

지가변동률 예측을 위한 시계열 모형 분석

- 개입 ARIMA 모형을 중심으로 -

Time Series Modeling for Forecasting Land Price Change Rate

- Focusing on the Intervention ARIMA Model -

우 경 · 이 성 석

Woo Kyoung · Rhee Sung-Suk

目次

I. 서론	3. 모형의 구축 과정
1. 연구배경과 목적	IV. 실증분석
2. 연구범위와 방법	1. 개입 전 ARIMA 모형의 구축
II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토	2. 개입 ARIMA 모형의 구축
1. 지가결정이론	3. 2015년도 지가변동률 예측
2. 선행연구의 검토	V. 결 론
3. 본 연구의 차별성	1. 연구결과의 요약
III. 개입 ARIMA 모형의 구축과정	2. 연구의 한계
1. ARIMA 모형	<abstract>
2. 개입 ARIMA 모형	<참고문헌>

ABSTRACT

1. CONTENTS

(1) RESEARCH OBJECTIVES

The purpose of this study is to analyze the effects of two million houses supply plan in 1989, economic crisis in 1997 and USA subprime mortgage crisis occurred in 2008, and to predict the land price change rate of Korea in 2015.

(2) RESEARCH METHOD

In this study, a time-series analysis was conducted by using intervention ARIMA model with the quarterly data of land price change rate in Korea from 1987 to 2014. In order to build the intervention ARIMA model as modeling steps, classification, identification and selection of ARIMA model were proceeded. Also with the selected ARIMA model, Intervention ARIMA model was fitted and forecasted for the land price change rate in 2015. SPSS win 12.0 was used for this study.

이 논문은 2014학년도 김포대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.(This work was supported by Kimpo College's Fund)

* 주 저 자 : 김포대학교 부동산경영과 부교수, 행정학박사, kwoo@kimpo.ac.kr

** 교신저자 : 서원대학교 경영학과 교수, 경제학박사, ssrhee@seowon.ac.kr

▷ 접수일(2015년 2월 8일), 수정일(1차: 2015년 2월 12일, 2차: 2015년 2월 13일), 게재확정일(2015년 2월 13일)

(3) RESEARCH FINDINGS

The result of this study can be summarized as follows : the intervention effects of two million houses supply plan occurred after one quarter from the time of the plan announced. The intervention effects of economic crisis occurred after two quarters after Korean Government announced IMF bailout loan are necessary. Finally, the effects of subprime mortgage crisis in USA were occurred after one quarter.

2. RESULTS

The results of forecasting quarterly change rate of land price with intervention ARIMA model, the predicted land price change rates are as follows : the land price change rates are predicted as 0.20% in first quarter, 0.15% in the second quarter, 0.11% in the third quarter and 0.08% in fourth quarter. There are few land price studies by using intervention ARIMA in Korea. This study carries an important means from the point of first attempt to forecast land change rate with intervention ARIMA model.

3. KEY WORDS

- Land price change rate, Time series analysis, ARIMA model, Intervention ARIMA model, Auto-Correlation Function(ACF), Partial Auto-Correlation Function(PACF)

국문초록

본 연구는 1987년 1/4분기부터 2014년 2/4분기까지 분기별 전국 지가변동률을 이용하여 200만호 주택건설, IMF 외환위기 그리고 미국 서브프라임 모기지 여파를 반영한 개입 ARIMA 모형을 구축하고 이들 세 번의 외부 충격효과가 전국 지가변동률에 미친 영향을 분석하였고, 구축된 모형을 이용하여 2015년도 분기별 전국 지가변동률을 예측하였다.

그 결과 200만호 건설은 1분기의 시차를, IMF 외환위기는 2분기의 시차를, 그리고 미국 서브프라임모기지 위기는 1분기의 시차를 가지고 전국 지가변동률에 영향을 주었음을 확인하였다. 또한 2015년도 분기별 전국 지가변동률을 예측한 결과 1/4분기에는 0.20%, 2/4분기에는 0.15%, 3/4분기에는 0.11% 4/4분기에는 0.08%가 상승할 것으로 예측되었다.

지가에 관한 국내의 연구들은 주로 거시계량경제 모형이나 VAR 모형 등을 이용하여 거시경제지표 중 한 지표로 지가변동률을 포함하여 각 지표 간 상호 인과관계를 규명한 연구가 주를 이루어 왔다. 본 연구는 우리나라의 토지시장에 큰 영향을 미친 세 번의 사건을 고려한 개입 ARIMA 모형을 처음으로 구축하고 분석하였는데 그 의미가 크다고 할 수 있다.

핵심어 : 지가변동률, 시계열분석, 아리마 모형, 개입 아리마 모형, 자기상관함수, 부분자기상관함수

I. 서론

1. 연구배경과 목적

1980년 후반 우리나라 지가는 “86 아시아 게임”과 “88 올림픽” 개최를 계기로 사회 기반시설을 확충하는 과정과 소위 “3저 현상”¹⁾으로 인

한 경기호황에 힘입어 큰 폭의 지가상승을 경험하였고, 정부에서는 200만호 주택공급 정책을 수립하여 시행한 결과 1990년대 초부터는 지가가 다소 안정되는 추세를 보였다. 그러나 1997년 말 외환부족으로 인해 IMF 구제금융을 받는 경제 위기를 당하였고 이를 극복하기 위한 기업의 구조조정과정에서 지가의 급락과 토지거래 시장

1) 1980년대 저유가, 저금리, 저달러 현상으로 인해 우리나라 무역수지 흑자가 크게 증가하며 무역수지 흑자로 인한 유동자금이 부동산시장에 유입되며 부동산가격이 크게 상승하였다.

의 급격한 위축으로 부동산시장의 붕괴위기를 경험하기도 하였다.

정부에서는 IMF 구제금융 위기를 벗어나기 위해 기업구조조정과 더불어 부동산시장 규제완화, 선진 부동산 금융기법 도입을 통해 부동산경기 회복정책을 과감히 추진하였고 이들 정책에 힘입어 비교적 짧은 기간에 지가가 상승세로 반전되며 회복세로 돌아섰다. 이후 안정적인 상태를 보인 부동산시장이 2008년 3분기에 미국의 서브프라임 모기지사태(subprime mortgage crisis)로 촉발된 전 세계의 경제 위기에 영향을 받아 우리나라 경제도 연동하여 위기를 맞았고 다시 한 번 지가하락을 경험하였다.

시계열모형을 이용한 지가변동을 예측에는 VAR 모형, 벡터오차수정 모형(VECM), 거시계량경제 모형 등을 이용할 수 있으나 이들 모형은 변수가 많을수록 예측오차가 더욱 커져서 예측력이 떨어질 가능성이 높으며, 우리나라 토지시장에서 경험한 외부의 경제적 충격이 가해졌을 때 이를 모형에 반영하기가 쉽지 않다는 단점이 있다.

