

금융 · 주택시장 변동성 특성 및 전이구조 분석 : GARCH와 베이지안 VAR 접근

Volatility and Spillover Structures in Korea's Financial and Housing Markets
: GARCH and Bayesian VAR Approach

서 상 원 (Seo, Sang-Won)*
양 창 규 (Yang, Chang-Gyu)**

< Abstract >

This study investigates volatility spillovers between Korea's financial and housing markets. We estimated conditional variances of weekly returns for financial variables (KOSPI, interest rate, exchange rate) and housing variables (sales price index, Jeonse price index, market sentiment index) using GARCH-family models. Employing a Bayesian VAR to enhance estimation stability, we analyzed dynamic spillovers across periods divided by a structural break identified on October 1, 2018.

The results show that the EGARCH model fits KOSPI and housing market prices, while the standard GARCH fits the other variables. IRF and FEVD analyses further indicate that, in the recent period, the contribution of own-shocks declines, while cross-variable spillovers expand. Notably, the exchange rate drives financial volatility and a transmission path is observed where financial shocks propagate to sales prices via buyer sentiment and the Jeonse market. Furthermore, an inverse feedback from sentiment to the interest rate and an amplification effect of Jeonse volatility on sales prices are observed.

These findings imply that an integrated monitoring system is essential to prevent risk propagation, given the distinct volatility transmission paths. Moreover, since the Jeonse market acts as a key transmission channel, managing its volatility is crucial for housing price stability. Finally, considering volatility asymmetry, differentiated policy responses are required for market upturns and downturns.

Keyword : housing market, volatility spillover, GARCH, Bayesian VAR (BVAR)

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

최근 국내 자산시장의 핵심적인 특성은 높아진 변동성으로 요약될 수 있다. 변동성은 자산의 본질적 가치에 대한 새로운 정보가 자산가격에 반영되었다는 점에서 시장의 효율적인 작동을 시사하지만, 과도한 변동

성의 발생은 금융시장의 안정성을 저해하고 실물경기 위축으로 연결될 수 있다는 점에서 경제의 주요한 위험요인으로 인식되고 있다.

금융시장 변동성은 IMF 외환위기와 글로벌 금융위기를 거치며 자본자유화와 금융혁신이 진전되는 과정에서 구조적으로 확대되었다. 외국인 투자와 파생상품 거래의 활성화로 시장의 민감도가 지속적으로 상승해 온 가운데, 2020년 코로나19 충격에 따른 급락과 유동

* 서강대학교 일반대학원 부동산학협동과정 박사과정, swseo@sogang.ac.kr 주저자

** 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 교수, cozlove@svu.ac.kr 교신저자

성 공급에 기인한 급반등을 거치며 변동성은 더욱 확대되었다. 2022년 이후에는 지정학적 리스크와 인플레이션발 통화 긴축이 본격화되며 시장은 재차 조정을 겪었고, 2025년에는 대외 통상환경의 불확실성에 따른 상반기 조정 이후 하반기 정책 모멘텀과 주력 산업 회복 기대가 맞물리며 주가와 환율이 동반 상승하는 등 복합적인 변동성 국면이 지속되고 있다.

부동산 시장 역시 2022년 이후 금리 인상과 공사비 상승에 따른 신규 공급 축소가 부동산 PF 부실 우려와 겹치면서 거래와 심리가 위축되었으나, 2025년에는 서울 아파트를 중심으로 신고가 거래가 이어지며 상승 국면으로 전환되며 규제 강화의 배경이 되었다. 실제 통계로도 기준금리가 최저(0.5%)였던 2020년 6월부터 현재까지 코스피지수·원달러 환율·국채 3년물 금리의 표준편차는 2010년 1월부터 2020년 5월 사이의 기간에 비해 각각 57%, 18%, 120% 증가하였다. 서울의 아파트 매매가격 및 전세가격의 주간 변동률 표준편차도 각각 63%, 133% 확대되어 주택시장에서도 금융시장과 유사한 변동성의 구조적 확대가 확인된다.

변동성의 확대는 개별 시장 내부에서만 국한되지 않고 다른 시장으로 전이(spillover)된다는 점에서 더 큰 문제가 된다. 주가 하락은 역(逆)의 자산효과를 통해 소비를 위축시키고, 금리 변동은 주택담보대출과 부동산 PF 금리에 영향을 주어 주택시장의 유동성을 제약한다. 부동산가격 변동은 대차대조표를 통해 대출 여력과 디레버리징 압력을 변화시켜 실물경기과 금융시장에 영향을 미친다. 특히 우리나라의 경우 부동산 금융이 고도로 발달해 PF대출·주택담보대출 및 유동화 증권 등을 매개로 양 시장의 변동성이 순환적으로 전파될 가능성도 있다.

더욱이 변동성은 한번 확대되면 장기간 높은 수준이 지속되는 군집성(clustering)과 특정 방향의 충격에 더 민감하게 반응하는 비대칭성(asymmetry)으로 인해 작은 충격이 자기강화 과정을 통해 증폭될 수 있다. 이러한 점에서 개별 시장 차원의 위험관리뿐만 아니라 시장 간 위험의 전이구조를 검토하는 것이 중요하다. 그럼에도 국내외 선행연구는 주로 금융시장 내부의 변동성 분석에 초점을 두었고, 주택시장까지 확장하더라도 매매가격 중심으로 한정되는 경향이 있었다. 특히 전세 시장과 심리변수까지 고려하여 전이구조를 동태적으로 분석한 연구는 드물었다.

이에 본 연구는 다음과 같은 연구의 목적을 설정하

였다. 첫째, 금융시장과 주택시장의 주요 변수들의 변동성 특징을 군집성과 비대칭성을 중심으로 분석한다. 둘째, 다변량 시계열모형을 활용하여 금융시장과 주택시장 변수 간 변동성 전이 구조를 추정한다. 셋째, 경제구조 변화를 계량적으로 식별하고 최근에 변동성 전이 구조가 어떻게 변화하였는지 분석한다. 이를 통해 본 연구는 상호 연계성이 높아진 금융시장과 주택시장의 변동성 간 리스크 전파 경로를 파악하고, 시장의 안정을 강화하는 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

2. 연구 방법 및 체계

본 연구는 2010년 1월부터 2025년 9월까지의 자료를 활용하여 금융시장(주가, 금리, 환율)과 주택시장(서울 아파트 매매가격지수, 전세가격지수, 매수우위지수)의 주간 수익률을 산출하고 변동성을 추정하였다. 변동성 추정에는 GARCH 계열 모형을, 추정된 변동성 간 전이효과 분석에는 베이지안 VAR(Bayesian VAR) 모형을 사용하였다. 아울러, 경제구조 변화 시점은 Bai-Perron 검정을 통해 계량적으로 식별하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. I 장에서 연구배경 및 목적과 연구 방법 및 체계를 제시하고, II 장에서 이론적 근거와 선행연구 검토를 통해 연구의 차별성을 논의한다. III 장에서는 변동성 분석을 위하여 조건부 이분산 모형의 설정과 조건부 분산 추정, 정상성 검정을 수행한다. IV 장에서는 변동성 전이구조 분석을 위해 분석 기간 구분, 베이지안 VAR 모형 설정 및 식별, 충격반응분석 및 분산분해분석, 그리고 강건성 검증을 단계적으로 수행한다. 마지막 V 장에서는 연구 결과의 요약 및 정책적 시사점과 한계를 제시한다.

II. 이론적 배경 및 선행연구 검토

1. 이론적 배경

금융시장의 변동성 확대는 불확실성 증가를 통해 실물 부문의 경제적 비용을 발생시킬 수 있다. 주식 등 금융자산의 가격 변동성 확대는 경제주체의 자산가치와 기대소득에 대한 불확실성을 높여 예비적 저축(precautionary saving)을 증가시키고 소비를 위축시키며, 실물옵션(real options) 관점에서 기업의 설

비투자를 지연시킨다. 또한, 금리 변동성의 확대는 시장의 위험 프리미엄을 상승시켜 가중평균자본비용(WACC)을 높임으로써 신규투자 유인을 제약하고, 환율 변동성의 확대는 교역조건을 악화시켜 무역수지 불균형을 초래하고 외국인 자본 유출입 변동성을 확대하여 금융시장 교란 요인이 된다. 나아가 변동성이 과도하게 심화될 경우 잠재성장률의 하락과 국가신인도 및 펀더멘털의 훼손을 초래할 가능성도 있다.

아울러 변동성 확대는 금융시장에서 정보 비대칭을 심화시키고 금융기관의 대차대조표(balance sheet) 건전성을 훼손할 수 있다. 이는 금융기관의 레버리지 축소(deleveraging)와 신용 할당(credit rationing)을 야기하며, 실물 부문의 자금 경색과 총수요 감소로 귀결될 가능성도 있다. 더욱이 금융시장과 긴밀히 연결된 주택시장에서 가격 변동성까지 확대되면 시스템 리스크의 증폭과 주거 불안 문제로도 이어질 수 있다. 특히 주택가격 급등은 계층 간 부의 양극화를 고착화하여 사회적 비용을 유발하고, 유동성이 부동산 투기로 집중되게 만드는 자원 배분의 왜곡을 초래한다.

더욱이 변동성은 시장 간 밀접한 연계성으로 인해 다양한 경로를 통해 전이될 수 있다. 첫 번째는 자산효과(wealth effect) 및 포트폴리오 재조정 경로이다. 주식, 채권 등 위험자산의 가격 급락은 부(負)의 자산효과를 통해 민간 소비를 위축시킬 뿐 아니라, 구매력 감소로 주택시장의 유효수요를 제약하는 요인으로 작용한다. 가계 자산의 높은 비중을 차지하는 주택가격 변동성 확대 역시 가계의 부(wealth)에 대한 불확실성을 높여 투자자의 위험회피 성향을 강화하고, 이는 위험자산으로의 자금 유입을 차단하거나 자금 이탈을 유발함으로써 양 시장의 변동성을 동조화시킬 수 있다.

두 번째는 신용경로(credit channel)와 레버리지 효과에 따른 경로이다. Bernanke and Gertler(1995)의 대차대조표 효과에 따르면, 금리 상승이나 자산가격 하락은 차입자의 담보가치를 훼손시켜 차입 여력을 축소시키고 레버리지가 높은 주택시장에서 유동성 제약과 급격한 자산매각 압력을 초래하여 가격 변동성을 증폭시키는 기제로 작용한다. ‘금융가속기(financial accelerator)’ 이론으로 설명되는 이러한 메커니즘은 금융시장의 변동성 확대가 금융기관의 보수적 대출 행태와 디레버리징을 유발할 경우 강화된다. 특히, 우리나라 주택시장은 주택담보대출과 전세보증금 등의 레버리지 활용이 높아 충격에 더욱 민감할 수 있다.

세 번째는 정보 전이와 시장 구조적 연계 경로이다. 정보 효율성이 상대적으로 높은 주식시장의 가격 변동은 금융시장을 넘어 부동산 시장의 전망 및 기대 심리에 영향을 미친다. 최근 부동산 PF 및 유동화증권 등을 매개로 자본시장과 부동산 시장이 고도로 결합한 구조 하에서는 금융시장의 급락이나 공포 심리가 주택시장 참여자들에게 비이성적 군집행동(herding behavior)을 유발하여 변동성을 확대할 가능성이 있다(Akerlof and Shiller, 2009). 즉, 금융시장의 불안 심리가 부동산 시장 전반의 심리 위축으로 전염되면서 부동산가격 하락압력으로 이어질 수 있다.

2. 선행연구 검토

선행연구들은 금융 및 주택시장의 변동성 특성을 분석하는 연구와 변동성 간의 전이 구조를 분석하는 연구로 구분된다.

금융시장 변동성 특성과 관련된 연구를 살펴보면, 김명기·문소상(1998)은 GARCH 모형으로 주가·금리·환율 중 주가 변동성이 가장 크고 금리 변동성은 낮다고 분석하였다. 아울러 환율 및 주가 변동성이 환율과 금리 상승을 유발하고, 주가 불안은 초기국면에서 환율 및 금리 상승으로 이어진다고 제시하였다. 김경수(2006)는 IMF 외환위기 전에는 환율 변동성이 주가 변동성에 단방향으로 작용하였으나, 이후에는 양방향으로 전환되고 전반적인 변동성 수준도 확대되었음을 확인하였다. 윤재형(2012)은 VAR-EGARCH 모형을 통해 위기 이후 외환·주식시장에서 음(-)의 충격 영향이 커지고 지속성이 증가하였으며, 채권과 환율 변동성 간 상관관계는 상승하고 채권과 주식 변동성 간 상관관계는 하락함을 보였다. 김종선(2016)은 환율 변동성은 대칭적이지만 KOSPI 변동성은 비대칭적이며, 환율 변화율과 KOSPI 수익률 사이에 유의한 음(-)의 상관관계가 존재함을 제시하였다. 김남종·박성욱·박춘성(2020)은 글로벌 금융위기 이후 주가·환율·금리의 변동성 수준이 전반적으로 낮아졌으나, 국내 통화정책과 위안화 변동성의 영향력이 증가하였다고 분석하였다. 최완수(2021)는 주가 변동성은 비대칭적이나 채권가격에서는 그러한 특성이 유의하지 않으며, 전일 주식시장의 부정적 충격이 당일 채권 수익률 하락에 유의한 영향을 미친다고 하였다. 문규현(2023)은 코로나 기간 중 주식시장을 하락-반등-재하락 구간으

로 구분한 뒤, 주가 변화는 전체 기간에서 환율 변화에 영향을 주지만, 환율의 주가에 대한 역방향 영향은 상승 국면에서만 유의하다고 하였다. 우신욱·강삼모(2025)는 GJR-GARCH 모델을 적용하여 선진국과 신흥국 주가 변동성에 광범위한 레버리지 효과가 존재하고 위기 시에 확대되는 경향이 있음을 밝혔다.

