값(maximum), 최저값(Minimum)이 아래 <표1>에서 나타나 있으며, 부산항의 물동량의 왜도(Skewness), 첨도(Kurtosis), 그리고 Jarque-Bera 통계량과 P 확률값을 살펴보았을 때, 부산의 물동량의 분포는 정규분포를 하지 않고 있으며, 우측으로 다소 옮겨 정규분포의 첨도보다 낮게 분포되어 있음을 알 수 있다.

<표1> 부산항 컨테이너 물동량의 기초통계량

Mean	717878.0	Skewness	0.145611
Median	713342.0	Kurtosis	1.674863
Maximum	1441023.	Jarque-Bera	18.40797
Minimum	203640.0	Probability	0.000101
Std. Dev.	352294.9	Observations	240

그리고 부산항의 물동량의 오차항의 자기상관함수(AC)와 편자기상관함수(PAC), 그리고 오차항의 자기상관을 q 통계량(Q-stat)과 으로 조사한 결과 <표2>에서 나타나 있듯이 시차 1, 2, 3, ..., 36 모두에서 자기상관계수가 0이라는 귀무가설을 1%와 5% 유의수준에서 각각 기각하고 있으므로 부산항의 물동량은 자기상관성이 나타남을 알 수 있다.

그리하여 부산항의 물동량 시계열의 비정상성은 <그림1>의 물동량의 연도별 계속된 추이에서 알 수 있으며, 물동량 시계열의 자기상관성은 <그림3>의 물동량의 자기상관함수와 편자기상관함수에서 나타나 있다. 부산항의 물동량은 매우 오랜기간 동안 강한 자기상관성을 가지고 있다.

그리하여 부산항의 물동량의 비정상성을 극복하기 위하여, <그림2>에서 나타나 있듯이 물동량의 변동 즉 차분된 물동량(DQTY)의 자기상관함수와 편자기상관함수를 구하여 보면 <그림4>에서 나타 있듯이 물동량 수준변수의 자기상관성과 달리 12개월의 시차를 가지고 자기상관성과 편자기상관성이 나타나 있다.

그리하여 부산항의 물동량수준이 아니라 시계열의 정상성을 확보하기 위하여 ARIMA 모델과 또 계절적 혹은 주기적 요인을 혼합하여 추정할 필요가 있다. 왜냐하면 위의 부산항의 물동량 시계열의 식별에서 나타난 것과 같이 부산항의 월별 물동량은 비정상적인 I(1) 시계열로서 단위근을 가지고 있으며¹⁾, 물동량의 수준변수나 차분변수 모두에서 자기상관성을 가지고 있으며, 주기성도 가지고 있다.

따라서 부산항의 물동량 수준을 계절성 혹은 주기성을 감안하여 부산항 물동량을 좀더 정확하게 추정하고 예측하기 위해서는 여러 가지 ARIMA 모델을 응용하여 추정하여 가장 최적의 모형을 찾아내어 향후 부산항의 물동량을 예측하는 것이 필요하다.

<표 2> 부산항 물동량의 자기상관함수와 편자기상관함수

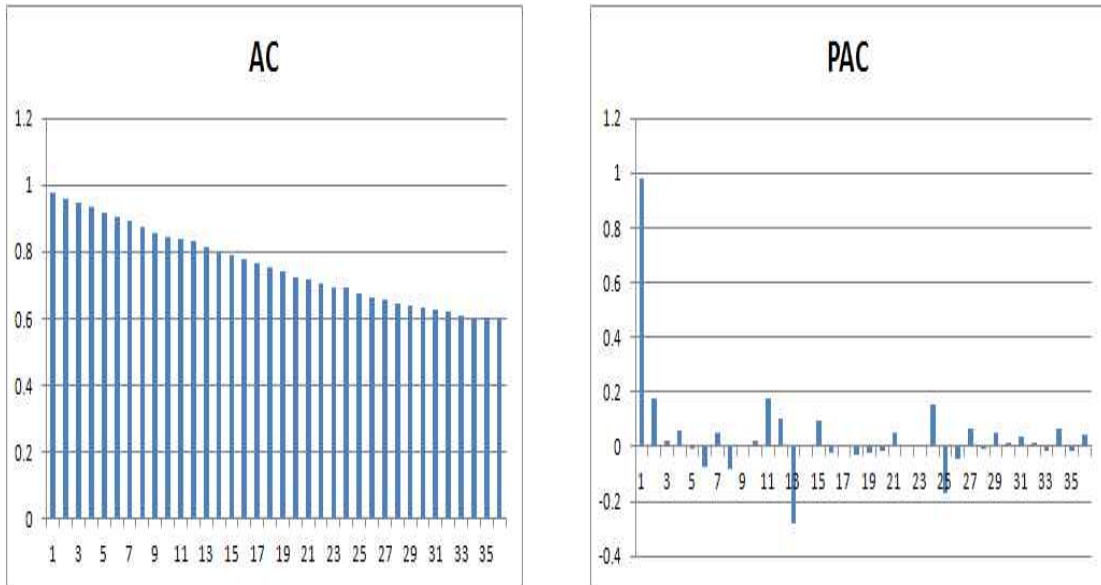
시차	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.976	0.976	231.51	0.000
2	0.961	0.176	456.89	0.000
3	0.946	0.021	676.04	0.000
4	0.933	0.055	890.27	0.000
5	0.919	-0.008	1099.1	0.000

1) 부산항의 월별 물동량을 Augmented Dickey-Fuller(ADF) 단위근 검정을 한 결과, ADF t 통계량 값이 0.03으로 나타나, 물동량이 단위근을 갖는다는 귀무가설을 5% 유의수준에서 기각할 수가 없었다.

