

상태공간모형에 의한 경기변동시계열의 구조변화분석 State Space Model & Structural Changes in Business Cycle

주영진*, 전덕빈**

* 배재대학교 경영정보학부 전자상거래학전공 yjjoo@paichai.ac.kr

** 한국과학기술원 테크노경영대학원 dbjun@kgsms.kaist.ac.kr

Abstract

일반적으로 경영경제시계열에 내재된 구성요소들에 대한 분석을 위해 상태공간모형을 널리 사용하고 있다. 상태공간모형으로 표현된 경영경제시계열은 내재된 구성요소에 대한 추가적인 해석이 가능한 장점이 있으나, 상태공간모형을 적용함에 있어 모형에 대한 충분한 이해가 부족할 경우 왜곡된 해석을 보일 수 있는 위험이 존재하기도 한다. 본 연구에서는 상태공간모형에 의한 경영경제시계열의 장기추세와 단기변동의 분해 과정 및 이를 바탕으로 한 경영경제시계열의 구조변화에 대한 분석결과를 경기변동의 전환점 분석에 대한 실증연구와 함께 제시하고 있다.

1. 서론

상태공간모형은 관찰가능한 시계열을 관찰불가능한 내재된 구성요소로 표현하여 나타내는 시계열 모형의 하나이다. 이에 따라, 상태공간모형으로 표현된 많은 경영경제시계열들은 그 구조적으로 표현될 수 있어, 다양한 추가적인 분석을 가능하게 하고 있다.

상태공간모형에 의한 경영경제시계열의 구조적 표현 및 추가적인 분석의 대표적인 예로는 경기변동시계열을 장기추세와 단기변동이라는 구성요소로 표현함으로써, 경기변동시계열이 지니는 총변동을 내재된 구성요소인 장기추세와 단기변동이 지니는 개별변동으로 구분하여 그 구성요소의 변동량의 크기에 따라 경기변동이 실물부문에 의한 장기적인 변동인지, 화폐부문 등에 의한 일시적인 변동인지를 검증하는 것(Harvey[4], Watson[10] 및 Clark[3]에서 찾을 수 있다. 즉, 이들 연구들에서는 불안정한 시계열 특성을 지니는 GDP 등의 경제시계열들은 그 시계열에 한번 들어온 효과가 오랜 기간 동안 남아있는 추세와, 일정 기간이 지나면 없어지는 순환치의 합으로 이루어져 있는데, 장기추세에는 설비투자, 기술발전, 자본축적 등 경제의 실물부문에 관한 요소가, 단기변동에는 주로 통화부문에 관한 요소가 작용하고 있다는 가정하에 상태공간모형에 의해 추정될 수 있는 장기추세와 단기변동을 분리하고, 분리된 장기추세 및 단기변동 관련 오차항의 상대적인 크기를 통해 경기변동에 대한 실물부문 및 통화부문의 상대적인 중요성을 검증함으로써

경기변동의 원인을 구분하는데 도움을 주고 있다. 이와 같이 상태공간모형은 경영경제시계열의 구조적 해석 및 관련 이론의 검정을 가능하게 한다.

그러나, 상태공간모형의 추정 및 그에 따른 상태공간모형의 내재된 구성요소에 대한 추가적 분석은 Nelson[9]이 지적하고 있는 허의 분리문제(Spurious Decomposition)로 인해 자칫 잘못 적용된 상태공간모형에 의한 왜곡된 해석을 나올 수 있다. 이에 Joo와 Jun[5]의 연구에서는 상태공간모형에 의한 왜곡된 추세-순환치 분리 문제의 이론적 원인을 분석하고, 상태공간모형과 그에 대응하는 ARIMA모형 사이의 모수들간의 관계를 통해 체계적인 상태공간모형의 추정절차를 제시하고 있다.

한편, Jun과 Joo[6]의 연구에서는 임의의 시점에서 일정수준과 기울기를 내재된 구성요소로 갖는 상태공간모형에서 기울기의 변화를 감지함으로써 경기변동의 전환점을 예측하는 통계적 방법을 제시하고 있다. 그러나 Jun과 Joo[6]의 연구는 1차차분이 안정적인 시계열특성을 지닐 수 있는 상황에서 2차차분형태의 모형을 적용함으로써 과잉차분(over-differencing)의 문제를 유발하고 있다.

