

계절형 다변량 시계열 모형을 이용한 국제항공 여객 및 화물 수요예측에 관한 연구

윤지성^a, 허남균^b, 김삼용^{1,a}, 허희영^b

^a중앙대학교 통계학과, ^b항공대학교 경영학과

요약

본 연구는 최근에 활발히 연구가 진행 중인 항공수요 예측을 위하여 계절형 다변량 시계열 모형을 기반으로 하고 다른 모형과의 비교를 RMSE(Root Mean Square Error)를 기준으로 비교한 것이다. 여기서 싱가포르 국제 항공유가, 수출액을 추가하여 예측성능을 좋게 하고자 한다.

주요용어: 국제항공여객, 국제항공화물, 항공수요, 계절형 다변량 시계열 모형.

1. 서론

수요예측의 통계적인 기법은 보다 과학적이고 논리적으로 활용될 수 있기 때문에 다양한 분야에서 선호하는 예측방법이며 대표적인 방법으로는 Box와 Jenkins (1976)의 ARIMA 모형이 있다. 최근 들어서 항공 산업과 관련된 자료의 예측에도 이러한 통계적인 수요예측 방법이 널리 이용되고 있는데 곽우심 (2006)은 여객수송수요를 예측하기 위하여 일변량 계절형 ARIMA 모형을 사용하였으며, 진학기 (2002)는 항공화물의 수요예측을 위하여 오차수정모형을 이용하였다. 한편 백승환과 김성수 (2008)는 제주-내륙 간 국내선 항공 수요를 선형시계열 모형을 이용하여 예측하였다. 허남균 등 (2009)은 일변량 계절형 ARIMA와 벡터자기회귀모형(vector autoregressive model; VAR)의 예측방법에 대한 성능비교를 통해서 벡터자기회귀모형이 국제 항공 여객 수요와 국제 항공 화물 수요를 예측하였다. 본 연구는 기존의 벡터자기회귀모형을 이용한 예측모형을 바탕으로 항공유가(싱가포르 국제 항공유가), 수출액(대미원달러기준)의 변수를 추가하여 계절형 VAR 모형을 통한 예측모형을 추정, 진단하고 실제 항공 화물 및 여객 운송실적 자료에 대한 각각의 예측치를 비교하여 보다 예측력 높은 계절형 VAR 모형을 제안하고자 한다.

2. 시계열 모형의 소개

2.1. 다변량 시계열 모형

$\{Y_{1t}\}, \{Y_{2t}\}, \dots, \{Y_{mt}\}$ 을 각각 일변량 시계열 자료라고 하자. 다변량 시계열은 i^{th} 의 Y_t 가 $\{Y_t\}$ 인 $m \times 1$ 의 벡터시계열(vector time series)이다. m 은 벡터 시계열의 차원 수를 나타낸다. 벡터 시계열은 $Y_t = [Y_{t1}, \dots, Y_{tm}]'$ 로 표현할 수 있다.

다변량 시계열 분석의 목적은 일변량 시계열에서 알 수 없는 시계열 변수들 사이에서 상호작용과 동적 관계를 설명하고 예측을 위한 모형화를 위해서이다.

¹ 교신저자: (156-756) 서울시 동작구 흑석동 221, 중앙대학교 통계학과, 교수. E-mail: sahm@cau.ac.kr

2.2. 벡터자기회귀모형과 차수결정

VAR(vector autoregression) 모형은 Sims (1980)에 의해 처음 소개되었으며, 여러 개의 시계열자료에 대한 분석을 위해 변수 상호간에 영향을 주는 동적 연립방정식모형이라 할 수 있다. VAR 모형은 다변량 시계열을 모형화 하는데 이용되는 가장 간편하고 적용성이 높은 모형이다.

벡터자기회귀 모형은 $Y_t = [Y_{t1}, \dots, Y_{tm}]'$ 가 벡터라는 것을 제외하면, AR 모형과 크게 다르지 않다. 차수가 p 인 벡터자기회귀모형, VAR(p)는 다음과 같다.

$$(I - \Phi_1 B^1 - \dots - \Phi_p B^p)Y_t = \mu + \varepsilon_t, \quad (2.1)$$

여기서 μ 는 m 차원 벡터, Φ_i 는 $m \times m$ 행렬, $[\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{mt}]' = \varepsilon_t \sim N(0, \Sigma)$, $\Sigma = E(\varepsilon_t \varepsilon_t')$ 이며 $t = s$ 일때는 $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = 0$ 이다.