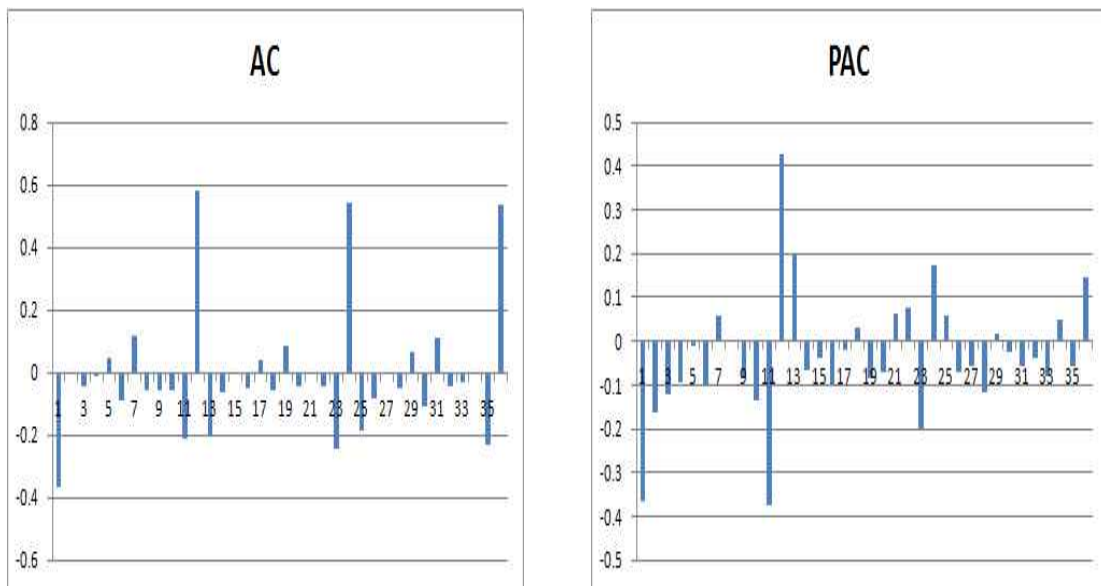
승법계절 ARIMA 모델을 이용한 부산항의 컨테이너 물동량 추정과 예측

시차	AC	PAC	Q-stat	Prob
6	0.902	-0.074	1301.3	0.000
7	0.890	0.053	1498.5	0.000
8	0.872	-0.084	1689.0	0.000
9	0.857	0.001	1873.6	0.000
10	0.842	0.021	2052.6	0.000
11	0.836	0.177	2229.7	0.000
12	0.831	0.100	2405.5	0.000
13	0.811	-0.281	2574.0	0.000
14	0.798	0.006	2737.5	0.000
15	0.787	0.097	2897.2	0.000
16	0.776	-0.022	3053.4	0.000
17	0.765	0.001	3205.8	0.000
18	0.752	-0.031	3353.7	0.000
19	0.740	-0.020	3497.8	0.000
20	0.726	-0.013	3636.9	0.000
21	0.714	0.052	3772.1	0.000
22	0.702	0.001	3903.2	0.000
23	0.694	0.009	4032.3	0.000
24	0.692	0.154	4161.2	0.000
25	0.676	-0.171	4284.6	0.000
26	0.664	-0.046	4404.2	0.000
27	0.655	0.065	4521.0	0.000
28	0.646	-0.008	4635.4	0.000
29	0.639	0.052	4747.8	0.000
30	0.631	0.016	4857.9	0.000
31	0.626	0.038	4966.6	0.000
32	0.618	0.011	5073.2	0.000
33	0.610	-0.017	5177.7	0.000
34	0.604	0.063	5280.5	0.000
35	0.601	-0.014	5383.0	0.000
36	0.603	0.044	5486.4	0.000

<그림 3> 물동량의 자기상관함수(AC)와 편자기상관함수(PAC)



<그림 4> 차분 물동량의 자기상관함수와 편자기상관함수



IV. 물동량의 승법계절 ARIMA 모형 추정

본 절에서는 앞에서 살펴보았듯이 부산항의 물동량 수준의 비정상성과 계절성 혹은 주기성을 고려하여 부산항 물동량의 시계열적 특성을 식별하여 향후 부산항 물동량을 좀 더 정확하게 추정하고 예측하기 위해서는 1992년부터 2011년까지 월별자료를 사용하여 우선 여러 가지 ARIMA에 의한 추정 모델을 설정하여 가장 최적의 예측 모형을 찾아내고 분석한다.

그리하여 이러한 부산항의 물동량의 시계열적 특성 즉 비정상성과 주기성 혹은 계절성을 감안하여 먼저 앞에서 살펴본 부산항의 물동량의 시계열적 비정상성과 주기성을 고려하여 연단위(12개월) 단위로 조정된 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한 (seasonal multiplicative) ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 로 추정하였는데, 그 결과가 <표3>에서 나타나 있다.

<표 3>에서 ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 에서 AR(1), SAR(12), MA(1) 그리고 SMA(12) 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 높게 나타나, 물동량 수준을 승법 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모델로 예측할 때, 예측 모형이 상당히 만족할 만한 것으로 나타났다.

