



Journal of Real Estate Analysis

<http://www.kabjrea.org>

May 2018, Vol.4, No.1, pp.85~94

개입모형을 이용한 서울 아파트매매거래량 분석

Intervention Analysis of Apartment Trading Volume in Seoul, Korea

육태미* · 이수민**

Youk, Tae Mi · Lee, Soo Min

■ Abstract ■

Various indicators reflecting the market economy show a time series that repeatedly increases and decreases depending on external situation. If an event, such as policy change and news report, can affect time series data, it is called intervention, and in actual data analysis, a model that reflects it is required. In this study, we analyze the effect of real estate policies announced in the second half of 2017 on the change of Seoul apartment trading volume, using a seasonal ARIMA model that reflects intervention effects. The results show that real estate policies, which were announced consecutively for a period of three months from June 2017, reduced the Seoul apartment trading volume momentarily, but had no long-lasting effect. This study has significant implications in that it allows a more theoretical approach than the simple comparison of differences between pre and post the change of policies in previous studies. In addition, it is presumed that the identification of variables affecting the time series and the estimation of the degrees of changes caused thereby will contribute to establishing a stable policy in the future.

Keywords : Intervention, Nonstationary time series, ARIMA model, Apartment trading volume, Real estate policy

* 고려대학교 일반대학원 통계학과 박사과정, 국민건강보험 일산병원 연구소 연구원(주저자) | Ph.D. Candidate, Department of Statistics, Korea University | Researcher, Research Institute, National Health Insurance Service Ilsan Hospital | First Author | tmyouk@nhimc.or.kr |

** 한국감정원 서울남부지사 과장 | Manager, Seoul Nambu Branch, Korea Appraisal Board | k25621@kab.co.kr |

I. 서론

부동산거래현황은 토지, 건축물 등의 부동산 거래에 대한 정보로써 투자심리 및 시장 활성화 정도를 반영해주는 하나의 지표이다. 이는 국가 정책 및 사업의 기초자료로 활용되며, 한국감정원에서는 국가 승인통계로 아파트, 주택 매매거래량 등의 자료를 매월 공표하고 있다. 거래량은 국내·외의 경제 사회적 상황과 부동산 수요, 공급 등에 많은 영향을 받으며 가격과 관련성이 있음이 알려져 있다(권현진·유정석, 2013; 이용만, 2012; 임재만, 2011). 또 다른 부동산 시장 지표 중에 하나인 가격지수는 보정에 의해 시간이 지날수록 대부분 단조증가 하는 형태이지만, 그에 반해 거래량은 외부의 상황에 따라 증가, 감소를 반복하는 시계열(time series)을 보인다. 이와 같이 정책 변화나 뉴스 보도 등의 사건이 시계열자료에 영향을 미칠 수 있는 경우 이를 개입(intervention)이라고 하며, 실제 자료 분석 시에는 이를 반영해 주는 모형이 필요하다.

개입의 기본적인 논리는 개입 효과가 존재하는 시점의 전과 후에 시계열의 평균 함수나 형태가 변화하는 것이다. 개입 분석의 예로 의료 정책 분야에서는 특정 약제의 장기적 복용이 질병 발생을 높일 수 있다는 연구결과가 발표되면 일정 시점을 기준으로 약제 사용량이 감소하는데, 이런 경우에 Bernal et al.(2017)과 Matthews et al.(2016) 그리고 Wagner et al.(2002)는 절단된(interrupted) 시계열을 분절된 선형(segmented regression) 모형을 이용하여 분석하였다. 원자료가 구조적인 시계열을 갖는 경우에는 개입 효과(effect)를 모형에 포함하여 적합할 수 있고,

이는 경제 및 산업 분야에서 예측과 정책 평가에 다양하게 사용되고 있다(Chung et al., 2009; Gilmour et al., 2006; Goh and Law, 2002; Kim and Seong, 2011; Vujić et al., 2016).

