

Trading Day Effect on the Seasonal Adjustment for Korean Industrial Activities Trend Using X-12-ARIMA

Worlan Park¹⁾, Hee Jeung Kang²⁾

Abstract

The X-12-ARIMA program was utilized on the analysis of the time series trend on 76 Korean industrial activities data in order to ensure that the trading day effect adjustment as well as the seasonal effect adjustment is needed to extract the fundamental trend-cycle factors from various economic time series data. The trading day effect is strongly correlated with the activity of production and shipping but not with the activity of inventory. Furthermore, the industrial activities were classified with respect to the sensitivity on the trading day effect.

Keywords : X-12-ARIMA, Seasonal Adjustment Procedure, Trading Day Effect, Industrial Activities Trend

1. 서론

시계열자료들은 경기적 특성을 나타내는 변동뿐만 아니라 기후나 사회적 관습 등의 비경기적 특성을 나타내는 변동으로 구성되어 있어 올바른 경기판단을 위해서는 계절 및 불규칙 요인 등 비경기적 요인을 효과적으로 제거해야만 한다. 효과적인 계절조정 및 불규칙조정을 위한 노력이 과거로부터 계속되어 왔으며 1995년 미국 센서스국(Bureau of the Census)에서는 그 동안 대부분의 국가에서 사용하여 오던 X-11-ARIMA [박유성 최현희(1998), Dagum(1988)]에 REGARIMA 모형을 도입한 X-12-ARIMA [Bruce and Granger(1996), Ghysels *et al.*(1996), Findley *et al.*(1998)]을 개발하여 미국, 캐나다, 일본 등의 통계작성기관 및 중앙은행의 계절조정 전문가가 시험적으로 사용하고 있다.

우리나라에도 각종 경제 시계열에 이 기법을 사용하여 계절조정을 한 결과 안정성 면에서 X-11-ARIMA보다 효과가 있는 것으로 나타났다[이궁희(1998)]. 현재 통계청에서는 산업활동 동향 등에 X-12-ARIMA를 사용하여 계절조정을 하고 있지만, 계절인자 및 불규칙인자에 비해 상대적으로 크기가 작은 요일인자에 대한 효과적인 제거는 그 동안 X-11-ARIMA에 의한 분석에서는

1) International Statistics Division, Korea National Statistical Office, Daejeon, 302-701, R. O. Korea
E-mail : wlpark@nso.go.kr

2) Assistant Professor, Department of Statistics, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, R. O. Korea

의미가 없는 것으로 알려져 왔다. 그런데, X-11-ARIMA보다 효과적으로 요일조정을 할 수 있는 X-12-ARIMA방법이 도입되었음에도 불구하고 요일인자를 계절 조정할 때에 고려하지 않고 있는 실정이다. 외국의 경우에는 요일조정의 문제를 많이 논의하고 있으며, 국내자료에서도 검토할 필요성이 대두되어지고 있다.

산업활동 동향자료는 매월 실시되는 통계청의 광공업동태조사에 의해 생산되는 자료로서 조사 대상 품목의 수는 모두 665개이다. 각 품목별 생산 상위 업체를 전수로 추출하고 기타 업체에 대하여는 표본으로 추출하여 광업, 제조업 및 전기가스업 8,100개 사업체에서 매월 1일에서 말일까지의 생산 및 출하량과 매월 말일의 재고량을 조사하고 있다. 또한 조사된 자료는 매월 생산, 출하, 재고지수로 가공하여 발표하고 있다. 이렇게 생산된 자료는 각종 경기진단 및 가공통계의 기초자료 등에 많이 이용되기 때문에 정확한 경기진단을 위해 일찍부터 산업활동동향자료의 계절조정에 관하여 연구가 계속되어 왔다. 1999년 1월부터는 X-12-ARIMA를 이용하여 계절조정하고 그 결과를 공표하고 있으나 요일조정은 하고 있지 않는 상태이다.[통계청(1999)]

본 연구에서는 X-12-ARIMA를 이용하여 우리나라 통계자료에서의 요일조정의 필요성 유무를 검토하고자 한다. 산업활동동향 발표자료 중 산업분류별로 대분류 광업 및 제조업에 해당하는 산업 중분류(산업 중분류 번호 10~36)의 1980년부터 1998년까지 통계청의 시계열자료에 대하여 계절조정 및 요일조정효과에 대하여 분석하고자 한다.