<표 3> 승법계절 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 예측모델 1

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9957.284	199667.3	-0.049869	0.9603
AR(1)	0.970936	0.016473	58.94058	0.0000
SAR(12)	1.075106	0.010982	97.89737	0.0000
MA(1)	-0.246075	0.068156	-3.610466	0.0004
SMA(12)	-0.920933	0.015611	-58.99187	0.0000
R-squared	0.991769			
Adjusted R-squared	0.991620			
Log likelihood	-2668.755	AIC	23.55732	
F-statistic	6687.024	SC	23.63275	
Prob(F-statistic)	0.000000	HQ	23.58776	

주 : AIC는 Akaike information, SC는 Schwarz, HQ는 각각 Hannan-Quin criterion을 나타냄

<표 4>에서는 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 (1,0,1)×(1,0,2)로 추정한 결과이다. ARIMA 모델 (1,0,1)×(1,0,2)에서 AR(1)과 SAR(1)와 SMA(2) 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으나 MA(1)는 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의하지 않은 것으로 나타났다. 또한 AIC와 SC의 값이 물동량 수준을 승법 ARIMA (1,0,1)×(1,1,0)₁₂ 모델로 예측할 때보다는 높게 나와, 예측 모형이 덜 만족할 만 것으로 나타났다.

<표 4> Seasonally Multiplicative ARIMA (1,0,1)×(1,0,2) 예측모델 2

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3054698.	12656009	-0.241363	0.8095
AR(1)	-0.628905	0.157616	-3.990105	0.0001
SAR(1)	1.001316	0.004400	227.5569	0.0000
MA(1)	0.161539	0.170956	0.944916	0.3457
SMA(2)	-0.348818	0.100498	-3.470891	0.0006
R-squared	0.980439			
Adjusted R-squared	0.980104			
S.E. of regression	49458.34		AIC	24.47643
Sum squared resid	5.70E+11		SC	24.54938
Log likelihood	-2907.696		HQ	24.50583
F-statistic	2919.684			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표 5>에서는 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 (1,0,0)×(1,0,0)으로 추정한 결과이다. ARIMA 모델 (1,0,1)×(1,0,0)에서 AR(1)과 SAR(1) 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 높게 나타나, ARIMA 모델 (1,0,1)×(1,0,0)은 부산항의 컨테이너 물동량 수준을 승법 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모델로 예측할 때보다는 덜 만족스러운 것으로 나타났다.

<표 5> Seasonally Multiplicative ARIMA (1,0,0)×(1,0,0) 예측모델 3

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2897810.	6706948.	0.432061	0.6661
AR(1)	-0.364244	0.060929	-5.978163	0.0000
SAR(1)	0.997719	0.006924	144.1007	0.0000
R-squared	0.979409			
Adjusted R-squared	0.979233			
S.E. of regression	50528.28		AIC	24.51098
Sum squared resid	6.00E+11		SC	24.55475
Log likelihood	-2913.806		HQ	24.52862
F-statistic	5588.804			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표 6>에서는 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 (1,0,1)×(1,0,0)으로 추정된 결과이다. ARIMA 모델 (1,0,1)×(1,0,0)에서 MA(1)과 SAR(1) 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으나 AR(1)는 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그리고 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 상당히 높게 나타났지만, 컨테이너 물동량 수준을 승법 ARIMA (1,0,1)×(1,1,0)₁₂ 모델로 예측할 때보다는, 예측 모형이 덜만족스럽게 나타났다.

<표 6> Seasonally Multiplicative ARIMA (1,0,1)×(1,0,0) 예측모델 4

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9957.284	199667.3	-0.049869	0.9603
AR(1)	0.970936	0.016473	58.94058	0.0000
SAR(12)	1.075106	0.010982	97.89737	0.0000
MA(1)	-0.246075	0.068156	-3.610466	0.0004
SMA(12)	-0.920933	0.015611	-58.99187	0.0000
R-squared	0.991769			
Adjusted R-squared	0.991620			
Log likelihood	-2668.755		AIC	23.55732
F-statistic	6687.024		SC	23.63275
Prob(F-statistic)	0.000000		HQ	23.58776

<표 7>에서는 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_2$ 로 추정된 결과이다. AR(1), SAR(2), MA(1) 그리고 SMA(2) 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 높게 나타났지만, 물동량 수준을 승법 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모델로 예측할 때보다는 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_2$ 모델의 AIC, SC 등의 값이 높게 나와 모형이 덜 만족스럽게 나타났다.

<표 7> Seasonally Multiplicative ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_2$ 예측모델 5

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	724171.8	2.13E+08	0.003399	0.9973
AR(1)	0.999099	0.025559	39.08978	0.0000
SAR(2)	1.001314	0.011824	84.68737	0.0000
MA(1)	-0.463737	0.061129	-7.586191	0.0000
SMA(2)	-0.982530	0.010356	-94.87900	0.0000
R-squared	0.980561			
Adjusted R-squared	0.980226			
S.E. of regression	49218.88	AIC	24.46681	
Sum squared resid	5.62E+11	SC	24.53998	
Log likelihood	-2894.317	HQ	24.49630	
F-statistic	2925.655			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표 8>에서는 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_4$ 로 추정된 결과이다. 분기별로 보기 위해 분기별인 4개월 단위로 조정된 ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_4$ 에서 AR(1), SAR(4), MA(1) 그리고 SMA(4) 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 높게 나타나, 물동량 수준을 승법 ARIMA $(1,0,1) \times (1,1,0)_{12}$ 모델로 예측할 때, 예측 모형이 만족할 만 것으로 나타났다. 그러나 역시 물동량 수준을 승법 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모델로 예측할 때보다는 AIC, SC 등의 값이 높게 나와 예측 모형이 덜 만족스럽게 나타났다.

