

HF

주택가격의 변동성지표 구축 및 활용 가능성 검토

장한익, 이동희

ISSUE REPORT



주택가격의 변동성지표 구축 및 활용 가능성 검토

장한익 부연구위원(hijang@hf.go.kr)
이동희 (부산대학교)

본 연구는 주택가격에 대한 변동성지표를 산출하고 주택가격 및 변화율에 대한 설명지표로서의 활용 가능성을 살펴보았다. 산출된 변동성지표를 통해 국내 주택가격의 하락보다 상승이 우위를 차지하며, 특히 2016년 이후 주택가격에 지속적인 상승압력이 작용하였음을 확인하였다. 반면, 2018년 하반기부터 각 변동성지표들이 상승하면서 주택경기가 상승에서 하락 추세로 전환되었다. 위와 같이 주택시장의 변화에 대한 산출된 주택가격 변동성지표들의 설명력을 파악하고, 이를 통해 산출된 변동성지표가 주택시장 예측을 위한 근거자료로서 활용 가능성을 확인하였다.

본고의 내용은 집필자의 개인의견으로 주택금융연구원의 공식적인 견해와 다를 수 있습니다.

I. 주택시장 위험측정의 필요성

- **금융시장의 경우 대규모 경제적 손실이 발생할 수 있는 금융위기를 사전에 예측하고자 다양한 금융변동성지표를 개발하고 활용하고 있음**
- 해외에서는 KCFSI, STLFSI, CISS 등의 금융스트레스지수에 다양한 금융 변동성지표를 포함하여 사전적으로 금융시장의 위험을 파악하고자 함
 - 금융스트레스지수는 다양하나 변동성, 스프레드 등을 이용하여 금융불안 상황을 측정하고 중요도에 다른 각 지표를 가중평균을 통해 단일 지수로 전환
 - 대표 변동성지수인 VIX의 경우 기초자산과 음(-)의 상관관계를 보이며 주식시장 위험에 대한 독립지표의 역할도 수행하고 있음
- 국내에서도 금융위원회, 한국은행 등이 금융스트레스지수를 구축·개선을 진행하고 있으며, 한국은행은 속보성이 뛰어난 지표를 선정해 거시건전성을 진단하는 금융안정지수를 내부적으로 운영
- **2007년 미국의 서브프라임 모기지 사태와 같이 주택시장의 위기가 금융시장의 위기로 확대되는 경험을 통해 주택시장의 위험을 선제적으로 모니터링할 수 있는 지표의 개발이 필요**

- **국내 주택시장도 조기경보시스템이 2004년부터 개발·운영되고 있지만 장기적 주택시장 분석에 집중되어 단기 주택시장 위험에 대한 분석 및 대응 수준이 낮은 것으로 평가됨¹⁾**
 - 금융시장과 달리 주택시장 조기경보시스템은 최소 월별 자료를 이용하여 운영되고 있기 때문에 단기 시장위험을 파악하고 대응하기 어려움
- **자산으로서 부동산에 대한 의존도가 높은 국내의 경우 주택가격의 변화추세와 향후 주택시장 전망에서 주택가격 변동성이 선행지표로서 활용 가능한지 합리적으로 살펴볼 필요가 있음**
 - 임재만(2006), 한용석·이주형·한용호(2010) 등은 국내 주택시장을 설명하는데 주택가격의 변동성이 중요한 요인임을 지적
 - 자산의 가격결정시 미래 위험요소를 반영함에 있어서도 변동성은 중요한 요인으로 구분
 - 배영균(2012)는 변동성의 변화가 주택공급 변화를 반영하고 있음을 지적
 - Hossain and Latif(2009)는 주택가격의 변동성이 주택가격 변화에 영향을 미치는 것으로 확인
- **자산의 가격변동성은 자산의 방향성에 대한 불확실성과 가격등락에 대한 위험 예상지표로 활용 가능하기 때문에 국내 주택가격에 적용하여 동일한 효과를 기대할 수 있는지 검토가 필요**
 - Dolde and Tirtiroglu(2002), 곽승준·이주석(2006) 등은 주택시장이 불안정해지면 변동성이 증가하고 주택시장이 안정화되면 변동성이 감소하는 것을 확인
 - 변동성 축소는 시장위험 완화를 의미할 수 있지만, 위험추구 강화 및 레버리징 확대 속에 충격에 대한 취약성을 증가시킬 수 있음

