

일반화된 스펙트럴 검정을 이용한 주택시장의 효율성에 관한 연구*

A Study on the Efficiency of the Housing Market Using the Generalized Spectral Tests

황 세 진 (Sejin Hwang)* · 손 재 영 (Jae-Young Son)**

〈 Abstract 〉

Efficiency of asset market is an important issue for both policy makers and market participants. Housing market in general is expected to be less efficient than the stock market, but the conjecture is not fully supported by hard evidence. This paper empirically examines efficiency of the Korean housing market using the generalized spectral test proposed by Escanciano and Velasco(2006). This approach associates market efficiency with the martingale difference hypothesis. The generalized spectral test is considered as superior method for testing the martingale difference sequence because of its broad applicability and simplicity. In our empirical analyses, we run the test both for the nation and for regional submarkets. Time horizon spans the entire period the data exists, but to account for a potential structural shift, we also separately test the period after the global financial crisis. The test results show that Korean housing market seems inefficient regardless of location and time span.

키워드 : 마팅게일 차분가설, 일반화된 스펙트럴 검정, 시장효율성, 주택시장

Keyword : Martingale Difference Hypothesis, Generalized Spectral Tests,
Market Efficiency, Housing Market

* 이 논문은 2019년도 건국대학교의 연구년 교원 지원에 의해 연구되었으며, 2019년도 주택학회 춘계학술대회에서 발표된 논문을 수정·보완한 것임. 유익한 논평을 해주신 토론자들과 이화여자대학교 이진 교수님께 깊은 감사를 드림.

** 건국대학교 부동산학과 박사과정, hwangsejin@kdi.re.kr, 주저자

*** 건국대학교 부동산학과 교수, jyson@konkuk.ac.kr, 교신저자

I. 서론

최근 서울 등 일부 지역에서 주택가격이 급등하면서 정부는 3기 신도시 개발, 투기지역 추가 지정, 민간택지 분양가상한제 시행 등 다양한 부동산정책을 수립 및 발표하고 있다. 주택가격이 자산의 본질 가치를 정확히 나타내는지 혹은 거품인지, 주택공급 계획이 즉각적으로 가격에 반영되어 주택가격이 안정적인 수준에서 형성될 수 있을지 등은 모두 시장 효율성과 관련 있다. 주택시장이 효율적이라면 주택가격에는 현재의 이용 가능한 모든 정보가 반영되어 있고 새로운 정보에 의해서만 가격이 변동하게 되는데, 새로운 정보는 현 시점에서 알 수가 없어 미래 가격예측은 불가능하다. 시장 효율성은 크게 약형(weak form), 준강형(semi-strong form), 강형(strong form)으로 분류할 수 있다. 약형 효율적 시장에서는 자산 가격에 현재까지 알려진 역사적 정보가 반영되며, 준강형 효율적 시장에서는 가격에 현재까지 알려진 자료 뿐 아니라 배당액 등 공개적으로 이용가능한 정보까지 담기게 된다. 더 나아가 강형 효율적 시장에서는 내부자들만 이용할 수 있는 비공개 정보까지 포함한 모든 정보가 가격에 반영된다.

주택시장에서 효율적 시장가설이 성립하는지 검정하는 것은 효과적인 정책 의사결정의 토대가 되기에 필요하다. 주택시장이 비효율적인 것으로 드러나면 시장이 오랜 기간 균형에서 벗어나 있어 자원 배분에 부정적인 영향을 줄 수 있기에 정부가 시장에 개입할 근거가 된다(오민준·진창하, 2013). 또한 모딜리아니-밀러 정리(Modigliani-Miller theorem)와 자본자산 가격결정 모델(Capital Asset Pricing Model, CAPM) 등이 효율적 시장가설에 바탕을 두며 현대 재무학의 근본이 되었기에 효율적 시장가설을 주택시장에 적용하려는 시도는 재무적 관점에서 향후 주택시장 연구를 심화시키는데 도움이 될 것이다.

효율적 시장가설의 성립은 1960년대 중반 이전까지는 자산가격이 임의보행 확률과정(random walk process)을 따르는지 여부로 판단¹⁾하였으나, Samuelson(1965)이 효율적 시장가설을 마팅게일(martingale)과 연관지은 이후, 효율적 시장가설에 대한 대부분의 검정은 해당 변수의 마팅게일 특성을 판단하는 것으로 바뀌었다. 마팅게일이란 확률과정 X_t 와 관련하여 현재 사용 가능한 모든 정보를 이용한 최선의 예측치($E(X_t|I_{t-1})$)는 현재

1) 대표적으로 Bachelier(1900)는 자산가격이 브라운니언 모션(Brownian Motion)을 따른다고 간주하였고, 프랑스 국채를 대상으로 한 실증분석에서 가격이 임의보행 확률과정을 따른다고 밝혔다.

값($E(X_t)$)이며, 과거의 수익률과 예측은 무관하여 과거 정보를 활용하여 미래에 초과이윤을 얻을 수 없음을 뜻한다. 따라서 주택시장의 시계열이 마팅계일을 따른다면 주택시장은 효율적이라고 말할 수 있다. 한편 식을 전개하여 계산을 함에 있어서는 마팅계일 식 자체를 바로 쓰는 것보다 마팅계일 확률과정을 따르는 변수를 차분($Y_t = X_t - X_{t-1}$)하여 쓰는 것이 보다 편리한데 이를 마팅계일 차분과정(martingale difference sequence)이라 하며, 현재 시점의 정보를 이용한 미래의 기대치는 0이 된다($E[Y_t | Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots] = 0$). 여기서 마팅계일은 독립항등분포(independent and identically distributed, IID) 조건을 충족해야 하는 임의보행 확률과정(random walk process)보다 완화된 개념으로 평균에 계열 종속성만 존재하지 않으면 된다. 따라서 마팅계일 차분과정은 이분산성이 있는 시계열의 분석에도 적합하다고 할 수 있다.