ARIMA모형에 의한 시계열 예측방법은 경제현상을 복합적으로 설명할 수 있는 이론적인 뒷받침이 없고 다른 거시경제변수들과 상호 인과관계를 규명하기 어렵다는 한계를 가지고 있으나 단일 시계열 하나만 가지고 추가적인 정보 없이 모형을 구축하여 예측할 수 있으며, 단기예측의 정확성과 유용성으로 인해 자주 이용되는 시계열 예측방법이다. 또한 개입 ARIMA 모형은 시계열의 구조적 변화나 1980년대 후반 “88 올림픽” 전후의 지가 폭등, 1990년대 후반 “IMF 구제금융” 그리고 2000년대 후반 미국의 경기침체로 촉발된 “미국 서브프라임 모기지 부도사태”와 같이 우리나라 토지시장에 예기치 못한 외부의 경제적 충격이 발생하였을 때 이를 반영하여 시계열을 예측할 수 있는 장점이 있다.

1980년대부터 우리나라 토지시장은 한 번의 지가폭등과 두 번의 지가 폭락을 경험하였다. 개입 ARIMA모형을 이용한 시계열 예측에 관한 연구는 일부 교통 분야, 물류수요 예측분야 등에

서 이루어지고 있으나, 토지시장에 이러한 예기치 못한 경제적인 외부충격이 가해졌을 때 이러한 충격이 어느 정도로 영향을 미쳤는지를 분석하는 연구 또는 이러한 외부 충격을 반영한 시계열 예측에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

본 연구의 목적은 이러한 문제의식을 기초로 1980년대부터 우리나라 토지시장에 영향을 미친 200만호 주택건설, IMF 구제금융 그리고 미국 서브프라임 모기지 부도사태로 촉발된 세계경제위기 여파로 인한 우리나라 경제 위기가 우리나라 토지시장에 미친 영향을 분석하고 이들 경제적인 충격을 고려한 지가예측모형을 구축하여 향후 토지시장을 예측함으로써 정책적 시사점을 제시하는 것이다.

2. 연구의 범위와 방법

본 연구의 범위는 크게 공간적 범위, 시간적 범위, 그리고 내용적 범위로 구분된다. 공간적 범위는 전국을 대상으로 하며 분석에 사용되는 시계열자료는 분기별 전국지가변동률 자료이다. 시간적 범위는 정부에서 지가변동률을 조사하여 발표하기 시작한 1987년 1/4분기부터 가장 마지막으로 발표된 분기별 지가변동률 자료가 있는 2014년 2/4분기까지 기간이다. 내용적 범위는 ARIMA 모형과 개입 ARIMA 모형에 대한 이론적인 고찰, 개입 ARIMA 모형 구축과정, 그리고 구축된 모형을 이용한 예측부분으로 구분된다.

II장에서는 지가결정에 대한 이론적 배경과 선행 연구를 살펴보고 본 연구가 기존의 선행연구들과 차별화 되는 점을 제시하고자한다.

III장에서는 ARIMA 모형의 기본적인 가정과 일반적인 모형 형태를 살펴본다. 다음으로 시계열 외적으로 발생한 경제적 충격은 지시함수(indicator function)의 형태로 시계열에 반영되거나 또는 계단함수(step function)의 형태로 반영되므로 어떤 형태의 개입 ARIMA 모형이 사용되는지 살펴보고 본 연구에 사용할 개입 ARIMA 모형을 선정한다.

IV장에서는 모형구축과 지가변동률 예측에 대한 실증분석 부분으로 개입 ARIMA 모형의 적합절차와 모형의 식별, 모형의 추정 및 진단과정을 거쳐 200만호 주택건설 정책, IMF 구제금융과 미국 서브프라임 모기지 위기 등의 여파가 우리나라 지가변동률에 미친 영향을 분석하고 2015년도 분기별 지가변동률을 예측하였다²⁾.

연구방법은 문헌조사를 통해 이론적인 배경을 살펴보고 1987년 1/4분기 이후 분기별 지가변동률 자료를 이용하여 실증분석을 하였다. 시계열자료에 대한 실증분석에는 SPSS 12.0의 통계 패키지를 이용하였다.

II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

1. 지가결정이론³⁾

지가는 일반자산과 마찬가지로 부동산이용에 따른 자본이득(capital gain)을 할인하여 결정된다. 지가와 거시경제변수간의 이론적 관계는 다음과 같은 가정과 과정을 거쳐 지가결정이론으로 정립할 수 있다. 고전적 지대이론의 지가(P_t)는 미래의 지대(R_t) 흐름의 현재 가치로 정의되며 이는 식(1)과 같이 정리 할 수 있다⁴⁾.

$$P_t = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(1+d)^k} E(R_{t+k}) \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

한편 t 기의 지가(P_t)를 t 기의 지대(R_t)와 $t+1$ 기의 기대지가 $E(P_{t+1})$ 를 현재가치화한 값을 합한 금액으로 정의하면 t 기의 지가(P_t)는 식(2)와 같이 정리할 수 있다.

$$P_t = R_t + \left[\frac{E(P_{t+1})}{1+d} \right] \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

지대(R_t)가 경제성장률(ρ^e)과 물가상승률(π^e)의 일정비율(α)로 증가한다고 가정하면 $R_{t+1} = (1 + \alpha\rho^e + \pi^e)R_t$ 로 나타낼 수 있으며 이를 식(2)에 대입하여 정리하면 t 기의 지가(P_t)는 식(3)으로 변형할 수 있다.

$$P_t = \frac{R_t(1+d)}{d - \alpha\rho^e - \pi^e} \dots\dots\dots \text{식(3)}$$

식(3)의 지가(P_t)를 시장기본가치(market fundamental value) 또는 수익환원가격이라고 부른다. 일반적으로 시장기본가치는 경제성장률, 물가상승률, 금리 등 자산가격에 영향을 미치는 거시경제변수들에 의해 결정되는 가격수준을 말하며 이론적으로 균형가격을 말한다. 식(3)은 거시경제 지표들과 지가(P_t)의 인과관계를 보여주고 있으며 임대료(R_t), 경제성장률(ρ^e) 그리고 물가상승률(π^e)이 높으면 높을 수록 지가(P_t)가 상승하며, 할인율(예: 이자율)이 낮으면 낮을수록 지가(P_t)가 상승한다는 것을 보여주고 있다.