주택시장 변동성 특성과 관련된 연구를 살펴보면, 임재만(2006)은 아파트 매매가격의 초과수익률 변동성은 EGARCH 또는 TGARCH 등 비대칭 모형이 적합함을 확인하였다. 김현재(2011)는 EGARCH 모형을 통해 소득 변동성이 주택가격 변동성에 유의한 영향을 미치고, 상승 충격이 하락 충격보다 주택가격 변동성을 더 크게 확대하는 양(+)의 레버리지 효과가 있음을 제시하였다. 김종호·정재호(2011)는 5대 도시 아파트 시장에서 긍정적인 뉴스가 갖는 비대칭 효과를 확인하였고, 서울에서 인천·울산·광주로의 변동성 전이구조가 금융위기 이후 악화 되었음을 보였다. 성주한·윤영식(2014)은 전세가격 변동성에 대한 GARCH 모형에서 실질 GDP 성장률은 양(+), 채권금리와 물가는 음(-), 동일 시기의 매매가격 변화율은 양(+), 선행 건축허가 변화율은 음(-)으로 작용한다고 분석하였다. 전해정(2015)은 매매가격 변동성은 서울에서 경기도, 전세가격 변동성은 서울에서 경기·인천으로 전이효과가 존재함을 확인하였다. 또한 전해정(2023)은 서울 5대 권역 간 변동성 전이 구조분석에서 동남권(강남·서초·송파·강동)의 선도 역할이 크다고 제시하였다. 고동우·윤성민(2024)은 주택담보대출, 건설 인허가 및 미분양이 주택가격에 그랜저 인과관계가 있다고 밝혔다.

금융시장과 주택시장의 변동성 전이와 관련된 연구를 살펴보면, 유한수(2007)는 KOSPI 변동성이 주택매매가격 변동성에 단방향으로 그랜저 인과관계가 있는 것으로 분석하였다. 김미형(2009)은 IMF 외환위기 이후 주식과 채권의 변동성은 쌍방향으로 상호작용하나, 부동산 변동성과 주가·금리 간의 상호 영향은 미약함을 제시하였다. 최영상·고성수(2015)는 팽창적 통화정책과 모기지 규제 완화는 주택가격 변동률을 가속시키고, 긴축과 규제 도입은 반대로 감속시키는 것으로 확인하였다. 장영길(2017)은 주택가격 분산이 자기분산과 대출금리에 의해 좌우되고, 주택가격이 채권 및 대출금리에 영향을 미침을 분석하였다. 신종협(2019)은 VAR-GARCH 모형으로 주식, 채권, 부동산, 환율

에서 GARCH 효과를 확인하고, 주택가격 변화율은 타 자산 과거 수익률의 영향을 받지 않으나 금융위기 이후 주식과 주택 간 상관관계가 유의함을 보였다. 최남진(2019)은 구조 VAR 모형을 활용해 통화량 변동성 상승이 시차를 두고 주택가격 변동성 상승을 야기하고 역방향이 영향도 일부 존재함을 밝히면서 아울러 주택가격 변동성 증가는 산업생산 확대에 이어진다고 분석하였다. 김종선(2021)은 TGARCH 모형을 통해 금리 변동성이 외부 충격에 민감하게 반응하며, 저금리 기조에는 금리 변동성이 축소되는 반면 서울의 전세·매매가격 변동성은 확대된다는 점을 밝혔다. 최차순(2021)은 GARCH-VAR 모형을 적용하여 변동성 규모가 환율, 주가, 금리, 주택, 물가 순으로 나타남을 보였고, IMF 위기 이후 금융시장 변동성의 주택시장 변동성에 대한 영향력이 강화되었음을 확인하였다. 아울러 주가의 영향은 단기적이지만 금리의 영향은 지속적임을 확인하였다. 유정석(2024)은 다변량 ARCH 모형을 통해 가상자산·주식에서 부동산으로의 전이가 존재하고, 해당 효과가 강남구 아파트 시장에서 상대적으로 크게 나타남을 제시하였다.

3. 선행연구와의 차별성

관련 선행연구를 검토한 결과, 변동성 분석은 대체로 월간 단위 자료에 기반해 수행되었고, 연구의 초점 또한 금융시장에 편중되는 경향이 있었다. 주택시장 변수가 포함되더라도 매매가격 중심으로 제한되는 경우가 많았고, 변동성 추정모형의 선택 과정에서 객관적 기준이 명확히 제시된 경우가 많지 않았다. 또한, 다변량 시계열모형 추정의 안정성에 대한 점검도 충분하지 않았으며, 최근의 경제 구조 변화에 따른 변동성 전이경로의 재편 가능성을 고려한 연구는 드물었다.

본 연구는 이러한 선행연구의 한계를 다음과 같이 극복하려 하였다. 첫째, 주택시장의 전세가격과 심리 변수를 포함하고 주간자료를 사용함으로써 변동성을 보다 정교하게 포착하였다. 특히 각 변수에 대해 그리드 서치(grid search)를 통한 최적의 GARCH 계열 변동성 모형을 선정하여 모형 선택의 객관성을 제고하였다. 아울러 계량적 기준으로 경제 구조 변화를 식별하여 자의성을 최소화하고 분석의 객관성을 강화하였다.

둘째, 변동성 간의 전이효과 추정에서 베이지안 VAR 접근을 적용하여 과적합을 완화하고 모수 추정의

안정성을 높이고자 하였다. 이를 통해 변동성 전이구조를 체계적으로 분석하면서도 최근기간에 관찰되는 구조적 변화와 관련된 정책적 시사점을 제시하였다. 아울러 대안모형을 통한 강건성 점검을 수행하여 분석 결과의 신뢰성을 보완하였다.

III. 변동성 분석

1. 분석 방법

분석에는 <표 1>과 같이 금융시장 및 주택시장의 변수 6개를 활용하였다. 먼저 금융시장 변수로는 주가, 금리, 환율을 선정하였고, 관련 자료는 한국은행 경제통계시스템(ECOS)에서 추출하였다. 주택시장 변수로는 KB부동산 데이터허브가 제공하는 서울 아파트 매매가격지수, 전세가격지수와 함께 시장 심리를 반영하기 위한 매수우위지수¹⁾를 활용하였다.

자료의 시간적 범위는 2010년 1월 1일부터 2025년 9월 29일까지이며, 집계단위는 모두 주간 단위이다. 금융변수는 매주 월요일부터 금요일까지의 일별 자료를 산술평균하여 주간 데이터로 변환하였다. KB 부동산 데이터는 매주 월요일을 주간 통계조사 기준으로, 금요일을 주간 통계 발표일로 설정하여 월요일부터 금요일까지 설문 조사 결과를 반영한다. 이와 같은 방식으로 금융시장과 주택시장의 자료 작성 주기를 주간 기준으로 일관되게 맞추어 분석에 활용하였다.

<표 1> 분석 변수

구 분		변수설명	출처	단위	표기 (수준변수)
금융 시장	주가	KOSPI 지수	한국은행 경제통계 시스템 ECOS	pt	EQ
	금리	국고채 3년물		%	IR
	환율	원달러환율		W/\$	FX
주택 시장	주택 가격	서울아파트 매매가격지수	KB 부동산 데이터 허브	pt	HP
	전세 가격	서울아파트 전세가격지수		pt	JP
	심리 지수	서울아파트 매수우위지수		pt	MS

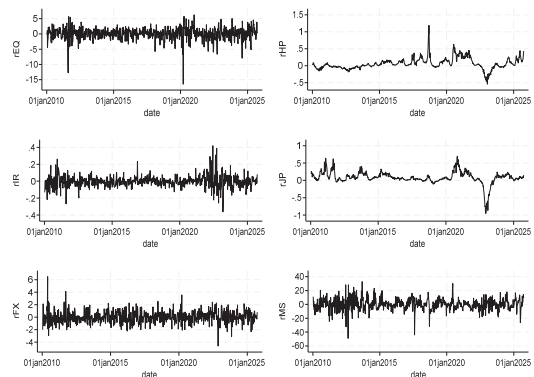
모든 분석 변수는 주간 수익률로 변환하여 분석에 사용하였으며, 변수명은 수준변수명 앞에 ‘r’을 붙여 표기하였다. <표 2>에서 보는 바와 같이 수익률의 평균은 대체로 0에 근접하나 표준편차는 변수별로 상이한 양상을 보인다. 또한, 모든 변수의 첨도는 3을 상회하여 정규분포보다 중심부가 뾰족하고 꼬리가 두꺼운(fat-tail) 분포 특성을 보이며, 왜도 역시 모두 0이 아닌 값으로 분포의 비대칭성이 확인된다.

한편, 분석기간 동안 수익률의 분산이 확대되는 시기는 <그림 1>의 수익률 시계열 자료에서 보는 바와 같이 특정 구간에 집중되는 경향을 보인다. 아울러 <그림 2>의 수익률 히스토그램에서 확인되는 바와 같이 수익률의 분포는 정규분포 대비 첨도가 높고 비대칭적인 모습을 보인다. 이는 금융 시계열에서 흔히 관찰되는 변동성의 군집성(volatility clustering)과 두꺼운 꼬리(fat-tail)의 전형적 특징으로, 수익률 자료의 조건부 이분산 가능성을 시사한다.

<표 2> 수익률 기초통계량

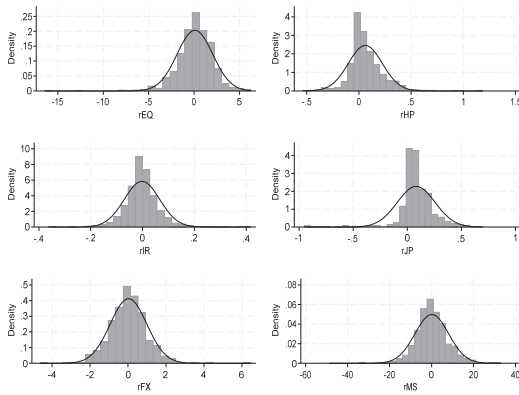
변수명	평균	표준편차	최소값	최대값	첨도	왜도
rEQ	0.0872	1.9610	-16.4353	6.2644	11.8284	-1.3741
rIR	-0.002	0.0683	-0.3624	0.4184	9.0510	0.6571
rFX	0.0247	0.9684	-4.6171	6.4821	6.2689	0.3756
rHP	0.0611	0.1624	-0.5429	1.1896	8.6173	1.0984
rJP	0.0825	0.1753	-0.9536	0.6958	12.9505	-1.7266
rMS	0.1119	8.0186	-48.8041	32.7769	6.9181	-0.3090

<그림 1> 수익률 시계열



1) 매수우위지수는 표본 공인중개사무소를 대상으로 한 설문 조사를 바탕으로 “100 + 매수자 많음 비중 - 매도자 많음 비중”의 산식으로 산출되며, 기준값인 100을 초과하면 매수우위, 100 미만이면 매도 우위 시장을 의미한다.

<그림 2> 수익률 히스토그램



수익률의 이분산성을 보다 엄밀하게 검정하기 위하여 LM-ARCH 검정(Engle, 1982)을 시행하였다. 본 검정의 귀무가설은 “ARCH 효과가 없다”이며, 검정은 평균 방정식을 AR(1) 모형으로 추정하여 구한 잔차항 제곱(ϵ_t^2)을 p 개의 시차 변수 $\epsilon_{t-1}^2, \epsilon_{t-2}^2, \dots, \epsilon_{t-p}^2$ 로 회귀 분석을 실시하고 이들 회귀계수가 동시에 유의한지 검정하는 방식으로 수행된다. 시차를 6차까지 가정한 검정결과 모든 변수에서 귀무가설이 기각되어 통계적으로 유의한 ARCH 효과가 존재함을 확인하였다.

2. 조건부 이분산 모형

금융변수 변동성의 기본적 측정방법은 기간 전체의 수익률 분산, 표준편차를 산출하거나, 과거 수익률 제곱을 평활(smoothing)하여 변동성을 근사하는 것이다. 그러나 이러한 방식은 분산의 시간 가변성을 간과하여 충격누적에 따른 변동성 증폭과 비대칭적 반응을 설명하는 데 한계가 있다. 특히 금융시장에서 흔히 관찰되는 군집성과 두꺼운 꼬리(fat-tail)등에 따른 이분산을 무시한 OLS는 추정의 비효율성(inefficiency)과 공분산 추정치의 비일관성(inconsistency) 문제를 발생시킨다.(Aitken 1935, White 1980)

이러한 변동성 측정의 한계를 보완하기 위해 Engle(1982)은 자기회귀 조건부 이분산모형(ARCH: Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)을 제안하였다. 이 모형은 분산의 군집현상이 현재 분산과 과거 정보 간의 체계적 관계에 근거한다는 점에 착안하여 분산이 자신의 과거값(auto)에 조건부(conditional)로 의존하는 구조를 모형화한 것이다.

조건부 변동성을 구하기 위해서는 먼저 금융시장과 주택시장에서 선정된 변수들을 로그 차분을 통해 주간 수익률 자료로 변환한다. 이후 주간 수익률을 기초자료로 하여 GARCH 계열 모형으로 오차항의 조건부 분산식을 구해 변동성을 측정한다.

1) GARCH 모형

Bollerslev(1986)이 제시한 일반화자기회귀조건부 이분산모형(GARCH : Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)은 기존 ARCH 모형의 문제점인 고차 시차와 모수 증가문제를 완화하기 위해 도입되었다. 이중 가장 보편적으로 활용되는 GARCH(1,1) 모형은 다음과 같이 정의된다.

$$y_t = a + by_{t-1} + \epsilon_t \quad (1)$$

$$\epsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (3)$$

식 (1)은 평균 방정식을 나타내며, 식 (2)는 오차항이 정규분포를 따르며 시간 가변적임을 보여준다. 식 (3)은 현재(t 기) 오차항 조건부 분산으로 전기($t-1$) 오차항 제곱 ϵ_{t-1}^2 과 전기 오차항 분산 σ_{t-1}^2 으로 구성되며, $\omega > 0$, $0 \leq \alpha < 1$, $0 \leq \beta < 1$ 의 조건을 만족해야 한다. 또한, 이 모형이 약안정성(weakly stationarity)을 만족하기 위한 필요충분조건은 $\alpha + \beta < 1$ 이며, 이 값이 1에 근접할수록 변동성의 지속성이 높다고 해석할 수 있다. 아울러 모형 구조상 현재 오차항의 제곱항을 사용하므로 오차항의 부호(음/양)와 관계없이 조건부 분산은 대칭적인 반응을 보인다.