정상성을 만족하려면 $|I - \Phi_1 B^1 - \dots - \Phi_p B^p| = 0$ 의 모든 근들이 1보다 커야하며, $|$ 은 행렬식의 의미한다.

$$\begin{aligned} E(Y_t) &= \mu = [\mu_1, \dots, \mu_k]', \\ \Gamma(j) &= E[(Y_t - \mu)(Y_{t-j} - \mu)'], \quad \forall t, j, \\ j &= \begin{bmatrix} \gamma_{11(j)} & \cdots & \gamma_{1k(j)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{k1(j)} & \cdots & \gamma_{kk(j)} \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

일변량 시계열자료 분석을 위해 ARIMA 모형의 차수를 결정할 때, ACF와 PACF를 보고 판단했던 것과 마찬가지로 다변량 시계열모형에서도 차수를 결정하기 위해 다음과 같은 기준을 보고 결정하게 된다.

(1) AIC(Akaike information criterion)

$$AIC = \log(|\tilde{\Sigma}|) + \frac{2pm^2}{n}. \quad (2.3)$$

(2) SBC(Schwarz bayesian criterion)

$$SBC = \log(|\tilde{\Sigma}|) + \frac{pm^2 \log(n)}{n}. \quad (2.4)$$

(3) HQC(Hannan-Quinn criterion)

$$HQC = \log(|\tilde{\Sigma}|) + \frac{2pm^2 \log(\log(n))}{n}. \quad (2.5)$$

위의 3가지 기준들은 각 기준들을 최소로 만드는 p 를 최적차수로 결정하게 된다. 본 논문에서는 SBC를 기준으로 p 를 최적차수로 결정하고자 한다. AIC는 점근적으로 p 에 대한 과추정을 만들고, SBC는 실제 차수 p 의 일치추정량을 만들어 준다는 사실이 알려져 있다.

VAR 모형에서 차수 p 가 결정되면, 이 모형에 포함되어 있는 모수들은 보통 최소제곱법(LSE)이나 최우도추정법(MLE)에 의해 추정될 수 있다. 모수의 추정을 통하여 모형이 적합된 후엔 그것이 적절한지 진단하게 되는데 특히 잔차에 자기종속이나 교차종속이 존재하지 않는지 확인하여 모형진단을 수행하게 된다.

표 1: 모형 비교

모형	변수
1	여객, 화물
2	여객, 화물, 항공물가
3	여객, 화물, 수출액
4	여객, 화물, 항공물가, 수출액

2.3. 공적분(Co-Integration)

공적분이란 Granger (1986)와 Engle과 Granger (1987)에 의하여 수립된 개념으로서 공통 단위근을 가지는 두 개 이상의 시계열이 적절한 선형 결합을 통해 그 단위근의 영향이 제거되어 정상성을 만족한다면 그 모형들은 서로 공적분 관계에 있다고 한다. 이를 좀 더 구체적으로 설명하면, 회귀방정식 형태의 공적분 방정식

$$X_t = Y_t' \beta + \varepsilon_t \quad (2.6)$$

은 시점 t 에서의 X_t 와 Y_t 의 관계가 아니라 시계열 X_t 와 Y_t 의 관계를 표현한 것이다. 예를 들어, $X_t - Y_t' \beta$ 가 정상시계열이라면 $X_t - Y_t' \beta$ 도 정상 시계열이 되어 X_{t-1} 과 Y_t 쌍은 X_t 와 Y_t 쌍과 같은 공적분 관계를 갖게 된다.

3. 자료 분석

본 논문은 허남균 등 (2009)에서 이용한 VAR 모형에 환율(대미원달러), 항공유가(싱가폴 항공유가), 수출액의 변수를 추가하여 모형을 설정하였고, RMSE를 기준으로 비교하여 보다 좋은 수요예측 결과를 이끌어 내고자 한다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \hat{x}_i)^2}, \quad (3.1)$$

여기서 x_i 는 실제 여객, 화물 실적 자료이고, \hat{x}_i 는 모형에서 나오는 여객, 화물 실적 자료의 예측값이며, n 은 자료의 개수이다.

위의 표에서 각각의 모형은 계절형 다변량 시계열 모형에 추가로 고려한 변수들이고 여객과 화물은 국제 항공 여객과 화물을 의미하는 것이며, 항공유가는 싱가포르 국제 항공유가를 의미하는 것으로, 국내 항공유가는 싱가포르 국제 항공유가의 가격을 기준으로 여기며, 수출액은 국내에서의 경제활동으로 생산된 재화를 수출한 총 금액으로 경제지표로 사용하는 변수를 의미한다. 또한 t 시점에서의 여객, 화물, 수출 유가를 각각 F_t , P_t , E_t , O_t 로 나타낸다. 여기서 위의 모형 중에서 가장 예측력이 높은 모형을 찾아 보고자 한다.