이러한 배경에서 본 연구의 목적은 Escanciano and Velasco(2006)가 고안한 일반화된 스펙트럴 검정(generalized spectral tests)을 활용하여 우리나라의 주택가격 자료를 대상으로 마팅계일 차분가설을 검증하는데 있다. 이는 다음과 같은 두 가지 측면에서 의의를 가진다. 첫째, 기존연구는 대개 데이터의 선형성을 가정하고 백색오차(white noise) 여부를 검증하는 것이라 엄밀한 의미에서 마팅계일 차분가설 검증 방법을 적용한 것이 아닌 반면, 본 연구는 자료가 비선형적인 특성을 가질 때 마팅계일 차분가설 검증에 사용하기 적합하다는 점에서 선행연구와의 차이점이 존재한다. 특히 주택가격은 비선형 시계열의 특징인 비대칭성, 변동성 밀집현상 등을 보여 선형 시계열의 정형화된 특성으로 파악하는데 한계가 있기에 본 연구방법을 적용하는 것이 의미가 있다. 둘째, 금융시장을 대상으로 효율성 연구가 다수 진행되어 왔으나 주택시장과 관련된 효율성 연구는 상대적으로 드문 편인데 본 연구를 통해 주택시장의 특성을 이해하는 폭이 확대될 것으로 기대된다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 먼저 제II장에서는 관련 선행연구를 고찰하고, 제III장에서는 실증분석 모형을 설정한다. 제IV장에서는 분석에 사용하는 자료를 제시하고 모형을 추정하여 얻은 결과를 해석한다. 마지막으로 제V장에서는 본 연구를 요약하고 향후 연구방향을 제시한다.

II. 선행연구 검토

1. 주택시장의 효율성에 관한 연구

외국의 경우 주식시장에 비해 부동산시장의 효율성에 대한 연구가 상대적으로 적은 편이다. 결과는 연구마다 다르게 나타났는데, 대표적인 연구로 Clayton(1998), Guntermann and Norrbin(1991), Wang(2004) 등을 들 수 있다. Clayton(1998)은 밴쿠버의 콘도미니엄 아파트 가격을 대상으로 한 연구에서 해당 시장이 비효율적임을 밝히고, 감정평가나 대출실행시 시장조정의 가능성에 대한 평가가 이뤄져야 한다고 보았다. 또한, Wang(2004)은 맨하튼의 아파트 시장을 오차수정모형을 활용하여 살펴보았는데 약형 효율성 가설이 기각되었다. 반면, Guntermann and Norrbin(1991)은 텍사스의 단독주택 시장을 DYMIC 모델을 통해 분석한 결과, 시장이 효율적이며 가격 조정과정에서 지체가 일부 발생하는 것은 높은 거래와 탐색 비용에 기인한다고 밝혔다.

국내 주택시장의 효율성에 관한 연구로는 김관영(1988), 정지만(1999), 최희갑·임병준(2009), 오민준·진창하(2013), 유주연(2011) 등이 있는데, 유주연(2011)의 연구를 제외한 대부분의 연구에서 효율적 시장가설을 부정하였다. 김관영(1988)은 강남의 아파트 가격 자료를 활용한 연구에서 정부 정책이나 공공정보의 충격이 단기간에 자본화되지 못해 차익 거래의 기회가 발생할 수 있다며 주택시장이 비효율적이라는 분석 결과를 제시하였다. 정지만(1999)도 분산경계 검정, 분산비 검정, 공분산비 검정 분석을 통해 부동산 시장이 효율적이지 않다고 주장하였다. 최희갑·임병준(2009)은 그랜저 인과관계, 오차수정모형 등을 활용한 실증분석을 통해 주택가격전망지수의 시차변수가 주택가격 증가율에 대해 유의한 설명력을 가짐을 보이고 효율적 시장가설을 기각하였다. 오민준·진창하(2013)는 사건연구를 이용하여 부동산시장이 준강형 효율적 시장인지를 검정하였고, 부동산시장이 비효율적 시장임을 밝히면서 시장효율성을 높이기 위한 정부의 정책적 노력이 필요하다고 하였다. 이에 반해, 유주연(2011)은 서울 아파트시장에 CAPM과 Fama-French의 3요인모형을 적용한 결과 효율성의 정도가 높다고 주장하였다.

2. 일반화된 스펙트럴 검정에 관한 연구

일반화된 스펙트럴 검정에 관한 실증 연구는 많지 않은 편인데, 대부분의 경우 금융 데이터를 대상으로 연구가 이루어졌다. Hong and Lee(2005)는 일별 S&P지수와 NASDAQ지수에 일반화된 스펙트럴 검정을 적용하였는데, 두 경우 모두 주가 수익률이 마팅계일 차분 과정을 따르지 않는다고 보고했다. 이는 주가지수의 향후 추이는 예측이 가능하고 이로 인한 초과수익을 실현할 수 있음을 의미한다. Escanciano and Velasco(2006)도 일별 S&P 지수에 동일한 검정법을 적용하였는데 귀무가설의 기각여부는 기간설정에 따라 달라질 수 있음을 보였다. 또한, 그들은 캐나다 달러, 독일 마르크, 프랑스 프랑, 영국 스텔링 파운드, 일본 엔(모두 주별 데이터)에 일반화된 스펙트럴 검정을 적용하였는데, 독일 마르크와 일본 엔은 귀무가설인 마팅계일 차분과정을 항상 기각한 반면 영국 파운드는 어떠한 통계치를 적용해도 귀무가설을 기각하지 못했다고 밝혔다. 이는 검정대상의 범주가 환율로 동일할지라도 시장정보를 가격에 반영하는 기간은 개별 환율마다 다르다는 것을 뜻한다.