2) EGARCH(Exponential GARCH) 모형

많은 금융변수의 조건부 분산은 충격의 부호에 따라 비대칭적(asymmetric)으로 반응할 수 있다. 즉, 전기 가격의 하락 충격과 상승 충격이 오차항 분산에 미치는 영향이 다를 수 있다. Nelson(1993)은 주가 하락 시 변동성의 증가 폭이 상승 시보다 더 크게 나타나는 이른바 레버리지 효과(leverage effect)를 반영하여 EGARCH 모형을 제시하였다. 본 연구에서 사용한 EGARCH(1,1) 모형의 식은 다음과 같다.

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \gamma_1 z_{t-1} + \gamma_2 (|z_{t-1}| - \sqrt{2/\pi}) + \delta \ln(\sigma_{t-1}^2) \quad (4)$$

$$\text{단, } z_t = \epsilon_t / \sigma_t \sim N(0,1) \quad (5)$$

위 모형은 기본적으로 GARCH 모형과 달리 조건부 분산에 로그를 취함으로써 모수에 대한 부호제약 없이도 분산의 양수 값을 보장한다. 식 (4)의 γ_1 은 비대칭효과 항의 계수로 만약 $\gamma_1 < 0$ 이면 음(-)의 충격이 변동성 ($\ln(\sigma_t^2)$)을 더 많이 증가시킨다. γ_2 는 충격의 부호와 무관하게 충격의 강도를 반영하는 항의 계수이고, δ 는 전기의 오차 분산의 계수로서 변동성의 지속성을 의미한다.

3. 조건부 분산 추정

수익률의 기댓값은 0에 가까워 평균 방정식만으로 변동성을 설명하는 것은 한계가 있다. 본 연구에서는 실제 시장의 위험이 예측 오차에 의해 결정됨을 고려하여, 수익률 오차항의 조건부 분산을 추정하고 이를 기반으로 변동성을 모형화한다.

1) 최적 추정모형 결정

본 연구의 조건부 분산모형 선택은 다음 순서로 수행하였다. 먼저 변수별로 여러 조건을 조합한 후보모형을 추정한 후, 정보기준 값을 산출하여 점수순으로 후보모형을 정렬하였다. 이후 추정이 불안정한 경우는 제외하고 정보기준 순위가 다음인 모형으로 순차적으로 이동하여 최종모형을 확정하였다. 확정된 최종모형에 대해서는 ARCH-LM, Ljung-Box, Jarque-Bera 등 잔차진단을 실시하여 조건부 이분산 포착 및 잔차 특성 반영 여부를 사후적으로 검증하였다.

조건부 분산 추정을 위한 후보모형의 구성은 그리드 서치(grid search) 방식을 활용하였다. 구체적으로 ① 이분산 모형(7가지 : GARCH, EGARCH 등²⁾), ② 1차 자기상관 여부(2가지 : 없음, 있음), ③ 오차항 분포(3가지 : 정규분포, 스튜던트 t분포, GED분포³⁾)의 3가지 팩터를 조합한 42가지 조건의 경우의 수별로 분산 방정식을 추정하였다.

추정된 후보모형은 AIC(Akaike Information Criterion)와 BIC(Bayesian Information Criterion) 정보기준 점수를 기준으로 평가하였으며, 두 기준은 적합도와 복잡도를 동시에 평가하여 값이 작을수록 우수한 모형으로 평가한다. 본 연구는 BIC를 우선 기준으로 적용하고 필요시 AIC를 보조기준으로 활용하였다. 이 과정에서 모든 변수의 오차항 분포는 정규분포보다 스튜던트 t 분포 또는 GED 분포가 우수한 것으로 나타났는데 이는 수익률의 두꺼운 꼬리(fat-tail) 특성이 반영된 결과이다. 그리드 서치 결과는 부록의 <표 A>, <표 B>에 제시하였다.

각 변수별로 정보기준 및 추정 안정성을 종합하여 최종 선택된 최적 모형은 다음과 같다. 주가 변동성(vEQ), 매매가격 변동성(vHP), 전세가격 변동성(vJP)은 비대칭성을 반영하는 EGARCH(1,1) 모형이 선정되었고, 금리 변동성(vIR), 환율 변동성(vFX), 매수우위 지수 변동성(vMS)은 대칭적 충격반응을 가정하는 GARCH(1,1) 모형이 채택되었다.

2) 모형 진단

선택된 최적모형으로 추정 후 잔차 진단을 수행하였고 결과는 <표 3>에 제시되어 있다. 표준화된 잔차의 ARCH-LM 검정결과 모든 변수에서 추가적인 ARCH 효과가 유의하지 않아 추정된 모형이 조건부 이분산을 적절히 포착하고 있음을 확인하였다. Ljung-Box Q검정 결과 금융시장 변수에서는 잔차의 자기상관이 유의하지 않은 반면 주택시장에서는 일부 유의하게 나타났다. 이에 잔차의 자기상관을 보다 엄격히 제거하기 위해 평균 방정식의 AR 차수나 분산 방정식의 GARCH 차수를 상향하는 방안을 검토하였으나, 과모수화로 인해 추정 불안정성을 높일 뿐 잔차의 자기상관을 유의미하게 개선하지 못하였다.

또한, Jarque-Bera 검정 실시결과 모든 변수에서 정규성이 기각되는데, 이는 오차항의 t 또는 GED분포를 가정한 본 연구의 설정이 적절함을 뒷받침한다. 추가로 표준화 잔차를 상수항만 포함한 회귀식으로 추정한 결과 모든 변수에서 결정계수(R^2)가 0에 수렴해 통계적으로 유의한 추세나 편의(bias)가 존재하지 않음

2) 분석에 고려된 모형은 GARCH, GARCH-M, EARCH, EGARCH, TGARCH, TGARCH-M, APARCH이다.

3) GED(일반화오차분포, Generalized error distribution)는 정규분포와 라플라스 분포를 포함하는 일반적인 분포로 매개변수에 따라 분포형태를 조절할 수 있어 금융시장 수익률 데이터와 같이 정규분포를 따르지 않는 두꺼운 꼬리나 고첨도(high-kurtosis) 데이터 오차항 분포 모형화에 활용된다.

을 확인하였다. 종합하면, 주택시장 변수에서 잔차의 자기상관이 일부 관찰되기는 하나, 전반적인 잔차 진단결과는 양호하며 선택된 GARCH 모형이 조건부 이분산 구조와 잔차 분포의 특성을 안정적으로 반영하고 있는 것으로 판단된다.

<표 3> 잔차 진단 결과

구분	모형 (오차분포)	유의확률		
		ARCH -LM	Ljung -Box	Jarque -Bera
rEQ	EGARCH (t)	0.3663	0.6895	0.000
rIR	GARCH (t)	0.9500	0.8360	0.000
rFX	GARCH (t)	0.9603	0.4362	0.000
rHP	EGARCH (G)	0.6146	0.0117	0.000
rJP	EGARCH (G)	0.0847	0.0001	0.000
rMS	GARCH (t)	0.8069	0.0001	0.000

주: 1) ARCH-LM은 6차, Ljung-Box는 20차

3) 추정 결과

모든 수익률 오차항의 조건부 분산식은 안정성을 만족하면서 과거 충격의 지속성이 높게 확인되었다. 변수별 조건부 분산식은 <표 4>에 제시되어 있으며, 변수별 분산식에 대한 해석은 다음과 같다.

주가 변동성(vEQ) 분산식은 EGARCH(1,1)로 추정하였다. γ_1 이 -0.148로 음(-)의 값을 가지며 이는 주가의 음(-)의 충격이 양(+)의 충격보다 변동성을 더 크게 증폭시키는 레버리지 효과가 존재함을 의미한다. 이는 주식시장에서 부정적인 뉴스가 충격이 같은 크기의 긍정적인 뉴스에 비해 더 큰 영향을 주고, 주가 급락 시 위험회피심리로 인해 추가적인 변동성이 발생하는 현상과 부합한다. 과거 변동성의 지속성을 나타내는 계수(δ)는 0.915로 1에 근접해 충격 이후 변동성의 장기 군집성이 확인되었으며, 절댓값이 1보다 작아 조건부 분산의 정상성이 유지된다.

<표 4> 오차항 조건부 분산식

구분	모형 (오차분포)	분산식					
		GARCH		EGARCH			절편
		α	β	γ_1	γ_2	δ	
vEQ	EGARCH (t)			-0.148	0.221	0.915	0.097
				0.00***	0.00***	0.00***	0.00***
vIR	GARCH (t)	0.103	0.883				0.0001
		0.00***	0.00***				0.04**
vFX	GARCH (t)	0.083	0.826				0.080
		0.01***	0.00***				0.06*
vHP	EGARCH (G)			0.154	0.598	0.932	-0.425
				0.00***	0.00***	0.00***	0.00***
vJP	EGARCH (G)			0.094	0.457	0.949	-0.307
				0.00***	0.00***	0.00***	0.01**
vMS	GARCH (t)	0.049	0.935				1.077
		0.00***	0.00***				0.01**

주: 1) 모든 변수의 평균 방정식은 AR(1)을 포함하며, 오차 분포의 t는 Student-t분포, G는 GED분포를 의미

2) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10%에서 유의함

금리 변동성(vIR)과 환율 변동성(vFX)에 대해서는 GARCH(1,1)로 추정하였다. 두 변수 모두 지속성 부분을 나타내는 계수($\alpha + \beta$)가 각각 0.986, 0.909로 나타나, 과거 충격의 지속성이 상당 기간 누적되고 있음을 확인하였다. 한편 금리와 환율 변동성에서는 비대칭효과가 포함되지 않았는데, 이는 최완수(2021), 김종선(2019)의 선행연구 결과와 마찬가지로 상승과 하락 충격에 대해 대칭적으로 반응하는 경향이 강한 것으로 해석할 수 있다. 이는 금리와 환율은 대외요인과 통화정책 등 구조적 외생성에 의해 조정되는 성격이 강하고, 주식시장처럼 투자심리 변화나 재무적 레버리지에 크게 의존하지 않는다는 점을 반영한다고 볼 수 있다.

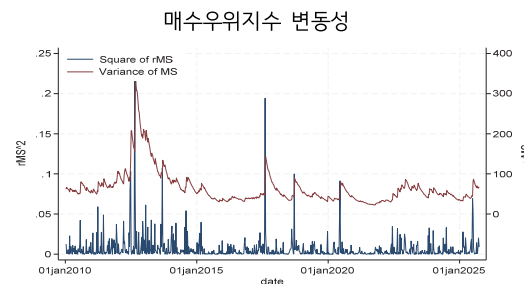
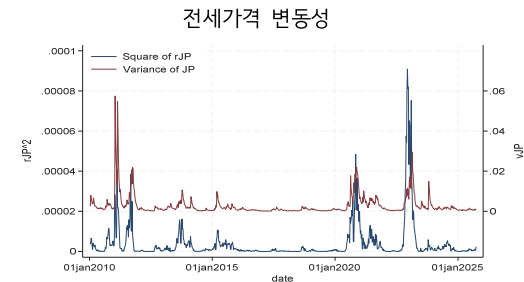
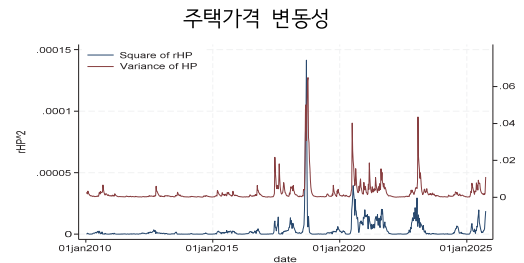
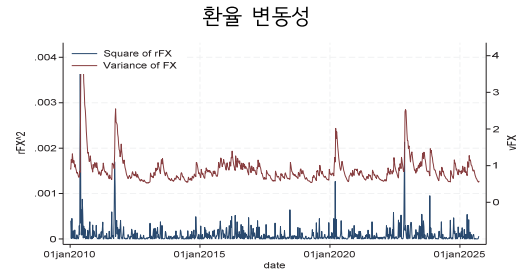
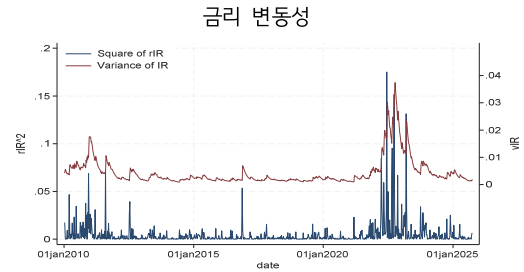
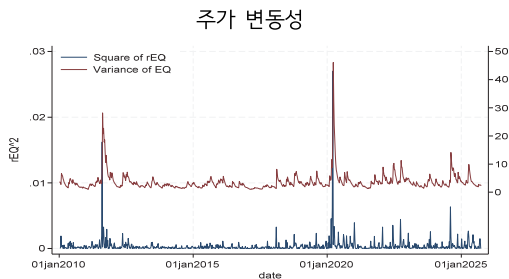
주택가격 변동성(vHP)과 전세가격 변동성(vJP)은 EGARCH(1,1)로 추정하였다. 비대칭계수(γ_1)은 각각 0.154, 0.094로 유의수준 1%에서 비대칭효과가 유의

하며, 동일규모의 상승이 하락보다 변동성을 더 많이 증가시키는 양(+)의 레버리지 효과가 존재하는 것으로 나타났다. 주택가격 상승 시에는 추가매수 수요 유입과 레버리지 확대 등을 통해 변동성이 증폭될 수 있으며, 주택가격 하락 시에는 거래 위축과 관망세가 나타나면서 변동성의 확대 폭이 상대적으로 제한적일 수 있음을 나타낸다. 이러한 양(+)의 비대칭효과는 전해정(2015), 최남진(2019)의 선행연구에서도 확인되었다. 과거 변동성 계수(δ)는 각각 0.932, 0.949로 높게 나타나 충격의 지속성이 크나, 절댓값은 1보다 작아 조건부 분산의 정상성은 유지되는 것으로 확인된다.