경기가 침체되거나 주택 가격이 급상승할 경우 정부에서는 여러 가지 정책 및 규제를 통해서 시장의 흐름을 꺾고 더 좋은 방향으로 나아갈 수 있도록 지속적인 대책을 제시한다. 이러한 노력은 복합적인 형태로 실제 시장에 반영이 되어 단기 또는 장기적으로 영향을 주게 된다. 최자순(2010; 2012)은 부동산정책을 계량화한 변수를 사용하고 VAR 모형을 설정하여, 참여정부의 서울 아파트 가격 억제정책과 MB정부의 정책이 아파트가격을 안정시키지 못함을 보였다. 그리고 김문성·배형(2013)은 주택정책을 규제정책과 규제완화정책으로 구분하여 규제지수를 생성하고, 패널 VAR 및 패널 Logit 모형을 통해 서울 아파트 가격과의 상관관계를 제시하였다. 문재인 정부의 출범 이후의 대출규제를 핵심으로 하는 6·19대책을 검토한 강민성·서원석(2018)의 연구는 Cox 비례위험모형을 이용하여 서울 아파트 가격하락에 영향을 주는 요인을 분석하였으나, 정책 전·후의 효과를 고려하지는 않았다. 이와 같이 부동산 정책과 거래량 시계열에 관한 기존 연구는 미비하며 최근 시행된 안정화 대책과 관련된 평가는 전무하다.

본 연구에서는 2017년 하반기에 발표된 부동산 시장 안정화 정책들의 변화가 서울 아파트 매매거래량에 미치는 영향을 개입효과를 이용하

여 분석하였다. 이는 기존의 보도들에서 다루고 있는 정책 변화 전·후 차이의 단순 빈도 비교 보다 좀 더 이론적 접근을 가능하게 하는 데에 의의가 있다. 또한 시계열에 영향을 주는 변수를 구분하고 그로 인한 변화 정도를 추정하는 것은 안정적인 정책을 수립하는데 기여할 수 있으리라 본다.

제2장에서는 비정상 시계열 자료에서의 개입 모형에 대해 살펴보고, 제3장에서는 서울 아파트 매매거래량 자료에 적용해 보았다. 그리고 제4장에서는 결론 및 연구의 한계점에 대해서 논의한다.

II. 개입모형

Box and Tiao(1975)가 제안한 개입변수 m_t 는 펄스함수(pulse function)와 계단함수(step function)를 통해서 그 영향을 모형화한다. 펄스함수 $P_t^{(T)}$ 는 $t = T$ 에서 1이고 그 이외의 경우에는 0을 갖는 지시자이며, 펄스함수와 계단함수 $S_t^{(T)}$ 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$P_t^{(T)} = S_t^{(T)} - S_{t-1}^{(T)} \quad (\text{식 1})$$

즉, 펄스함수는 어떤 사건이 T 시점에서 발생하여 그 시점에서만 영향을 미치는 것을 나타내고, 계단함수는 T 시점 이후 지속적으로 영향을 미치는 경우를 나타낸다. 두 함수의 결합에 의해서 여러 가지 형태의 개입모형이 존재하고 절약성의 원리에 의해 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{w(B)}{\delta(B)} B^b I_t, \quad I_t = P_t^{(T)} \text{ or } S_t^{(T)} \quad (\text{식 2})$$

여기서, $w(B) = w_0 - w_1 B - \dots - w_s B^s$ 는 개입의 초기 기대효과를 나타내고 $\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r$ 는 개입의 지속성을 의미한다. 또한 b 는 개입효과가 발생시점부터 즉시 반영되지 않고 지연된 시차를 말한다. 본 연구에서는 개입의 효과가 사건 발생 시점(T)으로부터 b 시차 후에 반영되고 그 크기가 점차 줄어드는 경우를 고려하였으며 개입변수는 다음과 같다.

$$m_t = \frac{w}{1 - \delta B} B^b P_t^{(T)} \quad (\text{식 3})$$

여기서, 후진연산자 B 는 $Bm_t = m_{t-1}$ 과 $BP_t^{(T)} = P_{t-1}^{(T)}$ 을 만족하고, 식 (2)는 $T+b$ 시점에서 w 의 크기로 개입의 효과가 시작되어 시간이 지남에 따라 δ ($0 < \delta < 1$)만큼 점차적으로 감소함을 나타낸다.