¹⁾ 박천규(2009)

II. 변동성지표

1. 역사적 변동성(Historical Volatility, HV) 지표

- 역사적 변동성은 과거에 기초자산의 변화 형태가 미래에도 유사하게 반복될 것이라는 가정을 바탕으로 하며 과거 일정기간 동안 기초자산의 변화율 자료를 이용하여 변동성 산출

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r})^2} \quad \text{where } \bar{r} = \text{Average}(r_i) \quad (1)$$

■ Parkinson 변동성(PK)

- Parkinson(1980)이 특정 거래일의 가격범위(고가-저가)를 이용하여 변동성을 측정

$$\sigma_{PK} = \sqrt{\frac{1}{N} \frac{1}{4 \ln(2)} \sum_{i=1}^N \left(\ln \left(\frac{h_i}{l_i} \right) \right)^2} \quad (2)$$

- 시장 종료로 이산적 거래가 발생하여 변동성이 과소추정될 수 있으며, 상승장과 하락장이 추세를 가지면 변동성이 과대추정될 수 있음

■ Garman-Klass 변동성(GK)

- Garman and Klass(1980)는 Parkinson 변동성의 단점을 보완하기 위해 open-to-close 변화율 제곱의 가중평균을 사용하여 추세를 간접적으로 수정

$$\sigma_{GK} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{1}{2} \left(\ln \left(\frac{h_i}{l_i} \right) \right)^2 - (2 \ln(2) - 1) \left(\ln \left(\frac{c_i}{o_i} \right) \right)^2 \right]} \quad (3)$$

- h, l, o, c 는 고가, 저가, 시가, 종가를 의미하며, Garman-Klass 변동성은 상승장과 하락장의 추세로 변동성이 과대 추정될 위험은 줄였지만 시장 종료가 고려되지 않아 변동성의 과소 추정될 가능성은 상존

■ Rogers-Satchell 변동성(RS)

- Rogers and Satchell(1991)는 Parkinson과 Garman-Klass 변동성을 보완하기 위한 방법으로 가격과정에 추세를 포함하여 변동성 산출

$$\sigma_{RS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\ln\left(\frac{h_i}{c_i}\right) \cdot \ln\left(\frac{h_i}{o_i}\right) + \ln\left(\frac{l_i}{c_i}\right) \cdot \ln\left(\frac{l_i}{o_i}\right) \right]} \quad (4)$$

- Rogers-Satchell 변동성은 추세를 포함시켜 상승장이나 하락장과 같이 분명한 추세가 나타나는 경우 변동성이 과대 추정되는 것을 방지

■ Yang-Zhang 변동성(YZ)

- Yang and Zhang(2000)은 Rogers and Satchell(1991)이 산출한 범위 변동성에 특정기간동안의 평균적인 변동성을 가중하여 산출

$$\sigma_{YZ} = \sqrt{\sigma_{on}^2 + k\sigma_{otoc}^2 + (1-k)\sigma_{RS}^2} \quad (5)$$

where $k = \frac{0.34}{1.34 + \frac{N+1}{N-1}}$

$$\sigma_{on}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left[\ln\left(\frac{o_i}{c_{i-1}}\right) - \ln\left(\frac{o_i}{c_{i-1}}\right) \right]^2$$

$$\sigma_{otoc}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left[\ln\left(\frac{c_i}{o_i}\right) - \ln\left(\frac{c_i}{o_i}\right) \right]^2$$

- 상승장과 하락장의 추세로부터 발생하는 변동성이 과대 추정되는 편의를 줄이기 위해 제시
- σ_{on} 은 overnight 변동성, σ_{otoc} 는 open-to-close 변동성을 의미함