<표 8> Seasonally Multiplicative ARIMA 예측모델 6

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	728366.5	8195097.	0.088878	0.9293
AR(1)	0.995987	0.023337	42.67774	0.0000
SAR(4)	1.014658	0.011246	90.22539	0.0000
MA(1)	-0.410551	0.062889	-6.528177	0.0000
SMA(4)	-0.964071	0.012668	-76.10282	0.0000
R-squared	0.982425			
Adjusted R-squared	0.982119			
S.E. of regression	46599.55	AIC	24.35762	
Sum squared resid	4.99E+11	SC	24.43122	
Log likelihood	-2857.020	HQ	24.38729	
F-statistic	3214.124			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표 9>에서는 부산항의 물동량 수준을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 $(1,0,1)_2 \times (1,0,1)_4$ 로 추정된 결과이다. 조정된 ARIMA 모델 $(1,0,1)_2 \times (1,0,1)_4$ 에서 AR(2), SAR(12), SMA(12)는 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으나 MA(2)는 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이모형 역시 물동량 수준을 승법 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모델로 예측할 때보다는 AIC, SC 등의 값이 조금 높게 나와 예측 모형이 덜 만족할 만 것으로 나타났다.

<표 9> Seasonally Multiplicative ARIMA 예측모델 7

Dependent Variable: QTY

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-98684.49	178634.9	-0.552437	0.5812
AR(2)	0.922394	0.028038	32.89848	0.0000
SAR(12)	1.070055	0.011213	95.42900	0.0000
MA(2)	-0.007057	0.072705	-0.097065	0.9228
SMA(12)	-0.928061	0.015554	-59.66531	0.0000
R-squared	0.987693			
Adjusted R-squared	0.987470			
S.E. of regression	38051.22	AIC	23.95313	
Sum squared resid	3.20E+11	SC	24.02881	
Log likelihood	-2701.704	HQ	23.98367	
F-statistic	4434.040			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표 10>에서는 물동량의 변동을 계절을 승법한 ARIMA 모델 $(1,1,1) \times (1,0,1)_{12}$ 로 추정된 결과이다. 계절단위(12개월) 단위로 조정된 ARIMA 모델 $(1,1,1) \times (1,0,1)_{12}$ 에서 AR(1)과 MA(1)은 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의하지 않은 것으로 나타났으며 SAR(12)과 SMA(12)는 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 높게 나타났지만, 물동량 수준을 승법 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모델로 예측할 때 보다는 AIC와 SC 값이 다소 높게 나타나, ARIMA $(1,1,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모형은 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모형보다는 덜 만족스러운 것으로 나타났다.

<표 10> Seasonally Multiplicative ARIMA $(1,1,1) \times (1,0,1)_{12}$ 예측모델 8

Dependent Variable: D(QTY)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2080.984	4248.386	0.489829	0.6247
AR(1)	-0.357477	0.209160	-1.709106	0.0888
SAR(12)	1.075993	0.010913	98.59891	0.0000
MA(1)	0.064253	0.223194	0.287877	0.7737
SMA(12)	-0.921282	0.015854	-58.11113	0.0000
R-squared	0.686676			
Adjusted R-squared	0.681005			
S.E. of regression	31257.38	AIC	23.55977	
Sum squared resid	2.16E+11	SC	23.63545	
Log likelihood	-2657.254	HQ	23.59031	
F-statistic	121.0852			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표11>에서는 부산항의 컨테이너 물동량의 변동을 계절을 승법한 ARIMA(seasonal multiplicative) 모델 $(1,1,1) \times (1,0,1)_4$ 로 추정된 결과이다. 계절단위(4개월) 단위로 조정된 ARIMA 모델 $(1,1,1) \times (1,0,1)_4$ 에서 AR(1), SAR(4), 그리고 SMA(4) 등은 모두 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의하지 못 것으로 나타난 반면, MA(1) 항만 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의한 것으로 나타났다.

그리고 ARIMA 모델 $(1,1,1) \times (1,0,1)_4$ 모형의 설명력을 나타내는 결정계수 역시 앞의 추정결과와 비교했을 때 상당히 낮게 나타나 물동량 변동을 준 승법 ARIMA 모델 $(1,1,1) \times (1,0,1)_4$ 로 예측할 때보다, 부산항의 컨테이너 물동량 예측 모형이 만족스럽지 못한 것으로 나타났다.

승법계절 ARIMA 모델을 이용한 부산항의 컨테이너 물동량 추정과 예측

<표 11> Seasonally Multiplicative ARIMA (1,1,1)×(1,0,1)₄ 예측모델 9

Dependent Variable: D(QTY)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5080.331	1480.958	3.430436	0.0007
AR(1)	0.154580	0.136099	1.135791	0.2572
SAR(4)	0.139474	1.002535	0.139121	0.8895
MA(1)	-0.613732	0.110541	-5.552087	0.0000
SMA(4)	-0.156408	1.000864	-0.156273	0.8760
R-squared	0.177923			
Adjusted R-squared	0.163563			
S.E. of regression	49795.34	AIC		24.49037
Sum squared resid	5.68E+11	SC		24.56420
Log likelihood	-2860.373	HQ		24.52014
F-statistic	12.39067			
Prob(F-statistic)	0.000000			

<표 12>에서는 부산항의 컨테이너 물동량의 변동을 계절을 승법한 ARIMA 모델 (seasonal multiplicative) (1,1,1)×(1,0,1)로 추정된 결과이다. 계절단위(1개월) 단위로 조정된 ARIMA 모델 (1,1,1)×(1,0,1)에서 AR(1)과 SAR(1) 그리고 MA(1)은 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 모두 유의한 것으로 나타났으나 SAR(1)은 5% 유의수준에서 t값과 P값으로 볼 때 유의하지 않은 것으로 나타났다. 모형의 설명력을 나타내는 결정계수와 모형의 적합도를 나타내는 F값도 높게 나타났지만, 물동량 수준을 승법 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모델로 예측할 때 보다는 AIC와 SC 값이 다소 높게 나타났기 때문에 이 모형은 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모형보다는 못한 것으로 나타났다.