개입모형은 일반적으로 ARIMA(autoregressive integrated moving average)와 연계되고, 시계열의 평균 수준(mean level)에 영향을 주는 개입효과를 분석하게 된다. d 차 차분된 계절주기(seasonal period)가 s 인 $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$ 모형을 따르는 시계열 Z_t 는 개입변수 m_t 와 결합하여, 개입이 반영된 계절형 시계열 Y_t 를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Y_t &= m_t + Z_t, \\ (1-B)^d (1-B^s)^D \phi_p(B) \Phi_P(B^s) Z_t \\ &= \theta_0 + \theta_q(B) \Theta_Q(B^s) \epsilon_t \end{aligned} \quad (\text{식 4})$$

여기서, $\phi_p(B)$ 와 $\Phi_p(B^s)$ 는 각각 비계절형과 계절형 AR 다항식이며, $\theta_q(B)$ 와 $\Theta_q(B^s)$ 는 각각 비계절형과 계절형 MA 다항식이다. 그리고 ϵ_t 는 오차항을 나타낸다. 개입모형의 모수 추정은 먼저 원자료를 기준으로 한 모수를 추정하여 초기값으로 사용하고, 개입변수를 포함한 모형의 가능도 함수(likelihood function)를 최대화하는 방법을 사용할 수 있다.

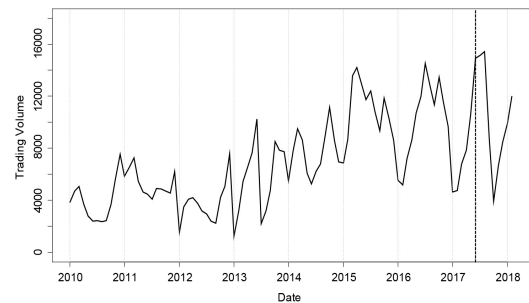
III. 부동산 정책 변화에 대한 서울 아파트 매매거래량 분석

1. 분석자료

본 연구에서는 한국감정원 부동산통계정보시스템¹⁾에서 제공하는 2010년 1월부터 2018년 2월까지의 서울의 아파트매매거래량 월별 자료를 사용하였으며, R을 이용하여 분석하였다.

월별 서울의 아파트매매거래량은 경기회복 및 부동산 활성화 정책에 의해 2010년 이후 시간이 경과함에 따라 추세를 가지고 증가하고, 매년 계절적 요인에 의해 주기적으로 반복되는 비정상(nonstationary) 시계열을 보이고 있다(〈그림 1〉참조). 최근 7년간 3번의 정권 교체가 있었는데, 제17대 정부(~2013년 2월)에서는 글로벌 경기 침체의 영향으로 거래가 둔화 되었고, 제18대 정부(2013년 3월~2017년 4월)에서는 부동산 규제 완화로 인해 거래가 활성화 되었다. 그런데

제19대 정부 출범 이후인 2017년 6월부터 부동산 시장 안정화 대책이 계속적으로 발표되어, 이전 시계열의 흐름과는 다르게 일시적으로 매매거래량이 증가한 후 감소했다가 점차적으로 회복하는 형태를 보이고 있다.