2. 공포지수²⁾(Fear Index)

- 옵션가격에 내재된 기초자산의 미래 변동성에 대한 시장의 기대치를 지수로 산출하며, VIX(S&P 500)가 가장 대표적이고 기초자산에 따라 MOVE(미국국채), CVIX(환율), OVX(국제유가) 등이 있음

- 공포지수는 변화율과 역의 관계를 가지며, 각 기초자산 가격 하락시 변동성 상승폭이 더 확대됨

- 변동성 상승폭(기초자산 하락) > 변동성 하락폭(기초자산 상승)

■ VIX(Volatility Index)

- Whaley(1993)가 고안하였으며 CBOE³⁾가 1993년부터 S&P 500의 향후 30일간의 내재변동성을 지수로 환산하여 발표

- 1993년 블랙-숄츠 방식으로 VIX를 산출하였으나 2003년부터 공정분산스왑(Fair Variance Swap) 방식으로 VIX를 산출

- 한국은 2009년 VIX를 벤치마킹한 VKOSPI 지수 개발하였으며, 국가별로 VSTOXX(유럽), VDAX(독일), VFTSE(영국), VCAC(프랑스), VNKY(일본), VHSI(홍콩) 등의 주식시장 변동성지표 존재

- 일정한 만기-30일 간의 변동성을 도출하기 위해 아래와 같이 근월물과 원월물의 변동성을 산출한 후 선형내삽법을 사용

$$\sigma = \sqrt{\left\{ T_1 \sigma_1^2 \left[\frac{N_{T_2} - N_{30}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] + T_2 \sigma_2^2 \left[\frac{N_{30} - N_{T_1}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] \right\} \times \frac{N_{30}}{N_3}} \quad (6)$$

↓

$$VIX = 100 \times \sigma$$

- σ_1^2, σ_2^2 는 각각 최근월물과 차근월물의 분산이며, T_1, T_2 는 최근월물과 차근월물의 잔존기간, N_{T_1}, N_{T_2} 는 최근월물과 차근월물의 잔존일수를 의미함

²⁾ 공포지수는 내재변동성을 기반으로 산출된 변동성지수의 별칭이며, 시장이 불안할수록 증가

³⁾ 시카고옵션거래소(Chicago Board Option Exchange, CBOE)

- CVIX, MOVE, OVX 등도 VIX와 유사한 방법으로 내재변동성을 측정하고
지수화함

■ MF-VIX(Model-Free Volatility Index)

- Chow, Jiang and Li(2018)는 확률과정(Stochastic process)을 포함하지 않고
로그 변화율(r)의 적률(moment) 조합으로 구성된 Model-Free VIX를 제시

$$MF-VIX = 100 \times \sqrt{\left[V_N + \frac{W_N}{3} + \frac{X_N}{12} \right]} \tag{7}$$

where $V = E(r^2)$, $W = E(r^3)$, $X = E(r^4)$

3. 기타 변동성 지표

■ CMAX/CMIN

- (CMAX) 0과 1 사이의 값을 취하며, 기초자산의 가격정보를 활용한
일종의 가격변동성의 측도이면서 자산손실의 측도임
- x 는 가격변수이며 CMAX가 0에 접근할수록 하락위험의 가능성이 높게 평가

$$CMAX_t = \frac{x_t}{\max[x \in (x_{t-j} | j = 0, 1, \dots, N)]} \tag{8}$$

- (CMIN) 표본 중 최저치 대비 기초자산 가격의 비율로 표시되는 CMAX와
유사한 가격변동성 측도

$$CMIN_t = \frac{\min[x \in (x_{t-j} | j = 0, 1, \dots, N)]}{x_t} \tag{9}$$

- CMIN도 CMAX와 같이 0과 1사이의 값을 취하며 0에 근접할수록 상승위험의
가능성이 높게 평가

■ 왜도지수(Skew Index)