2. X-12-ARIMA 계절조정 이론

X-12-ARIMA는 X-11-ARIMA의 문제점을 해결하기 위해 개발한 것으로 REGARIMA로 불리는 사전조정 부분, X-11에 의한 이동평균 부분, 사후진단 테스트 부분 등 3부분으로 구성되어 있다. 이 중 사전조정 부분과 사후진단 테스트 부분은 X-11-ARIMA에서 보완된 부분이다.[Ghysels *et al.*(1996), Findley *et al.*(1998)] REGARIMA는 원계열을 ARIMA모형으로 표현할 수 있는 부분과 가변수(dummy variable)에 의한 회귀부분으로 분해하는 절차를 의미한다. 적당한 REGARIMA 모형이 선정되면 이 중 ARIMA모형으로 표현되는 부분만 X-11 이동평균을 실시하게 된다. 사후진단 테스트는 X-11의 이동평균 방법이 통계적 객관성이 없다는 약점을 보완하기 위하여 실시하고 진단결과가 타당할 때까지 이 과정을 반복하게 된다.

REGARIMA 모델의 일반형은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\phi_p(B) \Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D(y_t - \sum_i \beta_i x_{it}) = \theta_q(B) \Theta_Q(B^s) a_t \quad (1)$$

위 식(1)의 REGARIMA 모형은 회귀식

$$y_t = \sum_i \beta_i x_{it} + Z_t \quad (2)$$

와 통상의 계절 ARIMA모형 $\{(p, d, q)(P, D, Q)s\}$

$$\phi_p(B) \Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta_q(B) \Theta_Q(B^s) a_t \quad (3)$$

의 조합이라고 생각할 수 있고 잔차항 Z_t 는 원계열에서 회귀변수의 영향을 제외한 계열이다.

$$\text{단, } \left\{ \begin{array}{l} y_t : \text{원계열}(Y_t \text{ 또는 } \log Y_t), \\ x_{it} : \text{회귀변수}, \\ \beta_i : \text{회귀모수}(parameter), \\ B^s : \text{후향연산자}(B^s Z_t = Z_{t-s}), \\ S : \text{계절주기} \begin{cases} \text{월별자료} \rightarrow S=12, \\ \text{분기별자료} \rightarrow S=4, \end{cases} \\ \phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p), \\ \Phi_P(B^s) = (1 - \Phi_1 B - \dots - \Phi_P B^{Ps}), \\ \theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q), \\ \Theta_Q(B^s) = (1 - \Theta_1 B - \dots - \Theta_Q B^{Qs}), \\ a_t : \text{백색잡음.} \end{array} \right.$$

REGARIMA에서는 이 Z_t 가 식(3)의 계절 ARIMA 모형을 따르는 것으로 본다. X-12-ARIMA에서는 이러한 원계열 y_t 를 회귀부분, $\sum_i \beta_i x_{it}$ 와 계절 ARIMA부분 Z_t 로 추계·분할한 후 Z_t 와 그 예측치가 연결되어 사전 조정된 원계열에 대하여 X-11에 의한 계절조정을 한다.

요일효과란 각월 또는 다른 연도의 같은 월에 대한 구성요일의 횟수가 다르기 때문에 생기는 효과이다. 요일변동의 회귀변수 설정방법은 요일변동을 나타내는 가변수는 요일수 D_{it} 와 월의 길이를 조정하는 변수를 포함한 아래의 4개의 모델중에서 각 시계열의 특성에 맞게 선택할 수 있다.[Bruce and Granger(1996), Ghysels *et al.*(1996)]

$$\text{모델1 : } y_t = -\log \frac{\bar{N}}{N_t} + \sum_{i=1}^6 \beta_i (D_{it} - D_{i\bar{n}}) + Z_t, \tag{4}$$

$$\text{모델2 : } y_t = \beta_0 (LY_t) + \sum_{i=1}^6 \beta_i (D_{it} - D_{i\bar{n}}) + Z_t, \tag{5}$$

$$\text{모델3 : } y_t = \sum_{i=1}^6 \beta_i (D_{it} - D_{i\bar{n}}) + Z_t, \tag{6}$$

$$\text{모델4 : } y_t = Z_t, \tag{7}$$

$$\text{단, } \begin{cases} \bar{N} = \frac{365 \times 3 + 366}{12 \times 4} = 30.4375, \\ LY_t = \begin{cases} 0.75, & t = \text{윤년의 2월}, \\ -0.25, & t = \text{윤년이외의 2월}, \\ 0, & \text{상기이외의 달}. \end{cases} \end{cases}$$