<표 12> Seasonally Multiplicative ARIMA (1,1,1)×(1,0,1) 예측모델 10

Dependent Variable: D(QTY)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5215.500	486.2611	10.72572	0.0000
AR(1)	0.927749	0.033629	27.58780	0.0000
SAR(1)	0.047533	0.161791	0.293790	0.7692
MA(1)	-0.988874	0.007382	-133.9533	0.0000
SMA(1)	-0.471524	0.161740	-2.915314	0.0039
R-squared	0.194684			
Adjusted R-squared	0.180799			
S.E. of regression	48986.30	AIC		24.45734
Sum squared resid	5.57E+11	SC		24.53051
Log likelihood	-2893.195	HQ		24.48683
F-statistic	14.02144			
Prob(F-statistic)	0.000000			

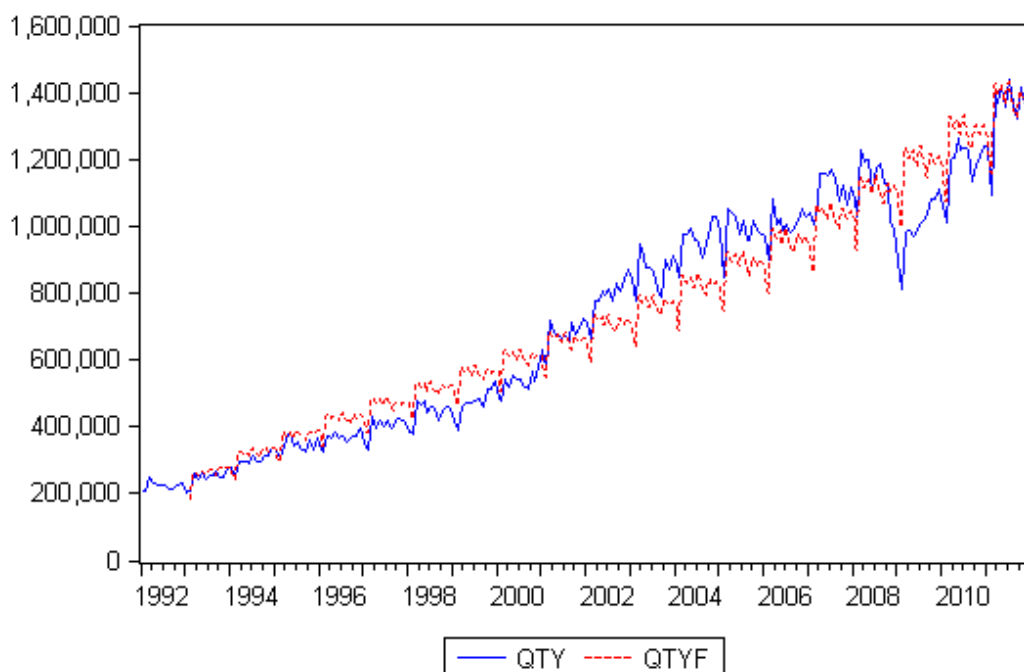
V. 승법계절 ARIMA모형에 의한 예측

1. 부산항의 컨테이너 물동량 추정과 사후적 예측

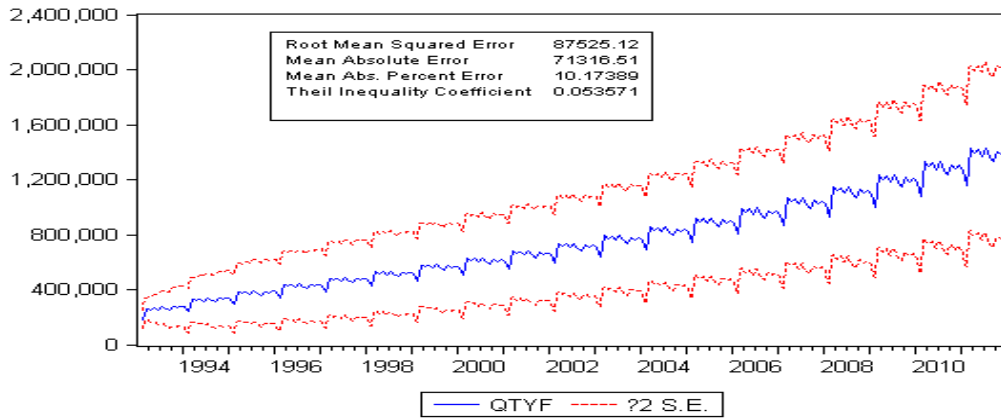
<그림 5>와 <그림 6>은 부산항의 부산항의 컨테이너 물동량을 승법계절(Seasonally Multiplicative) ARIMA 모델로 추정한 것을 그래프로 나타내고 있다. 앞의 제 IV장의 여러 Seasonally Multiplicative ARIMA 물동량 추정모형 가운데, Akaike information, Schwarz information, 그리고 Hannan-Quin information criterion에 의해 가장 좋은 적합도를 나타낸 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모형을 선택하였다.

<그림 5>는 부산항의 부산항의 컨테이너 물동량을 실선인 실제치(QTY)와 점선인 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 예측치(QTYF)를 나타낸다. <그림 6>은 부산항의 부산항의 컨테이너 물동량 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 예측치(QTYF)를 실선으로 나타내고 점선은 ±2 표준편차의 크기를 나타낸다.