2) 본 연구에서는 이용할 수 있는 분기별 지가변동률 자료는 2014년도 2/4분기까지이므로, 구축된 모형으로는 2014년 3/4분기부터 2015년 4/4분기까지 6개 분기의 전국 지가변동률을 예측하고, 예측 결과의 해석은 2015년도 1/4분기부터 2015년 4/4분기까지의 예측자료를 이용한다. 우리나라에서 지가변동률을 조사하여 발표하기 시작한 것은 1975년부터다. 그러나 통계적으로 표본을 선정하고 전국을 대상으로 지가를 조사하여 공식적으로 분기별 지가변동률을 발표하기 시작한 시점은 1987년 1/4분기부터이다(당시 "국토이용관리법"에 근거하여 한국토지공사 조사하고 건설부가 발표하기 시작하였음). 그러나 정부가 발표하는 지가변동률이 학자들과 일반인들이 현장에서 느끼는 지가변동률과 차이가 많아 지가변동률 산정시 표본수의 적정성, 표본지 추출, 지가변동률 산출방식의 적정성 등 합리적인 지가변동률 산정이 이루어지고 있는지 신뢰성에 의문을 제기하는 일반인들과 학자들이 많은 것도 사실이다. 실제 지가를 연구하는 많은 학계의 연구자들이 지가변동률 시계열자료를 이용하여 연구를 하는 과정에서 유의성 있는 모형을 추정하기가 쉽지 않다. 다만 지가변동률 시계열자료가 축적되고 있어 특정 시점을 선택하여 이후의 시계열자료를 이용하는 방법도 사용할 수 있게 되었다. 반면에 1989년부터 발표한 토지거래 건수 자료는 거래건수의 증감추세, 계절적인 요인들이 명확하게 나타나고 있다는 연구 결과가 발표되어 토지거래건수를 부동산경기 예측하는 변수로 사용할 수는 있다고 본다(우경, "토지거래건수 예측에 의한 토지시장 경기전망에 관한 연구- 광역자치단체별 하부 토지시장 토지거래건수를 중심으로-", 지역사회개발연구, 지역사회개발학회, 2002, pp.79~94 ; 우경, "개별 경제지표에 의한 부동산경기전망에 관한 연구: 건물 유형별 및 토지거래건수를 중심으로-", 국토연구, 국토연구원, 2004, pp.137~149 참조)

3) 최치순, "토지가격 예측모형 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2010, 제41집, p.291(본 논문에 맞게 일부 수정).

4) d는 미래 지대흐름이나 미래 지가를 현재가치화 하기 위한 할인율이며, $k=\infty$ 일 경우 자본이득은 0의 값이 되므로 식(1) 형태로 정의할 수 있다.

2. 선행연구의 검토

최근 우리나라 지가와 관련된 논문은 주로 횡단면분석 형태의 회귀분석 모형을 이용한 연구, 지가변동률과 단일 거시경제지표와의 인과관계를 검증하는 연구 그리고 VAR 모형에 지가변동률을 포함하여 진행하는 연구들이 있다.

회귀분석모형을 이용한 지가에 관한 연구는 상당히 많은 편이며 그 중 몇 개의 선행 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 최형석(2014)⁵⁾은 토지용도, 이용현황, 방위, 도로접면, 직선거리, 도보시간을 독립변수로 하고 영등포 타임스퀘어 반경 2km 이내 지가를 종속변수로 하여 도심형복합시설인 영등포 타임스퀘어가 주변지가에 미치는 파급효과를 실증적으로 분석하였다. 최열·송자훈(2013)⁶⁾은 토지특성, 하천특성, 재해특성에 관한 19개 요인을 독립변수(더미변수 포함)로 하고 2012년 표준지 및 개발공시지가를 종속변수로 하는 회귀분석 모형을 통해 하천 및 재해적 특성이 하천주변 지가에 미치는 영향을 분석하였다. 최열·김형준·이고은(2013)⁷⁾은 개발제한구역 우선 해제 집단취락지구에 대한 지구특성, 토지이용특성 그리고 입지적 특성에 관한 10개의 독립변수와 지가변동률을 종속변수로 하는 능형회귀분석(ridge regression analysis)을 실시하여 이들 특성들이 지가변동률에 미치는 영향을 분석하였다. 한편 회귀분석방법을 사용하지는 않았지만 김주영(2012)⁸⁾은 1995년부터 2009년까지 역세권별 지가변동률에 대한 시계열자료를 기초로 3회선 지하철 개통전후시점을 횡단면

적으로 비교분석하여 지하철 역세권의 지가변동과 토지이용 변화 특성을 분석하였다.

지가변동률과 단일 거시경제지표와의 인과관계를 검증하는 최근의 연구를 살펴보면 다음과 같다. 고종완(2012)⁹⁾은 서울시 25개구를 대상으로 토지이용밀도입지계수를 이용하여 토지이용요밀도와 상관성을 분석하고 그 결과를 바탕으로 시기별 서울시 토지이용 효율성을 분석하였다. 김용희(2010)¹⁰⁾는 16개 광역자치단체와 수도권 그리고 전국을 대상으로 인구나 지가의 상관관계를 분석하였다. 또한 김용희(2013)¹¹⁾는 국토 지가의 로렌츠곡선과 지니계수를 이용하여 년차별 지역 간 지가 불평등에 대해서 분석하였고, 분석결과를 토대로 일반적으로 부동산가격을 지역적으로 차등화 시키는 요인이 인구요인이라는 기존 연구와 유사한 결과가 도출되고 있음을 보여주었다.

VAR 모형을 이용한 지가연구는 최차순(2010)¹²⁾, 박헌수·우경·김창수(2003)¹³⁾ 등이 있다. 최차순(2010)은 회사채수익률, 실질 GDP 성장률, 토지가격변동률 등을 내생변수로 하고, 소비자물가변동률을 외생변수로 하는 VAR 모형을 구축하여 추정된 결과 토지가격에 대한 회사채 수익률은 음의 계수를, 실질 GDP 계수는 양의 부호를 보이고 있음을 입증하였고, 통상 이론적으로 제시되는 거시경제변수와 지가의 관계와 일치함을 확인하였으며, 토지가격에 크게 영향을 미치는 것이 실질 GDP임을 입증하였다. 박헌수·우경·김창수(2003)는 서울, 경기, 인천

5) 최형석, "도심형복합상업시설이 주변지가 파급효과에 대한 실증 분석-영등포 타임 스퀘어를 중심으로-", 부동산학보, 한국부동산학회, 2014, 제58집, pp.61~71.

6) 최열·송자훈, "하천 및 재해적 특성이 하천주변 지가에 미치는 영향 분석", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집, pp.300~314.

7) 최열·김형준·이고은, "Ridge Regression(능형회귀)을 이용한 지가변동 결정요인 분석", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제 52집, pp.313~325.

8) 김주영, "지하철 역세권의 지가와 토지이용 변화 특성-3호선 일산선의 3개역을 중심으로-", 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제50집, pp.259~269.

9) 고종완, "개발밀도와 지가간의 관계분석을 통한 서울시 토지이용 효율성분석", 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제49집, pp.5~17.

10) 김용희, "지가변동률과 인구증감률의 상관성 분석 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2010, 제41집, pp.263~277.

11) 김용희, "국토 지가구조의 동태적 변화추정에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집, pp.17~29.

12) 최차순, "토지가격 예측 모형에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2010, 제41집, pp.289~303.

13) 박헌수·우경·김창수, "VAR 모형을 이용한 수도권 지가변동에 관한 연구", 부동산학연구, 한국부동산분석학회, 2003, 제8집 제2호, pp.2~13.

지역의 지가변동률과 실질 GDP 성장률, 이자율 등을 이용하여 VAR 모형을 구축하고 추정한 결과 수도권지역 지가변동률은 1991년 4/4분기(1989년 1/4분기 200만호 주택건설 계획 발표 시점으로부터 8분기 후)와 1998년 2/4분기(IMF 구제금융 발표시점으로부터 2분기 후)에 일시적 구조변화가 발생하였음을 실증하였다.