모델 1은 월의 길이조정을 한 계열에 대하여 요일변동을 회귀시킨 것이며, 모델 2는 윤년조정을 가변수 LY_t 와 요일변동을 회귀변수로 하여 처리한 것이다. 모델 3은 윤년의 길이조정을 하지 않고 요일 변동만의 회귀를 한 모델이며, 모델 4는 월의 길이도 요일 변동도 조정하지 않은 것이다.

각각의 가변수에 관해서는 t-검정에 의해, 요일변동 모수 전체에 관해서는 χ^2 -검정에 의해 이들의 유의성을 측정할 수 있고 모델전체의 평가에 관해서는 Akaike 정보기준(AIC)에 의해 할 수 있다.[Akaike(1973), 박유성(1996)]

명절효과란 명절을 전후하여 규칙적으로 시계열이 증가 또는 감소하는 경우이거나 매년 명절이 있는 날에 따라 1월과 2월, 그리고 9월과 10월 각 2개월이 다른 월의 시계열과는 다르게 나타나는 경우를 말한다. X-12-ARIMA에서는 이와 같은 명절효과를 다음과 같이 구하여 회귀변수로 사용한다.[Findley *et al.*(1998)]

$$\text{명절이 } t\text{월에 있고 } w < w_0 \text{ 이면 } H(w, t) = 1.0, \quad (9)$$

$$\text{명절이 } t\text{월에 있고 } w > w_0 \text{ 이면 } \begin{cases} H(w, t-1) = \frac{(w-k)}{w}, \\ H(w, t) = \frac{k}{w}, \end{cases} \quad (10)$$

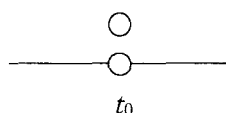
$$\text{명절이 } (t+1)\text{월에 있고 } k > 0 \text{ 이면 } \begin{cases} H(w, t) = \frac{k}{w}, \\ H(w, t+1) = \frac{(w-k)}{w}, \end{cases} \quad (11)$$

$$\text{명절이 } (t+1)\text{월에 있고 } k = 0 \text{ 이면 } H(w, t+1) = 1.0, \quad (12)$$

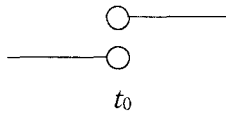
단, w 는 명절 영향기간, w_0 는 명절 일자이고 k 는 명절 영향기간에 있는 t 월의 일수이다. 참고로 REGARIMA 모형의 명절 회귀변수는 $\hat{H}(w, t) = H(w, t) - E[H(w, t)]$ 이다.

특이치란 시계열에서 파업, 이상기후, 정책변화 또는 과도한 측정오차 등에 의해서 대부분의 관측치와는 다른 측정값을 갖는 소수의 관측치를 말한다. 계절조정과정에서 이상치의 조정은 이동평균등에 의해 가능하지만 사전 특이치 조정방법이 없는 X-11-ARIMA에 비해 X-12-ARIMA에서는 특이치를 가법 특이치(additive outlier : AO), 수준변화(level shift : LS), 임시램프(temporary ramps : RP), 일시적 변화(temporary change : TC) 등 4종류로 분류하여 이를 조정할 수 있다. [통계연수원(1997)]

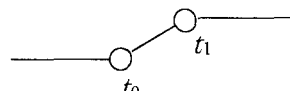
가법 특이치(AO)는 임의의 t_0 시점에서 전체 계열과는 다른 형태를 나타내는 경우로 회귀변수는 다음과 같다[편영숙(1999)].

$$AO_t^{(t_0)} = \begin{cases} 1, & \text{if } t = t_0, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (12)$$


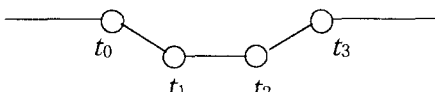
수준변화(LS)는 t_0 시점 이후 임의의 시계열 수준이 이전 시점의 수준과는 다른 경우이다.

$$LS_t^{(t_0)} = \begin{cases} 0, & \text{if } t < t_0, \\ 1, & \text{if } t_0 \leq t. \end{cases} \quad (13)$$


임시램프(RP)는 t_0 시점에서 t_1 시점까지 수준변화가 완만히 이루어진 경우이다.

$$R_t^{(t_0, t_1)} = \begin{cases} -1, & \text{if } t \leq t_0, \\ \left(\frac{t-t_0}{t_1-t_0}\right) - 1, & \text{if } t_0 < t < t_1, \\ 0, & \text{if } t_1 \leq t. \end{cases} \quad (14)$$


일시적 변환(TC)는 급작스럽게 시계열의 수준이 상승 또는 하강하여 급속히 원래의 수준으로 돌아오는 경우이다.