- ‘11년 2월부터 CBOE가 발표하고 있으며, 극단적인 금융시장 변화율의 급락을 판단하는데 대해 특화된 지표

$$\text{왜도지수}_t = 100 - 10 \times \text{왜도}_t \tag{10}$$

- 왜도지수는 일반적으로 100 이상의 값을 가지게 되며, 정규분포(왜도지수 =100)에서 확률변수의 값이 평균보다 2×표준편차 이상 작은 값을 가질 확률이 2.30%, 3×표준편차 이상 작은 값을 가질 확률이 0.15%를 의미함

[표1] 왜도지구와 지수 하락 확률(%)

왜도지수	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
2×표준편차 이상 작은 값을 가질 확률	2.30	3.65	5.00	6.35	7.70	9.05	10.40	11.75	13.10	14.45
3×표준편차 이상 작은 값을 가질 확률	0.15	0.45	0.74	1.04	1.33	1.63	1.92	2.22	2.51	2.81

※ 자료 : CBOE

- 변화율 평균이 1.5%, 표준편차가 1.2%, 왜도지수가 115라면 다음기 변화율이 평균보다 표준편차 2배 이상 낮을 확률은 6.35%임
- -0.9%(=1.5-2×1.2)보다 낮은 변화율이 나타날 확률은 6.35%라는 의미

III. 주택가격의 변동성지표 구축 및 비교

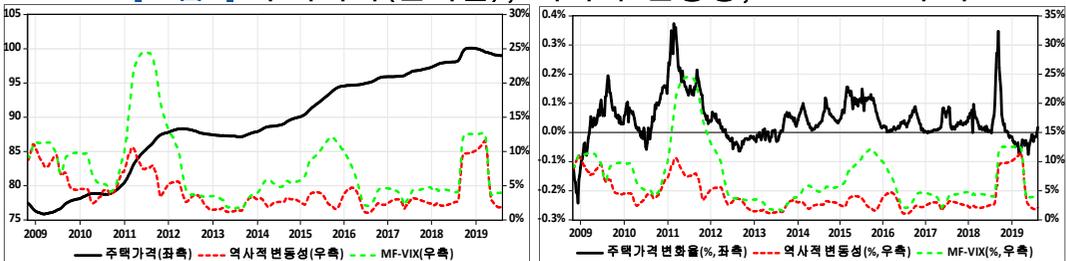
1. 국내 주택가격에 대한 변동성지표 구축

- KB국민은행의 리브온에서 추출한 주택가격⁴⁾를 통해 기본적인 역사적 변동성, Yang-Zhang 변동성, MF-VIX, CMAX, CMIN, 왜도지수 등을 산출하여 선행 및 위험지표로서 활용 가능성을 파악

4) 본 연구에서는 주택가격으로 주택매매가격지수를 활용하였으며, ‘08.4월1주~‘19.8월2주까지의 주별 자료를 사용

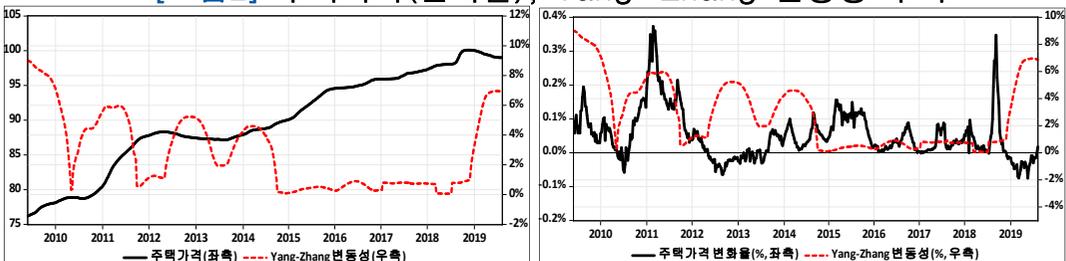
- 역사적 변동성, MF-VIX, 왜도지수는 로그 변화율을 사용하였으며, CMAX와 CMIN은 수준변수를 사용
 - 각 주별 변동성지표는 30주 구간을 1주씩 표본이동(Rolling Windows)하여 산출
 - 역사적 변동성과 MF-VIX의 비교를 위해 식(1)의 역사적 변동성도 100을 곱함
 - 한국은 현재 주택가격관련 파생상품이 개발되지 않아 내재변동성⁵⁾을 이용한 VIX를 직접적으로 산출하기 어렵기 때문에 Chow, Jiang and Li(2018)의 MF-VIX로 대신함
- 주택가격은 금융시장처럼 연속적인 거래정보가 표시되지 않기 때문에 Yang-Zhang 변동성을 산출하기 위해 일정기간(30주)의 주택가격 집합을 일별자료처럼 고려함
 - 산출된 Yang-Zhang 변동성의 표본기간은 '09년6월1주~'19년8월2주이며, 나머지 변동성지표는 '08년11월1주~'19년8월2주로 구성