〈그림 1〉 서울 아파트매매거래량 시계열

2017년의 6·19대책에서는 DTI(debt to income, 총부채상환비율)와 LTV(loan to value, 주택담보인정비율)의 조정을 통해 대출규제 및 전매제한 등의 내용을 발표하였으며, 8·2대책과 9·5대책에서는 투기과열지구를 추가 지정하고 다주택자와 청약 관련하여 고강도 규제책을 내놓았다. 그리고 10·24대책에서는 신DTI와 DSR(debt service ratio, 총부채원리금상환비율) 도입 등을 예고하며 가계부채를 줄이기 위한 정책을 제시하였다. 본 연구에서는 이 시점을 개입변수의 적용 시점으로 설정하였다. 그리고 규모별, 서울의 지역별 시계열도 살펴보았는데, 그 형태가 전체와 유사하여 분석에는 고려하지 않았다.

전체 시계열에서 이상치로 탐지될 경우에 해

1) <http://www.r-one.co.kr/>

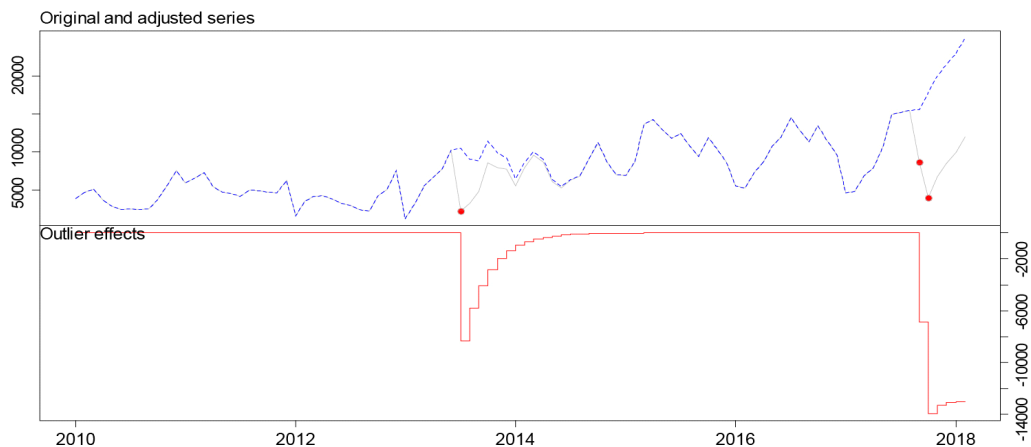
당 시점에 개입효과가 존재할 가능성이 있다 (Chen and Liu, 1993). 〈그림 2〉는 이상치 탐색 그래프이고, 위의 실제 거래량(실선)과 적용된 ARIMA모형(점선)의 차이를 아래의 이상치 효과로 나타낸다. 위의 그래프에 점으로 표시된 3개 시점에 이상치가 탐색이 되고 있는데, 2013년 7월에는 이상치에 의해서 값에 변화가 생기고 그 효과는 단기간 지속되며 변화의 크기가 점차적으로 줄어드는 이상치(temporary change, TC)가 있고, 2017년 9월에는 발생 후 지속적인 영향을 미치는 이상치(innovational outlier, IO)가 존재한다. 그리고 2017년 10월에 T 시점 이후에 항구적 수준의 변화를 오게 하는 이상치(level shift, LS)가 관찰되고 있다.

이상치 탐색 기법은 가격값에 대한 기준이 모호하고 시계열에서의 이상치들이 서로 다른 이상치의 효과와 중첩되어 식별이 되지 않을 가능성이 있다(조신섭·손영숙, 2009; Hamilton, 1994). 그리고 탐색된 이상치는 이상치가 없다고 가

정하고 식별된 모형에 기초하기 때문에 실제 이상치가 아닐 수도 있다. 본 연구에서는 이상치 탐색에 의한 3개 시점을 모두 고려하지는 않고, 관심 사건의 시점이고 원인을 알고 있는 2017년 6월을 개입 변수의 시작 시점으로 적용하여 분석한다.