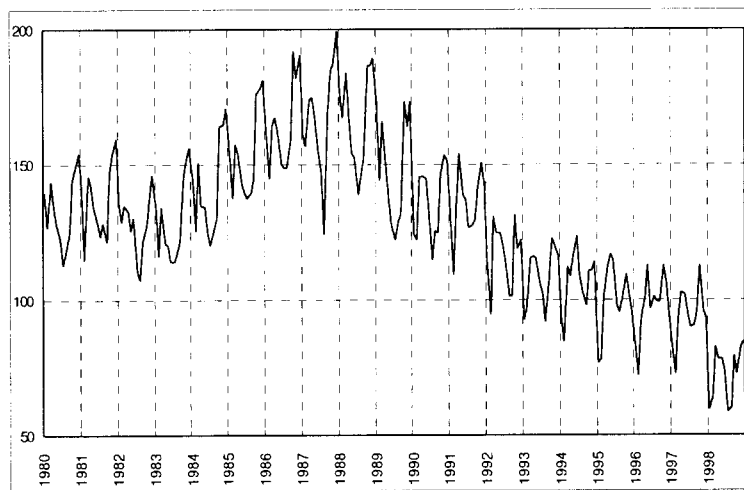
$$TC_t^{(t_1, t_2)} = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq t_0 \text{ or } t_3 \leq t, \\ \left(\frac{t-t_0}{t_1-t_0}\right) - 1, & \text{if } t_0 < t < t_1, \\ -1, & \text{if } t_1 \leq t \leq t_2, \\ \left(\frac{t-t_2}{t_3-t_2}\right) - 1, & \text{if } t_2 < t < t_3, \end{cases} \quad (15)$$


본 연구에서 REGARIMA의 모수추정은 반복 일반화 최소자승법(Iterative Generalized Least Squares Method)을 이용하여,[이궁희(1998)] 우선 AR 및 MA 모수를 고정한 후 가변수의 계수 (β_i)를 추정한 후, 이를 포함하여 다시 AR 및 MA 그리고 가변수의 계수를 최우법(maximum likelihood method)으로 계수들의 값이 수렴할 때까지 반복하여 추정하였으며, 요일변동의 회귀변수 설정을 윤년조정을 가변수 LY_t 와 요일변동을 회귀변수로 하여 처리한 모델 2을 채택하였다.

3. 계절조정 결과 및 토론

산업활동동향 자료 중 광업 및 일부 제조업 부문인 섬유제품제조업 및 가죽·신발제조업 생산지수 및 출하지수 등은 1987년 및 1988년을 정점으로 위로 불룩한 형태를 보이는 그림 1의 광업 생산지수와 비슷한 움직임을 나타내고 있다. 광업 재고지수등 앞에서 언급하지 않은 부문의 생산 및 출하지수 등은 그림 2의 제조업 생산지수와 같이 일정수준의 성장률을 지속하는 움직임을 나타내고 있다.