매수우위지수 변동성(vMS)은 GARCH(1,1)로 추정되었고 $\alpha + \beta$ 가 0.98로 과거 충격이 지속되는 성향이 상당히 높았다. 이는 매수심리가 한번 과열되거나 위축되어 변동성이 발생하면 그 영향은 상당 기간 지속되고 소멸하지 않는다는 점을 시사한다. 반면 비대칭 효과는 포함되지 않아 매수심리는 강세와 약세국면 모두에서 비교적 대칭적으로 반응한다고 볼 수 있다.

<그림 3>은 앞서 각 변수별로 추정한 조건부 분산(conditional variance, 빨간색 선)과 수익률 제곱(square of return, 파란색 선)을 비교한 결과를 보여준다. 조건부 분산은 시점별로 예측한 변동성이고, 수익률의 제곱은 실현된 변동성을 나타낸다. 두 시계열을 비교해보면 주요 스파이크의 시점과 크기가 대체로 일치하며 유사한 방향과 규모로 움직이는 것으로 보인다. 이를 통해 본 연구에서 추정한 GARCH 계열 모형이 수익률 데이터의 시간 가변적 변동성 구조와 변동성 군집을 적절히 설명하고 있음을 확인할 수 있다.

<그림 3> 변동성 추정모형



4. 정상성 검정

VAR 분석을 위해서는 개별 시계열의 평균과 분산이 시간의 흐름과 무관하게 일정하다는 정상성(stationarity)이 확보되어야 한다. 본 연구에서의 정상성 검증은 최대 8시차의 ADF(Augmented Dickey Fuller)검정과 PP(Phillips-Perron)검정⁴⁾을 활용하였다. <표 5>에서 보는 바와 같이, 모든 변수에서 단위근이 존재한다는 귀무가설이 기각되어 정상성 조건을 충족하였다.

<표 5> 단위근 검정결과

변수명	통계량		임계치		
	ADF	PP	1%	5%	10%
vEQ	-6.900 ***	-8.668 ***	-3.430	-2.860	-2.570
vIR	-3.017 **	-3.231 **	-3.430	-2.860	-2.570
vFX	-5.906 ***	-6.494 ***	-3.430	-2.860	-2.570
vHP	-7.007 ***	-8.524 ***	-3.430	-2.860	-2.570
vJP	-6.540 ***	-9.253 ***	-3.430	-2.860	-2.570
vMS	-2.761 *	-2.977 **	-3.430	-2.860	-2.570

주: 1) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10%에서 유의함

을 활용해 경제 구조 변동을 계량적으로 감지하고자 하였다. Bai-Perron 검정은 (1) 구조변화 존재 여부, (2) 구조변화 존재시 변화 횟수, (3) 구조변화 시점의 추정을 단계적으로 추정하여 경제 구조 변화를 계량적으로 식별하는 방법론이다.(Bai and Perron, 1998)⁶⁾

본 연구의 Bai-Perron 검정에서 종속변수는 주택 가격 변동성(vHP)이며, 설명변수의 구성방식에 따라 두 개의 회귀식(모형1, 모형2)을 추정하였다. 모형1(M1)은 금융시장 변수 3개(vIR, vEQ, vFX)를 포함하였고, 모형2(M2)는 여기에 주택시장 변수 3개(vHP, vJP, vMS)를 추가하여 총 6개 변수를 포함하였다. 두 모형 모두 각 설명변수의 2시차항을 회귀식에 포함하였으며, 검정의 안정성을 위해 표본은 양 끝 10%를 절사(trimming)하여 분석하였다.

<표 6>의 분석 결과를 보면, 모든 경우의 검정 통계량이 유의하게 나타났으며 2018년 10월 1일이 가장 빈번히 도출되어 가장 유력한 분절 시점으로 식별되었다. 이 시점은 당시 저금리 기조와 주택시장 규제 완화가 맞물리면서 서울에서 주택가격 변동성이 본격적으로 확대되기 시작한 시기와 부합한다. 또한, 2018년 9월 13일 정부가 투기수요 억제와 실수요자 보호를 목표로 주택시장 안정방안을 발표한 직후로, 정책 및

IV. 변동성 전이구조 분석

1. 분석 기간 구분

거시경제 환경 및 금융시장 구조가 변화하면 시계열 모형의 계수와 분산 또한 변할 수 있다. 이러한 구조변화를 무시하고 전체기간을 하나의 고정 파라미터로 추정할 경우 계수추정의 편의(bias)와 통계적 유의성에 왜곡이 발생할 수 있다. 경제구조별 동학이 상이한 데도 이를 구분하지 않고 고정된 계수만 추정하게 되면 계수 값이 왜곡되고 예측력 저하가 발생할 수 있다.⁵⁾ 따라서 본 연구는 Bai-Perron(1998)의 방법론

<표 6> Bai-Perron 검정결과

모형	분절점 개수	검정 통계량	임계치	분절 시점
M1	1	13.2	3.28	18.10.1.
	2	7.84	2.82	18.10.1. 20.6.1
	3	7.12	2.56	18.10.1. 20.6.22 22.1.17
	4	5.94	2.38	17.2.20 18.10.1 20.6.22 22.1.17
M2	1	12.89	3.28	18.10.1.
	2	15.14	2.82	17.3.6 18.10.1
	3	14.55	2.56	17.3.6 18.10.1 20.7.6
	4	12.6	2.38	17.3.6 18.10.1 20.7.6 23.1.30

주: 1) 임계치는 1% 유의수준 기준

4) Phillips-Perron 검정은 일차적으로 Dickey Fuller 검정 통계량을 추산한 후 자기상관 및 이분산 제거 후 변환한 통계량으로 단위근 검정을 하며, 오차항이 백색잡음이라는 가정이 충족되지 못할 때도 활용할 수 있다.

5) Stock and Watson, Evidence on structural instability in macroeconomic time series relations, 1996

6) 첫째, 최대 k 번 이하의 구조변화가 발생하였다는 대립가설을 세워 귀무가설이 기각되면, 둘째 k 번의 구조변화가 있다는 귀무가설과 $k+1$ 번의 구조변화가 있다는 대립가설에 대해 검정을 $k=0$ 부 터 수행해 검정 통계량이 처음으로 유의하지 않게 되는 k 를 구조변경의 개수로 선택하고, 셋째 선택된 k 에 대해 잔차 제곱 합이 최소가 되는 단절 시점 집합을 추정한다.

금융환경의 변화가 중첩된 시기이기도 하다.

이에 본 연구에서는 Bai-Perron 검정결과와 경제·정책 환경의 변화를 종합적으로 고려하여 2018년 10월 1일 이후를 최근 기간으로 별도로 구분하고, 전체기간 분석과 더불어 해당 기간에 대해서도 BVAR 분석을 별도로 수행하였다.

2. 베이지안 벡터자기회귀(BVAR) 모형

일반적인 VAR 모형은 공분산의 특정한 구조가 정해지더라도 간편히 실행할 수 있다는 장점에도 불구하고, 관측치 개수에 비해 추정할 모수가 많으면 과모수화(overparameterization) 문제를 필연적으로 발생시킨다. 또한, 본 연구의 조건부 분산과 같이 데이터 자체의 내재된 변동성이 높으면 추정 시 데이터 민감도가 높아 추정의 불안정성 문제가 발생할 수 있다.

이러한 점을 보완하기 위해 베이지안 VAR(BVAR: Bayesian Vector Autoregression)을 활용할 수 있다. BVAR은 모수의 사전분포(prior)를 가정하고 관찰된 소표본 데이터를 가지고도 추정의 안정성을 높일 수 있는 축소추정접근(shrinkage estimation)이다. (Litterman, 1986, Koop and Korobilis, 2010) 전체기간 중 일부 구간을 분석하는 경우도 BVAR은 표본축소로 인한 추정의 불안정성을 완화할 수 있다.

BVAR의 원리를 일반적인 VAR과 비교하여 설명하면 다음과 같다. 먼저, 일반적인 VAR(p:시차) 모형은 다음의 식으로 표현될 수 있다.⁷⁾

$$y_t = C + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \epsilon_t \quad (6)$$

$$\epsilon_t \sim N(0, \Sigma) \quad (7)$$

(단, y_t 는 내생변수 벡터이며, $C, A_1, A_2, \dots, A_p$ 는 모수 벡터, Σ 는 오차항의 공분산을 나타내는 벡터)

일반적인 VAR이 데이터에서 직접 모수 벡터를 추정하는 데 반해 BVAR은 다른 접근법을 취한다. 주어진 모형의 관심 모수를 $\theta = (\beta, \Sigma_\epsilon)$ 와 데이터 y 로 나타내고 사전분포를 $\pi(\theta)$, 우도를 $L(y \mid \theta)$ 라고 하

면, 사후분포 $\pi(\theta \mid y)$ 는 다음 식 8과 같이 정리할 수 있다.⁸⁾

$$\pi(\theta \mid y) = \frac{\pi(\theta) L(y \mid \theta)}{\int \pi(\theta) L(y \mid \theta) d\theta} \quad (8)$$

이를 다시 정리하면 사후분포는 다음 식 (9)와 같이 사전분포와 우도의 곱에 비례한다.

$$\pi(\theta \mid y) \propto \pi(\theta) L(y \mid \theta) \quad (9)$$

위 식을 통해 베이지안 추정의 원리를 설명하면, 연구자는 미리 모수의 사전분포를 설정해 놓고 이후에 데이터를 관측하면서 데이터가 나타날 가능성(우도)을 구한다. 최종적으로 사전분포와 우도를 결합한 사후분포를 활용하여 모수를 추정한다. 즉, 이 방법은 연구자의 사전적 믿음(prior)과 데이터가 제공하는 정보(likelihood)를 결합해서 모수의 추정치를 계산하는 특징을 갖는다.

3. 모형 설정

1) 사전분포(Prior)

본 연구의 BVAR 모형은 통상적으로 사용되는 Minnesota prior에 비해 사전분포 제약이 느슨하고 유연한 구조를 가진 것으로 알려진 독립 정규-역위사트(Independent Normal-Inverse-Wishart prior) 사전분포를 가정한다. 이 모형의 주요 가정은 다음 식 (10)~(12)로 표현된다.

$$\beta \sim N(\tilde{\beta}, \tilde{\Omega}) \quad (10)$$

$$u \sim N(0, \Sigma \otimes I_T), \text{ 단, } I_T \text{는 } T \times T \text{단위행렬} \quad (11)$$

$$\Sigma \sim IW(\alpha_0, S_0) \quad (12)$$

먼저 식 (10)에서의 VAR 추정계수 벡터 β 는 미네소타 구조를 갖는 분포를 따르며, 자기 1시차 변수를 제외하고는 계수를 0으로 가정한다. 식 (11)은 시점별

7) 유재원·이기성, “베이지안 VAR 모형을 이용한 해외 실물 및 금융충격의 국내 파급효과 분석,” 「무역연구」 제16권 제2호, 2020, pp.153-169.

8) 함종영·손재영, “베이지안 접근법을 이용한 주택가격 변동요인 분석-사전확률분포의 유형별 비교,” 「주거환경」 제20권 제1호, 2022, pp.1-21.

오차를 쌓아 만든 오차항 벡터 u 가 정규분포를 따름을 뜻한다. 식 (12)의 오차항 공분산 파라미터 Σ 는 스케일 행렬 S_0 과 자유도 α_0 을 갖는 역위사트분포를 따른다. S_0 은 오차 공분산에 대한 초기 추정치이며, 자유도 α_0 가 클수록 Σ 는 사전분포인 S_0 쪽으로 강하게 수축되고 반대로 작을수록 데이터가 더 크게 반영된다.

이 사전분포의 특징은 계수 벡터 β 와 오차항 공분산 벡터 Σ 가 상호 독립적이라는 점이다. 따라서 변수 스케일 변경이나 오차 공분산 Σ 추정의 잡음이 계수에 전이되지 않아 추정 안정성이 높아질 수 있다. 또한, 완전한 켈레(conjugate)는 아니지만, 폐쇄형(closed-form) 조건부 분포를 가져 깃스 샘플링을 통한 비교적 용이한 추정이 가능하다는 장점도 있다.⁹⁾

2) 최적 시차 선정

BVAR 모형의 최적 시차를 결정하기 위해 표준적인 정규-역위사트 모형에서 최대시차를 6으로 두고 로그 주변우도(log(ML))와 로그베이지팩터(log(BF))를 산출하였다. 두 지표 모두 값이 클수록 모형 적합도가 높음을 의미하며, 로그베이지팩터는 시차 1을 기준(benchmark)으로 하여 다른 시차 모형의 추가적인 설명력이 얼마나 높은지를 평가한다. 본 연구에서는 원칙적으로 각 표본에서 로그주변우도가 가장 높은 차수를 선택하되, 차이가 미미하면 과적합 방지를 위해서 낮은 차수를 선택하였다. 이에 따라 최종적으로 전체기간에는 2차, 최근 기간에는 4차를 선택하였고 상세한 선정결과는 <표 7>에 제시되어 있다.

<표 7> 최적 시차 선정

시차	전체기간		최근기간 (18.10.1. 이후)	
	log(ML)	log(BF)	log(ML)	log(BF)
1	7,443.87		3,632.37	
2	7,454.47	10.60	3,655.50	23.13
3	7,450.21	6.34	3,658.99	26.63
4	7,439.85	-4.03	3,668.15	35.79
5	7,444.32	0.45	3,667.37	35.01
6	7,438.62	-5.25	3,669.30	36.93

3) 초모수(hyperparameter) 설정

BVAR에서 계수 사전분포의 분산행렬 $\tilde{\Omega}$ 은 추정계수의 구조적 특징을 결정하며 구성요소는 다음과 같다. ①자기수축계수(self-tight)는 자기변수 시차 계수의 사전 표준편차로, 값이 작을수록 사전분포 근처로 강하게 수축된다. ②교차수축계수(cross-tight)는 타변수 시차 계수의 사전 표준편차로, 값이 작을수록 사전분포 근처로 강하게 수축된다. ③시차감쇠계수(lag-decay)는 먼 시차의 계수 값을 줄이는 조절변수로, 값이 클수록 계수가 빨리 줄어든다.