이에 본 연구에서는 Joo와 Jun[5]의 연구에서 제시하고 있는 경기변동시계열의 장기추세와 단기변동의 분리를 위한 상태공간모형을 확장하여 경기변동시계열의 구조변화를 설명하기 위한 방법을 실증분석결과와 함께 제시하고자 한다. 이를 위해 먼저 2절에서는 본 연구의 배경으로 경기변동시계열의 구조변화문제와 상태공간모형간의 연관성을 간략히 설명하고, 3절과 4절에서는 상태공간모형에 의한 경기변동시계열의 구조변화분석 방법 및 이에 대한 실증분석결과를 제시하고 있다. 특히, 4절의 실증분석에서는 3절에서 제시하고 있는 방법을 58년부터 2001년까지의 미국 GDP의 분기별시계열에 적용하여 본 연구에서 제시하고 있는 방법의 실증적 유용성을 확인하고자 한다. 끝으로 5절에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구방향에 대한 논의 등을 담고 있다.

2. 경기변동과 상태공간모형

일반적으로 경기변동이란 총체적 경제활동이 경제의 장기 성장추세를 중심으로 상승과 하강을 반복하며 성장하는 현상을 의미한다. 이때, 경기변동의 현상 및 원인이 경제의 장기적인 측면(즉, 장

기추세)에 의한 것인지, 단기적인 측면(즉, 단기변동)에 의한 것인지는 관련 학문분야의 전통적인 논쟁거리이며, 그 판단 결과에 따라 관련 정책에 주는 시사점도 매우 다르게 도출될 수 있다

경기변동에 대한 실증분석에서 또 다른 주요 이슈는 경기변동의 전환점에 대한 것으로, 경기정점(peak), 경기저점(trough)로 구분되는 경기변동의 전환점은 사후적으로 관련 전문가들의 의견을 바탕으로 발표되고 있으나, Zarnowitz와 Moore[12], Neftci([7], [8]), Jun과 Joo[6] 등에서와 같이 경기 전환점에 대한 예측은 경기변동에 대한 예측을 가능하게 한다

한편, 상태공간모형은 경기변동시계열의 장·단기요소를 고려한 함수적 표현으로 경기변동 현상 및 요인에 대한 직관적 해석을 높일 수 있을 뿐만 아니라, Jun과 Joo[6]의 연구에서와 같이 상태공간모형이 내재하고 있는 구성요소의 구조적 변화를 모형에 내재시킴으로써 경기변동의 전환점에 대한 함수적 해석을 가능하게 한다

먼저, 상태공간모형에 의한 일반적인 경기변동시계열의 표현을 살펴보면 식 (1)과 같다.

$$Y_t = T_t + C_t \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} T_t \\ C_t \end{pmatrix} = G \begin{pmatrix} T_{t-1} \\ C_{t-1} \end{pmatrix} + \varepsilon_t$$

식 (1)에서와 같이 경기변동시계열(Y_t)은 내재된 구성요소인 장기추세(T_t)와 단기변동(C_t)의 합으로 표현(관측식)되며, 내재된 구성요소 T_t 와 C_t 는 Y_t 에 상관없이 표현(내재식)된다. 이때, T_t 와 C_t 는 구성행렬 G 에 의해 T_t 가 지니는 1차차분(I(1))속성 등의 불안정요소를 지니고, C_t 는 Y_t 가 지니는 순수 안정적 요소만을 지니도록 구조화되며, ε_t 는 순수오차항이다 이와 같은 표현의 대표적인 연구들인 Harvey[4], Watson[10], Clark[3] 등의 연구에서 T_t 와 C_t 는 각각 Random-Walk 과정 및 AR(2)과정으로 표현되었다

이제, 상태공간모형에 의해 경기변동의 전환점에 대한 해석을 위해 식 (1)을 다음의 식 (2)와 같이 확장할 수 있다

$$Y_t = T_t + C_t \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} T_t \\ C_t \end{pmatrix} = G \begin{pmatrix} T_{t-1} \\ C_{t-1} \end{pmatrix} + \varepsilon_t + \Delta$$