<그림1> 광업 생산지수 원계열



<그림2> 제조업 생산지수 원계열

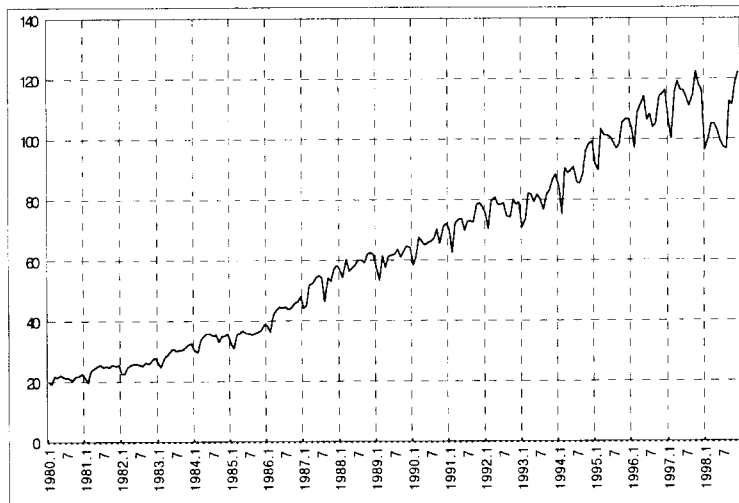
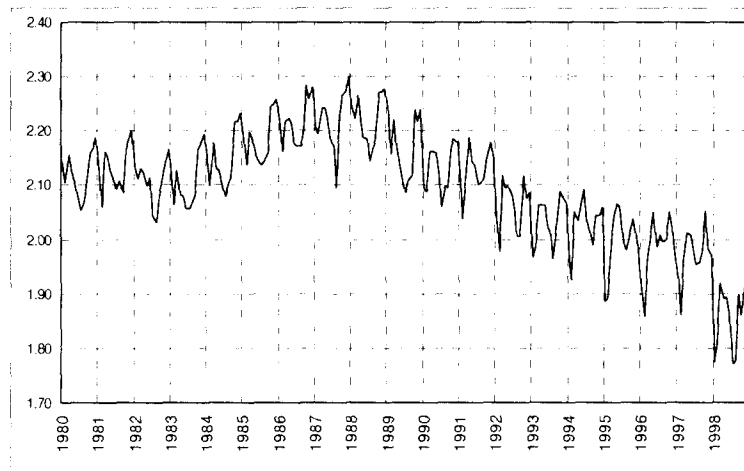
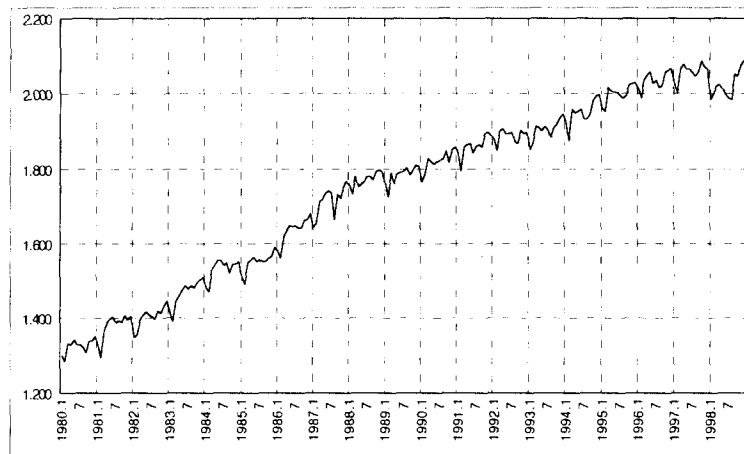


그림1 및 그림2 을 보면 지수의 크기에 따라 진폭의 크기가 변하며, 성장률이 승법적으로 변하므로 그림 3 및 그림 4와 같이 분산을 안정화시키고 승법모형을 가법모형으로 재 표현하기 위하여 전 자료에 대하여 log변환을 하였다.