2. 개입이 반영된 계절형 시계열 모형

개입 변수를 적용하기 위하여 먼저, 부동산 시장 안정화 대책이 발표되기 이전인 2017년 5월까지의 자료를 이용하여 개입 이전의 계절형 시계열의 모형을 적합하였다. 이때, 비정상성 제거를 위해 로그변환, 일차차분 및 계절차분을 실시하였으며 몇 가지 모형을 식별한 후 최종적으로 $ARIMA(1,1,1)(1,0,0)_{12}$ 를 고려하였다. 추정된 모수는 다음과 같고 유의수준 5%에서 모두 유의하였으며, 괄호 안의 값은 추정된 모수의 표준오차를 나타낸다.



〈그림 2〉 시계열의 이상치 탐색

$$\begin{aligned}\hat{\phi} &= 0.5887 \text{ (0.1136)} \\ \hat{\theta} &= -0.9332 \text{ (0.0508)} \\ \hat{\Phi} &= 0.4398 \text{ (0.0954)}\end{aligned}$$

그리고 추정된 모형의 진단은 ACF, PACF 도표와 포트맨토 검정 등을 통해 가정이 만족됨을 확인하였다.

〈표 1〉 개입모형의 추정

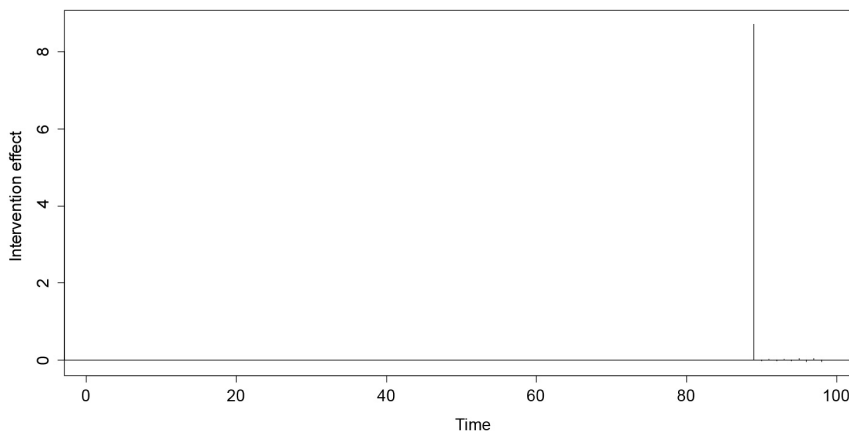
모수	추정값	표준오차
ϕ	0.5933**	0.1027
θ	-0.9376**	0.0408
Φ	0.3987**	0.0959
w	-1.1263**	0.5260
δ	0.0152	0.0560
$\hat{\sigma}^2 = 0.1133, AIC = 76.58$		

** $p < 0.05$.

개입변수의 형태는 2017년 6월 이후 부동산 정책의 추가 발표가 계속되고 있었던 약 3개월

간의 아파트매매거래량이 동월 대비 증가한 후 급격히 줄어들고 점차적으로 증가하는 경향을 반영한다고 볼 수 있다. 개입의 영향은 9월부터 발생하고 그 영향이 점차 감소하다가 소멸하기 때문에 (식 3)에서는 $b = 4$ 인 형태이다.

개입이 반영된 계절성 시계열 모형의 모수 추정 결과에 따르면 2017년 6월의 부동산 정책 발표 시점 이후 2017년 9월 서울 아파트 매매거래량은 $67.58\% (= \{1 - \exp(-1.1263)\} \times 100\%)$ 만큼 감소하였고, 2017년 10월 이후로는 $\{1 - \exp(-1.1263 \times 0.0152^k)\} \times 100\%$ 만큼 감소한다고 볼 수 있다(〈표 1〉 참조). 여기서, 2017년 10월 이면 $k = 1$ 이고, 2017년 11월이면 $k = 2$ 인 형태이다. 하지만 정책 발표의 지속적인 영향을 나타낸다고 볼 수 있는 $\hat{\delta} = 0.0152$ 는 통계적으로 유의하지 않아 아파트 매매거래량에 미치는 영향은 거의 바로 소멸되는 것으로 보인다. 전체 개입효과 크기는 〈그림 3〉에서 볼 수 있듯이 개입 이후 지속성이 없다.