3.1. 계절형 ARIMA 모형 분석

그림 1의 시도표는 앞서 말한 표 1에 해당하는 각각의 변수를 그린 것으로, 검은색은 국제 여객, 빨간색은 국제화물, 녹색은 국제 항공유가, 남색은 수출액, 연한 파란색은 환율을 나타내는 것으로 로그 변환한 그래프이다. 국제여객과 국제화물에 대한 시도표를 확인해 본 결과 비슷한 추세와 계절적인 변동이 있는 것으로 보여진다. 따라서 비정상성이 있는 것으로 판단되며, 정상성을 갖도록 자료의 변환을 해줘야 할 것으로 보여진다. 그 후 추가적으로 정상성이 만족되면 자료들 사이의 공적분 관계를 파악하여 보고자 한다. 먼저 자료의 정상성 조건을 맞추주기 위해서 계절차분(Seasonal Differencing)을

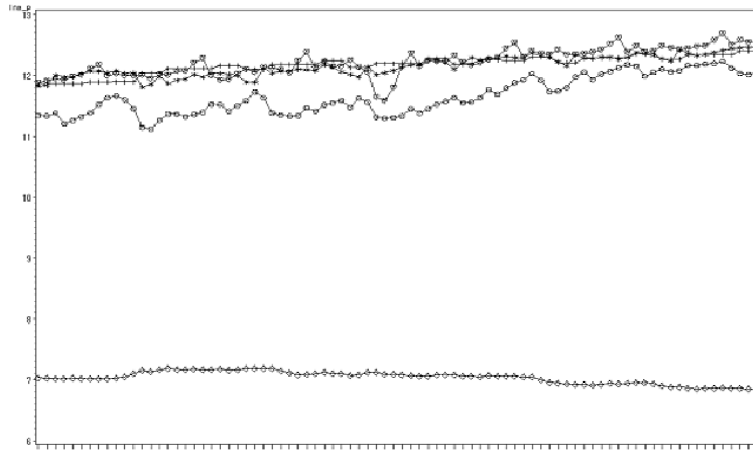


그림 1: 국제여객과 국제화물, 싱가포르 국제 항공유가, 수출액, 대미 원달러 환율의 시도표

표 2: 모형1의 Johansen 공적분 검정 결과

$H_0 : \text{Rank} = r$	$H_1 : \text{Rank} = r$	고유값	대각합	5% 임계값
0	0	0.2742	26.4467	15.34
1	1	0.0557	4.0119	3.84

실시하였다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \end{pmatrix}$$

자료 변환 후 포트만토 검정을 확인해 보면, 시계열 자료들이 정상성의 조건에 만족하고 있는 것으로 보이며, lag가 12인 경우를 제외하고 대체로 잘 적합되고 있음을 볼 수 있다. 또한 여객과 화물 자료의 정상성을 만족하는지를 검정하기 위해서 Johansen (1988)의 대각합 통계량을 이용한 공적분 검정을 하였다. 검정결과 두 자료 사이에 공적분관계가 없는 것으로 확인할 수 있다.

계절형 VAR() 모형에 대한 차수는 SBC(Schwarz Bayesian Criterion)가 최소가 되는 모형을 선택하였고, $p = 2$ 로 결정하였다. 잔차의 자기상관관계에 대한 검정결과 모두 자기상관이 없는 것으로 나타났다. 따라서 계절형 VAR 모형이 적합하다고 할 수 있으며, 이를 바탕으로 계절형 VAR(2)에 적합시켜 얻은 모형식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0168 \\ 0.01282 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1.21446 & -0.21263 \\ 0.15386 & 0.36535 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-1}) - \log(P_{t-13}) \\ \log(F_{t-1}) - \log(F_{t-13}) \end{pmatrix} \\ + \begin{pmatrix} -0.59142 & 0.48887 \\ -0.19082 & 0.51785 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-2}) - \log(P_{t-14}) \\ \log(F_{t-2}) - \log(F_{t-14}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{P_t} \\ \varepsilon_{F_t} \end{pmatrix}. \quad (3.2)$$