<그림3> 광업 생산지수 원계열의 Log변환계열



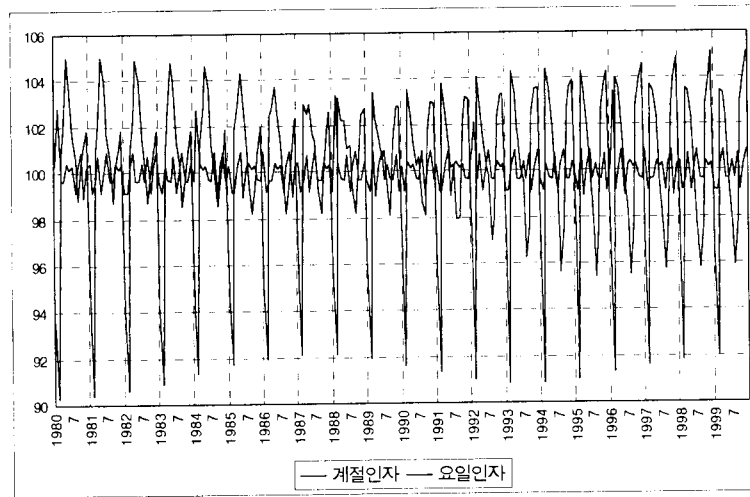
<그림4> 제조업 생산지수 원계열의 Log변환계열



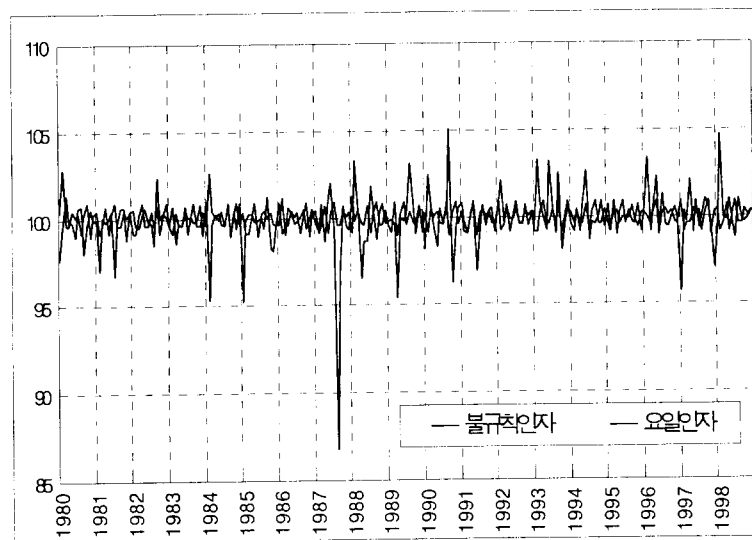
또한 대부분의 공휴일은 매년 일정하게 같은 날에 나타나므로 계절요인으로 포착이 가능하나 생산 및 출하지수에 많은 영향을 미치는 설 및 추석 등 명절은 음력에 의해 영향을 받으므로 계절요인으로 포착이 어려우므로 명절요인을 사전조정 하였다. 기타 노사분규, 경제정책 및 오일쇼크, 외환위기 등 비 정상적인 내외 현상에 의한 영향은 특이치 조정에 의해 수정하였다. 요일조정 방법은 X-12-ARIMA에서는 전 절에 소개한 바와 같이 4가지 모델중 3가지 방법에 의해 요일조정이 가능하다. 그 중에서 윤년에 의한 영향과 요일의 구성에 따른 영향을 고려한 모델 2의 방법을 이용하였다.

요일효과를 측정하기 위하여 먼저 요일인자를 계절조정인자 및 최종 불규칙인자와 각각 비교하였다. 먼저 그림 5에서 볼 수 있듯이 요일인자는 1년을 주기로 진동하는 인자인 계절인자보다 진동의 폭이 작았지만, 그림 6에서 볼 수 있듯이 불규칙 요인과는 비슷하였다.