본 연구에서는 초모수 최적화를 위해 자기수축계수와 교차수축계수의 조합¹⁰⁾에서 BVAR를 반복 추정하고 각 모형에 대해 적합성과 안정성 기준으로 비교하였다. 적합성은 평균 로그주변우도(log marginal likelihood)를, 안정성은 BVAR 추정 이후 동반행렬의 고유값 기준 안정성 확률¹¹⁾을 사용하였다.

분석결과, 전체기간에서는 대부분의 초모수 조합에서 안정성이 매우 높고 적합성 또한 양호하여 조합 간 큰 차이가 없었다. 반면, 표본 수가 상대적으로 작은 최근기간에서는 안정성이 높은 조합이 제한적이었다. 이에 본 연구는 최근 기간 동태적 분석의 안정성 확보를 위해, 최근기간에서 추정후 안정성 확률이 0.9 이상인 모형으로 범위를 제한한 후, 그중 로그주변우도가 가장 높은 조합을 최종 초모수로 선택하였다. 그 결과 자기수축계수와 교차수축계수가 모두 1.0일 때 두 기간 모두에서 적합성과 안정성이 높게 나타났다. 구체적인 수치는 부록 <표 C>에서 제시하였다.

4. 모형식별

VAR 모형식별을 위해, 본 연구에서는 일반적으로 활용되는 홀레스키 분해(Cholesky Decomposition, Blanchard · Quah, 1988; Lütkepohl, 2017)를 적용한다. 홀레스키 분해를 적용하면 어떤 변수에 충격이 가해질 때 뒤에 배치된 모든 변수에는 동시적인(contemporaneously) 영향을 주지만, 앞서 배치된 변수에는 영향을 주지 못하는 축차적(recursive) 형태로 오차항 공분산 행렬이 형성된다. 이러한 동시적 제

9) Dieppe, A., R. Legrand, and B. Van Roye, The BEAR toolbox, ECB Working Paper, 2016.

10) 자기수축계수는 총 7개(0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0), 교차수축계수는 변수 간 전이효과를 지나치게 축소할 우려가 있는 0.1을 제외한 총 6개(0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0)를 고려하였다. 한편, 시차감쇠계수는 선행연구에서 널리 채택되는 표준값인 1로 고정하였다.

11) 동반행렬(companion matrix)의 모든 고유값(eigen value)의 절댓값이 1미만일 확률로써 이 수치가 높을수록 모형이 안정적이다.

약조건 하에서는 변수배치 순서에 축차적 형태와 계수 추정 결과가 달라지므로 배치순서를 정하는 것이 중요하다. 이를 위해 통상적으로 변수 간 선·후행성에 대한 경제 이론에 기반하여 변수의 배치순서를 정하고 그랜저 인과관계 검정결과를 보조적으로 활용한다.

1) 그랜저 인과검정(Granger Causality Test)

X가 Y를 그랜저 인과한다는 의미는 X의 과거값을 Y의 과거값과 함께 사용해 Y를 예측할 때 예측 오차의 분산이 감소한다는 것(Shojaie and Fox 2022)으로, 검정의 귀무가설은 “X가 Y를 그랜저 인과하지 않는다”는 것이다. 그랜저 인과관계 검정은 인과관계의 여부뿐만 아니라, 변수별 외생성 정도를 비교하여 앞서 논의한 변수의 배치순서를 정하는 데도 활용된다.

<표 8>과 <표 9>의 분석결과에서 회색 음영 부분은 그랜저 인과관계가 유의한 부분이다. 변동성 간 그랜저 인과관계를 정리하면 10% 유의수준을 기준으로 전체기간은 추가→환율, 금리→환율, 금리→전세가격, 매수심리→매매가격에서 유의함이 확인되었다. 최근 기간은 환율→추가, 금리→환율, 금리→매수심리, 환율→매수심리, 전세가격→매매가격, 매매가격→전세가격, 매수심리→매매가격, 매수심리→전세가격에서

유의함이 확인되었다. 이를 통해 최근기간에 금리와 환율 등 금융변수가 주택매수심리에 영향을 주는 경로가 강화되었고, 주택시장 내부에서도 매매가격과 전세가격 간 상호 인과관계가 발견되는 등 시장 간 의존성이 심화된 것으로 해석할 수 있다.

<표 9> 그랜저 인과검정결과 (최근기간)

①	② G cause ①		① G cause ②		②
	F통계량	p-value	F통계량	p-value	
vEQ	5.890	0.208	0.680	0.954	vIR
vEQ	16.974	0.002	6.715	0.152	vFX
vEQ	1.063	0.900	3.119	0.538	vHP
vEQ	2.567	0.633	0.693	0.952	vJP
vEQ	1.870	0.760	2.990	0.559	vMS
vIR	4.118	0.390	30.541	0.000	vFX
vIR	2.339	0.674	6.441	0.169	vHP
vIR	3.949	0.413	0.686	0.953	vJP
vIR	5.591	0.232	7.798	0.099	vMS
vFX	3.369	0.498	6.035	0.197	vHP
vFX	5.243	0.263	4.927	0.295	vJP
vFX	1.941	0.747	8.907	0.063	vMS
vHP	21.542	0.000	31.553	0.000	vJP
vHP	36.791	0.000	6.754	0.149	vMS
vJP	9.844	0.043	4.755	0.313	vMS

<표 8> 그랜저 인과검정결과 (전체기간)

①	② G cause ①		① G cause ②		②
	F통계량	p-value	F통계량	p-value	
vEQ	1.057	0.590	0.959	0.619	vIR
vEQ	2.402	0.301	4.672	0.097	vFX
vEQ	0.339	0.844	0.963	0.618	vHP
vEQ	0.218	0.897	0.250	0.883	vJP
vEQ	1.083	0.582	0.294	0.863	vMS
vIR	1.983	0.371	5.067	0.079	vFX
vIR	1.111	0.574	0.826	0.662	vHP
vIR	0.924	0.630	10.899	0.004	vJP
vIR	1.436	0.488	0.455	0.796	vMS
vFX	0.811	0.667	0.204	0.903	vHP
vFX	0.108	0.947	4.473	0.107	vJP
vFX	1.118	0.572	0.253	0.881	vMS
vHP	1.749	0.417	4.333	0.115	vJP
vHP	4.967	0.083	0.644	0.725	vMS
vJP	0.118	0.943	0.717	0.699	vMS

주: 1) “② G cause ①”는 변수 ②가 변수 ①을 그랜저 인과한다는 의미임

2) 변수배치

VAR의 변수배치는 통상적으로 외생성이 높은 변수에서 내생성이 강한 변수 순으로 나열한다. 금리는 통화정책 및 거시경제여건을 반영해 결정되는 것으로 경제 변수 중에서 외생성이 가장 높은 것으로 간주하여 첫 번째로 배치하였다, 이어 대외의존도가 높은 국내경제의 특성을 고려할 때 외환시장에서 결정되는 환율이 추가보다 외생적일 것으로 판단하였다. 주택시장에서는 시장참여자 심리의 상대적 민감성을 고려해 매수우위지수를 가장 앞에 배치하였으며, 전세보증금이 주택매수자의 레버리지로 활용된다는 점을 반영해 전세가격을 매매가격보다 외생성이 높다고 판단하였다.

이러한 이론적 가정은 앞서 수행한 그랜저 인과관계 검정결과와도 부합한다. 그랜저 인과검정 결과에서도 금융변수가 주택 심리 및 가격변수에 선행하는 인과성이 확인되었으며, 전세가격이 매매가격을 그랜저 인과하는 결과 또한 전세의 레버리지 효과를 실증적으로

뒷받침한다. 이상의 논의와 그래저 인과검정 결과를 종합하여 변수 배치순서를 금리, 환율, 주가, 매수우위 지수, 전세가격, 매매가격순으로 결정하였다.

5. 충격반응분석 및 예측오차 분산분해분석

1) 충격반응분석

충격반응분석(IRF : Impulse Response Analysis)이란 특정변수에 충격(impulse)이 가해질 때 다른 변수들이 시차를 두고 보이는 반응(response)을 살펴보는 분석 방법이다. VAR 모형 내 각 회귀방정식의 오차항을 이동평균 과정으로 분석한 후 시차 계수들을 검토함으로써 외부 충격에 대한 내생 변수들의 동태적 반응을 분석한다.¹²⁾ <그림 4>와 <그림 5>는 각각 전체 기간과 최근기간에 대한 IRF 결과로서 실선은 특정변수에 1 표준편차 충격이 발생하였을 때 다른 변수의 반응에 대한 사후 중간값(posterior median)을 나타낸다. 회색 음영은 충격 반응에 대한 95% 신용 구간(credible interval)을 의미한다.

먼저 금융시장의 충격반응분석 결과를 살펴보면, 금리 변동성(vIR)은 자기 충격에 즉시 미세한 양(+)의 반응을 보인 뒤 완만히 감소해 30주간 지속하였다. 다른 금융·주택시장 변수들에 대한 반응은 전반적으로 미미하였다. 최근기간에도 이러한 패턴이 유지되어, 금리가 다른 변수보다는 통화정책 등 외생적 요인에 의해 주로 결정되는 변수임이 재확인된다.

환율 변동성(vFX)은 전체기간에서 자기 충격에 즉시 비교적 큰 양(+)의 반응을 보인 뒤 완만히 감소하여 약 20주까지 지속된다. 금리 변동성에 대해서도 작지만 즉각적인 양(+)의 반응을 보이고 그 영향은 비슷한 기간 동안 지속된다. 최근기간에도 환율의 자기충격 효과는 유지되나 지속시간은 10주 내외로 다소 축소된 반면, 금리 변동성에 대한 반응은 유지되었다. 이는 환율 변동이 통화정책과 함께 대내외 금리차에 따른 국제자본이동에 영향을 받는다는 이론적 예측을 확인한 결과로 해석할 수 있다.

주가 변동성(vEQ)은 자기충격에 대해 즉각적이고 큰 양(+) 반응이 발생한 후 약 20주 전후까지 점차 감소하면서 지속되나, 최근 기간에는 양(+)의 반응 자체는 유지되나 지속시간이 다소 짧아진 것으로 나타났다.

금리와 환율의 충격에 대해서는 전체기간에서 5주 내외의 단기에서 양(+)의 반응을 보이며, 이는 최근 기간에도 유사한 것으로 관찰된다. 이는 주식이 금리와 환율 등 금융변수의 변동에 민감하게 반응하는 대표적인 위험자산이란 점을 시사하며, 금융 불안 발생 시 조정 압력이 확대될 가능성을 보여준다.

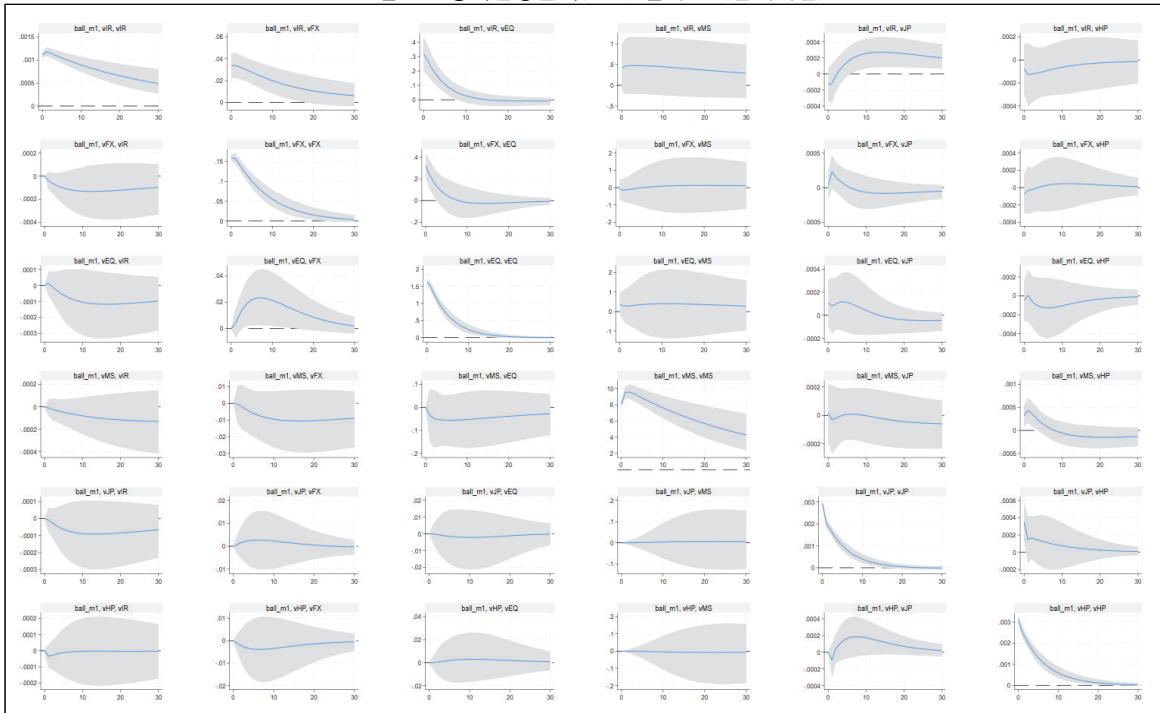
주택시장의 충격반응분석 결과를 살펴보면, 매수우위 지수 변동성(vMS)이 전체기간에서 자기충격에 즉각적으로 강한 양(+)의 반응을 보인 후 점차 감소하는 모습이 확인된다. 최근기간에는 자기충격에 대한 반응의 크기와 지속시간이 일부 감소하는 한편, 금리와 환율 변동성에 일정 기간 양(+)의 반응을 보인다. 이는 최근 금리, 환율 등 금융시장 충격이 금융시장을 넘어 주택시장의 매수심리까지 영향을 주는 요인으로 작용하고 있어, 통화정책과 유동성 관리가 부동산 시장 심리안정과도 긴밀히 연결될 수 있음을 시사한다.