<그림 5> 부산항의 컨테이너 물동량 실제치와 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 예측치



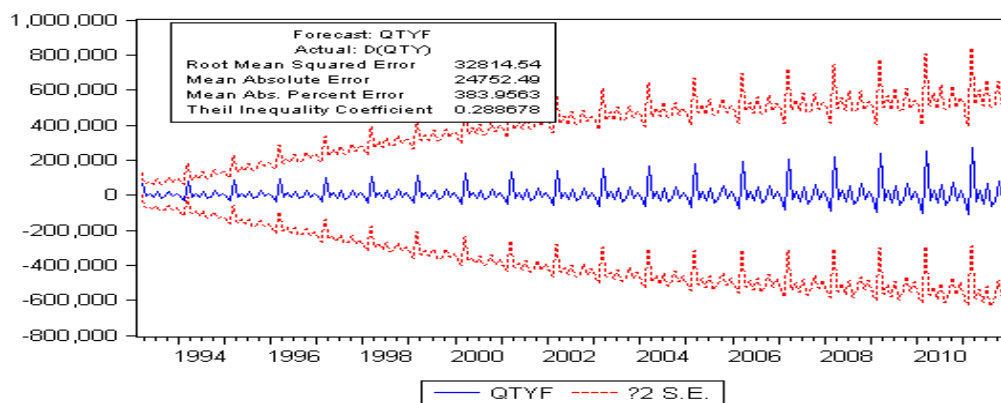
<그림 6> 부산항의 컨테이너 물동량 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 예측치와 표준오차



2. 부산항의 컨테이너 물동량 변동 추정과 사후적 예측

<그림 7>은 부산항의 컨테이너 물동량의 변동을 여러 Seasonally Multiplicative ARIMA 물동량 추정모형 가운데, ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모형이 information criterion에 의해 선택하여 Seasonally Multiplicative ARIMA 모델로 추정된 것을 나타낸다. 부산항의 물동량의 변동을 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 예측치(QTYF)를 실선으로 나타내고 점선은 ±2 표준편차의 크기를 나타낸다.

<그림 7> 부산항의 컨테이너 물동량 변동의 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 예측치와 표준편차



3. 부산항 컨테이너 물동량의 사전적 예측: 미래 예측치(2013-2020년)

앞에서 도출한 부산항의 컨테이너 물동량 추정의 최적모형인 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모형에 의한 향후 8년간 96개월에 대한 부산항 물동량 미래 예측치(2013-2020년)는 <그림 8>, <그림 9> 그리고 <표 13>에서 나타난 것과 같이 1992년부터 2011년 말까지는 물론이고 2013년부터도 같은 연도내 월별로는 다소 증감이 있었지만, 연도별로는 조금씩 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

월별 부산항의 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모형에 의한 컨테이너 물동량 예측은 먼저 월별 물동량 예측은 <표 13>에서와 같이 2013년 7월 165만 8천 TEU, 2013년 12월 162만 TEU로 나타났으며, 2014년 12월 174만 2천, 2015년 12월 187만 4천, 2017년 12월 216만 7천 등으로 나타나 있다.

부산항의 컨테이너 물동량의 ARIMA (1,0,1)×(1,0,1)₁₂ 모형에 의한 연도별 예측량은 2013년 1천 891만 TEU를 비롯하여 2014년 2천 34만 TEU, 2015년 2천 188만 TEU, 2016년 2천 353만 TEU, 2017년 2천 531만 TEU, 2018년 2천 722만 TEU 그리고 2020년 3천 148만 TEU 등으로 예측되었다. 그리하여 부산항의 물동량은 계절별로 다소의 증감은 있지만 2020년까지 점진적으로 증가하는 경향을 보이고 있다.

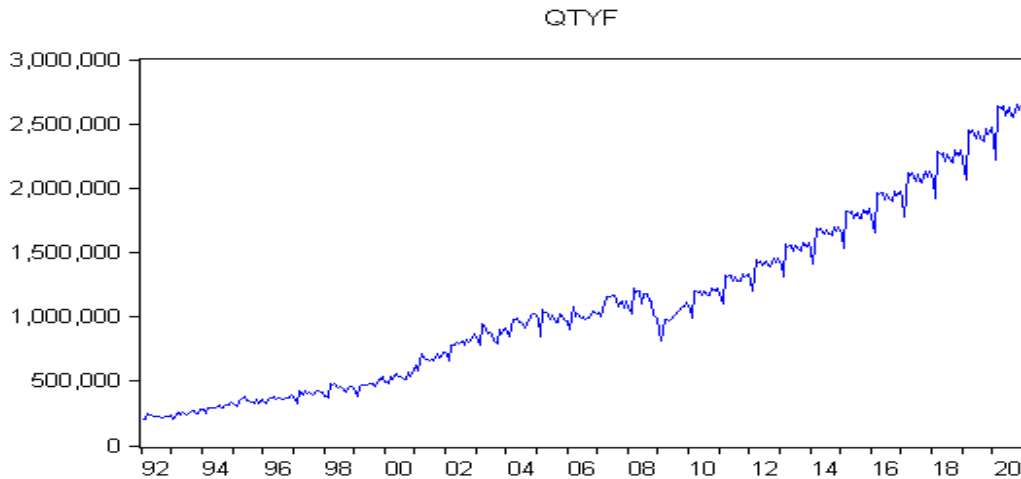
<표 13> 부산항 물동량의 월별 연도별 미래 예측치(2013년 1월-2020년 12월)