3. 선행연구와의 차별성

본 연구는 주택시장의 효율성과 관련한 선행연구에 시계열적 분석이 희소한 상황에서 주택가격을 대상으로 마팅계일 차분검정을 실시하였다. 이를 위해 자료가 선형·비선형일 때 모두 적용할 수 있는 일반화된 스펙트럴 검정법을 활용하였다. 본 검정법은 그동안 주가, 환율 등 금융데이터에 주로 적용됐었는데, 주택가격을 대상으로 본 연구에서 처음으로 적용되었다. 특히 주택 가격은 변동성 밀집현상 등 비선형 시계열의 특징이 있어 일반적으로 활용이 가능한 본 검정법의 적용은 적절하다고 여겨진다.

III. 분석방법

스펙트럴 분석은 시계열을 시간영역(time domain)이 아닌 진동수영역(frequency domain)으로 변환하여 분석하는 것을 말한다. 이 중 Escanciano and Velasco(2006)가 고안한 일반화된 스펙트럴 검정은 비선형 시계열에서 마팅계일 차분과정을 검정하기에 적합하다.

Escanciano and Velasco(2006)는 Hong(1999)과 Deo(2000)의 아이디어를 결합하였는데 각각의 내용은 다음과 같다. Hong(1999)는 마팅계일 차분과정을 검정하기 위해 일반화된 스펙트럴 분포함수를 도입하였으나 이는 계열 독립성에 대한 검정법이였기에 조건부 이분산성이 있는 경우에는 유효하지 않았다. Deo(2000)는 조건부 이분산성을 허용하는 스펙트럴 분포를 제안한 바 Escanciano and Velasco(2006)는 Hong(1999)과 Deo(2000)의 방식을 결합하여 조건부 이분산성과 높은 차수에서의 종속성이 있는 상황에서도 귀무가설(마팅계일 차분과정)을 검정할 수 있는 일반화된 스펙트럴 검정을 고안하였다.

본 분석방법은 다른 검정법에 비해 크게 두 가지 장점이 있는데 첫째는 일반성으로 선형과 비선형 종속성을 모두 고려하였고 유한한 분산만 가정할 뿐 어떠한 점근적 독립도 가정하지 않았다. 둘째는 단순성으로 모형에서 쌍별(pairwise) 접근법을 채택하여 샘플에서 이용가능한 모든 시차를 고려하는 한편 다차원함수의 적분을 피했다. 다음 식은 마팅계일 차분가설의 정의²⁾를 나타낸다.

$$E[Y_t | Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}] = \mu \quad (1)$$

이 때 만약 P가 무한하면 P-차원 적분으로 식 (1)을 계산하기가 불가능하다. 반면, P가 유한하면 조건부 평균이 생략된 시차에 존재할 가능성이 있는데, 이처럼 Escanciano and Velasco(2006) 방식은 일반적이고 간단하다는 장점이 있다.

일반화된 스펙트럴 검정³⁾은 다음과 같은 순서에 의해 진행되는데 원계열 $\{Y_t\}_{t=1}^n$ 에 대한 귀무가설은 다음과 같다.

$$H_o^*: \{Y_t\} \text{는 마팅계일 차분과정이다.} \quad (2)$$

쌍별(pairwise) 적용을 하기 위해 식 (1)의 귀무가설을 아래와 같이 달리 표현할 수 있으며,

2) 마팅계일 차분과정(martingale difference sequence)을 좀 더 일반화하면 마팅계일 차분가설에서 실수 값을 가진 정상(stationary) 시계열 $\{Y_t\}_{t=-\infty}^{\infty}$ 에 대해 Y_t 의 비조건부 평균은 0이 아닌 알려지지 않은 값이다. 마팅계일 차분가설은 최소자승법을 기준으로 했을 때 주어진 과거와 현재의 정보 하에 시계열의 미래에 대한 최고의 예측치는 비조건부 평균과 같다는 것을 의미한다.

3) 본 절은 Escanciano and Velasco(2006)를 중심으로 정리하였다.

$$H_o : m_j(y) = 0 \quad \forall j \geq 1 \quad (3)$$

(여기서 $m_j(y) = E[Y_t - \mu | Y_{t-j} = y]$)

대립가설은 아래와 같다.

$$H_A : P(m_j(Y_{t-j}) \neq 0) > 0 \quad \forall j \geq 1$$

귀무가설은 아래의 지수가중함수와 일치하는데, 이 때 $\gamma_j(x)$ 는 x 가 임의의 실수이고 비선형일 때 자기공분산(autocovariance)을 측정하는 역할을 한다.

$$\gamma_j(x) = E[(Y_t - \mu)e^{ixY_{t-j}}]$$

이를 이용하여 귀무가설을 다시 표현하면 식 (4)와 같다.

$$H_o \Leftrightarrow \gamma_j(x) = 0 \quad \forall j \geq 1 \quad (4)$$

$\gamma_j(x)$ 를 표본 $\{Y_t\}_{t=1}^n$ 에 기초하여 표현하면 다음과 같다.

$$\hat{\gamma}_j(x) = \frac{1}{n-j} \sum_{1+j}^n (Y_t - \bar{Y}_{n-j}) e^{ixY_{t-j}}$$

$$(\text{이 때 } \bar{Y}_{n-j} = \frac{1}{n-j} \sum_{1+j}^n Y_t)$$

$j \geq 1$ 일 때 $\gamma_{-j}(\cdot)$ 와 $\gamma_j(\cdot)$ 는 같다고 정의하고, $\gamma_j(x)$ 함수에 푸리에 변환(Fourier transformation)을 취하면 식 (5)와 같다.