식 (2)는 식 (1)의 내재식에 구조적 변화를 가져오는 충격요소(Δ)를 더한 꼴로 나타나게 된다 이 때 Δ 의 작용으로 경기변동시계열(Y_t)의 국면전환이 유발될 수 있다면, Δ 가 유의적으로 작용하는가를 탐지하여 경기변동을 예측하거나, Δ 가 작용하는 시점을 경기변동 전환점에 대한 기준순환일 결정에 참고하는 등의 활용이 가능할 것이다 Jun과 Joo[6]의 연구에서는 식 (2)의 꼴을 통해 경기변동시계열에 내재된 구성요소들 중 기울기요소에 작용하는 충격을 탐지하여 경기변동의 전환점을 효과적으로 예측하고 있다

한편, 식 (1), 식 (2) 등과 같이 경기변동시계열에 대한 상태공간모형을 적용할 때, Nelson[9] 및 Joo와 Jun[5] 등에서 지적하고 있는 것과 같이, 모형에 대한 충분한 해석을 통해 상태공간모형이 잘못 적용되는 것을 주의할 필요가 있다 특히, Joo와 Jun[5]의 연구에서는 상태공간모형의 올바른 적용을 위한 제반 절차를 제시하고 있으며, 관측성, 제

어성, 상태공간모형의 일치성 등 상태공간모형의 올바른 적용을 위해 고려해야 될 상태공간모형의 기본 특성들에 대한 사항들은 Aoki[2] 및 West와 Harrison[11] 등을 참고할 수 있다.

3. 상태공간모형에 의한 경기전환점 분석

3.1 경기전환점

경기변동의 전환점(정점 및 저점)을 공식적으로 나타내는 기준순환일은 각국의 관계 당국에서 관련된 전문가의 의견을 참고하여 사후적으로 발표한다 이와 관련하여 우리나라의 경우에는 통계청에서, 미국의 경우에는 NBER(National Bureau of Economic Research)에서 경기변동 기준순환일 공표를 담당하고 있다

그러나, 공식적인 기준순환일은 사후적으로 공표됨에 따라 실증적 유용성을 높이기 위한 연구들에서는 기준순환일 공표이전에 경기전환점을 탐지·예측하기 위한 방안들이 개발되어 왔다 대표적인 연구로 Zarnowitz와 Moore[12]의 연구에서는 경기중합지수의 전기대비 변동이 3번 연속 상승 또는 하락하는지를 확인하는 방법을 제안하였고, Neftci([7], [8]), Jun과 Joo[6]의 연구들에서는 경기변동시계열을 참조하여 경기전환점이 지났을 사후확률을 구하는 방법을 제안하였다 특히, Jun과 Joo[6]의 연구에서는 경기변동시계열의 기울기에 외부적 충격이 발생하는 시점을 경기전환점으로 삼아 의미있는 결과를 보이고 있다 Jun과 Joo[6]에서 가정하고 있는 기울기에 대한 외부적 충격이 경기변동을 유발한다는 것은 실물부문에 대한 외부적 충격이 경기변동을 유발한다는 실물경기변동론 관점의 결과로 해석될 수도 있다

본 연구에서는 실물부문에 대한 충격이 경기변동을 유발한다는 관점에서 Jun과 Joo[6]의 결과를 경기변동시계열의 장기추세와 단기변동을 구분하기 위한 상태공간모형에 적합하게 확장하여 경기전환점을 분석하고자 한다 즉, 본 연구에서 경기전환점은 정(+) 또는 부(-)의 충격이 경기변동시계열에 내재된 장기추세에 작용할 때 발생된다고 가정한다

3.2 상태공간모형

식 (3)은 앞의 경기전환점에 대한 가정을 바탕으로 경기변동시계열을 상태공간모형으로 표현하고 있다

$$Y_t = T_t + C_t \quad (3a)$$

$$T_t = T_{t-1} + d_{t-1} + w_t \quad (3b)$$

$$d_t = \begin{pmatrix} d_{t-1} & , & t \neq m \\ d_{t-1} + \Delta_{t-1} & , & t = m \end{pmatrix} \quad (3c)$$

$$C_t = aC_{t-1} + v_t \quad (3d)$$

식 (3)은 기본적으로 식 (2)를 본 연구의 목적에 맞게 구체화한 것으로, 식 (3c)의 (d_t)는 경기변동시계열(Y_t)의 내재된 장기추세(T_t)가 지니는 변화량을 의미하며, 경기전환점(m)은 (d_t)에 대한 외부적 충격(Δ_{m-1})이 $m-1$ 시점에 발생하는 것으로 표현될 수 있다 식 (3)에서 w_t 와 v_t 는 각각 장기추세 및 단기변동에 작용하는 순수오차항을 나타낸다