3. 본 연구의 차별성

지가에 관한 지금까지의 선행연구는 횡단면 분석 형태의 회귀분석모형, 지가변동률과 단일 거시경제지표와의 인과관계를 검증하는 연구 그리고 VAR 모형에 지가변동률을 포함하여 진행하는 연구들이 주를 이루고 있다.

ARIMA 모형은 추가적인 정보 없이 단일 시계열 하나만으로 모형을 구축하여 예측 할 수 있다는 장점이 있으며 특히 단기 예측의 정확성과 유용성으로 다양한 분야에서 연구에 이용되고 있으나, ARIMA 모형을 이용한 지가변동률에 대한 연구는 선행연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 또한 개입 ARIMA 모형은 연구하고자 하는 시계열 변수에 외부 경제적 충격이 가해졌을 때 이를 반영하여 모형을 구축하고 예측할 수 있다.

우리나라는 1980년대 이후 소위 “3저 현상”, “86 아시안 게임” 그리고 “88 올림픽”이라는 사건을 계기로 지가가 폭등하였고 정부에서는 부동산시장 안정을 위해 “200만호 주택건설 계획”을 발표하고 집행하는 경제적 외부 충격이 있었다. 1997년에는 IMF 구제금융 여파로 지가가 폭락하였고, 2008년에는 미국의 서브프라임 모기지 부도사태 여파가 우리나라 경제에도 영향을 미쳐 지가가 폭락하는 경험을 하였다.

개입 ARIMA 모형에 의한 연구는 이러한 경제적 외부 충격을 반영하여 지가변동률을 예측할 수 있는 장점이 있다. 따라서 ARIMA 모형과 개

입 ARIMA 모형을 이용한 지가변동률 예측에 관한 기존 선행 연구가 거의 없는 점, 외부 경제적 충격을 반영하여 모형을 구축하고 예측 할 수 있다는 점, 다른 모형에 비해 예측력이 뛰어나다는 점이 본 연구가 다른 연구와 차별화 된다고 할 수 있다.

III. 개입 ARIMA모형의 구축 과정

1. ARIMA 모형¹⁴⁾

ARIMA 모형은 Box-Jenkins가 개발하였으며 시간의 흐름에 따른 관찰값들의 확률구조를 고려한 모형으로, 현시점에서 관측 값 Y_t 를 p 개의 과거의 관측 값 $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ 들과 백색잡음(white noise)이라 부르는 q 개의 오차항인 $\epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \dots, \epsilon_{t-q}$ 들의 선형 결합(linear combination) 형태인 $Y_t = \delta + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + \epsilon_t$, $\epsilon_t = \Theta_1 \epsilon_{t-1} + \Theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \Theta_q \epsilon_{t-q} + v_t$ 로 표현한 것이다. 여기에서 $E(v_t) = 0$, $VAR(v_t) = \sigma_0^2$, $COV(v_t, v_k) = 0$ ($v_t \neq v_k$)을 전제로 한다.

일반적인 ARIMA 모형은 ARIMA(p,d,q)로 표시하며 다음과 같은 식으로 표시할 수 있다.

$$\Phi(B) (1-B)^d Y_t = \delta + \theta(B) \epsilon_t \dots \dots \dots \text{식(4)}$$

$$\Phi(B) = 1 - \phi_1 B^1 - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p : \text{AR의 연산자}$$

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q : \text{MA의 연산자}$$

Y_t : t기의 관측 시계열 자료

BY_t : 후행연산자로서 한 시차 전 Y_t 의 관측값

$$(BY_t = Y_{t-1}, B^2 Y_t = BY_{t-1} = Y_{t-2})$$

ϵ_t : 서로 독립이며 $N(0, \sigma^2)$ 인 오차항

p : AR의 차수

d : 일반 차분 회수

q : MA 차수

14) 국가전문행정연수원, 통계자료분석-SAS를 이용하여-, 2002, pp.174~232.

일반 ARIMA 모형에 의한 시계열분석은 관찰된 시계열의 안정화 단계, 모형의 식별 단계, 모형의 추정 단계, 모형의 진단 단계 그리고 예측 단계로 진행된다. 시계열의 안정화 단계에서는 먼저 원시계열의 그래프를 그려보아 시계열의 추세와 계절성 여부를 확인하고, 시계열 분산이 일정한지를 확인하여 차분을 통해 시계열의 안정화가 필요한지 여부를 판단하여 차분, 로그변환 등을 통해 시계열자료를 안정화 시킨다¹⁵⁾. 시계열의 안정화를 위해 차분을 실시하였을 경우, ARIMA(p,d,q) 모형에서 d의 차수가 결정된다. 즉 차분을 1회하여 시계열을 안정화 하였을 경우 d=1 이 되고, 차분을 2회 하였을 경우 d=2 가 된다.

시계열의 안정성 여부는 원시계열 또는 차분된 시계열에 대한 단위근 검정(unit root test)을 통해 판별한다. 단위근 검정에서 단위근이 존재한다는 것은 모형에서 파라미터 ϕ_1 이 1에 가까운 값을 가진다는 것을 의미하며 이 경우 ARIMA 모형에 의한 예측은 의미가 없다.

모형의 식별 단계에서는 원시계열 자료에 대해 차분을 하지 않았을 경우 원시계열에 대한 자기상관함수(ACF)와 부분자기상관함수(PACF) 그래프를 그려 보고 AR(p), MA(q), ARMA(p,q) 모형 중 어떤 차수의 모형에 맞는지 살펴본다(이 경우 원시계열에 대해서 차분이 없었기 때문에 ARIMA 모형에서 d=0 의 형태다).

일반적으로 각 모형에 대한 차수 p와 q는 자기상관함수(ACF)와 부분자기상관함수(PACF) 형태를 바탕으로 결정하며, 결정기준은 다음과 같다. 자기상관함수(ACF)는 지수적으로 감소하나 부분자기상관함수는 시차 p+1이후 절단현상을 보이면 AR(p) 모형을 선정한다. 반대로 자기상관함수(ACF)가 q+1이후 절단현을 보이거나

부분자기상관함수(PACF)가 지수적으로 감소하면 MA(q) 모형을 선정한다. 자기상관함수(ACF)가 q-p이후 지수적으로 감소하고 부분자기상관함수(PACF)가 p-q이후 지수적으로 감소하면 ARMA(p,q) 모형을 선정한다.

그러나 실제 자기상관함수(ACF)와 부분자기상관함수(PACF) 형태를 그려보면 두 함수 모두 지수적으로 감소하는 경우가 많아 적정 차수 p, q를 찾기가 어렵다. 일반적으로는 AIC(Akaike's Information Criterion)와 SBC(Schwartz's Bayesian Criterion) 통계량¹⁶⁾을 이용하여 여러 대안 중 하나의 모형을 선택한다¹⁷⁾.