$$f(\bar{\omega}, x) = \frac{1}{2\pi} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \gamma_j(x) e^{-ij\bar{\omega}} \quad \forall \bar{\omega} \in [-\pi, \pi], x \in \mathbb{R} \quad (5)$$

일반화된 스펙트럴 분포함수는 다음과 같고

$$H(\lambda, x) = 2 \int_0^{\lambda\pi} f(\bar{w}, x) d\bar{w} \quad \forall \lambda \in [0, 1], x \in \mathbb{R}$$

식 (5)를 위 식에 대입하면 식 (6)이 된다.

$$H(\lambda, x) = \gamma_o(x)\lambda + 2 \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_j(x) \frac{\sin j\pi\lambda}{j\pi} \quad (6)$$

식 (6)에 대한 표본의 식은 아래와 같다.

$$\hat{H}(\lambda, x) = \hat{\gamma}_o(x)\lambda + 2 \sum_{j=1}^{n-1} \left(1 - \frac{j}{n}\right)^{1/2} \hat{\gamma}_j(x) \frac{\sin j\pi\lambda}{j\pi}$$

이 때 $(1 - j/n)^{1/2}$ 는 유한 표본에서의 보정인자로, 큰 시차에는 가중치를 낮게 줘서 표본의 정보가 그만큼 덜 담기게 된다.

마팅계일 차분검정은 $\hat{H}(\lambda, x)$ 와 $\hat{H}_0(\lambda, x) := \hat{\gamma}_o(x)\lambda$ 의 차이로 하는데 이를 식 (7)로 정의할 수 있다.

$$S_n(\lambda, x) = \left(\frac{n}{2}\right)^{1/2} \{\hat{H}(\lambda, x) - \hat{H}_0(\lambda, x)\} \quad (7)$$

한편, S_n 의 분포는 데이터 발생과정에 상당히 복잡하게 의존하는데 이러한 문제는 S_n 의 분포를 식 (8)로 추정함으로써 해결할 수 있다.

$$S_n^*(\lambda, x) = \sum_{j=1}^{n-1} (n-j)^{1/2} \hat{\gamma}_j^*(x) \frac{\sqrt{2} \sin j\pi\lambda}{j\pi}, \quad (8)$$

$$\hat{\gamma}_j^*(x) = \frac{1}{n-j} \sum_{t=1+j}^n (Y_t - \bar{Y}_{n-j}) \hat{\varphi}_{t-j}(x) w_t$$

여기서 $\hat{\varphi}_{t-j}^*(x) = e^{ixY_{t-j}} - (n-j)^{-1} \sum_{t=1+j}^n e^{ixY_{t-j}}$ 이고, $\{w_t\}$ 는 평균이 0이고 단위분산이며 $\{Y_t\}_{t=1}^n$ 와 독립인 랜덤한 변수의 시계열이다.

$S_n(\lambda, x)$ 가 0으로 수렴하는지 평가하기 위해 크래머-본 미제스(Cramér von-Mises) 통계량을 귀무가설 검정에 활용하면 식 (9)과 같다.

$$D_n^2 = \int_R \int_0^1 |S_n(\lambda, x)|^2 W(dx) d\lambda$$

$$= \sum_{j=1}^{n-1} (n-j) \frac{1}{(j\pi)^2} \sum_{t=j+1}^n \sum_{s=j+1}^n (Y_t - \bar{Y}_{n-j})(Y_s - \bar{Y}_{n-j}) \exp(-0.5(Y_{t-j} - Y_{s-j})^2) \quad (9)$$

여기서 시계열이 마팅계일 차분과정을 따른다는 귀무가설이 참인 경우 D_n^2 값은 임계값보다 작고, 대립가설이 참인 경우 D_n^2 값은 임계값보다 크다.

IV. 실증분석

1. 자료 및 기초통계량

본 연구의 목적은 우리나라 주택시장이 효율적인지 다시 말해 마팅계일 차분과정을 따르는지 검정하는 데 있다. 이를 위해 KB국민은행에서 제공하는 월별 주택매매가격지수를 활용하여 일반화된 스펙트럴 검정을 구축하고 실증분석을 실시하였다. 일부 지역의 경우 1986년 1월부터 자료구득이 가능하지만 대부분의 지역에서 2003년 9월 이후부터 자료활용이 가능하기에 여기서는 2003년 9월부터 2019년 4월까지를 전체 표본기간으로 사용한다. 또한 글로벌 금융위기 이후⁴⁾인 2009년 7월부터 2019년 4월까지의 세부기간을 별도로

설정하였다. 시기 구분은 전체 기간의 경우 효율성 관점에서 주택가격의 일반적인 성격을 살펴보기 위함이며, 글로벌 금융위기 기간 이후의 경우 구조적 변화가 있는 후에 주택가격의 성격이 변화하였는지를 알아보기 위함이다. 특히 글로벌 금융위기 동안에는 주택시장의 불확실성 확대와 동요로 시장이 균형에 있었다고 보기 어려워 구조적 변화가 발생했을 가능성을 감안하였다. 한편, 본 연구에 사용된 시계열 자료는 월별 자료이므로 주택시장의 계절적 변동을 제거하기 위하여 census X-12 기법을 사용하여 계절조정하였고, 이를 로그차분하여 사용했다.