한편, 식 (3)에서 제시하고 있는 상태공간모형은 Joo와 Jun[5]의 연구결과에서 제시하고 있는 바

와 같이 ARIMA(1,1,1) 과정과 대등한 관계를 지닌다

3.3 경기변동의 탐지

이제, 식 (3)을 바탕으로 t 시점까지 관찰한 경기변동시계열을 바탕으로 t 시점 이전의 m 시점에 경기변동의 전환점이 발생하였는가를 탐지하기 위한 통계적 검정은 식 (4)의 통계적 가설검정을 통해 수행될 수 있다

$$H_0: m \quad \Delta_{m-1} = 0 \quad (4a)$$

$$H_a: m \quad \Delta_{m-1} < 0 \quad (\Delta_{m-1} > 0), \quad m = 2, \dots, t \quad (4b)$$

식 (4b)는 탐지하고자 하는 경기전환점이 정(+)
의 충격에 의한 저점인지, 부(-)의 충격에 의한 정점인지에 따라 구분되어 적용된다

본 연구에서는 식 (4)의 통계적 가설검정을 위한 검정통계량을 도출하는 대신, 관측된 경기변동시계열을 바탕으로 한 $H_{a,m}$ 에 대한 사후확률을 구하여 사후확률값의 특이한 변동을 통해 경기변동을 유발하는 외부적 충격을 탐지하는 방안을 제안한다 이에 따라, m 시점에 경기전환점이 발생하였을 사후확률은 베이즈의 정리에 의해 식 (5)와 같이 나타내어진다

$$\Pr(H_{a,m} | Y_t, \dots, Y_1) = \frac{\Pr(H_{a,m})}{\Pr(H_{a,m}) + \Pr(H_{0,m})} LR$$

$$LR = \frac{\Pr(Y_t, \dots, Y_1 | H_{a,m})}{\Pr(Y_t, \dots, Y_1 | H_{0,m})} \quad (5)$$

식 (5)에서 LR은 관측된 경기변동시계열이 식 (4)의 귀무가설 및 대립가설 하에 지니게 되는 우도함수값의 비율, 즉, 우도비(likelihood ratio)를 나타낸다 식 (5)에 대한 보다 상세한 전개는 주영진 [1]의 연구를 참고할 수 있다.

4. 실증분석

앞에서 제시된 경기변동시계열의 상태공간모형 표현 및 이에 근거한 경기전환점에 대한 분석의 실증적 유용성을 검증하기 위해 본 연구에서는 미국의 분기별 GDP 자료와 미국의 경기변동에 대한 기