표 1에 대한 모형2는 그림 1을 참고하여 국제여객과 국제화물 및 국제 항공유가에 대한 시도표를 확인해 본 결과 위와 같은 형태의 추세와 계절적인 변동이 있는 것으로 보여진다. 따라서 비정상성이 있는 것으로 판단되며, 정상성을 갖도록 자료의 변환을 해줘야 할 것으로 보여진다. 그 후 추가적으로 정상성이 만족되면 자료들 사이의 공적분 관계를 파악하여 보고자 한다. 먼저 자료의 정상성 조건을

표 3: 모형2의 Johansen 공적분 검정 결과

$H_0 : \text{Rank} = r$	$H_1 : \text{Rank} = r$	고유값	대각합	5% 임계값
0	0	0.2947	45.6001	29.38
1	1	0.2168	21.1641	15.34
2	2	0.0563	4.0546	3.84

맞춰주기 위해서 계절차분(Seasonal Differencing)을 실시하였다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \\ \log(O_t) - \log(O_{t-12}) \end{pmatrix}$$

자료 변환 후 포트만토 검정을 확인해 보면, 시계열 자료들이 보다 크게 나타나 정상성의 조건에 만족하고 있는 것으로 보인다. 또한 여객과 화물, 국제항공유가에 대한 자료의 Johansen의 대각합 통계량을 이용한 공적분 검정을 하였다. 검정결과 각각의 자료 사이에 공적분관계가 없는 것으로 확인할 수 있다.

계절형 VAR(p) 모형에 대한 차수는 SBC가 최소가 되는 모형을 선택하였고, $p = 2$ 로 결정하였다. 모형검증을 위한 포트만토 검정결과는 대체로 잘 적합되고 있음을 볼 수 있다. 더빈왓슨 통계량을 통해서 잔차의 자기상관관계에 대한 검정결과 모두 자기상관이 없는 것으로 나타났다. 따라서 계절형 VAR(2) 모형이 적합하다고 할 수 있으며, 이를 바탕으로 계절형 VAR(2)에 적합시켜 얻은 모형식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \\ \log(O_t) - \log(O_{t-12}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.01476 \\ 0.09760 \\ 0.02973 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1.21687 & -0.22564 & 0.00069 \\ 0.15511 & 0.34842 & 0.00556 \\ 0.21905 & -0.27241 & 0.92540 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-1}) - \log(P_{t-13}) \\ \log(F_{t-1}) - \log(F_{t-13}) \\ \log(O_{t-1}) - \log(O_{t-13}) \end{pmatrix} \\ + \begin{pmatrix} -0.61222 & 0.49764 & 0.03218 \\ -0.21974 & 0.52964 & 0.04298 \\ -0.11356 & 0.40064 & -0.28903 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-2}) - \log(P_{t-14}) \\ \log(F_{t-2}) - \log(F_{t-14}) \\ \log(O_{t-2}) - \log(O_{t-14}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{P_t} \\ \varepsilon_{F_t} \\ \varepsilon_{O_t} \end{pmatrix}. \quad (3.3)$$

표 1에 대한 모형3은 그림 1을 참고하여 국제여객과 국제화물 및 수출액에 대한 시도표를 확인해 본 결과 위와 같은 형태의 추세와 계절적인 변동이 있는 것으로 보여진다. 시도표를 확인한 결과 위의 세 변수는 비정상성이 있는 것으로 판단되며, 정상성을 갖도록 자료의 변환을 해줘야 할 것으로 보여진다. 그 후 추가적으로 정상성이 만족되면 자료들 사이의 공적분 관계를 파악하여 보고자 한다. 정상성 조건을 맞춰주기 위해서 계절차분(Seasonal Differencing)을 실시하였다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \\ \log(O_t) - \log(O_{t-12}) \end{pmatrix}$$

자료 변환 후 포트만토 검정을 확인해 보면, 시계열 자료들이 불규칙하게 움직이고 있는 것으로 볼 수 있으며, 여객과 화물, 수출액에 대해서 Johansen의 대각합 통계량을 이용한 공적분 검정을 하였다. 검정결과 각각의 자료 사이에 공적분관계가 없는 것으로 확인할 수 있다.

계절형 VAR(p) 모형에 대한 차수는 SBC가 최소가 되는 모형을 선택하였고, $p = 2$ 로 결정하였다. 모형검증을 위한 포트만토 검정결과는 잘 적합되고 있음을 볼 수 있다.