전세가격 변동성(vJP)은 전체기간에서 자기충격에 대한 양(+)의 반응이 즉각적으로 발생하여 약 10~15주 정도 지속된다. 전체기간에서 금리 변동성에 대해서는 미세한 양(+)이 반응이 5주 이후 발생하였으나 최근기간에는 이러한 반응이 유의하지 않았다. 이는 전세시장이 금리 변화에 직접 반응하기보다는 지역별 수급여건, 임대차 제도 변화 등 다차원적 요인을 더 크게 반영하는 시장으로 변화하였을 가능성을 보여준다.

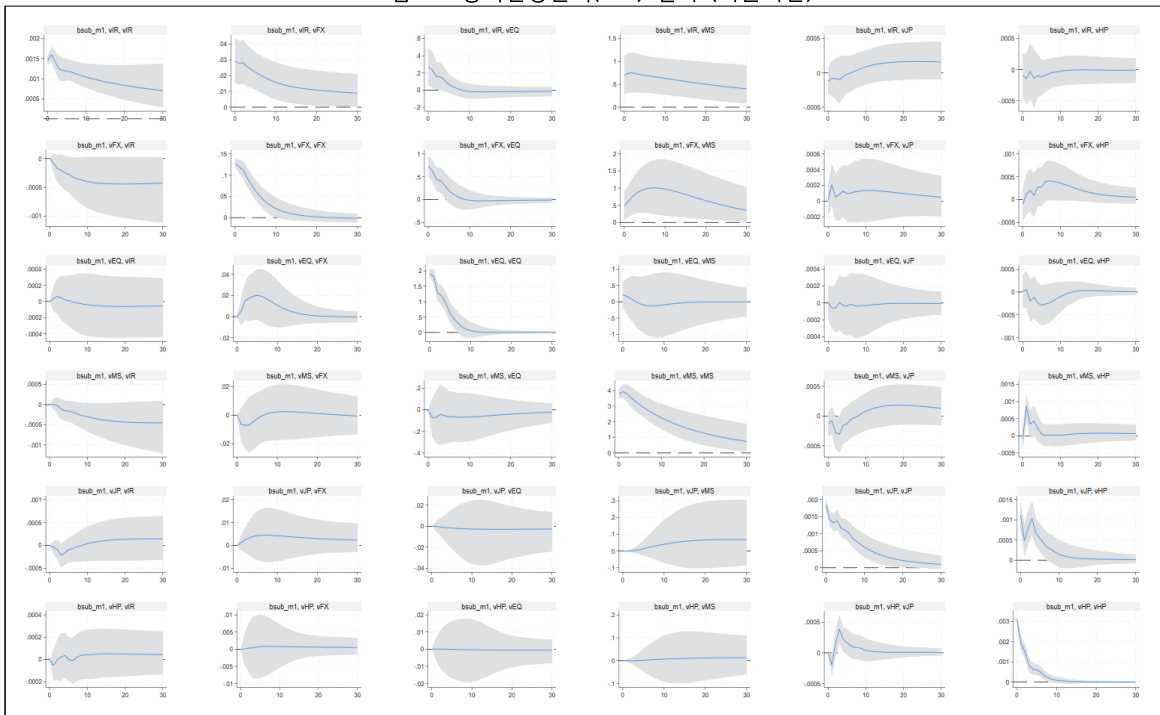
매매가격 변동성(vHP)은 전체기간에서 자기충격에 즉각적으로 양(+)의 반응이 나타난 후 점차 감소하며 약 20주까지 유지된다. 최근에는 이러한 자기효과의 감소 속도가 빨라져 매매시장 자체의 충격이 과거보다 빠르게 흡수되는 한편, 전세가격 변동성의 양(+)의 영향은 즉시 발생하여 약 7기까지 지속한다. 이는 전세시장 변동성이 매매시장 변동성으로 이전되는 채널이 강화되었음을 보여준다. 특히 우리나라 특유의 전세제도 하에서 보증금 레버리지와 갭투자 관행이 매매가격 변동성을 증폭시키는 채널로 작용할 가능성을 시사한다.

12) 이종필, “주택가격과 주택거래량 상관관계 : VECM 분석,” 영산대학교 부동산학과 박사학위논문, 2017, p. 95

<그림 4> 충격반응분석(IRF) 결과¹³⁾ (전체기간)



<그림 5> 충격반응분석(IRF) 결과 (최근기간)



13) 패널은 충격변수(행)와 반응변수(열)의 교차에 따라 6×6 구조로 배치되었으며, 각 패널의 배치는 변수목록(vIR, vFX, vEQ, vMS, vJP, vHP)의 순서를 따른다. 예를 들어 1행 3열의 그래프는 충격변수 vIR이 반응변수 vEQ에 미치는 영향(OIRF)을 나타낸다.

충격반응 분석결과를 종합하면, 변동성 변수들은 대체로 자기충격에 대한 즉각적인 양(+)의 반응과 점진적 감쇠라는 패턴을 보이거나, 최근기간에는 자기충격의 감쇠 속도가 빨라지고 지속기간이 단축되는 특징을 보인다. 금융시장 변수 간의 충격반응 패턴은 최근기간에서도 대체로 유지되는 반면, 주택시장에서 다음의 두 가지 특징이 발견된다. 첫째, 금융시장 불안이 주택매수심리를 매개로 주택시장으로 전이되고, 둘째, 주택시장 내부에서는 전세가격 변동성이 매매가격 변동이 확대되는 파급경로가 더욱 명확해졌다. 이를 통해 향후 금융통화정책 수립 시에 금융시장 불안이 부동산심리 불안으로 연결되지 않도록 관리할 필요가 있으며, 매매가격 안정을 위해서 임대차 시장의 변동성 관리가 중요하다는 점을 확인할 수 있다.

2) 예측오차 분산분해분석

예측오차 분산분해분석(FEVD : Forecast Error Variance Decomposition)은 내생변수의 분산을 충격요인별로 분해하는 것을 뜻한다. 주어진 변수의 예측 오차를 자기변수와 다른 변수들의 영향으로 분배함으로써 각각의 충격 요인들의 기여도를 산출한다.

금융시장의 분산분해 분석결과를 <표 10>을 통해 살펴보면 다음과 같다. 금리 변동성(vIR)은 전체기간 중 자기변수 충격의 설명력이 약 90%로 지배적이었으나, 최근에는 환율과 매수우위지수 비중이 각각 10% 내외로 확대되었다. 이는 환율 변동이 자본 유출입과 수입물가 경로로, 주택매수심리 변동이 주택담보대출 등 레버리지 변동을 통해 금리와 통화정책에 유의한 영향을 미친 결과로 해석할 수 있다.

환율 변동성(vFX)은 전체기간 및 최근기간에서 공통적으로 자기변수의 영향력이 80~90%로 지배적이다. 다만 최근기간에 자기변수의 영향력 비중이 소폭 감소하는 대신 금리 변동성이 최대 10% 수준까지 이를 대체하는 모습을 보여준다. 종합하면, 금리와 환율 변동은 여전히 각자의 충격에 의해서 주로 설명되지만, 두 변수간 교차영향이 점차 증가하면서 통화정책과 대외부문의 불안정성이 상호 증폭될 위험이 확대되고 있음을 보여준다.

주가 변동성(vEQ)은 전체기간에서 자기변수의 설명력 비중이 90% 이상이었으나, 최근기간에는 환율 변동성(vFX)의 기여도가 약 3%에서 12%로 상당히 상승한 것이 특징이다. 이는 해외투자가 확대되고 글로벌

별 자금 흐름의 민감도가 높아진 환경에서 환율 변동성이 국내주식시장 자금 유출입과 주가 변동성에 직접적 영향을 주고 있음을 시사한다.

주택시장의 분산분해 분석결과를 살펴보면, 매수우위지수 변동성(vMS)은 전체기간에서 자기변수의 영향력이 97% 내외로 대부분이며, 다른 변수의 영향력은 매우 미미하다. 최근에도 자기변수의 영향력이 여전히 높지만 약 16%p 감소하면서 환율과 금리 변동성의 설명력이 각각 약 10%, 6% 수준으로 확대된 점이 주목된다. 이는 최근 주택매수심리 변동성이 금융시장 충격에 크게 반응하게 되었음을 의미한다. 특히 환율 변동성은 자본 유출입과 기대인플레이션을 통해 위험자산 선호도를 변화시키며 금리 변동은 주택담보대출금리에 직결된다는 점에서, 최근 매수심리의 금융시장 민감도가 구조적으로 강화되었음을 의미한다.

전세가격 변동성(vJP)은 전체기간에 자기변수 충격의 설명력이 90% 내외로 지배적이며, 금리가 6% 내외의 설명력을 보이는 것 외에는 다른 변수 설명력은 전반적으로 미미하다. 최근기간에 자기충격 비중이 80% 내외로 다소 감소하고 금리의 비중도 소폭 감소하는 대신 매수심리와 환율의 설명력 비중이 5~7% 수준으로 확대되는 모습을 보인다. 이는 전세시장이 과거보다 주택시장의 심리요인에 더 민감하게 반응하는 동시에, 대외불확실성을 반영하는 환율요인에도 반응하는 방향으로 변화하고 있음을 시사한다.

매매가격 변동성(vHP)은 전체기간에서 자기변수의 설명력이 90% 이상으로 대부분을 차지하고, 전세가격(vJP)을 포함한 다른 변수의 설명력은 미미한 수준이다. 반면 최근에는 자기변수의 설명력이 60%대로 상당히 감소하면서 전세가격 변동성의 설명력이 17%로 확대되었고 환율과 매수심리의 설명력도 각각 8%, 6% 수준으로 증가하는 것으로 나타난다. 이는 최근기간에 전세보증금 레버리지를 활용한 갭투자 확대와 대외불확실성 증가, 그리고 주택매수심리의 복합적인 충격들이 결합되면서 매매가격 변동성이 보다 다양한 요인의 영향을 받는 구조로 변화하였음을 나타낸다.

<표 10> 분산분해분석(FEVD) 결과

Impulse response		전체 기간						최근 기간					
		vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP
vIR	1	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	5	98.6%	0.5%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	94.9%	1.9%	0.7%	0.8%	1.3%	0.4%
	10	96.4%	1.2%	0.8%	0.5%	0.7%	0.5%	89.2%	5.1%	1.3%	2.4%	1.5%	0.5%
	15	94.2%	1.8%	1.3%	0.9%	1.1%	0.7%	83.2%	7.9%	1.7%	4.6%	2.0%	0.7%
	20	92.3%	2.3%	1.7%	1.4%	1.4%	0.9%	78.2%	9.8%	1.9%	6.9%	2.5%	0.7%
	25	90.9%	2.7%	2.0%	1.9%	1.6%	1.0%	74.3%	11.1%	2.0%	8.8%	3.0%	0.8%
	30	89.7%	2.9%	2.2%	2.5%	1.7%	1.1%	71.2%	12.1%	2.1%	10.4%	3.4%	0.8%
vFX	1	4.3%	95.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	94.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	5	5.0%	93.7%	0.9%	0.2%	0.1%	0.1%	6.0%	91.0%	2.0%	0.7%	0.1%	0.1%
	10	5.7%	90.5%	2.8%	0.5%	0.2%	0.3%	7.4%	86.4%	4.4%	1.1%	0.4%	0.2%
	15	6.3%	88.2%	3.8%	1.0%	0.3%	0.4%	8.4%	84.1%	5.0%	1.7%	0.7%	0.2%
	20	6.6%	86.8%	4.2%	1.6%	0.3%	0.5%	9.2%	82.7%	5.0%	2.1%	0.8%	0.2%
	25	6.8%	85.8%	4.4%	2.1%	0.4%	0.5%	9.8%	81.7%	5.0%	2.4%	0.9%	0.2%
	30	7.0%	85.2%	4.4%	2.5%	0.4%	0.5%	10.3%	80.9%	5.0%	2.6%	1.0%	0.2%
vEQ	1	3.6%	3.7%	92.7%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	12.7%	85.3%	0.0%	0.0%	0.0%
	5	3.4%	2.7%	93.6%	0.3%	0.0%	0.0%	1.8%	11.5%	86.1%	0.6%	0.0%	0.0%
	10	3.2%	2.7%	93.5%	0.6%	0.0%	0.0%	1.8%	11.7%	85.3%	1.2%	0.0%	0.0%
	15	3.2%	2.9%	93.0%	0.9%	0.0%	0.0%	1.8%	11.8%	84.7%	1.7%	0.0%	0.0%
	20	3.2%	3.0%	92.6%	1.1%	0.0%	0.0%	1.9%	11.8%	84.3%	2.0%	0.0%	0.0%
	25	3.2%	3.1%	92.4%	1.3%	0.0%	0.0%	1.9%	11.8%	84.1%	2.1%	0.0%	0.0%
	30	3.2%	3.1%	92.2%	1.5%	0.0%	0.0%	2.0%	11.8%	83.9%	2.2%	0.0%	0.0%
vMS	1	0.4%	0.1%	0.3%	99.1%	0.0%	0.0%	3.4%	1.8%	0.6%	94.3%	0.0%	0.0%
	5	0.4%	0.2%	0.4%	99.0%	0.0%	0.0%	3.9%	4.2%	0.9%	91.1%	0.0%	0.0%
	10	0.4%	0.4%	0.7%	98.5%	0.0%	0.0%	4.4%	7.2%	1.5%	86.9%	0.0%	0.0%
	15	0.5%	0.6%	1.0%	98.0%	0.0%	0.0%	4.8%	9.1%	1.9%	84.1%	0.0%	0.0%
	20	0.5%	0.8%	1.2%	97.6%	0.0%	0.0%	5.3%	10.0%	2.1%	82.5%	0.1%	0.0%
	25	0.5%	0.9%	1.3%	97.3%	0.0%	0.0%	5.7%	10.5%	2.2%	81.4%	0.1%	0.0%
	30	0.5%	1.0%	1.3%	97.1%	0.0%	0.0%	6.0%	10.7%	2.3%	80.8%	0.1%	0.0%
vJP	1	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	99.2%	0.0%	0.7%	0.3%	0.3%	0.8%	97.9%	0.0%
	5	0.5%	0.8%	0.6%	0.3%	97.4%	0.4%	1.2%	1.5%	1.0%	2.7%	91.0%	2.6%
	10	1.6%	1.0%	1.0%	0.4%	94.6%	1.4%	1.4%	2.6%	1.7%	2.7%	89.0%	2.5%
	15	3.1%	1.4%	1.2%	0.6%	91.8%	1.9%	2.1%	3.7%	2.2%	3.6%	86.0%	2.4%
	20	4.6%	1.6%	1.3%	0.8%	89.6%	2.2%	3.0%	4.4%	2.4%	4.8%	83.1%	2.4%
	25	5.8%	1.8%	1.3%	1.0%	88.0%	2.2%	3.9%	4.8%	2.4%	5.9%	80.7%	2.3%
	30	6.7%	1.8%	1.4%	1.2%	86.7%	2.2%	4.8%	5.1%	2.4%	6.7%	78.8%	2.3%
vHP	1	0.2%	0.2%	0.1%	1.1%	1.4%	97.0%	0.4%	0.4%	0.3%	0.4%	11.7%	86.8%
	5	0.5%	0.3%	0.4%	2.2%	1.1%	95.4%	1.2%	1.7%	1.5%	5.6%	16.8%	73.2%
	10	0.7%	0.7%	0.9%	2.1%	1.4%	94.1%	1.5%	5.0%	3.2%	5.4%	17.8%	67.2%
	15	0.9%	0.9%	1.2%	2.4%	1.6%	93.0%	1.7%	7.0%	3.4%	5.7%	17.6%	64.7%
	20	1.1%	1.1%	1.3%	2.8%	1.6%	92.0%	1.8%	7.6%	3.5%	6.0%	17.5%	63.6%
	25	1.2%	1.2%	1.4%	3.3%	1.7%	91.3%	2.0%	7.8%	3.5%	6.3%	17.4%	62.9%
	30	1.4%	1.2%	1.4%	3.7%	1.7%	90.7%	2.2%	8.0%	3.5%	6.6%	17.4%	62.5%