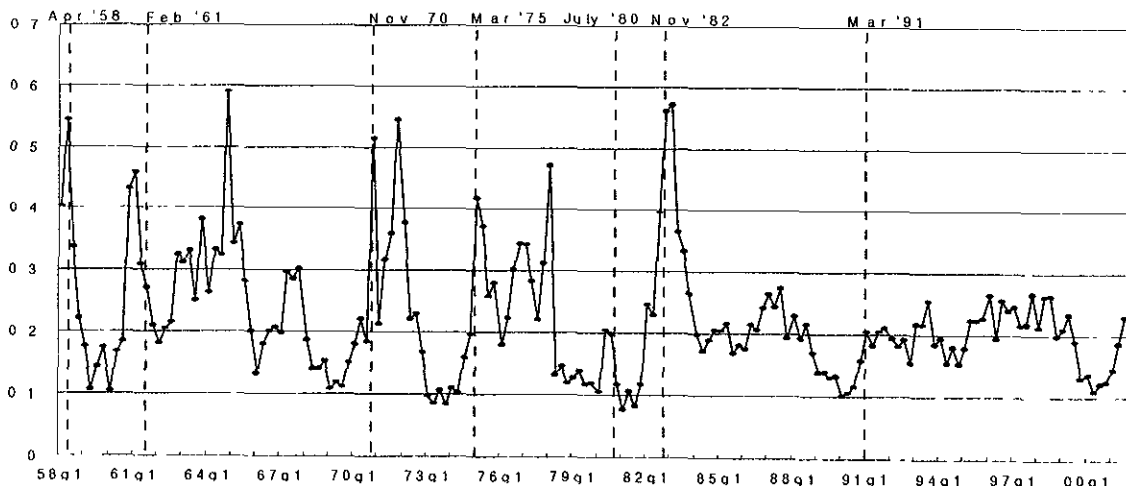
준순환일을 그 실증분석 대상으로 삼았다

미국의 분기별 GDP 자료는 1996년 불변가격 기준자료(단위: 10억\$)로 미국 상무성의 경제분석국(BEA Bureau of Economic Analysis)에서 제시된 것[13]을, 미국의 경기변동 기준순환일은 NBER에서 공표된 시점[14]을 사용하였다 이 중 분기별 GDP 자료는 1958년 1사분기부터 2002년 2사분기까지의 자료를 사용하되, 모형에 적용하기에 앞서 일반적인 경제시계열이 지니는 지수적 추세를 제거하기 위해 로그변환을 취하였다

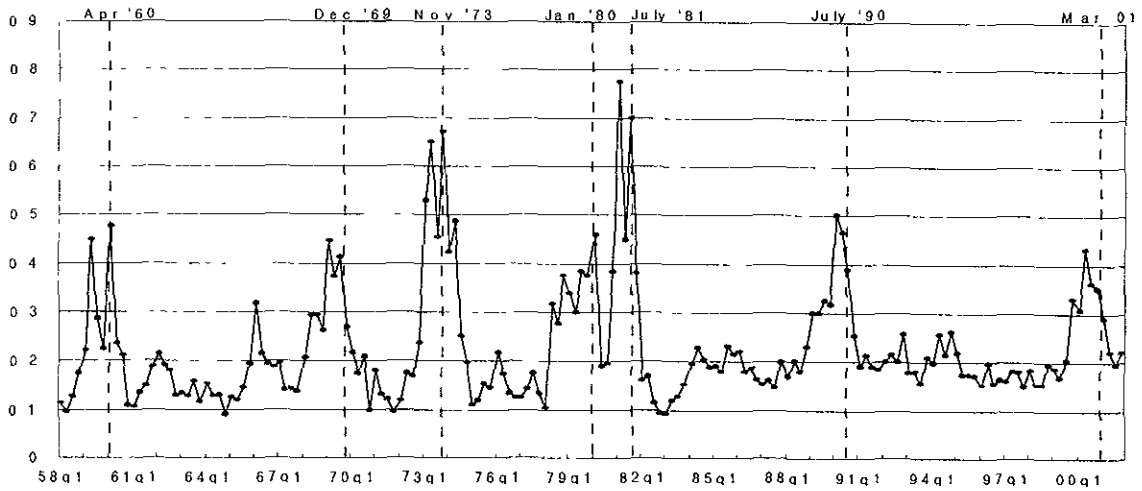
이제, 실증분석은 다음의 과정을 거쳐 수행하였다.

- ① 식 (4)의 $H_{0,m}$ 하에서 식 (3)의 상태공간모형을 추정하기 위해 분기별 GDP의 로그값 시계열에 대한 ARIMA(1,1,1) 과정을 추정한다 단, 일반적인 불안정한 시계열의 추정을 위한 단위근검정(Unit Root Test)는 생략한다 분기별 로그 GDP 자료의 ARIMA(1,1,1)모형에 대한 추정은 전차의 최초 20개 자기상관함수값을 이용한 χ^2 -통계량이 19.7로 유의적인 모형을 보인다
- ② ①에서 추정한 ARIMA(1,1,1) 과정과 대등한 상태공간모형을 도출한다.
- ③ 식 (5)의 m 시점에 경기전환점이 발생하였을 사후확률, 즉, m 시점에 분기별 로그 GDP의 장기 추세에 유의적인 외부충격이 더해졌을 사후확률을 도출한다. 이 때, 경기변동의 저점에 대해서는 정(+)
의 외부적 충격에 대한, 경기변동의 정점에 대해서는 부(-)
의 외부적 충격에 대한 사후확률을 고려한다
- ④ ③의 m 시점에 경기전환점이 발생하였을 사후확률이 지니는 특이값을 경기변동 기준순환일과 대비한다

(그림 1)과 (그림 2)는 위 ①~④의 과정을 거쳐 도출한 미국의 분기별 GDP 시계열에 내재된 장기 추세에 정(+)
· 부(-)
의 외부적 충격이 발생했을 사후확률값을 각 시점별로 나타내고 있다. (그림 1)에서는 각 시점별 부(-)
의 외부충격에 대한 사후확률값을 경기변동의 정점에 대한 기준순환일과 비교하여 나타내고 있으며, (그림 2)에서는 각 시점별 정(+)
의 외부충격에 대한 사후확률값을 경기변동의