〈그림 3〉 개입효과 크기

개입변수의 추정 결과는 2017년 하반기에 발표된 부동산 시장 안정화 대책의 효과가 없다는 일부 언론 보도들의 입장을 뒷받침해준다. 하지만 아직 평가하기에는 이르다는 의견도 있기 때문에 해석에 주의해야 할 필요가 있다. 개입 분석에 사용한 시계열 자료가 2018년 2월까지라는 현실적인 문제 때문에 개입의 영향을 전체적으로 평가할 정보가 부족하여 개입 변수에 관련된 모수 추정이 안정적이지 못하다. 그리고 개입 이후의 짧은 시계열은 여러 가지 형태의 개입 변수의 적용을 불가능하게 하였다.

IV. 결론

본 연구는 2017년 하반기의 부동산 시장 안정화 대책이 서울 아파트매매거래량에 미치는 영향을 포함하기 위해서 개입변수가 고려된 ARIMA 모형을 적용하여 모수를 추정하였다. 그러나 개입 이후의 자료가 9개월로 짧아서 모수 추정에 오류가 존재할 가능성이 있고, 추정된 모수에 의한 장기 예측이 힘들다는 단점이 있다. 하지만 본 연구에서는 매매거래량 시계열 자료 분석에 개입 효과를 고려하여 모형을 적합할 수 있음을 제시하였다는 것에 큰 의미를 두고자 한다. 또한 제19대 정부 출범 이후에 발표된 부동산 안정화 정책의 개입 전·후를 고려하여 분석한 최초의 연구이다.

2017년 하반기의 종합적인 부동산 규제 강화 정책은 순간적으로 서울 아파트매매거래량을 감소시키는 효과를 보였지만 그 지속 효과는 없

었던 것으로 보인다. 분석에 사용한 시계열의 개입 이후의 관측값이 짧기 때문에 개입 변수를 고려한 예측이 불가능한 점에 아쉬움이 남는다. 추후 더 많은 시계열 자료가 축적되면 정책에 의한 효과 평가가 가능해지리라 기대해 본다.

개입 ARIMA 모형에 의한 분석은 단일 시계열만을 사용하였기 때문에 다른 거시경제변수들과의 상호관계가 고려되지 않았다는 한계를 갖고, 개입이 일어난 시점과 그 영향의 형태를 모형 설정 시에 가정해야 한다는 어려움이 있다. 이는 중요한 다른 변수들을 고려한 시계열 모형을 활용하여 극복 가능하고, 가정에 의한 오설정은 민감도 분석을 통해서 확인해 볼 수 있다. 그리고 2010년 1월부터 2018년 2월까지의 서울 아파트매매거래량 시계열에서 탐색된 다른 시점의 이상치 또한 모형 적합 시 고려될 사항 중에 하나이고 이는 향후 연구로 남겨 둔다.

참고문헌

1. 강민성·서원석, 2018, 「콕스비례위험모형을 이용한 부동산 금융규제정책의 효과성 결정요인 분석」, 『대한부동산학회지』, 36(1): 5-21.
2. 권현진·유정석, 2013, 「수도권 주택 및 토지시장 간 가격과 거래량의 방향성과 변동성에 관한 연구」, 『서울도시연구』, 14(3): 33-58.
3. 김문성·배형, 2013, 「주택정책에 대한 서울 아파트 시장의 반응 분석에 관한 연구」, 『부동산연구』, 23(1): 41-65.
4. 이용만, 2012, 「부동산시장의 이례현상들」, 『주택연구』, 20(3): 5-40.
5. 임재만, 2011, 「주택거래량은 주택가격 변동을 설명할 수 있는가?」, 『국토연구』, 69: 3-18.