분산분해 분석결과를 요약하면, 전체기간에는 대부분의 변동을 설명하는데 자기변수의 비중이 절대적이었으나, 최근에는 자기충격의 기여도가 감소하고 타 변수의 기여도가 증가하는 경향이 나타났다. 금융시장에서는 환율 변동성이 금리 및 주가 변동성의 분산을 설명하는 비중이 유의하게 상승하였고 금리에 대한 주택매수심리의 설명력도 의미 있게 나타났다. 한편 주택시장에서는 금리·환율이 매수심리 변동성에 미치는 설명력이 확대되었고, 전세시장에서는 매수심리와 환율의 기여도가 증가하였으며, 전세 변동성이 매매가격 변동성에 미치는 설명력 비중도 증가하였다. 이러한 결과를 종합하면 금융변수(금리·환율)→주택매수심리→전세시장→매매시장으로 변동성이 단계적으로 전파되는 가운데, 매수우위지수 변동성이 금리 변동성에 역방향으로 영향을 주는 피드백이 부가된 충격 전이 경로(Transmission Mechanism)가 비교적 명확하게 나타나고 있다고 정리할 수 있다. 이는 금융시장과 주택시장의 충격 전이구조에서 주택매수심리를 매개로 하는 연계 고리가 정량적으로 규명되었음을 보여준다. 이를 통해 금융시장의 불확실성 관리와 함께 위기 전이 방지를 위한 거시경제정책과 기대심리 관리, 그리고 주택 및 임대차 시장의 변동성 완화 등 상호보완적 정책 공조의 중요성을 확인할 수 있다.

6. 강건성 분석(robustness checks)

앞서 논의한 바와 같이 출레스키 분해를 이용한 VAR 추정에는 변수배치 순서에 따라 결과가 달라질 수 있다. 이에 본 연구에서는 변수 배치순서를 다양하게 변경하였을 때도 앞서 도출된 결론이 유지되는지를 검토하였다. 이러한 강건성 검증은 본 연구의 결론이 특정한 재귀적 식별 구조(recursive identification scheme)가 아니라 변수 간 내재적 관계에 기인한다는 것을 확인하는 과정이다.

강건성 분석설계는 <표 11>에서 보는 바와 같이 지금까지 검토한 기본모형(M1) 외에 변수 순서가 다른 대안모형 4개(M2~M5)를 추가로 고려하였다. 대안모형은 주가를 환율보다 앞에 두고 주택가격을 전세가격보다 앞에 두는 모형(M2), 주택시장 변수를 금융시장 변수보다 앞에 두는 모형(M3), 환율과 주가를 금리보

다 앞에 두는 모형(M4), 주가와 주택가격을 금리와 환율보다 앞에 두는 모형(M5)으로 설정하여, 다양한 변수배치순서를 포괄하여 검증하고자 하였다.

<표 11> 강건성 분석설계

구 분	변수배치 순서
M1 (기본모형)	$vIR \rightarrow vFX \rightarrow vEQ \rightarrow vMS \rightarrow vJP \rightarrow vHP$
M2	$vIR \rightarrow vEQ \rightarrow vFX \rightarrow vHP \rightarrow vJP \rightarrow vMS$
M3	$vMS \rightarrow vJP \rightarrow vHP \rightarrow vEQ \rightarrow vFX \rightarrow vIR$
M4	$vFX \rightarrow vEQ \rightarrow vIR \rightarrow vJP \rightarrow vHP \rightarrow vMS$
M5	$vEQ \rightarrow vHP \rightarrow vIR \rightarrow vFX \rightarrow vMS \rightarrow vJP$

강건성 검증은 <표 12>에서 제시된 바와 같이 모형별로 전체기간 대비 최근기간의 FEVD 비중의 변화량을 비교하는 방식으로 수행하였다.¹⁴⁾ 분석결과를 살펴보면, 대안모형을 기본모형과 비교할 때 세부적인 수치는 일부 차이가 존재하였으나 기본모형에서 확인된 전체기간 대비 최근기간의 변동성 전이구조 변화 방향과 핵심 패턴은 전반적으로 일관되게 관찰되었다.

구체적으로 이를 살펴보면 첫째, 모든 모형의 변수에서 자기충격의 설명력이 감소하고 다른 변수에서 오는 충격의 기여도가 증가하였다. 둘째, 금리에 대한 환율과 매수우위지수의 설명력 비중이 증가하고, 매수우위지수에 대한 금리 및 환율의 설명력 비중이 증가하는 경향을 보였다. 셋째, 매매가격 변동성의 분산분해에서 전세가격 변동성과 환율 변동성의 설명력 비중이 일정 부분 증가하였다. 넷째, 금리 변동성과 전세가격 변동성에서 매수우위지수 변동성의 설명력 비중이 강화되었다. 종합하면 기본모형에서 관찰된 최근 기간의 금융시장과 주택시장의 상호작용 강화 및 변동성 전이 패턴이 다양한 변수배치 순서변화에도 강건하게 유지되는 것으로 분석되었다. 이를 통해 본 연구의 결론이 특정한 식별 구조에 의존하기보다 변수들 간 내재적 상호관계에 뒷받침됨을 확인하였다.

14) 예를 들어, M2에서 전체기간대비 최근기간에 30주 기준으로 vIR 변동성에서 vIR 의 설명력은 7.2%p 감소하고, vFX 의 설명력은 7.7%p 증가하였다.

<표 12> 강건성 검정결과

모형	M2	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP
시차	1	vIR	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	vFX	1.0%	-9.6%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%
	10		-7.2%	3.6%	0.8%	2.0%	0.6%	0.2%		1.7%	-15.0%	12.6%	0.6%	0.1%	0.0%
	30		-18.4%	7.7%	1.4%	7.6%	1.5%	0.3%		3.3%	-13.9%	10.1%	0.2%	0.4%	-0.1%
시차	1	vEQ	-1.6%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	vMS	3.0%	1.0%	0.8%	-4.7%	0.6%	-0.7%
	10		-1.4%	0.1%	0.7%	0.6%	0.0%	0.0%		3.9%	6.1%	1.5%	-11.3%	0.5%	-0.8%
	30		-1.3%	-0.1%	0.6%	0.8%	0.0%	0.0%		5.5%	8.7%	2.0%	-15.9%	0.5%	-0.7%
시차	1	vJP	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	-11.0%	10.4%	vHP	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	-0.5%
	10		-0.1%	1.6%	0.6%	1.2%	-17.6%	14.3%		0.8%	5.4%	1.2%	5.4%	3.8%	-16.6%
	30		-1.9%	3.1%	1.2%	5.1%	-18.7%	11.2%		0.8%	7.3%	1.6%	4.7%	4.0%	-18.3%
모형	M3	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP
시차	1	vIR	-1.5%	0.2%	-2.0%	3.0%	0.2%	0.1%	vFX	0.0%	-10.9%	7.8%	2.7%	0.2%	0.2%
	10		-3.5%	0.7%	-0.4%	1.9%	1.0%	0.2%		0.5%	-15.0%	11.7%	2.4%	0.4%	-0.1%
	30		-9.2%	2.4%	0.6%	5.5%	0.9%	-0.2%		2.5%	-14.0%	8.7%	2.4%	0.7%	-0.3%
시차	1	vEQ	0.0%	0.0%	-1.4%	1.2%	0.1%	0.1%	vMS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	10		0.0%	0.1%	-1.7%	1.4%	0.1%	0.1%		0.0%	3.0%	0.8%	-3.8%	0.0%	0.0%
	30		0.1%	-0.2%	-1.8%	1.7%	0.1%	0.1%		0.4%	5.2%	1.2%	-7.1%	0.1%	0.0%
시차	1	vJP	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	-0.8%	0.0%	vHP	0.0%	0.0%	0.0%	-0.6%	10.4%	-9.8%
	10		-0.7%	1.6%	0.5%	2.3%	-4.9%	1.2%		1.2%	4.8%	1.2%	3.2%	16.8%	-27.2%
	30		-3.6%	3.1%	1.2%	6.7%	-7.4%	0.1%		1.5%	6.4%	1.5%	2.9%	16.2%	-28.5%
모형	M4	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP
시차	1	vIR	0.7%	1.0%	-1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	vFX	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	10		-3.6%	0.7%	0.0%	2.0%	0.7%	0.1%		0.5%	-2.9%	1.6%	0.6%	0.2%	-0.1%
	30		-13.5%	3.5%	0.6%	7.6%	2.1%	-0.3%		2.6%	-3.5%	0.4%	0.2%	0.7%	-0.4%
시차	1	vEQ	0.0%	9.1%	-9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	vMS	2.0%	2.7%	0.2%	-4.7%	0.7%	-0.8%
	10		0.0%	9.2%	-9.8%	0.6%	0.0%	0.0%		1.9%	8.9%	0.7%	-11.3%	0.6%	-0.8%
	30		0.1%	9.1%	-10.0%	0.8%	0.0%	0.0%		2.7%	12.7%	0.8%	-15.9%	0.5%	-0.8%
시차	1	vJP	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	-0.6%	0.0%	vHP	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	10.4%	-11.0%
	10		-0.1%	1.5%	0.6%	1.2%	-4.5%	1.2%		1.1%	3.9%	2.2%	5.4%	15.7%	-28.4%
	30		-2.7%	4.0%	1.0%	5.1%	-7.6%	0.1%		1.4%	6.2%	2.1%	4.7%	15.1%	-29.4%
모형	M5	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP	충격 반응	vIR	vFX	vEQ	vMS	vJP	vHP
시차	1	vIR	1.4%	0.0%	-1.6%	0.0%	0.0%	0.2%	vFX	0.4%	-9.8%	9.1%	0.0%	0.0%	0.2%
	10		-6.4%	3.6%	-0.2%	1.9%	0.7%	0.4%		1.2%	-15.0%	13.1%	0.6%	0.1%	0.0%
	30		-17.8%	7.5%	1.0%	7.8%	1.2%	0.3%		3.2%	-13.8%	10.3%	0.2%	0.4%	-0.2%
시차	1	vEQ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	vMS	2.6%	1.0%	1.2%	-4.1%	0.0%	-0.7%
	10		0.1%	0.1%	-0.8%	0.6%	0.0%	0.0%		3.4%	6.1%	1.9%	-10.8%	0.0%	-0.6%
	30		0.2%	-0.1%	-0.9%	0.8%	0.0%	0.0%		4.8%	8.7%	2.5%	-15.5%	0.1%	-0.6%
시차	1	vJP	0.2%	0.2%	0.1%	0.5%	-11.5%	10.5%	vHP	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	-0.1%
	10		-0.2%	1.8%	0.5%	1.9%	-18.4%	14.4%		0.6%	5.6%	1.1%	5.3%	4.0%	-16.7%
	30		-2.1%	3.2%	1.3%	5.3%	-18.8%	11.2%		0.7%	7.5%	1.5%	4.5%	4.1%	-18.4%

V. 결론

본 연구는 금융시장과 주택시장의 변동성 간 전이구조를 분석하였다. 분석변수로는 금융시장에서 주가·금리·환율을, 주택시장에서 서울 아파트 시장의 매매가격지수·전세가격지수·매수우위지수를 선정하여 이를 주간 수익률로 변환하여 사용하였다. 수익률 오차항의 조건부 분산을 다양한 GARCH 모형으로 추정 한 뒤 적합도를 비교하여 변수별 최적모형을 선정하였으며, 변동성 간 전이효과는 베이지안 VAR 모형으로 분석하였다. 또한, Bai-Perron 검정으로 식별한 경제 구조 변화 시점 이후의 최근기간을 전체기간과 구분하여 전이구조의 변화 특성을 검토하였다. 아울러 분석 결과의 강건성 확보를 위해 다양한 대안모형에 대한 추가적인 검증을 실시하였다. 주요 분석결과는 다음과 같다.