<그림5> 제조업 생산지수 계절인자와 요일인자의 크기 비교

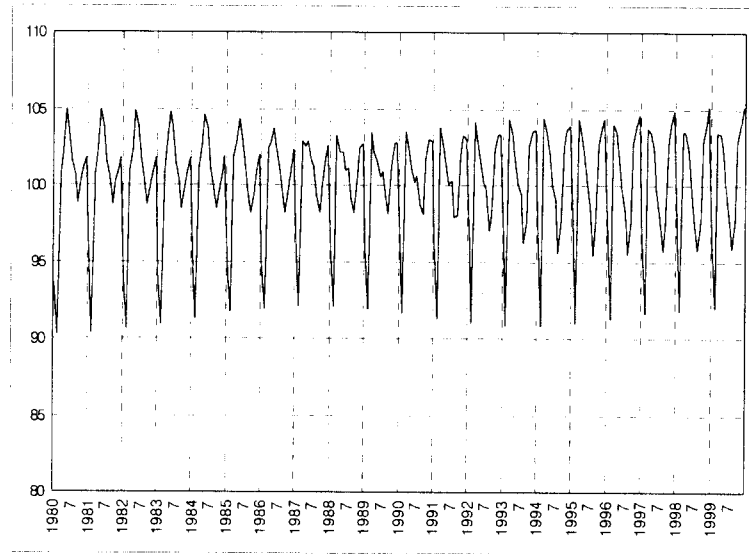


<그림6> 제조업 생산지수 불규칙인자와 요일인자의 크기 비교

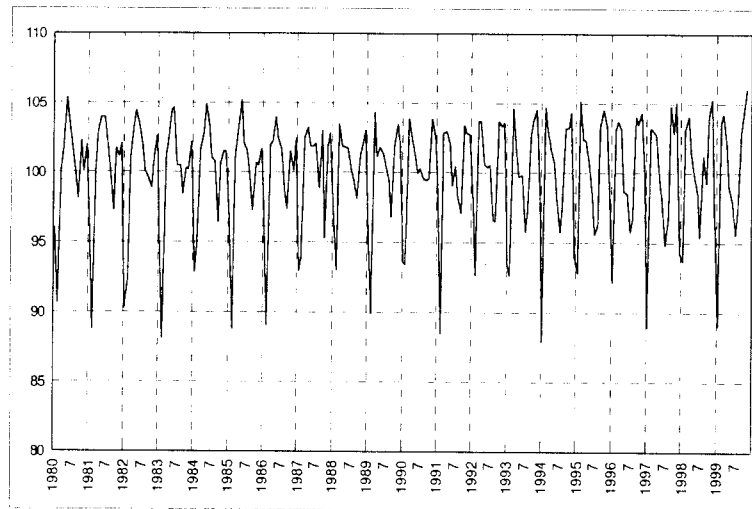


그러나 요일효과를 제거한 시계열의 계절인자와 요일효과를 제거하지 않은 시계열의 계절인자를 각각 그림7과 8에서 비교해 보면, 요일효과를 제거한 시계열의 계절조정 인자의 움직임은 요일조정을 하지 않은 시계열의 계절조정 인자보다 불규칙성의 움직임이 많이 제거되고 움직임이 일정한 주기를 잘 나타내어 요일인자를 제거함으로써 더 나은 계절인자를 추출할 수 있음을 확인하였다.

<그림7> 요일조정된 시계열의 계절조정인자



<그림8> 요일조정하지 않은 자료의 계절조정인자



산업활동 동향의 요일효과 상관성을 판단하기 위하여 “모든 요일의 효과는 같다 ($H_0: \beta_1 = \dots = \beta_7$)”고 하는 귀무가설에 대해 χ^2 검정한 결과를 포트맨토(Portmanteau) 검정통계량(P)에 대한 값의 크기에 따라[이성덕(1998), 박원란(1999)] 아래와 같은 표 1로 정리해 보았다.

표 1에 의하면 생산지수는 26개 중분류중 P-값이 0.01이하인 중분류가 13개이며, 출하지수는 26개 중분류중 11개인데 비해 재고지수는 24개 중분류중 4개만이 0.01이하의 P-값을 나타내어 생산

및 출하지수는 요일의 구성에 따른 요일변동이 있는 중분류가 50% 정도를 차지하였으나, 매월 말일 기준의 재고량을 조사하여 만드는 재고지수는 요일효과가 있는 중분류가 20% 이하인 것으로 나타났다.

<표1> 요일효과 결과 (단위 : 중분류 갯수)

	중분류 총계	요일효과 유무를 위한 χ^2 검정의 P-값의 크기에 따른 분류		
		P-값 ≤ 0.01	$0.01 < P\text{-값} \leq 0.05$	$0.05 < P\text{-값}$
계	76	28	7	41
생산지수	26	13	1	12
광업	4	1	0	3
경공업	9	7	1	1
중화학공업	13	5	0	8
출하지수	26	11	3	12
광업	4	0	1	3
경공업	9	8	0	1
중화학공업	13	3	2	8
재고지수	24	4	3	17

요일효과가 있는 자료가 50% 정도를 차지하는 생산지수 및 출하지수를 세분하여 보면 변동이 심하여 불규칙성이 많은 것으로 알려진 광업은 4개 자료중 비교적 불규칙성이 작은 석탄광업 생산지수만 P-값이 0.01이하로 나타났고, 나머지 3개 자료 및 석탄광업 출하지수는 P-값이 0.05보다도 커서 요일효과가 없는 것으로 나타났다. 정부의 중화학공업 육성등으로 인해 광공업지수 전체의 성장을 주도하는 중화학공업의 경우는 13개 자료중 생산지수는 5개 자료가, 출하지수는 3개 자료만이 P-값이 0.01이하로 나타났다. 이는 진동의 크기가 작은 요일변동의 효과가 추세치가 강한 중화학공업에서는 나타나기 어려워 보임을 알 수 있다.