6. 조신접 · 손영숙, 2009, 『SAS/ETS를 이용한 시계열 분석』, 서울:윙크출판사.
7. 최자순, 2010, 「부동산정책이 부동산시장에 미치는 영향에 관한 연구」, 『대한부동산학회지』, 28(2): 69-91.
8. 최자순, 2012, 「주택정책의 효과성에 관한 연구 - MB정부를 중심으로」, 『대한부동산학회지』, 30(2): 25-40.
9. Bernal, J. L., S. Cummins, and A. Gasparini, 2017, "Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: A tutorial," *International Journal of Epidemiology*, 46(1): 348-355.
10. Box, G. E. P. and G. C. Tiao, 1975, "Intervention analysis with applications to economic and environmental problems," *Journal of the American Statistical Association*, 70(349): 70-79.
11. Chen, C. and L. M. Liu, 1993, "Joint estimation of model parameters and outlier effects in time series," *Journal of the American Statistical Association*, 88(421): 284-297.
12. Chung, R. C. P., W. H. Ip, and S. L. Chan, 2009, "An ARIMA-intervention analysis model for the financial crisis in China's manufacturing Industry," *International Journal of Engineering Business Management*, 1: 15-18.
13. Gilmour, S., L. Degenhardt, W. Hall, and C. Day, 2006, "Using intervention time series analyses to assess the effects of imperfectly identifiable natural events: A general method and example," *BMC Medical Research Methodology*, 6: 16.
14. Goh, C. and R. Law, 2002, "Modeling and forecasting tourism demand for arrivals with stochastic nonstationary seasonality and intervention," *Tourism Management*, 23(5): 499-510.
15. Hamilton, J. D., 1994, *Time Series Analysis*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
16. Kim, S. and B. Seong, 2011, "Intervention analysis of Korea tourism data," *Korean Journal of Applied Statistics*, 24(5): 735-743.
17. Matthews, A., E. Herrett, A. Gasparrini, T. V. Staa, B. Goldacre, L. Smeeth, and K. Bhaskaran, 2016, "Impact of statin related media coverage on use of statins: Interrupted time series analysis with UK primary care data," *BMJ*, 353: i3283.
18. Vujić, S., J. J. F. Commandeur, and S. J. Koopman, 2016, "Intervention time series analysis of crime rates: The case of sentence reform in Virginia," *Economic Modelling*, 57: 311-323.
19. Wagner, A. K., S. B. Soumerai, F. Zhang, and D. Ross-Degnan, 2002, "Segmented regression analysis of interrupted time series studies in medication use research," *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 27(4): 299-309.

논문접수일 : 2018년 4월 11일
 심사(수정)일 : 1차 2018년 5월 10일
 2차 2018년 5월 23일
 게재확정일 : 2018년 5월 25일

국문초록

시장 경제를 반영하는 여러 가지 지표들은 외부의 상황에 따라 증가, 감소를 반복하는 시계열을 보인다. 이때 정책 변화나 뉴스 보도 등의 사건이 시계열자료에 영향을 미칠 수 있는 경우 이를 개입(intervention)이라고 하며, 실제 자료 분석 시에는 이를 반영해 주는 모형이 필요하다. 본 연구에서는 2017년 하반기에 발표된 부동산 정책들의 변화가 서울 아파트매거래량에 미치는 영향을 개입효과를 고려한 계절형 ARIMA 모형을 이용하여 분석하였다. 분석 결과 2017년 6월 이후 3개월간 지속 발표된 부동산 대책은 순간적으로 서울 아파트매거래량을 감소시키는 효과를 보였지만 그 지속 효과는 거의 없었던 것으로 나타났다. 기존의 보고서 등에서 다루고 있는 정책 변화 전·후 차이의 단순 빈도 비교보다 좀 더 이론적인 접근을 가능하게 하는 데에 본 연구의 의의가 있다. 또한 시계열에 영향을 주는 변수를 구분하고 그로 인한 변화 정도를 추정하는 것은 향후 안정적인 정책을 수립하는데 기여할 수 있으리라 본다.

주제어 : 개입, 비정상 시계열, ARIMA 모형, 아파트매거래량, 부동산 정책