(그림 1) 분기별 GDP(미국)의 장기추세에 부(-)의 충격이 발생했을 사후확률 (년/월은 경기정점)



(그림 2) 분기별 GDP(미국)의 장기추세에 정(+)의 충격이 발생했을 사후확률 (년/월은 경기저점)

적점에 대한 기준순환일과 비교하여 나타내고 있다 (그림 1), (그림 2)에 나타난 것과 같이 본 연구에서 제시된 경기변동시계열의 장기추세에 작용하는 외부적 충격은 기준순환일로 표시되는 경기전환점과 비교적 잘 대응하고 있다. 다만, 경기정점과 경기저점 모두 사후확률값이 아주 높게 발생하지 못하는 점과, 경기정점에 대한 사후확률값에서 '91년 3월의 정점에 대응하는 의미있는 사후확률값이 발생하지 않는다는 것과 경기정점에 상관없는 사후확률의 특이값이 발생하고 있는 점 등이 지적될 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 상태공간모형으로 표현된 경기변동시계열의 장기추세에 발생하는 외부적 충격에 대한 사후확률을 통해 경기전환점을 분석하는 제반 절차를 제시하고, 제시된 결과를 미국의 경기변동 기준순환일 및 분기별 GDP 자료에 적용하여 실증적 유용성을 검증하였다.

이를 통해 본 연구에서는 경기변동의 전환점은 장기추세에 발생하는 외부적 충격과 매우 긴밀하게 대응함을 알 수 있었다. 이에 따라 본 연구에서 제시된 절차는 경기변동 기준순환일 공표시 참고할 수 있는 유용한 정책자료를 제공하고, 경기변동 전환점의 사전적 예측에도 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 또한, 본 연구의 결과는 부분적으로는 경기변동이 실물에 대한 충격에 의해 발생된다는 실물 경기변동론을 지지하는 것으로 해석될 수 있다.

한편, 본 연구의 결과는 향후 추가적 연구들을 통해 다양한 경기변동 시계열 및 시계열벡터에 적용되어 보다 일반화될 필요가 있으며, 이러한 연구들을 바탕으로 경기변동 관련 이론 개발 및 정책 운용을 위한 보다 다양한 활용방안들이 제시될 필요가 있다.

6. 참고문헌

[1] 주영진, 장·단기 요인의 분리를 위한 시계열

모형과 그 응용, 한국과학기술원 박사학위논문, 1995

[2] Aoki, M, State-Space Modeling of Time Series, Springer-verlag, 1990
 [3] Clark, P K, "The Cyclical Component of US Economic Activity", Quarterly Journal of Economics, 797-814, 1987.
 [4] Harvey, A. C., "Trends and Cycles in Macroeconomic Time Series", Journal of Business & Economic Statistics, 3, 216-227, 1985
 [5] Joo, Y J. and D B Jun, "State space trend-cycle decomposition of ARIMA(1,1,1) process," Journal of Forecasting, 16, 411-424, 1997
 [6] Jun, D B and Y J Joo, "Predicting turning points in business cycles by detection of slope changes in leading composite index," Journal of Forecasting, 12, 197-213, 1993
 [7] Neftci, S N, "Optimal prediction of cyclical downturns," Journal of Economic Dynamics and Control, 4, No 3, 225-241, 1982.
 [8] Neftci, S. N., "Are economic time series asymmetric over the business cycle?," Journal of Political Economy, 92, 307-328, 1984.
 [9] Nelson, Charles R, "Spurious Trend and Cycle in the State Space Decomposition of a Time Series with a Unit Root", Journal of Economic Dynamics and Control, 12, 475-488, 1988
 [10] Watson, Mark W, "Univariate Detrending Methods with Stochastic Trends", Journal of Monetary Economics, 18, 49-75, 1986
 [11] West, Mike and Jeff Harrison, Bayesian Forecasting and Dynamic Models, Springer-Verlag, 1989
 [12] Zarnowitz, V and G H Moore, "Sequential signals of recessions and recovery," Journal of Business, 55, 57-85, 1992
 [13] www.bea.doc.gov
 [14] www.nber.org