반면에 최근 후발국에 의한 추격으로 성장이 둔화되거나 멈추어 성장추세가 작거나 거의 없는 섬유제조업과 같은 경공업부문 자료들은 9개 중분류중 생산지수는 7개 중분류가 출하지수는 8개 중분류가 각각 P-값이 0.01보다 작아 대부분의 경공업 자료가 요일효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 산업활동동향의 각 분야별 요일효과는 예측가능하며, 특히 요일효과가 클수록 노동집약형이고, 산업의 낙후성으로 국가경쟁력이 떨어지는 분야로 분류됨을 알 수 있다.

4. 결 론

그 동안 X-11-ARIMA에서는 원계열로부터 ARIMA모형에 의하여 산출된 계열을 제거한 후 남은 잔차 계열에 대하여 요일효과를 검증하고 이를 조정하였으나, X-12-ARIMA에서는 원계열로 요일효과를 검증하고 이를 조정함으로써 ARIMA 모형에 의존하던 X-11-ARIMA의 단점을 보완

하였다. 이에 따라 요일조정에 대한 실제적 효과를 검증한 결과 산업활동 동향중 생산 및 출하는 50% 이상이 요일효과가 있는 것으로 나타남에 반하여 재고는 15%만이 요일효과가 있음을 보여 생산 및 출하지수와 관련된 시계열자료의 분석에서는 계절조정 뿐 만 아니라 요일조정이 필요함을 알 수가 있었다. 또한 이들의 요일인자 크기를 계절인자와 비교하여 보면 계절인자에 비해 요일인자의 크기는 작았지만, 요일조정을 한 시계열의 계절인자와 요일조정을 하지 않은 계절조정 시계열의 계절인자를 비교해 보면, 요일조정을 한 계절조정인자에는 요일조정을 하지 않은 시계열의 계절조정 인자보다 불규칙성이 많이 제거되어 요일조정의 필요성을 확인하였다.

참고문헌

- [1] 박유성, 최현희 (1998). 한국형 X-11-ARIMA 프로시저에 관한 연구, 「응용통계연구」, 제11권 2호, 335-350
- [2] Dagum E.B., Huot, G. and Morry, M. (1988). Seasonal adjustment in the Eighties: Some problems and solutions. *The Canadian Journal of Statistics*, vol. 16(Supplement): 109-126, (1988)
- [3] Bruce, A.G. and Jurke, S.R. (1996) Non-Gaussian seasonal adjustment: X-12-ARIMA versus robust structural models. *Journal of Forecasting*, Vol. 15 305-328
- [4] Ghysels, E., Granger, C.W. and Siklos, P. (1996). Is seasonal adjustment a linear or nonlinear data filtering process? *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 14, 374-386
- [5] Findly D.F., Monsell B.C., Bell W.R., Otto M.C. and Chen B.C. (1998). Capabilities and Methods of the X-12-ARIMA Seasonal Adjustment Program, *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 16, 127-152
- [6] 이궁희 (1998). 한국경제시계열의 계절조정방법: X-12-ARIMA법을 중심으로, 「경제분석」, 제4권 1호, 한국은행 (<http://www.bok.or.kr/공개자료실/정기간행물>)
- [7] 통계청 (1999) 「통계데이터베이스 (<http://www.nso.go.kr/KOSIS>)」
- [8] Akaike, H. (1973) Information theory and an extension of the likelihood principle. in Petrov, B.N. and Czaki, F. editors, *Second International Symposium on Information Theory*, 267-287. Akademia Kiado, Budapest. Reprinted in Kotz, S. and Johnson, N.L., editors, *Breakthroughs in Statistics*, Vol. I, New York, 1991. Springer-Verlag, 599-624.
- [9] 박유성, 허명희 (1996). 「시계열 자료분석」, 자유아카데미, 서울
- [10] 편영숙, 이재준 (1999) 가법계절지수모형에서 예측에 미치는 이상치의 영향, 「응용통계연구」, 12권 2호 491-504
- [10] 통계연수원 (1997). 「X-12-ARIMA의 계절조정방법」, 통계청
- [11] 이성덕, 윤여창, 김인규, 이철영 (1998). 시계열모형에서 계절성에 대한 검정통계량들의 비교, 「한국통계학회논문집」, 제5권 1호, 43-54
- [11] 박원란 (1999). 「X-12-ARIMA를 이용한 산업활동동향의 계절조정연구」, 석사학위논문, 전북대학교.