[그림1] 주택가격(변화율), 역사적 변동성, MF-VIX 추이



※ 자료 : KB국민은행 리브온, 주택금융연구원

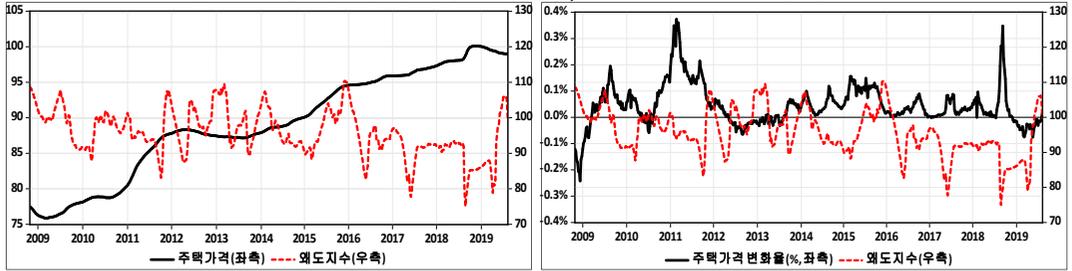
[그림2] 주택가격(변화율), Yang-Zhang 변동성 추이



※ 자료 : KB국민은행 리브온, 주택금융연구원

5) 역사적 변동성은 과거 변화율을 사용하기 때문에 계산이 용이하지만 예측력이 떨어지는 측면이 있고, 내재변동성은 옵션가격이 존재해야 계산이 가능하고 방식에 따라 산출결과가 다르다는 한계가 있음

[그림3] 주택가격(변화율), 왜도지수 변동성 추이



※ 자료 : KB국민은행 리브온, 주택금융연구원

- 직접적인 산출된 변동성지표 중 MF-VIX가 평균적으로 가장 큰 변동성을 보이며, 다음으로 역사적 변동성, Yang-Zhang 변동성 순으로 확인

[표2] 변동성지표 기초통계량

통계량	HV	YZ	MF-VIX	CMAX	CMIN	왜도지수
평균	4.27*	2.83*	7.70*	1.00	0.98	95.83
표준편차	2.71	2.51	5.20	0.01	0.01	6.51
최대값	11.55	9.03	24.50	1.00	1.00	110.32
최소값	1.05	0.06	1.56	0.97	0.94	75.03
왜도	1.10	0.65	1.52	-2.99	-1.55	-0.12
첨도	3.01	2.22	5.22	11.95	5.39	2.87
JB 검정 ⁶⁾	109.29*	49.72*	320.83*	2623.49*	348.88*	1.73

※ 주) *는 5% 유의수준을 의미함

- 전기의 변화율로 산출된 역사적 변동성과 MF-VIX와 달리 범위변동성인 Yang-Zhang변동성은 상대적으로 안정적인 지표로 확인
- CMAX, CMIN, 왜도지수의 평균이 각각 1, 0.98, 95.83으로 나타나면서 표본기간에서 국내 주택시장은 상승이 주도하고 있음을 확인
 - CMAX의 평균이 1이라는 것은 상승이 지속적으로 유지되었으며, CMIN의 평균이 1보다 작다는 것은 상승기간이 하락기간보다 길었음을 의미함
 - 왜도지수가 100보다 작으면 변화율의 급등할 가능성이 증가함
- JB검정을 통해 각 표본의 정규성을 살펴보면, 왜도지수의 표본만이 정규성을 갖는 것으로 확인됨