연구의 공간적 범위는 지역별 주택시장의 특성이 상이함을 반영하여 전국권(전국, 수도권, 지방 5대 광역시, 기타지방)과 서울권(서울, 강북, 강남, 강남구, 서초구, 송파구)을 대

〈표 1〉 기초통계량

기간	지역	N	평균	표준편차	최소값	최대값
전체	전국	187	0.22	0.38	-0.58	2.97
	수도권	187	0.23	0.62	-0.92	5.15
	서울	187	0.27	0.62	-0.96	4.43
	강북	187	0.26	0.59	-0.77	3.83
	강남	187	0.29	0.71	-1.31	5.25
	강남구	187	0.32	1.00	-2.57	5.21
	서초구	187	0.31	0.89	-2.04	5.31
	송파구	187	0.30	0.95	-2.18	7.08
	지방 5대 광역시	187	0.23	0.35	-0.89	1.58
	기타 지방	187	0.16	0.30	-0.58	1.56
글로벌 금융위기 이후	전국	117	0.19	0.21	-0.16	0.87
	수도권	117	0.10	0.28	-0.47	1.50
	서울	117	0.16	0.39	-0.46	2.62
	강북	117	0.14	0.35	-0.44	2.30
	강남	117	0.18	0.43	-0.62	2.93
	강남구	117	0.23	0.58	-1.04	2.90
	서초구	117	0.20	0.49	-0.86	3.17
	송파구	117	0.18	0.51	-0.72	3.29
	지방 5대 광역시	117	0.34	0.36	-0.10	1.58
	기타 지방	117	0.22	0.35	-0.38	1.56

자료 : KB국민은행.

4) 기간은 유복근·최경욱(2010)을 따랐는데, 분석방법에 따라 기간 구분은 달라질 수 있다.

상으로 하였다. 서울권에서 서울을 강북과 강남으로 나누고, 강남을 강남구, 서초구, 송파구로 나눈 이유는 개별 작은 단위로 갈수록 마팅계일 차분과정을 따르고 큰 단위로 합산될수록 개별 작은 단위의 위험이 분산되어 예측이 상대적으로 쉽고 마팅계일 차분과정을 따르지 않을 수 있다는 가설에서 비롯되었다.

기초통계량은 앞의 <표 1>과 같은데 이는 주택가격지수의 상승률을 나타낸다. 전체 기간 동안에는 강남구, 서초구, 송파구 등이 포함된 강남 지역의 평균과 표준편차가 가장 높았고, 글로벌 금융위기 이후에는 지방 5대 광역시의 평균 가격상승률이 상대적으로 높았음을 알 수 있다. 변동성을 나타내는 표준편차는 전체와 글로벌 금융위기 이후 기간 모두 강남지역에서 가장 컸다.

한편, 일반화된 스펙트럴 검정 통계치의 점근적 분포는 표준분포를 따르지 않아 유한한 샘플에서 검정을 실행하기 위해 선행연구에서는 부스트래핑을 추천한다. 점근적 귀무 분포가 데이터 발생과정에 의존하기 때문에 부스트랩 과정을 통해 검정할 필요가 있다(Charles 외, 2011). 이에 일반화된 스펙트럴 검정에서 구한 값과 비교할 수 있는 임계치를 부스트래핑을 통해 생성하였으며, 그 과정은 다음과 같다. 첫째, 원자료에서 D_n^2 를 먼저 계산한다. 둘째, 독립항등분포, GARCH(1,1), 확률적 변동성 모형(stochastic volatility model, SV)으로 $\{w_t\}_{t=1}^n$ 을 생성한다. 이 때 GARCH(1,1) 모형에서 GARCH 효과를 나타내는 β 의 값을 0.3과 0.8로 각각 가정하였다. 즉, GARCH(1,1)에서 β 가 0.3일 때가 GARCH 1 모델, β 가 0.8일 때가 GARCH 2 모델에 해당한다. 그리고 독립항등분포는 시계열이 동분산성을 가질 경우를, GARCH(1,1)과 확률적 변동성 모형은 시계열이 이분산성을 가질 경우 염두에 두고 생성하였다⁵⁾. <표 2>는 데이터 발생과정의 구체적인 식을 보여주는데, 이 때 데이터 발생과정에서 구한 y_t 에 원계열의 표준편차를 데이터 발생과정에서 얻은 표준편차⁶⁾로 나눈 값을 곱해 줌으로써 검정통계량과 임계치를 비교할 수 있도록 하였다⁷⁾. 셋째, 얻어진 $\{w_t\}_{t=1}^n$ 를 사용하여 $\hat{\gamma}_j^*$ (이때 $j=1, \dots, n-1$)을 계산하고, $S_n^*(\eta)$ 와 D_n^{*2} 을 순차적으로 계산한다. 마지막으로 두 번째, 세 번째 과정을 모의실험으로 1,000회 반복하여 D_n^{*2} 의

5) 이 과정에서 시계열이 동분산성과 이분산성을 가질 경우를 모두 고려하였기에 주택가격지수가 시계열적 이분산성이 있는지 여부를 별도로 검정하지 않았다.

6) 기간별 원계열의 표준편차는 부록에 제시되어 있다.

7) 이로 인해 지역별, 기간별로 모의실험 조건이 달라진다.

95번째, 99번째 분위수를 D_n^2 과 비교한다. 만약 $D_n^2 > D_{n,\alpha}^{*2}$ 면 5%와 1% 유의수준에서 귀무가설은 기각된다.