표 4: 모형3의 Johansen 공적분 검정 결과

$H_0 : \text{Rank} = r$	$H_1 : \text{Rank} = r$	고유값	대각합	5% 임계값
0	0	0.3297	43.9879	29.38
1	1	0.1571	15.9816	15.34
2	2	0.0558	4.0178	3.84

표 5: 모형4의 Johansen 공적분 검정 결과

$H_0 : \text{Rank} = r$	$H_1 : \text{Rank} = r$	고유값	대각합	5% 임계값
0	0	0.3513	64.2245	47.21
1	1	0.2224	33.9267	29.38
2	2	0.1598	16.3185	15.34
3	3	0.0573	4.1306	3.84

표 6: 계절형 VAR모형들의 RMSE 비교

	모형1	모형2	모형3	모형5
여객	0.025174	0.008451	0.013719	0.048959
화물	0.019178	0.007893	0.008794	0.043335

잔차의 자기상관관계에 대한 검정결과 모두 자기상관이 없는 것으로 나타났다. 따라서 계절형 VAR(2) 모형이 적합하다고 할 수 있으며, 이를 바탕으로 계절형 VAR(2)에 적합시켜 얻은 모형식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \\ \log(E_t) - \log(E_{t-12}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.01523 \\ 0.01334 \\ 0.00278 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1.21946 & -0.01692 & -0.30759 \\ 0.15215 & 0.34947 & -0.01051 \\ 0.11062 & 0.09532 & 0.48998 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-1}) - \log(P_{t-13}) \\ \log(F_{t-1}) - \log(F_{t-13}) \\ \log(E_{t-1}) - \log(E_{t-13}) \end{pmatrix} \\ + \begin{pmatrix} -0.60653 & 0.37023 & 0.28700 \\ -0.19171 & 0.54913 & -0.01931 \\ -0.21635 & 0.40780 & 0.28553 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-2}) - \log(P_{t-14}) \\ \log(F_{t-2}) - \log(F_{t-14}) \\ \log(E_{t-2}) - \log(E_{t-14}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{P_t} \\ \varepsilon_{F_t} \\ \varepsilon_{E_t} \end{pmatrix}. \quad (3.4)$$

표 1에 대한 모형5는 그림 1을 참고하여 국제여객과 국제화물 및 국제항공유가, 수출액에 대한 시도표를 확인해 본 결과 위와 같은 형태의 추세와 계절적인 변동이 있는 것으로 보여지며, 위의 4개의 변수는 비정상성이 있는 것으로 판단되며, 정상성을 갖도록 자료의 변환을 해줘야 할 것으로 보여진다. 그 후 추가적으로 정상성이 만족되면 자료들 사이의 공적분 관계를 파악하여 보고자 한다. 자료의 정상성 조건을 맞춰주기 위해서 계절차분(Seasonal Differencing)을 실시하였다.

$$\begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \\ \log(E_t) - \log(E_{t-12}) \\ \log(O_t) - \log(O_{t-12}) \end{pmatrix}$$

자료 변환 후 포트만토 검정을 확인해 보면, 시계열 자료들이 정상성 조건에 만족하고 있지 않은 것으로 보인다. 포트만토 검정결과는 lag 5, 6, 8, 9를 제외하고 대체로 잘 적합되고 있지 않다는 것을 알 수 있다. 하지만 여객과 화물, 항공유가, 수출액에 대한 자료에 대해 Johansen의 대각합 통계량을 이용한 공적분 검정결과 각각의 자료 사이에 공적분관계가 없는 것으로 확인할 수 있다.

잔차의 자기상관관계에 대한 검정결과 모두 자기상관이 없는 것으로 나타났다. 따라서 계절형 VAR(2) 모형이 적합하다고 할 수 있으며, 이를 바탕으로 계절형 VAR(2)에 적합시켜 얻은 모형식은 다