예측연월	예측치 (TEU)	예측연월	예측치 (TEU)	예측연월	예측치 (TEU)	예측연월	예측치 (TEU)
2013M01	1,471,700	2015M01	1,702,692	2017M01	1,969,648	2019M01	2,278,193
2013M02	1,340,873	2015M02	1,551,474	2017M02	1,794,861	2019M02	2,076,164
2013M03	1,653,481	2015M03	1,912,800	2017M03	2,212,500	2019M03	2,558,892
2013M04	1,610,531	2015M04	1,863,154	2017M04	2,155,116	2019M04	2,492,564
2013M05	1,643,336	2015M05	1,901,069	2017M05	2,198,939	2019M05	2,543,217
2013M06	1,584,577	2015M06	1,833,151	2017M06	2,120,435	2019M06	2,452,478
2013M07	1,657,653	2015M07	1,917,615	2017M07	2,218,062	2019M07	2,565,319
2013M08	1,580,400	2015M08	1,828,320	2017M08	2,114,849	2019M08	2,446,020
2013M09	1,537,191	2015M09	1,778,375	2017M09	2,057,119	2019M09	2,379,292
2013M10	1,626,547	2015M10	1,881,655	2017M10	2,176,495	2019M10	2,517,273
2013년	18,914,449	2015년	21,881,673	2017년	25,310,976	2019년	29,274,561

승법계절 ARIMA 모델을 이용한 부산항의 컨테이너 물동량 추정과 예측

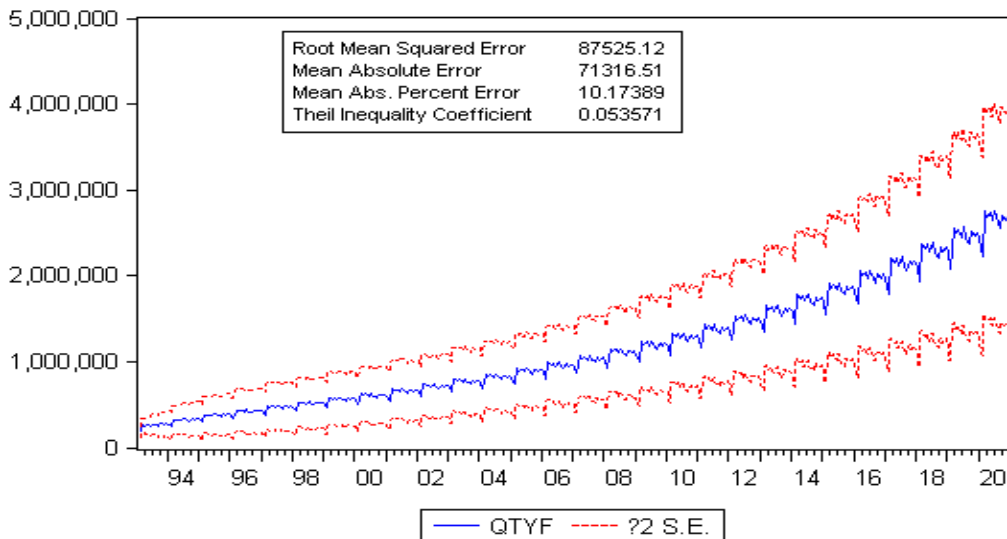
예측연월	예측치 (TEU)	예측연월	예측치 (TEU)	예측연월	예측치 (TEU)	예측연월	예측치 (TEU)
2013M11	1,588,643	2015M11	1,837,843	2017M11	2,125,854	2019M11	2,458,739
2013M12	1,619,517	2015M12	1,873,526	2017M12	2,167,098	2019M12	2,506,410
2014M01	1,583,022	2016M01	1,831,342	2018M01	2,118,338	2020M01	2,450,051
2014M02	1,442,368	2016M02	1,668,765	2018M02	1,930,423	2020M02	2,232,848
2014M03	1,778,453	2016M03	2,057,229	2018M03	2,379,429	2020M03	2,751,833
2014M04	1,732,276	2016M04	2,003,854	2018M04	2,317,734	2020M04	2,680,523
2014M05	1,767,543	2016M05	2,044,616	2018M05	2,364,849	2020M05	2,734,980
2014M06	1,704,371	2016M06	1,971,597	2018M06	2,280,449	2020M06	2,637,425
2014M07	1,782,934	2016M07	2,062,403	2018M07	2,385,407	2020M07	2,758,742
2014M08	1,699,878	2016M08	1,966,401	2018M08	2,274,442	2020M08	2,630,482
2014M09	1,653,423	2016M09	1,912,705	2018M09	2,212,377	2020M09	2,558,743
2014M10	1,749,489	2016M10	2,023,742	2018M10	2,340,718	2020M10	2,707,087
2014M11	1,708,738	2016M11	1,976,638	2018M11	2,286,273	2020M11	2,644,156
2014M12	1,741,929	2016M12	2,015,001	2018M12	2,330,615	2020M12	2,695,408
2014년	20,344,423	2016년	23,534,294	2018년	27,221,054	2020년	31,482,278

<그림 8> 부산항의 물동량 사전적 예측치와 사후적 예측치





<그림 9> 부산항의 물동량의 미래 예측치와 표준편차



VI. 결론

본 연구는 1992년부터 2011년까지 월별자료를 사용하여 부산항의 컨테이너 물동량을 추정하고 분석하기 위하여 여러 가지 시계열 추정모델과 여러 가지 승법계절

승법계절 ARIMA 모형을 이용한 부산항의 컨테이너 물동량 추정과 예측

(Seasonally Multiplicative) ARIMA 모형을 설정하여 비교하여 모형의 건전성을 살펴 보았다.