원시계열 자료에 대해 차분을 하였을 경우 ARIMA(p,d,q) 모형으로 표시하며 차분회수 만큼 d의 값을 갖는다¹⁸⁾. 이후 AR의 차수 p, MA 차수 d의 결정방법은 차분된 시계열에 대한 자기상관함수(ACF)와 부분자기상관함수(PACF) 형태를 바탕으로 결정하며 결정기준은 시계열에 대한 차분이 없었을 경우와 같은 기준에 의해 결정한다.

ARIMA 모형의 추정단계에서는 모형의 식별 단계에서 선택된 잠정모형을 이용하여 ARIMA 모형의 파라미터를 추정하고 추정한 파라미터들이 통계적으로 유의한지를 판단한다. 다음 예측단계에서는 최종적으로 선정된 모형을 이용하여 예측하고자하는 기간 만큼 시계열 변수를 예측한다¹⁹⁾.

2. 개입 ARIMA 모형

일반 ARIMA 모형은 모형을 구축하고 미래 시계열 값을 예측할 때 단일 시계열만 사용함으로써 여러 거시경제지표를 이용하는 VAR 모형, 벡터 오차수정모형(VECM)과 거시계량경제모형에 비교하여 단기 예측력이 뛰어날 뿐만 아니라

15) 원 시계열 자료 그래프나 차분된 시계열 자료 그래프를 통해 시계열 자료의 계절성이 확인되면 계절-ARIMA 모형 구축과정을 거쳐야 하나 본 연구에서 주된 논의사항이 아님으로 일반 ARIMA 모형 구축과정에 초점을 맞춰 논문을 진행한다.

16) 일반적으로 AIC와 SBC 통계량이 최저값인 모형을 선택한다.

17) 김관형·김한수, "개입 ARIMA 모형을 이용한 KTX 수요예측", 한국철도학회논문집, 한국철도학회, 2011, 제14권 제5호, p. 473.

18) 원시계열에 대한 차분회수가 1회 있었으면 d=1, 2회 있었으면 d=2 값이 된다.

19) 통계패키지를 이용하여 실제 분석을 하는 경우 파라미터 추정과 예측을 동시에 하는 경우가 일반적이다.

경제적이라는 평가를 받고 있다. 그러나 일반 ARIMA 모형은 특정 시점을 기점으로 시계열의 구조적인 변화나 외부 경제의 충격이 시계열에 미치는 영향을 잘 반영하지 못하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Box와 Tao(1975)는 Los Angeles 지역의 오존발생량에 대해 고속도로 개통, 자동차 배기가스발생 규제법안 등의 특정 사건들이 오존량 발생에 어떤 영향을 주었는지를 연구하기 위해 개입 ARIMA 모형을 개발하였다²⁰⁾.

Box와 Tao의 Los Angeles 지역 오존 발생량 연구 사례와 같이 특정 정책의 변화, 석유 파동, 예기치 않은 파업과 같이 특정 경제적 사건이 분석하고자 하는 시계열자료에 영향을 미치는 경우가 있다. 우리나라 지가변동률 또한 “86아시아게임”과 “88 올림픽 개최”, “IMF 구제금융”과 “미국 서브프라임 모기지 사태”에 따른 경제적 사건으로 인해 외부적인 충격을 받았다. 이와 같이 분석하려는 시계열 변수가 어떤 사건 발생의 영향을 받아 일부 시계열 구간에서 지시함수[indicator function: $P(t) = 1(t = T)$, $P(t) = 0(t \neq T)$]의 형태를 갖거나 계단함수[step function: $S(t) = 1(t < T)$, $S(t) = 0(t \geq T)$]의 형태를 갖는 경우, 이들 사건이 시계열 변수에 미치는 형태와 영향을 고려하여 예측이 가능한 모형이 개입 ARIMA 모형이다. 지시함수와 계단함수 형태의 개입효과를 고려한 개입 ARIMA 모형의 일반적인 형태는 다음과 같은 두 가지 형태로 나타낼 수 있다.

$$Y_t = P(T) + N(T) \dots\dots\dots \text{식(5)}$$

$$Y_t = S(T) + N(T) \dots\dots\dots \text{식(6)}$$

- P(T) : 지시함수 형태의 시계열
- S(T) : 계단함수 형태의 시계열
- N(T) : 관찰되지 않은 잡음과정

지시함수 P(T)와 계단함수 S(T)는 개입변수가 시계열에 미치는 영향의 성격에 따라 첫째, 발생시점 T 이후 j 시간에만 ω 만큼의 영향이 있는

경우, 둘째, 발생시점 T 이후 j 시간부터 지속적으로 ω 만큼의 영향이 있는 경우, 셋째, 발생시점 T 이후 j 시간부터 점증적으로 영향이 커지는 경우, 넷째, 발생시점 T 이후 j 시간부터 점증적으로 영향이 줄어드는 경우, 다섯째, 발생시점 T 이후 j 시간부터 영향력이 시작되어 점차 줄어드나 최소한의 영향력이 지속되는 경우가 있을 수가 있는데, 통상적으로 부동산정책의 경우 정책효과가 지속적으로 줄어드는 경우가 많다. 본 연구에서는 ω 추정 값이 통계적으로 유의적(statistically significant)이라는 것이 확인되면 발생시점 T 이후 j 시간에만 ω 만큼의 영향이 있는 경우의 개입 ARIMA 모형을 이용하여 개입효과를 확인하고 지가변동률을 예측하고자 하며 이 경우 개입 효과 추정 모형은 다음과 같다.

$$Y_t = \omega B^j P_t(T) + N(T) \dots\dots\dots \text{식(7)}$$

3. 모형의 구축 과정

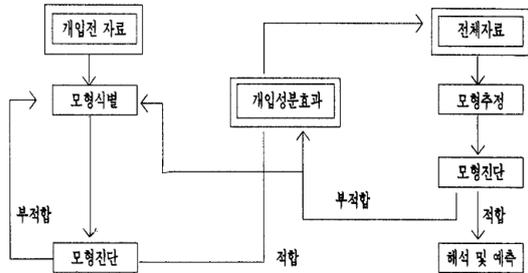
개입 ARIMA 모형의 식별과정은 원시계열도의 추세를 살펴보고 외부적인 충격이 없었던 시계열 자료 부분을 선정하고 개입 전 ARIMA 모형을 식별하기 위한 절차를 시행한다. 개입 전 ARIMA 모형을 식별하기 위한 절차는 ARIMA 모형에서 설명한 대로 시계열의 안정화 과정 단계, 모형의 식별단계로 진행한다.

다음은 개입 ARIMA 모형을 구축하는 과정으로 넘어가며 이 때 개입 형태가 배제된 상태에서 선택된 최적 일반 ARIMA 모형과 다양한 개입 형태를 상정한 모형을 추가로 포함하여 모형을 추정하고 추정된 파라미터값의 유의성 검정을 통해 유의성 있는 파라미터를 선택한다.