음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \begin{pmatrix} \log(P_t) - \log(P_{t-12}) \\ \log(F_t) - \log(F_{t-12}) \\ \log(E_t) - \log(E_{t-12}) \\ \log(O_t) - \log(O_{t-12}) \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} 0.01325 \\ 0.01021 \\ -0.00195 \\ 0.02888 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1.23185 & -0.02882 & -0.32430 & -0.01864 \\ 0.15272 & 0.37240 & -0.02357 & 0.00678 \\ 0.11388 & 0.08315 & 0.46854 & 0.00566 \\ 0.22480 & -0.27066 & -0.02410 & 0.92047 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-1}) - \log(P_{t-13}) \\ \log(F_{t-1}) - \log(F_{t-13}) \\ \log(E_{t-1}) - \log(E_{t-13}) \\ \log(O_{t-1}) - \log(O_{t-13}) \end{pmatrix} \\
 &+ \begin{pmatrix} -0.63709 & 0.03831 & 0.29837 & 0.05353 \\ -0.22214 & 0.56444 & -0.01398 & 0.04373 \\ -0.26463 & 0.43159 & 0.29518 & 0.07130 \\ -0.11461 & 0.33476 & 0.06963 & -0.28639 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log(P_{t-2}) - \log(P_{t-14}) \\ \log(F_{t-2}) - \log(F_{t-14}) \\ \log(E_{t-2}) - \log(E_{t-14}) \\ \log(O_{t-2}) - \log(O_{t-14}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{P_t} \\ \varepsilon_{F_t} \\ \varepsilon_{E_t} \\ \varepsilon_{O_t} \end{pmatrix} \quad (3.5)
 \end{aligned}$$

3.2. 계절형 VAR 모형들의 예측력 비교

모형2의 여객과, 화물, 항공유가를 통해 예측한 결과가 나머지 모형들에 의해서 예측한 결과보다 조금 더 RMSE가 작게 나타났다. 따라서 모형2가 다른 모형들에 비해서 여객을 예측에 좀 더 좋은 예측성능을 가졌다고 할 수 있다. 항공유가의 경우 유가시장 변동에 영향을 받으며, 이에 따라 국제선의 경우 항공기의 운임이 증가하거나 감소하는 형태로 항공사의 가격 책정이 달라지는 것이 반영된 결과라고 생각된다.

4. 계절형 VAR 모형들의 예측력 비교

본 연구에서는 보다 다양한 모형을 통해서 국제 여객과 국제 화물 자료에 적합시켜 수요예측을 수행하고자 하였다. 계절형 VAR 모형은 변수가 많으면, 그들 사이의 관계성이 복잡해지거나 변수들끼리의 관계성이 떨어지는 결과가 나타나 예측성능이 오히려 좋지 못한 것을 볼 수 있었다. 국제 여객과 국제 화물에 대한 예측은 싱가포르 국제 항공유가를 추가해 분석한 결과가 앞서 제시한 모형들에 비해서 RMSE가 작게 나타났다. 앞으로 보다 더 다양한 모형을 다양한 항공관련 자료에 적합시켜 수요예측을 수행하는 것이 향후 연구방향이라 할 수 있다.

참고 문헌

- 곽우심 (2006). 수요예측 이론에 의한 여객운송수요 적용사례 연구, <한국항공대학교 경영대학원 석사학위논문>.
- 백승한, 김성수 (2008). 제주-내륙간 국내선 항공여객 수요 모형 및 탄력성의 추정, <대한교통학회지>, **26**, 51-63.
- 진학기 (2002). 시계열자료를 이용한 국제 항공화물 수요예측, <한양대학교 대학원 석사학위논문>.
- 허남균, 정재윤, 김삼용 (2009). 다변량 시계열모형을 이용한 항공 수요 예측 연구, <응용통계연구>, **22**, 1007-1017.
- Box, G. E. P. and Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis Forecasting and Control*, 1st, Holden-Day Inc, San Francisco.
- Engle, R. F. and Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction representation, *Econometrica*, **59**, 1551-1580.

- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of co-integration vectors, *Journal of Economic Dynamics and Control*, **12**, 231–254.
- Granger, C. W. J. and Joyeux, R. (1980). An introduction to long-memory time series models and fractional differencing, *Journal of Time Series Analysis*, **1**, 15–30.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality, *Econometrica*, **48**, 1–48.

2010년 3월 접수; 2010년 4월 채택

A Study on International Passenger and Freight Forecasting Using the Seasonal Multivariate Time Series Models

Ji Seong Yoon^a, Nam Kyun Huh^b, Sahm Kim^{1, a}, Hee Young Hur^b

^aDepartment of Statistics, Chung-Ang University

^bDepartment of Business Administration, Korea Aerospace University

Abstract

Forecasting for air demand such as international passengers and freight has been one of the main interests for air industries. This research has mainly focus on the comparison of the performances of the multivariate time series models. In this paper, we used real data such as exchange rates, oil prices and export amounts to predict the future demand on international passenger and freight.

Keywords: International passengers, international freight, forecasting, seasonal VAR model.

¹ Corresponding author: Professor, Department of Statistics, Chung-Ang University, 221 Heukseok-Dong, Dongjack-Gu, Seoul 156-756, Korea. E-mail: sahm@cau.ac.kr