〈표 2〉 데이터 발생과정

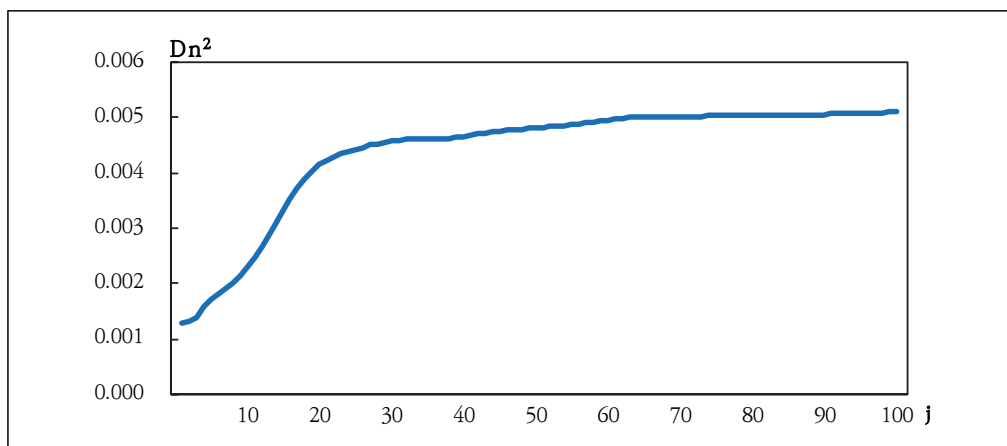
모델		식
(1)	독립항등분포	$N(0, 1)$
(2)	GARCH 1	$y_t = \varepsilon_t \sigma_t,$ $\sigma_t^2 = \delta + \alpha y_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \delta = 0.01, \alpha = 0.1, \beta = 0.3$
(3)	GARCH 2	$y_t = \varepsilon_t \sigma_t,$ $\sigma_t^2 = \delta + \alpha y_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \delta = 0.01, \alpha = 0.1, \beta = 0.8$
(4)	확률적 변동성 모형	$y_t = e_t \times \exp(h_t)$ with $h_t = 0.9h_{t-1} + 0.3u_t$

주1 : ε_t 와 u_t 는 독립항등분포임.

주2 : 데이터 발생과정에서 사용한 모수의 값은 황세진(2011)과 동일하게 설정함.

2. 실증분석 결과

〈그림 1〉은 식 (8)에서 j 가 하나씩 증가함에 따라 D_n^2 값이 어떻게 변화하는지 보여준다. 그림에서 살펴볼 수 있듯이 j 가 증가할수록 D_n^2 값은 특정한 값으로 수렴해 가는 것을 알



주 : 전국 주택가격지수를 활용하여 계산함.

〈그림 1〉 j 에 따른 D_n^2 수치의 변화

수 있다. 여기서는 대표적으로 전국의 주택가격지수를 활용하여 계산하였으나 D_n^2 값의 수렴현상은 지역과 상관없이 모든 자료에서 공통적으로 나타나는 현상이다. 각 자료마다 아래와 같이 D_n^2 값을 구하고, <표 2>의 데이터 발생과정을 통해 구한 임계값(D_n^{*2})들을 비교하여 <표 3>에 결과를 밝혔다.

<표 3>은 전국권을 기준으로 대부분의 분석 지역에서 귀무가설이 기각되어 주택시장이 효율적이지 않은 시장임을 보여준다. 또한 이러한 결과는 글로벌 금융위기 전후의 구조적 변화와 무관하게 나타났다. 임계치를 도출하는 모델의 종류와 관계가 없이 전 모델에 걸쳐 유사한 결과가 도출되었으며, 특히 지방 5대 광역시의 경우 귀무가설을 강하게 기각한다. 이러한 결과는 다음의 원인들이 복합적으로 작용했기 때문으로 분석된다. 첫째, 주택시장의 경우 취득세, 등록세, 중개수수료 등의 거래비용이 커서 거래가 빈번하게 발생하기 어렵다. 이는 정지만(1999)이 부동산시장에서는 거래비용 등이 상당히 커서 1월 효과 등 계절성을 이용한 차익거래의 이득을 얻기가 어렵다고 주장한 바와 같은 맥락이다. 둘째, 주택의

<표 3> 일반화된 스펙트럴 검정 결과(전국권)

변수 기간	모델	D_n^2	
		전체	글로벌 금융위기 이후
전국	독립항등분포	0.005 ***	0.001 **
	GARCH 1	0.005 ***	0.001 ***
	GARCH 2	0.005 ***	0.001 ***
	확률적 변동성 모형	0.005 **	0.001 **
수도권	독립항등분포	0.011 **	0.002 ***
	GARCH 1	0.011 **	0.002 ***
	GARCH 2	0.011 ***	0.002 ***
	확률적 변동성 모형	0.011 **	0.002 **
지방 5대 광역시	독립항등분포	0.008 ***	0.004 ***
	GARCH 1	0.008 ***	0.004 ***
	GARCH 2	0.008 ***	0.004 ***
	확률적 변동성 모형	0.008 ***	0.004 ***
기타 지방	독립항등분포	0.002 **	0.005 ***
	GARCH 1	0.002 **	0.005 ***
	GARCH 2	0.002 ***	0.005 ***
	확률적 변동성 모형	0.002 **	0.005 ***

주 : **는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의함. ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함.

특성이 상당히 이질적(heterogeneous)인데 인근 주택이 최근 거래됐다 하더라도 그 정보를 이용하여 해당 주택을 평가하기가 쉽지 않다. 이에 대해 손재영 외(2011)도 보편적인 주거형태가 단독주택이거나 건축 목적이 임대인지 자가인지에 따라 부동산의 이질성이 두드러진다고 평가했다. 셋째, 주택가격이 전반적으로 다 오르고 있다는 정보를 입수하여 주택을 구입할 의사가 생기더라도 주택가격은 높고 당장의 대출실행은 어려워 바로 주택을 구입할 수가 없다. 가령, 현재의 제도 하에서 투기지역인 서울에 집이 있는 유주택자는 추

〈표 4〉 일반화된 스펙트럴 검정 결과 결과(서울권)