모형의 진단단계에서는 모형의 식별과 추정 단계에서 선택된 모형들이 적합한지를 잔차의 독립성검정과 개별 차수 각각에 대한 자기상관 존재여부를 통계적으로 검정하고 최종 선택된 모형에 의해 미래값을 예측하고 해석한다.

20) 국가전문행정연구원. “SAS 시계열 분석과정”. 1999, p.153.

〈그림 1〉 개입 ARIMA 모형의 구축 과정



자료 : 남정모, “시계열 자료의 분석: 시계열 개입분석”, 간호학탐구, 연세대학교 간호정책연구소, 1995, p.204.

IV. 실증분석

1. 개입 전 ARIMA 모형의 구축

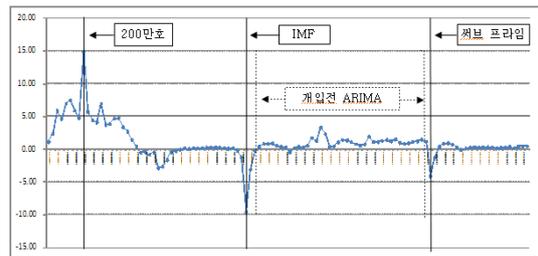
1987년 1/4분기부터 2014년 2/4분기까지 우리나라 분기별 지가변동률 시계열 그래프를 그려보면 〈그림 2〉에서 보는 바와 같이 1989년도 1/4분기 전후시점에는 지가가 폭등하였고, 1998년도 2/4분기 전후 시점과 2008년도 4/4분기 전후 시점에는 지가가 폭락하였음을 확인할 수 있다. 이 시기의 우리나라 경제적 상황을 살펴보면 1980년도 “86아시아 게임”과 “88올림픽 개최”로 인한 사회간접자본 집중투자가 이루어 졌고 1980년대 전반기부터 나타난 소위 “3저 현상”으로 인해 무역수지 흑자로 유발된 풍부한 시중 유동성자금이 부동산시장으로 유입되며 1989년도 1/4분기에는 지가가 폭등하는 시기였다. 이 시기 정부에서는 “200만호 주택건설 계획”을 입안하여 시행함으로써 토지시장이 점차 안정화 과정을 거치는 시기였다.

1998년도 2/4분기는 지가 폭락과 더불어 “IMF 구제금융”을 받은 직후로 정부에서는 기업 구조조정, 부동산시장 규제완화를 통해 부동산 시장 활성화를 추진하였고 이들 정책에 힘입어 토지시장이 다시 회복세로 전환되던 시기였다. 또 2008년 4/4분기에는 미국의 과도한 서브프라임 모기지 대출과 경기침체로 인해 미국경제가

큰 침체를 보였고 이에 영향을 받은 우리나라 경제도 침체 양상을 보이며 지가가 폭락하였다.

본 연구에서는 정부의 “200만호 건설계획” 발표시점인 1988년 4/4 분기와 우리나라가 “IMF 구제금융”을 받았던 시점인 1997년 4/4분기 그리고 “미국 서브프라임 모기지 사태”가 발생한 2008년 3/4분기를 기점으로 외부 경제적 요인이 토지시장에 영향을 미친 것으로 보고 개입 ARIMA 모형을 구축하고자한다. 위 II장에서 설명한바와 같이 개입 ARIMA 모형을 구축하기 위해서는 먼저 개입이 배제된 시계열을 기초로 ARIMA 모형을 구축하고 선정된 ARIMA 모형에 개입효과를 반영한 개입 ARIMA 모형의 구축 절차가 필요하다.

〈그림 2〉 전국 지가변동률 추이



〈그림 2〉에서 보는 바와 같이 1987년 1/4분기 이후 우리나라 지가는 한 번의 폭등과 두 번의 폭락을 경험하였다. 개입이 배제된 ARIMA 모형을 구축하기 위해서는 이들 세 번의 시점을 배제한 지가변동률 시계열을 기초로 ARIMA 모형을 구축하여야 하나 ARIMA 모형을 구축하기 위한 적정 시계열 자료 수가 필요하고 최근의 지가변동률 추세를 반영한 모형을 구축하는 것이 보다 합리적인 점을 고려하여 1999년 3/4분기부터 2008년 2/4분기까지 시계열 자료를 이용하여 개입전 ARIMA 모형을 구축하고, 이후 세 번의 외부 충격형태를 반영한 개입 ARIMA 모형을 구축하고자 한다.

먼저 개입 전 ARIMA 모형을 구축하기 위해 1999년 3/4분기 이후 2008년 2/4분기까지 전국 지가변동률 시계열 그래프를 살펴보면 〈그림 2〉

에서 보는 바와 같이 시계열자료가 안정적으로 보이지만 안전성에 대한 판단은 검정을 통하여 하여야 한다. 따라서 시계열의 안정성을 확인하기 위해 ADF 검정(Augmented Dickey Fuller Test)을 하여 원시계열에 대한 단위근 검정을 한 결과 5% 유의 수준에서 단위근이 존재하지 않는 것으로 판명되었다.

이러한 결과를 고려하여 개입을 배제한 ARIMA 모형의 식별은 원시계열자료를 이용하여 진단하기로 하고 자기상관함수(ACF)와 부분자기상관함수(PACF) 토대로 모형을 식별하였다. 각 모형의 대안별 식별 통계량은 <표 1>과 같으며 개입이 배제된 최종 모형으로 AIC, SBC 값이 가장 낮은 ARIMA (1.0.0)를 선택하였다.

<표 1> ARIMA 모형 식별통계량

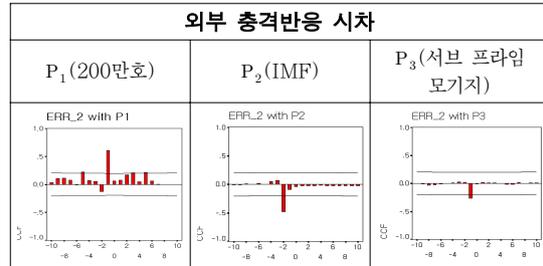
모형	p	d	q	AIC	SBC
ARIMA(1,0,0)	1	0	0	65.696987	68.864025
ARIMA(2,0,0)	2	0	0	67.197725	71.948282
ARIMA(0,0,1)	0	0	1	66.505987	69.673025
ARIMA(0,0,2)	0	0	2	67.468507	72.219064
ARIMA(1,0,1)	1	0	1	67.204696	71.955253

2. 개입 ARIMA 모형의 구축

개입 ARIMA 모형의 구축과정은 개입이 배제된 시계열을 기초로 구축한 ARIMA 모형과 개입 형태로 신청한 개입함수 형태를 추가하여 모형의 식별, 모형의 추정 및 진단과정을 거쳐서 최종 개입모형을 선정하고 향후 지가변동률을 예측한다.

최종 개입 ARIMA 모형의 구축과정에서는 1987년 1/4분기 이후 분기별 지가변동률 시계열 자료를 모두 포함하여 모형을 구축한다. 이는 개입 전 ARIMA 모형과 같은 차수를 갖게 되지만, 세 번의 개입변수가 포함된다는 점이 다르다. 먼저 세 번의 개입이 실제적으로 시계열에 영향을 주는 시차를 알아보려면, <그림 3>의 교차상관도를 살펴보면 된다.