⁶⁾ Jarque and Bera(1987)가 소개하였으며, 표본분포의 정규성을 검정함

■ **역사적 변동성, Yang-Zhang 변동성, MF-VIX와 주택가격은 음(-)의 관계가 확인되지만 변화율과는 양(+의 관계가 확인됨**

- 왜도지수의 상승은 변화율 급락의 가능성이 확대되는 것을 의미하기 때문에 왜도지수와 주택가격 및 변화율은 음(-)의 관계 형성
- CMAX는 주택가격 및 변화율과 양의 관계를 보이며, CMIN의 경우 변화율과의 관계에서만 유의미한 음(-)의 관계를 형성함
- CMIN과 주택가격 간의 상관계수만이 통계적으로 유의한 관계가 확인되지 않는 것으로 나타남

[표3] 변동성지표와 주택가격(변화율) 간 상관계수

변수	HV	YZ	MF-VIX	CMAX	CMIN	왜도지수
주택가격	-0.32*	-0.58*	-0.24*	0.36*	0.07	-0.39*
변화율(%)	0.18*	0.09*	0.48*	0.42*	-0.63*	-0.20*

※ 주) *는 5% 유의수준을 의미함

2. 주택가격에 대한 변동성지표의 선행 검정

■ **Granger 인과관계 검정(1969, 1980)을 통해 변동성지표가 주택가격 또는 주택가격 변화율에 대해 선행관계를 보이는지 확인**

- (검정결과) 변동성지표들은 주택가격의 선행지표로 활용이 가능하며, 변화율의 경우 Yang-Zhang 변동성은 선행지표로 사용하기는 어려운 것으로 확인
- Yang-Zhang 변동성만이 변화율을 선행하지 않는다는 귀무가설을 기각하지 못함

[표4] 변동성지표 ⇨ 주택가격(변화율)의 Granger 인과관계 검정

변수	요인변수					
	HV	YZ	MF-VIX	CMAX	CMIN	왜도지수
주택가격	10.31***	8.50***	130.63***	145.31***	294.06***	33.27***
변화율(%)	2.19**	1.04	1.75*	2.82**	2.64*	3.60**

※ 주) *, **, ***는 10%, 5%, 1% 유의수준을 의미함

- 변동성지표들은 단기적인 주택시장 변화보다 장기적인 추세변화에 대한 선행성이 명확하게 확인
- 특히 Yang-Zhang 변동성은 범위변동성으로 일정시간 간격을 기준으로 산출된 일반적인 주택가격 변화율에 대한 설명력이 약한 것으로 파악됨