변수	모델	D_n^2	
		전체	글로벌 금융위기 이후
서울	독립항등분포	0.010 **	0.003 **
	GARCH 1	0.010 **	0.003 ***
	GARCH 2	0.010 ***	0.003 ***
	확률적 변동성 모형	0.010 **	0.003 **
강북	독립항등분포	0.008	0.002 **
	GARCH 1	0.008 **	0.002 **
	GARCH 2	0.008 ***	0.002 ***
	확률적 변동성 모형	0.008 **	0.002 **
강남	독립항등분포	0.018 **	0.003 **
	GARCH 1	0.018 **	0.003
	GARCH 2	0.018 ***	0.003 ***
	확률적 변동성 모형	0.018 **	0.003 **
강남구	독립항등분포	0.061 ***	0.005 **
	GARCH 1	0.061 ***	0.005 **
	GARCH 2	0.061 ***	0.005 ***
	확률적 변동성 모형	0.061 ***	0.005 **
서초구	독립항등분포	0.032 **	0.004 **
	GARCH 1	0.032 ***	0.004 ***
	GARCH 2	0.032 ***	0.004 ***
	확률적 변동성 모형	0.032 **	0.004 **
송파구	독립항등분포	0.053 ***	0.005 **
	GARCH 1	0.053 ***	0.005 ***
	GARCH 2	0.053 ***	0.005 ***
	확률적 변동성 모형	0.053 ***	0.005 **

주 : **는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의함. ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함.

가적으로 주택을 구입하고 싶어도 대출이 제한되어 충분한 현금을 갖고 있지 않다면 금융권의 도움을 받아 주택을 쉽게 구입할 수 없다.

〈표 4〉에서 서울권에서의 결과도 전국권에서의 결과와 크게 다르지 않다. 서울 내 대부분의 지역에서 주택가격지수 상승률이 마팅계일 차분과정을 따르지 않았는데, 이는 주택가격에 시장정보가 바로 반영되기 보다 정책효과 등의 영향으로 주택가격의 향후 추이가 예측될 수 있음을 시사한다. 강남구, 서초구, 송파구 등 세부 지역단위에서도 기각된바, 개별 지역의 고유한 특성이 분산되는 광역단위에서든 단일지역에서든 주택시장은 비효율적이라는 것이 드러났다.

또한, 이러한 결과는 전체기간(2003년 9월~2019년 4월)과 글로벌 금융위기 이후 기간(2009년 7월~2019년 4월) 모두 유사하게 나타났다. 전체기간에서 강북 D_n^2 값을 독립항등분포 임계치와 비교했을 때와 글로벌 금융위기 이후 강남 D_n^2 값을 GARCH 1 임계치와 비교했을 때와 같이 마팅계일 차분가설이 일부 성립하여 향후 주택가격의 예측이 불가능한 경우도 있었으나, 대체로 주택시장은 효율성이 없었다. 본 연구의 검정결과는 상당히 강건한데, 이는 정보가 주택가격에 바로 반영되지 않고 오랜 시간이 지난 후에야 반영됨을 뜻한다. 이러한 결과는 주택시장은 비효율적이라는 다수의 선행연구 결과와 유사하며, 시장이 균형으로부터 오랜 기간 괴리되어 있다면 자원배분의 왜곡이 발생할 수 있어 주택시장에 정부가 규제를 가할 수 있는 근거가 된다.

V. 결론

본 연구에서는 비선형 시계열 분석에 적합한 일반화된 스펙트럴 검정을 통해 우리나라의 주택가격이 마팅계일 차분과정을 따르는지 검정했다. 실증분석에서는 주택시장을 전국권(전국, 수도권, 지방 5대 광역시, 기타 지방)과 서울권(서울, 강북, 강남, 강남구, 서초구, 송파구)으로 구분하여 효율성을 검정하였다. 분석 기간은 2003년 9월부터 2019년 4월까지이며, 글로벌 금융위기 이후 기간(2009년 7월~2019년 4월)을 따로 분석한 결과도 제시하였다.

전체 자료의 기초통계와 일반화된 스펙트럴 검정을 활용해 분석한 결과는 다음과 같이

요약된다. 첫째, 포괄하는 범위가 넓은 전국권에서는 주택가격이 마팅계일 차분과정을 따른다는 귀무가설이 기각되었다. 둘째, 분석의 공간적 범위를 좀 더 축소해서 살펴 본 서울 권에서도 귀무가설이 대부분 5% 및 1% 유의수준에서 기각되었다. 셋째, 이러한 결론은 글로벌 금융위기 기간의 포함 여부와 상관없이 공통적으로 나타났다. 이러한 결과는 주택시장의 비효율성을 밝힌 선행연구들의 결론과도 일치되며, 주택시장 내의 높은 거래비용, 이질적인 주택 특성, 금융제약 등이 복합적으로 작용한 결과라 판단된다.

본 연구는 우리나라 주택시장에 대한 효율성 분석 연구가 충분하지 않은 상황에서 일반성과 단순성의 장점을 갖춘 방법으로 주택가격의 마팅계일 차분과정을 검정한 선도적 연구로서 의의가 있다. 이 연구방법은 조건부 이분산성이 있는 경우에도 적용할 수 있으며, 쌍별(pairwise) 계산으로 과정이 복잡하진 않지만 모든 시차에 담긴 정보를 전부 활용하는 장점이 있다. 연구 결과가 함의하는 바와 같이 주택시장이 효율적이지 않을 가능성이 높다면, 주택 가격이 실제 주택의 가치와 다를 수 있다는 점을 감안하여 정책을 실행할 필요성이 제기된다. 예를 들어 정보가 시장가격에 빠르게 반영되지 못함을 반영하여 주택자금 대출 상환을 거시경제 여건과 연동시키는 자동안정화 장치(automatic stabilizers)를 도입할 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 점에서 한계를 가지고 있다. 먼저 자료의 한계로 공간적으로나 시간적으로 보다 세부적인 시계열 분석이 이루어지지 못하였는데, 자료가 허용한다면 이 연구에서 보다 동질적인 시장을 대상으로 유사한 분석을 시도할 여지가 있다. 가령, 아파트의 경우 일반 주택에 비해 동질적이고, 거래가 빈번한 특성이 있으므로 후속 연구에서는 아파트 시장의 효율성을 검정해 보는 것도 의미가 있을 것이다.⁸⁾

참고문헌

1. 김관영, “주택매매시장의 효율성 분석: 서울 강남지역 공동주택매매시장을 중심으로”, 『한국개발연구』, 제10권 제3호, 한국개발연구원, 1988, pp. 51-63.
2. 손재영 · 이준용 · 유주연, “주택 전세-매매가격 비율에 반영된 미래자본이득 기대형성 메

8) 이외에도 주택가격지수에 존재하는 평활화(smoothing)는 향후 연구에서 실거래가지수를 검정에 활용하면 문제가 완화될 것으로 판단되며, 이 점을 지적하신 익명의 심사자께 감사드립니다.