<그림 3> 외부 충격의 반응 시차



여기서 200만호 건설사건은 1분기의 시차를, IMF 외환위기는 2분기의 시차를, 그리고 서브프라임모기지 사태는 1분기의 시차를 가지고 전국 지가변동률에 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 개입전 ARIMA모형과 세 가지 개입사건이 가져온 영향에 대한 시차를 반영하여 개입 후의 ARIMA모형으로 식별할 수 있다. 이 모형에 대한 식별통계량인 AIC와 SBC 통계량을 보면 <표 2>와 같다.

<표 2> 개입 ARIMA(1,0,0) 모형 식별통계량

AIC	SBC
300.73404	311.53596

또한 최종적으로 추정된 개입 ARIMA모형은 <표 3>과 같다.

<표 3> 개입 ARIMA(1,0,0) 모형 추정치

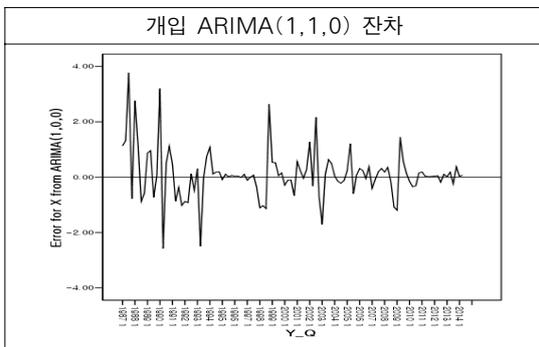
구분	시차	B	t 값	유의수준
ARIMA (1,0,0)		0.9087046	23.529112	.00000000
P1	1	9.6238759	14.056748	.00000000
P2	2	-7.3050206	-10.669800	.00000000
P3	1	-4.0800457	-5.959363	.00000003

최종적으로 구축된 개입 ARIMA모형을 수식으로 표시하면 식(8)과 같다.

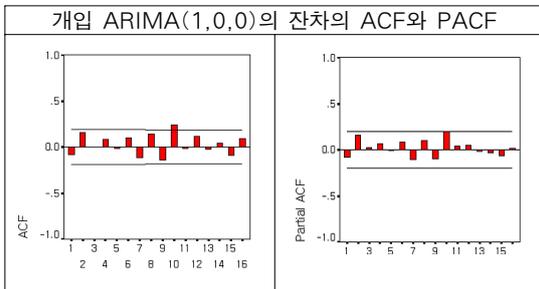
$$(1 - 0.9087046B)Y_t = 9.6238759B^1P_{1988\ 4/4분기} - 7.3050206B^2P_{1997\ 4/4분기} - 4.0800457B^1P_{2008\ 3/4분기} + \epsilon_t \dots \dots \dots \text{식 (8)}$$

이때 개입 ARIMA(1,0,0)모형의 잔차는 <그림 4>와 같으며, 이 잔차에 대하여 ACF와 PACF는 <그림 5>와 같다. 이를 살펴보면, 잔차가 백색잡음으로 간주할 수 있음을 알 수 있고, 따라서 추정된 모형이 잘 적합된 것임을 알 수 있다.

<그림 4> 개입 ARIMA(1,0,0)의 잔차



<그림 5> 잔차의 ACF와 PACF



3. 2015년도 지가 지가변동률 예측

전국지가변동률을 예측하기 위해 1999년 3/4분기 이후 2008년 2/4분기까지 개입시점을 배제한 시계열을 기초로 개입전 ARIMA 모형의

식별, 추정, 진단 및 구축 절차와 200만호 주택건설 정책, IMF 구제금융의 영향 그리고 미국 서브프라임 모기지 위기가 국내 경제에 미친 영향을 고려한 개입 ARIMA 모형을 추정하고 진단한 결과는 식 (8)과 같다²¹⁾. 이를 토대로 전국 지가변동률을 예측한 결과 <표 4>에서 정리한 바와 같이 2014년도 3/4분기에 0.36%, 2014년도 4/4분기에 0.27%가 상승할 것으로 예측되었다²²⁾. 95% 신뢰 수준에서 각 분기별 예측 상한 지가변동률과 예측 하한 지가변동률은 <표 4>에서 확인할 수 있다. 또 2015년도 1/4분기에는 0.20%, 2/4분기에는 0.15%, 3/4분기에는 0.11% 4/4분기에는 0.08%가 상승할 것으로 예측되었다. 분기별 예측 지가상승률 연간 예측 지가상승률로 전환하면 2015년도 전국 지가상승률은 0.54%가 상승하며 미미한 상승률을 보일 것으로 예측되었다.

<그림 6>은 1987년 이후 분기별 실제 지가변동률과 본 연구에서 구축한 개입 ARIMA 모형으로 추정한 1987년 이후 분기별 지가 예측치를 비교하여 시계열 그래프를 그린 것으로 개입 ARIMA 모형의 예측력이 뛰어나다는 장점을 보여주고 있으며 시계열 예측에 매우 유용한 방법임을 확인할 수 있다.

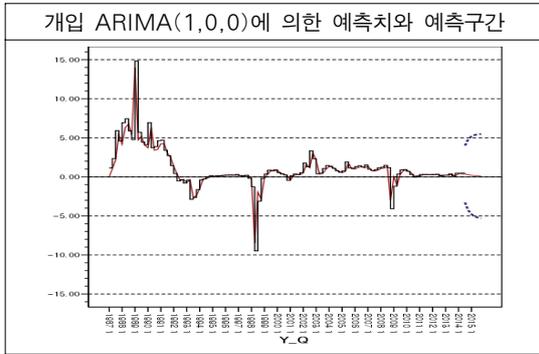
<표 4> 예측값과 예측구간

시점	예측값	예측하한	예측상한
2014년 3/4	.35924	-3.28039	3.99886
2014년 4/4	.26886	-4.27720	4.81491
2015년 1/4	.20121	-4.78101	5.18343
2015년 2/4	.15059	-5.06001	5.36119
2015년 3/4	.11270	-5.22154	5.44695
2015년 4/4	.08435	-5.31791	5.48661

21) 예측오차의 평가는 예측치와 관찰치를 비교하여 이루어지는 데, 현재 시점에서 예측구간(2014년 3/4분기부터 2015년 4/4분기까지)의 예측치는 얻을 수 있으나 관찰치는 예측시간이 지나가야 얻을 수 있기 때문에 곤란하다. 본 논문에서는 예측오차의 평가를 추정구간(1987년 1/분기부터 2014년 2/4분기까지)에서 수행하며, 이번 기의 관찰치를 다음 기의 예측치로 놓는 단순예측과 비교하여 보았다. 본 연구의 개입ARIMA(1,0,0)에서 RMSE는 .9283로 나타났으며, 단순예측(RMSE=1.9597)에 비하여 47.4%이하로 감소되었다. 시간이 지나고 새로운 관찰치가 얻어질 때 정확한 예측오차의 평가가 이루어 질 수 있으며 만일 예측오차가 현저하게 커진다면 현재의 모형을 최신화해야 한다.