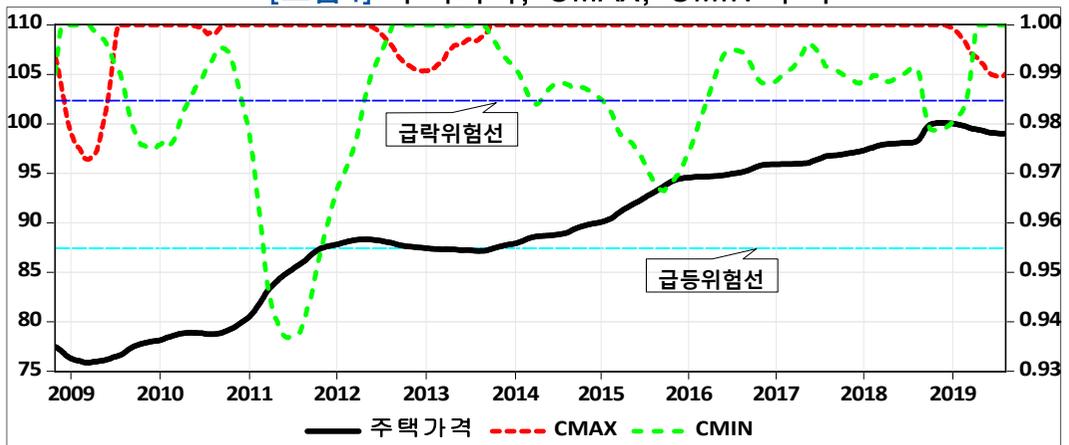
3. 국내 주택가격 추세 변화와 위험

- CMAX와 CMIN의 경우 Zouaoui, Nouyrigar and Beer(2011)가 제시한 위기지표를 활용하여 주택가격의 상승 또는 하락위험을 파악할 수 있음

$$C_{i,t} = 1 \text{ if } CMAX_{i,t} < \overline{CMAX}_i - 2\sigma_i \text{ (} CMIN_{i,t} < \overline{CMIN}_i - 2\sigma_i \text{)} \quad (11)$$

$$C_{i,t} = 0, \text{ otherwise}$$

[그림4] 주택가격, CMAX, CMIN 추이



※ 자료 : KB국민은행 리브온, 주택금융연구원
 ※ 주 : 주택가격(좌측), 변동성지표(우측), 위험선(우측)

- $CMAX_{i,t}$ 가 0.985보다 작아지면 주택가격이 급락할 위험이 커지며, $CMIN_{i,t}$ 가 0.955보다 작아지면 주택가격이 급등할 위험이 증가함
- '08년12월8일~'09년6월8일은 주택경기가 급격하게 악화된 기간이며, '11년3월17일~'11년10월31일은 주택경기가 급격하게 팽창된 기간으로 확인
- 국내 주택시장은 급락 및 급등 위험을 경험하였으나, 전반적으로 급락보다는 급등위험에 노출된 경향이 강하게 나타남

IV. 결론 및 시사점

- **주택가격에 대한 변동성지표를 산출하고 해당 지표의 주택가격 및 변화율에 대한 설명력을 파악하여 위험지표로서 활용 가능성을 확인**
 - 변동성지표의 주택가격에 대한 장·단기 설명력이 통계적으로 유의미한 것으로 확인
 - 주택가격과 산출된 변동성지표 간의 관계도 VIX와 주가지수와 유사하게 음(-)의 관계를 형성
 - 반면, 주택가격 변화율과 변동성지표 간 양의 상관관계가 형성
- **국내 주택가격에서 표본기간 동안 하락보다 상승이 우위를 차지고 있으며, 특히 2016년 이후 주택가격에 지속적인 상승압력이 작용함**
 - '16~'18년까지 역사적 변동성, MF-VIX은 5% 이하의 수치를 유지하였으며, 왜도지수도 100보다 작은 값을 유지하면서 주택가격은 안정적으로 증가함
- **2018년 하반기부터 각 변동성지표들이 상승하고 있으며, CMAX가 급락위험선에 접근하면서 주택시장 경기가 상승에서 하락 추세로 전환**
 - 역사적 변동성과 MF-VIX가 우선적으로 증가하였으며, 이후 Yang-Zhang 변동성, 왜도지수 순으로 증가함
 - 왜도지수는 100보다 높은 값을 형성하면서 주택가격의 급락위험이 상승
 - CMAX도 약 5년만에 급격하게 감소하는 모습을 보임
 - 역사적 변동성과 MF-VIX는 최근 감소하였지만 나머지 변동성지표들은 상승한 상태를 유지하면서 주택가격의 하락추세는 지속될 것으로 예상
- **본 연구를 통해 주택시장의 변화에 대한 산출된 주택가격 변동성지표의 설명력을 파악하고, 이를 통해 변동성지표가 주택시장 추세예측을 위한 근거자료로서 활용 가능성을 확인**