- 카니즘”, 『부동산학연구』, 제17집 제3호, 한국부동산분석학회, 2011, pp.5-24.
3. 오민준·진창하, “주택 시장 효율성에 관한 연구 - 사건연구를 중심으로 -”, 『부동산학연구』, 제19집 제1호, 한국부동산분석학회, 2013, pp.5-24.
 4. 유복근·최경욱, “국내외 금융시장의 연계성 변화 분석: 외환위기와 글로벌 금융위기 기간을 중심으로”, 『국제경제연구』, 제16권 제1호, 한국국제경제학회, 2010, pp.161-191.
 5. 유주연, “CAPM 의 주택시장 적용에 관한 연구: 서울을 중심으로”, 건국대학교 박사학위 논문, 2011.
 6. 정지만, “부동산시장의 효율성과 공분산비 분석”, 『금융학회지』, 제4권 제2호, 한국금융학회, 1999, pp.169-204.
 7. 최희갑·임병준, “주택가격 전망이 주택가격 및 경기에 미치는 영향”, 『국토연구』, 제63권, 국토연구원, 2009, pp.141-158.
 8. 황세진, “Testing the Martingale Difference Hypothesis for Korean Financial Data”, 이화여자대학교 석사학위논문, 2011.
 9. Bachelier, L., “The Random Character of Stock Market Prices. In P.H. Cootner (Eds),” MIT Press, 1964, 1900.
 10. Charles, A., O. Darné, and J.H. Kim, “Small Sample Properties of Alternative Tests for Martingale Difference Hypothesis,” *Economics Letters*, Vol. 110 No. 2, 2011, pp.151-154.
 11. Clayton, J., “Further Evidence on Real Estate Efficiency,” *The Journal of Real Estate Research*, Vol. 15 No. 1, 1998, pp.41-57.
 12. Deo, R.S., “Spectral Tests of the Martingale Hypothesis under Conditional Heteroskedasticity,” *Journal of Econometrics*, Vol. 99 No. 2, 2000, pp. 291-315.
 13. Escanciano, J.C. and C. Velasco, “Generalized Spectral Tests for the Martingale Difference Hypothesis,” *Journal of Econometrics*, Vol. 134 No. 1, 2006, pp.151-185.
 14. Guntermann, K.L. and S.C. Norrbin, “Empirical Tests of Real Estate Market Efficiency,” *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol. 4 No. 3, 1991, pp.297-313.
 15. Hong, Y., “Testing Serial Independence via the Empirical Characteristic

Function,” *Preprint*, 1999.

16. Hong, Y. and Y.J. Lee, “Generalized Spectral Tests for Conditional Mean Models in Time Series with Conditional Heteroskedasticity of Unknown Form,” *Review of Economic Studies*, Vol. 72 No. 2, 2005, pp.499-541.
17. Samuelson, P.A., “Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly,” *Industrial Management Review*, Vol. 6 No. 2, 1965, pp.41-49.
18. Wang, Z., “Dynamics of Urban Residential Property Prices – a Case Study of the Manhattan Market,” *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol. 29 No. 1, 2004, pp.99-118.

-
- 접수일 2019. 08. 19.
 - 심사일 2019. 08. 25.
 - 심사완료일 2019. 11. 12.

부록

기간별 원계열의 표준편차

〈부록 표 1〉 전국권

지역	전체	글로벌 금융위기 이후
전국	0.0038428	0.0020975
수도권	0.0062315	0.0028219
지방 5대 광역시	0.0034943	0.0035554
기타 지방	0.0030180	0.0034718

〈부록 표 2〉 서울권

지역	전체	글로벌 금융위기 이후
서울	0.0061829	0.0038827
강북	0.0059145	0.0034899
강남	0.0071301	0.0042941
강남구	0.0099663	0.0058180
서초구	0.0089411	0.0049016
송파구	0.0095437	0.0051077

국문요약

일반화된 스펙트럴 검정을 이용한 주택시장의 효율성에 관한 연구

본 연구는 Escanciano and Velasco(2006)가 고안한 일반화된 스펙트럴 검정을 통해 우리나라 주택시장의 효율성을 분석하였다. 주택시장의 효율성에 관한 연구는 그 중요성에도 불구하고 주식시장에 비해 연구가 많이 이루어지지 않았다. 시장의 효율성 여부는 마팅계일 차분검정으로 판단할 수 있는데, 특히 일반화된 스펙트럴 검정은 일반성과 단순성이 뛰어난 마팅계일 차분검정 방법으로 알려져 있다. 실증분석에서는 지역적 범위를 전국권과 서울권으로, 시간적 범위를 전체기간과 글로벌 금융위기 기간 이후로 나누었는데, 주택시장은 지역과 시간의 구분 없이 모두 비효율적인 시장으로 밝혀졌다. 따라서 주택 가격이 실제 가치와 일치하지 않다는 점을 감안한 정책 실행이 필요하다.