22) 2014년도 3/4분기 지가변동률이 발표되지 않아 2014년도 3/4분기부터 분기별 지가변동률을 예측하였으며 소숫점 3자리 %에서 반올림하였다.

〈그림 6〉 예측치와 예측구간



V. 결 론

1. 연구결과의 요약

본 연구는 1987년 1/4분기부터 2014년 2/4분기까지 분기별 전국 지가변동률을 이용하여 200만호 주택건설, IMF 외환위기 그리고 미국 서브프라임 모기지 효과를 반영한 개입 ARIMA 모형을 구축하고 이들 세 번의 외부 충격효과가 전국 지가변동률에 미친 영향을 분석하고 2015년도 분기별 전국 지가변동률을 예측하였다.

그 결과 200만호 건설은 1분기의 시차를, IMF 외환위기는 2분기의 시차를, 그리고 미국 서브프라임모기지 위기는 1분기의 시차를 가지고 전국 지가변동률에 영향을 주었음을 실증적으로 입증하였다. 또한 2015년도 1/4분기에는 0.20%, 2/4분기에는 0.15%, 3/4분기에는 0.11% 4/4분기에는 0.08% 지가가 상승할 것으로 예측되었다. 분기별 예측 지가상승률 연간 예측 지가상승율로 전환하면 2015년도 전국 지가상승율은 0.54%가 상승하며 미미한 상승률을 보일 것으로 예측되었다. 지가에 관한 국내의 연구들은 주로 거시경제모형이나 VAR 모형 등을 이용하여 거시경제지표 중 한 지표로 지가변동률을

포함하여 각 지표간 상호 인과관계를 규명한 연구가 주를 이루어 왔다. 또한 200만호 주택건설, IMF 금융위기 그리고 미국 서브프라임 모기지 와 같은 외부적인 경제 충격이 토지시장에 미친 영향을 고려한 연구는 찾아보기가 어렵다. 본 연구는 우리나라의 토지시장에 큰 영향을 미친 세 번의 사건을 고려한 개입 ARIMA 모형을 처음으로 구축하고 분석하였는데 그 의미가 크다고 볼 수 있다.

2. 연구의 한계

ARIMA 모형에 의한 시계열 예측방법은 경제현상을 복합적으로 설명할 수 있는 이론적인 뒷받침이 없고 다른 거시경제변수들과 상호 인과관계를 규명하기 어렵다는 한계를 가지다. 그러나 추가적인 정보 없이 단일 시계열 하나만으로 모형을 구축하여 예측 할 수 있다는 장점이 있으며, 특히 단기 예측의 정확성과 유용성으로 인해 관광객 수요 예측, 항공객 수요예측 등에 자주 이용되는 시계열 예측방법이다. 특히 개입 ARIMA 모형은 시계열의 구조적 변화가 발생하였거나 예기치 못한 외부의 경제적 충격이 발생하였을 때 이를 반영하여 시계열을 예측할 수 있는 장점이 있다.

그러나 개입 ARIMA 모형은 단일 시계열만을 이용하여 예측을 함으로써 다른 거시경제변수들과의 상호 인과관계를 규명하여 다양한 분석을 할 수 있는 거시경제모형이나 VAR모형에 비해 취약점이 있는 것은 사실이다. 이를 보완하는 방법으로 다른 거시경제 지표를 모형에 포함시키는 전이함수 ARIMA 모형(Transfer ARIMA model)이 있다. 개입 ARIMA 모형의 단점을 보완하기 위해서는 전이함수 ARIMA 모형을 이용한 지가변동률 예측에 관한 연구나 VAR 모형이나 거시경제모형에 의한 지가예측과 개입 ARIMA 모형에 의한 지가예측을 동시에 하여 예측치와 예측력을 상호 비교하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

參考文獻

- 고종완, “개발밀도와 지가간의 관계분석을 통한 서울시 토지이용 효율성분석”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제49집.
- 국가전문행정연수원, 통계자료분석-SAS를 이용하여-, 2002.
- 김영우·손은호, “계절 ARIMA 모형을 이용한 경주 방문객의 수요 예측에 관한 연구”, 호텔경영학연구, 호텔경영학회, 제15권, 2006.
- 김용희, “지가변동률과 인구증감률의 상관성 분석 연구”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2010, 제41집.
- 김용희, “국토 지가구조의 동태적 변화추정에 관한 연구”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집.
- 김주영, “지하철 역세권의 지가와 토지이용 변화 특성-3호선 일산선의 3개역을 중심으로-”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2012, 제50집.
- 남정모, “시계열 자료의 분석: 시계열 개입분석”, 간호학탐구, 연세대학교 간호정책연구소, 1995.
- 박무환·김형수·홍성우 “거시계량 모형의 재구축 - VAR 및 구조모형-”, 국민연금 연구원, 2008년 7호, 2008.
- 박헌수·우경·김창수, “VAR 모형을 이용한 수도권 지가변동에 관한 연구”, 부동산학연구, 한국부동산분석학회, 2003, 제8집 제2호.
- 서울대학교 자연과학 통계연구소, “지가변동률 개선 연구용역 보고서”, 1992.
- 안경모·이강우, “ARIMA Intervention 모형을 이용한 외국인 관광객의 태국 수요 예측에 관한 연구”, 호텔경영학연구, 호텔경영학회, 제14집, 2005.
- 우 경, “토지거래건수 예측에 의한 토지시장 경기전망에 관한 연구- 광역자치단체별 하부 토지시장 토지거래건수를 중심으로-”, 지역사회개발연구, 지역사회개발학회, 2002.
- _____, “개별 경제지표에 의한 부동산경기전망에 관한 연구: 건물 유형별 및 토지거래건수를 중심으로-”, 국토연구, 국토연구원, 2004.
- 이왕무·곽성남·서수복, “쟁점별 원인관 개선방안을 분석한 공시지가 산정의 근본문제에 관한 연구”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2014, 제56집.
- 최 열·김형준·이고은, “Ridge Regression(능형회귀)을 이용한 지가변동 결정요인 분석”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제52집.
- 최 열·송자훈, “하천 및 재해적 특성이 하천주변 지가에 미치는 영향 분석”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집.
- 최차순, “토지가격 예측 모형에 관한 연구”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2010, 제41집.
- 최형석, “도심형복합상업시설이 주변지가 파급효과에 대한 실증 분석-영등포 타임 스퀘어를 중심으로-”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2014, 제58집.
- H. Kim, D. Yun, “Travel Behavior Analysis for Short-term ilroad Passenger Demand Forecasting in KTX”, *Proceedings of the conference of the Korean Society for Railroad*, 2011.
- G. Box, G. Tiao, “Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems”, *Journal of American Statistical Association*, 1975, 70(349).
- S. Cho, Y. Son, *Time Series Analysis Using SAS/ETS*, Yulkok Books, Seoul, 2010.