<참고문헌>

- 곽승준, 이주석, 2006, “부동산정책이 주택가격의 변동성 변화에 미치는 영향: 주택가격의 변동성 변화 시점을 중심으로,” 주택연구, 14(2), 175-194.
- 박종해, 2011, “한국주식시장에서 범위변동성의 기간별 예측력에 관한 연구,” 경영정보연구, 30(2), 237-255.
- 박천규, 2009, “주택시장 스트레스 지수 개발에 대한 연구,” 주택연구, 17(2), 57-74.
- 배영균, 2012, “주택공급의 가격탄력성과 주택가격 변동성,” 대한부동산학회지, 30(1), 67-84.
- 엄영호, 지현준, 장운욱, 2008, “변동성지수의 미래예측력에 대한 연구,” 금융연구, 22(3), 1-33.
- 임재만, 2006, “주택매매가격의 변동성에 관한 연구,” 주택연구, 14(2), 65-84.
- 한용석, 이주형, 한용호, 2010, “지역별 주택가격의 변동성에 관한 연구,” 대한부동산학회지, 28(2), 9-27.
- 국토교통부, 2016, “부동산시장 조기경보시스템 고도화 연구,” 용역보고서.
- 금융위원회, 2012, “국내외 조기경보활동 동향 점검 및 금융시장 조기경보 모형 개선,” 용역보고서.
- 한국금융연구원, 2014, “국제금융 이슈: 왜도지수 급등으로 인한 미국 주식시장 급락 우려,” 주간금융브리프, 23(2), 16-17.
- KB금융지주 경영연구소, 2016, “변동성지수(Volatility Index)의 이해와 활용,” KB 지식 비타민, 16-54호.
- KB금융지주 경영연구소, 2017, “주요 금융불안지수의 이해,” KB 지식 비타민, 17-01호.
- Chow, K. V., W. Jiang and J. Li, 2018, “Does VIX Truly Measure Return Volatility?,” Available at SSRN 2489345.
- Dolde, W. and D. Tirtiroglu, 2002, “Housing Price Volatility Changes and Their Effects,” *Real Estate Economics*, 30, 41-66.

- Granger, C. W. J., 1969, “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Models,” *Econometrica*, 37, 424-438.
- Granger, C. W. J., 1980, “Testing for Causality, a Personal Viewpoint,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2, 329-352.
- Garman, M. B. and M. J. Klass, 1980, “On the Estimation of Security Price Volatilities from Historical Data,” *Journal of Business*, 53, 67-78.
- Hossain, B. and E. Latif, 2009, “Determinants of housing price volatility in Canada: a dynamic analysis,” *Applied Economics*, 41(27), 3521-3531.
- Jarque, C. M. and A. K. Bera, 1987, “A Test for Normality of Observations and Regression Residuals,” *International Statistical Review*, 55(2), 163-172.
- Parkinson, M., 1980, “The Extreme-Value Method for Estimating the Variance of the Rate of Return,” *Journal of Business*, 53, 61-65.
- Rogers, L. C. G. and S. E. Satchell, 1991, “Estimating Variance from High, Low and Closing Prices,” *Annals of Applied Probability*, 1, 504-512.
- Whaley, Robert E., 1993, Derivatives on market volatility: Hedging tools long overdue, *Journal of Derivatives* 1, 71-84.
- Yang, D. and Q. Zhang, 2000, “Drift-independent Volatility Estimation Based on High, Low, Open, and Closing Prices,” *Journal of Business*, 73, 477-491.
- Zhen, F and J. E. Zhang, 2014, “The CBOE SKEW,” Working paper, University of Otago.
- Zouaoui, M., G. Nouyrigar and F. Beer, 2011, “How does investor sentiment affect stock market crises? Evidence from panel data, *The Financial Review*, 46(4), 723-747.

CBOE, <https://www.cboe.com/>

KB국민은행 리브온, <https://onland.kbstar.com/>

■ 작성자 : 장한익 부연구위원 (051-663-8158 / hijang@hf.go.kr)

이동희 (부산대학교)

■ 본고의 내용은 집필자의 개인의견으로 주택금융연구원의 공식적인 견해와 다를 수 있습니다.