물동량의 세계 경기변동 및 한국경제의 경기에도 상당 영향을 받고 계절적으로 변동성이 있을 수 있으므로 부산항의 물동량을 여러 가지 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델로 추정하였다. 여러 가지 모델로 추정한 결과 물동량과 물동량 변동 모두 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 로 추정하였을 때, Akaike information, Schwarz, Hannan-Quin 기준 등으로 보아, 가장 좋은 ARIMA 예측 모형으로 나타났다. 따라서 부산항의 물동량을 추정할 때는 단순한 ARIMA 모델보다는 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 로 추정하고 예측하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

그리하여 본 연구에서는 물동량 추정의 최적모형인 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모형에 의해 향후 8년간 96개월에 대한 부산항 물동량 미래 예측치(2013-2020년)를 월별로 추정하여 예측하여 제시하였다. 2013년부터 부산의 물동량은 연도별로 조금씩 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있는 것으로 나타났다. 부산항의 물동량의 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모형에 의한 연도별 예측량은 2013년 1천 891만 TEU, 2014년 2천 34만 TEU, 2015년 2천 188만 TEU, 2016년 2천 353만 TEU, 2017년 2천 531만 TEU, 2018년 2천 722만 TEU 그리고 2020년 3천 148만 TEU 등으로 나타났다.

따라서 부산항의 효율적인 항만 기본계획을 수립·시행하기 위해서는 부산항의 물동량을 계절을 승법한(seasonal multiplicative) ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 로 치밀하게 추정하여, 추정된 물동량을 바탕으로 부산항의 개발계획 등을 수립하여 부산항의 항만 물동량의 수요에 대비하여 부산항의 장기적이고 종합적인 발전계획을 도모해야 한다.

그리고 향후 부산항의 물동량을 증가시키기 위해서는 부산지역 제조업과 교역액 증가를 위한 산업 및 기업정책, 부산항의 부두시설의 개선과 환적화물량을 증가시키기 위한 환적화물 통관과 제도의 개선, 부산항 배후단지와 국내외 기업유치, 항만과 철도 그리고 항공의 복합운송체계를 효율적으로 구축할 필요가 있으며, 한-미 FTA, 한-EU FTA, 그리고 향후 한중일 FTA에 대해 적극적인 활용전략을 실시할 필요가 있다.

그리하여 본 연구는 부산항의 물동량의 미래수요 추정과 예측을 통해 부산항의 개발과 발전계획에 도움을 주고자 부산항의 물동량 추정을 위해 많은 ARIMA 모델을 비롯한 시계열모델로 추정하여 미래 부산항의 컨테이너 물동량의 예측하고 분석하였지만, 앞에서 언급한 여러 가지 부산항의 물동량을 증가시키기 위한 정책 및 제도의 개선을 좀 더 정확히 고려하여 부산항의 컨테이너 물동량을 분석하고 그 활성화 전략을 분석할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 김정훈, “시계열 모형을 이용한 부산 북항의 물동량 예측”, 『한국항만경제학회지』, 제24권 제2호, 2008, 1-17.
- 김정훈, “전국 컨테이너 항만 물동량에 대한 예측”, 『해운물류연구』, 제59호, 2009, 175-194.
- 김창범, “해상물동량 예측과 항만물류정책”, 『한국항만경제학회지』, 제23권 제1호, 2007, 149-162.
- 모수원·김창범, “해상물동량의 추정과 예측”, 『해운물류연구』, 제37호, 2003, 1-18.
- 손용정, “항만 경쟁력 제고를 위한 항만교역량 예측”, 『한국항만경제학회지』, 제25권 제1호, 2009, 1-14.
- 양항진, “중력모형을 이용한 부산항의 해상물동량의 입출항 패턴 분석”, 『한국항만경제학회지』, 제22권 제3호, 2006, 77-94.
- Dickey, D.A., and W.A. Fuller, “Distribution of Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, *Journal of the American Statistical Association*, 1979, Feb., 1-14.
- Engle, R.F. and C.W.J. Granger, “Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing”, *Econometrica* 55, 1987, 237-256.
- Johansen, S. and K. Juselius, “Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application on the Demand for Money”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 1990, 169-210.
- Johansen, S., “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, *JEDC* 12, 1988, 231-254.

국문 요약

승법계절 ARIMA 모형에 의한 부산항 컨테이너 물동량 추정과 예측

이재득

본 연구는 1992년부터 2011년까지 월별자료를 사용하여 여러 가지 시계열 추정모델과 승법계절 ARIMA 모형을 설정하여 부산항의 컨테이너 물동량을 추정하고 예측하였다. 여러 가지 모델로 추정한 결과 부산항의 컨테이너 물동량과 물동량 변동 모두 계절을 승법한 ARIMA 모델 $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 로 추정하였을 때, 추정결과와 Akaike information, Schwarz, Hannan-Quin 기준 등으로 보아, 가장 좋은 ARIMA 추정과 예측 모형으로 나타났다. 그리하여 부산항 물동량 추정의 최적모형인 ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모형에 의해 향후 8년간 96개월에 대한 부산항 물동량 미래 예측치(2013-2020년)를 월별로 추정하여 예측한 결과 2013년부터 부산의 물동량은 연도별로 조금씩 지속적으로 증가하는 추세를 보일 것으로 나타났다. ARIMA $(1,0,1) \times (1,0,1)_{12}$ 모형에 의한 부산항의 컨테이너 물동량의 연도별 예측량은 2013년 1천 891만 TEU, 2014년 2천 34만 TEU, 2015년 2천 188만 TEU, 2016년 2천 353만 TEU, 2017년 2천 531만 TEU, 2018년 2천 722만 TEU 그리고 2020년 3천 148만 TEU 등으로 나타났다.

핵심 주제어: 부산항 컨테이너 물동량, 승법계절 ARIMA, 물동량 추정과 예측