첫째, GARCH 계열 모형을 이용해 변수별로 조건부 변동성을 추정한 결과, 주가 변동성은 레버리지 효과를 보이는 EGARCH 모형이, 매매가격·전세가격 변동성은 양(+)의 비대칭효과를 보이는 EGARCH 모형이 선정되었다. 한편 금리·환율·매수우위지수 변동성은 지속성이 높은 GARCH로 추정하였다. 이를 통해 금융 및 주택시장의 변동성 변수는 모두 군집성과 높은 지속성을 갖는 것으로 확인되었다. 주가는 가격하락이 가격상승에 비해 변동성을 더 크게 확대하는 비대칭성을 보였으며, 주택매매가격과 전세가격은 가격상승이 가격하락에 비해 변동성을 더욱 증폭시키는 양(+)의 비대칭성을 나타냈다. 이는 충격의 방향에 따라 변동성이 확대될 수 있어 시장 불확실성이 증대될 가능성이 있음을 시사한다.

둘째, IRF 및 FEVD 분석결과 최근 기간에는 모든 변수의 변동성에서 자기 충격의 영향력 약화와 전이구조의 유의한 변화가 관찰되었다. IRF 분석에서 각 변수는 전체기간과 최근기간 모두 자기충격에 대해 즉각적인 양(+)의 반응과 점진적 감쇠 패턴을 보였으나, 최근 들어 감쇠 속도가 빨라지고 지속기간이 단축되었다. 특히 금융시장 불안이 주택매수심리로 전이되고, 전세시장의 충격이 매매시장으로 전이되는 경로가 확인되었다. FEVD 분석에서는 타 변수의 설명력 비중이 구조적으로 확대되었는데, 환율 변동성의 금리 및 주가에 대한 설명력이 증가하였고, 금리에 대한 매수우위지수의 기여도도 새롭게 나타났다. 주택시장에서는

금리·환율의 매수우위지수에 대한 설명력과 전세가격의 매매가격에 대한 설명력이 확대되었다. 종합하면 변동성이 “금융시장→주택매수심리→전세가격→매매가격”의 경로로 단계적으로 전파되는 동시에 매수심리가 금리에 역방향으로 영향을 주는 피드백 경로가 형성된 것으로 분석된다. 아울러 전세가격 변동성이 보증금 레버리지를 매개로 주택매매시장 변동성을 증폭하는 장치로 기능할 수 있는 것으로 해석된다.

이상의 분석결과는 다음과 같은 정책적 시사점을 제공한다. 첫째, 국내 시장 구조상 금융시장 불안이 주택시장 변동성에 직접 파급될 수 있다는 점에서, 금융변수의 수준(추세)뿐 아니라 변동성 자체를 관리하는 금융안정 정책이 중요하다. 실증분석 결과 금융시장-주택매수심리-주택시장으로 이어지는 변동성의 전이경로가 관찰되었다. 이는 글로벌 금융 불안이나 대외 충격에 따른 금리 및 환율 변동성이 주택 매수심리 위축과 전세·매매가격의 동조적 불안으로 연결될 가능성이 있음을 시사한다. 이러한 점에서 통화정책 및 거시건전성 정책을 설계할 때 주택시장 변동성 지표를 금융안정 점검 체계에 포함하고, 금융시장의 변동성 급등국면에는 주택시장으로의 파급효과까지 통합적으로 점검할 수 있는 모니터링 시스템 구축이 필요하다.

둘째, 최근기간에 전세가격 변동성이 매매가격 변동성에 미치는 영향력이 유의하게 확대된 것은 전세제도가 주택시장 변동성의 핵심적인 전달 경로로 기능할 수 있음을 의미한다. 전세보증금은 주택매입자금의 레버리지와 직결되므로 전세가격 변동성이 확대될 경우 주택 매입 여건과 대출 구조가 동시에 흔들릴 수 있다. 이는 전세 관련 금융 제도가 주거의 안정적 지원과 임차인 보호라는 정책 목표를 넘어 주택시장 전체의 변동성 관리와도 밀접히 관련됨을 시사한다. 특히 전세가격 급등기에는 LTV·DSR 규제, 전세대출 관련 금리 및 한도 정책, 보증료율 조정 등 관련 제도가 주택매매가격 변동성에 미치는 영향을 면밀하게 점검하고 선제적으로 대응할 필요가 있다.

셋째, 매매·전세가격 변동성이 양(+)의 비대칭성을 보인다는 점은 가격 상승기와 하락기에 변동성 반응이 질적으로 상이할 수 있음을 의미한다. 상승 국면에서는 가격이 오를수록 변동성이 함께 확대되어 기대수익과 리스크가 동시에 증가하고, 이는 투기적 수요를 자극해 버블 형성을 가속화할 수 있다. 반면 하락 국면에서는 거래 위축과 유동성 제약이 심화되면서 금융시장

불안을 유발할 가능성이 있다. 따라서 상승기에는 변동성 확대를 관리하기 위한 거시건전성 규제 강화와 선제적 유동성 관리가 필요하고, 하락기에는 급격한 거래 위축이 시스템 리스크로 전이되지 않도록 유동성을 공급하고 충격 완충장치를 마련하는 등 국면별 차별화된 정책 대응이 필요하다.

본 연구의 의의는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 가격변수의 수준 변화가 아닌 변동성 자체에 초점을 두어 GARCH-BVAR 결합 모형을 이용해 변동성 전이 구조를 체계적으로 규명하였다. 둘째, 주가·금리·환율과 함께 매매가격·전세가격·매수우위지수라는 주택시장의 핵심변수를 동시에 고려함으로써, 전세제도과 매수심리가 금융-주택시장 간 충격 전이의 핵심 경로임을 실증적으로 제시하였다. 셋째, 구조변화 검정을 통해 식별된 2018년 10월을 기준으로 최근 기간을 구분하여 분석함으로써 변동성 전이구조의 변화에 관련된 정책적 함의를 도출하였다.

이러한 의의에도 불구하고 본 연구에는 몇 가지 한계가 존재한다. 첫째, 분석대상을 서울 아파트 시장으로 한정함으로써 비수도권 지역이나 단독·다세대 주택 및 상업용 부동산 등 타 부동산 자산의 이질적 특성을 포괄하지 못하였다. 향후 연구에서는 지역과 자산 범위를 확장하여 금융-주택 전이구조의 공간적·자산적 이질성을 보다 정교하게 분석할 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 거시경제 및 정책 환경의 변화를 구조 변화 시점이라는 간접적 방식으로만 반영하였을 뿐, LTV·DTI 규제, 금리정책, 세제 변화 등 제도·정책변수를 모형에 명시적으로 포함하지 못하였다. 향후에는 이러한 제도·정책변수를 모형에 포함한 보다 정밀한 후속 연구가 필요하다.

논문접수일 : 2025년 11월 5일

논문심사일 : 2025년 11월 26일

게재확정일 : 2025년 12월 19일

참고문헌

1. 강삼모, “우리나라의 환율 및 환율 변동성이 무역수지와 경제 성장에 미치는 영향”, 「국제지역연구」 제11권 제3호, 2007, pp. 438-458
2. 고동우·윤성민, “한국 주택가격의 동태적 변화 연구”, 「Journal of The Korean Data Analysis Society」 제26권 제1호, 2024, pp. 211-225
3. 김경수, “코스피, 회사채 유통수익률 및 원달러 환율의 변동성 간의 관련성에 대한 연구”, 「국제회계연구」 제16권, 2006, pp. 131-155.
4. 김경환·손재영, 「부동산 경제학」, 건국대학교출판부, 2020
5. 김남중·박성욱·박춘성, “우리나라 금융시장 변동요인 분석”, 「KIF 금융분석리포트」 2020년 제8호, 2020, pp. 1-95
6. 김명기·문소상, “환율, 금리, 주가변동의 상호연관성 분석”, 「한국은행 경제분석」 제4권 제2호, 1998, pp. 93-122
7. 김미형, “주식, 채권, 부동산시장의 변동성 전이에 관한 연구”, 「경영교육연구」 제53권 제1호, 2009, pp. 329-347
8. 김영식, 「거시경제론」, 율곡출판사, 2011
9. 김윤철·이명훈, “환율과 금리의 변동이 기업 수익성에 미치는 영향 분석”, 「금융지식연구」 제2권 제2호, 2014, pp. 229-252
10. 김종선, “글로벌 금융위기를 전후한 환율과 주가의 변동성의 특성 분석”, 「산업경제연구」 제29권 제2호, 2016, pp. 497-518
11. 김종선, “원달러환율과 수출입 간의 변동성의 특성에 관한 연구”, 「무역보험연구」 제20권 제2호, 2019, pp. 147-171
12. 김종선, “주담대 금리변동성이 서울 주택가격 및 전세가격의 변동에 미치는 영향 분석”, 「무역보험연구」 제22권 제6호, 2021, pp. 101-116
13. 김중호·정재호, “GARCH, EGARCH 모형을 이용한 주택가격 변동성에 관한 연구”, 「부동산학보」 제47권, 2011, pp. 367-383
14. 김현재, “주택가격의 변동성과 결정요인 분석”, 「부동산학보」 제47권, 2011, pp. 255-269
15. 문규현, “코로나-19 전후 코스피와 원/달러환율 사이의 비대칭성에 관한 연구”, 「지역산업연구」 제46권 제3호, 2023, pp. 3-21
16. 박성구·전재식, “벡터오차수정모형(VECM)을 이용한 아파트 규모별 매매가 비교 연구”, 「부동산학연구」 제31권 제2호, 2025, pp. 81-98
17. 성주환·윤영식, “GARCH(1,1) 모형을 이용한 전국 아파트 전세가격의 거시적 동태모형에 대한 연구”, 「부동산학보」 제57권, 2014, pp. 279-293
18. 신종협, “자산수익률 간 연관성 분석”, 「시장경제연구」 제48권 제3호, 2019, pp. 43-67
19. 우신욱·강삼모, “주요 선진국 및 신흥국 주가지수 변동성의 비대칭성 연구”, 「사회과학연구」 제32권 제1호, 2025, pp. 273-297
20. 유재원·이기성, “베이지안 VAR 모형을 이용한 해외 실물 및 금융충격의 국내 파급효과 분석”, 「무역연구」 제16권 제2호, 2020, pp. 153-169
21. 유정석, “부동산, 가상자산 및 주식시장 간의 가격 변동성 전이 효과 분석”, 「부동산연구」 제34권 제3호, 2024, pp. 7-28
22. 유한수, “KOSPI 변동성과 주택매매가격지수 변동성”, 「경영컨설팅연구」 제7권 제4호, 2007, pp. 95-108
23. 윤옥자·강규호, “외환위기 전후 금리, 환율, 주가 변동성에 관한 분석—금융시장간 변동성 전이를 중심으로”, 「경제분석」 제10권 제1호, 2004, pp. 54-81
24. 윤재은·황선영, “금융시계열 변동성 측정 방법의 비교 분석: 고빈도 자료 및 융합 방법”, 「응용통계연구」 제28권 제6호, 2015, pp. 1163-1170
25. 윤재형, “금리, 환율, 주식수익률의 상호의존성 분석: 다변량 VAR-EGARCH 모델을 중심으로”, 「산업경제연구」 제25권 제4호, 2012, pp. 2485-2503
26. 이영수, “자산효과의 비교: 주택과 주식”, 「부동산연구」 제19권 제2호, 2009, pp. 151-174
27. 이영수, “통화정책과 주택시장: 부호제약을 이용한 베이지안 VAR 분석”, 「주택연구」 제27권 제1호, 2019, pp. 113-136
28. 이종원, 「계량경제학」, 박영사, 2007
29. 이종필, “주택가격과 주택거래량 상관관계”, 영산대학교 부동산학과 박사학위논문, 2017
30. 임재만, “주택매매가격의 변동성에 관한 연구”, 「주택연구」 제14권 제2호, 2006, pp. 65-84
31. 장영길, “저금리가 주택가격을 상승시키는가?”, 「부동산학연구」 제23권 제1호, 2017, pp. 39-48
32. 전해정, “GARCH, EGARCH 모형을 이용한 주택 매매·전세·월세시장의 변동성과 이진효과에 관한 연구”, 「부동산학보」 제62권, 2015, pp. 218-232
33. 전해정, “BVAR 모형을 이용한 소비심리, 금리, 거래량이 주택 가격에 미치는 영향”, 「인문사회21」 제14권 제2호, 2023, pp. 377-390
34. 전해정, “서울시 5대 권역 주택가격 전이효과: FAVAR 모형을 이용하여”, 「한국콘텐츠학회논문지」 제23권 제10호, 2023, pp. 319-326
35. 최남진, “통화량 변동성과 주택가격 변동성 간 관계에 관한 연구”, 「부동산분석」 제5권 제3호, 2019, pp. 1-17
36. 최영상·고성수, “통화정책이 부동산가격 변동성에 미치는 영향에 관한 연구”, 「부동산연구」 제25권 제4호, 2015, pp. 7-19
37. 최완수, “한국 주식시장과 채권시장의 비대칭적 변동성의 존재와 발생 원인”, 「금융지식연구」 제19권 제3호, 2021, pp. 47-74
38. 최차순, “금융시장 변동성과 주택시장 연계성에 관한 연구”, 「부동산경영」 제24권, 2021, pp. 51-80
39. 함종영·손재영, “베이지안 접근법을 이용한 주택가격 변동요인 분석—사전확률분포의 유형별 비교”, 「주거환경」 제20권 제1호, 2022, pp. 1-21
40. Adrian, T. and H. S. Shin, “Procyclical leverage and value-at-risk”, The Review of Financial Studies, Vol. 27 No. 2, 2014, pp. 373-403
41. Aitken, A., “On least squares and linear combination of

- observations", *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. 55, 1935, pp. 42-48
42. Aizenman, J. and N. Marion, "Volatility and the investment response", NBER Working Paper, 1996
43. Akerlof, G. A. and R. J. Shiller, *Animal Spirits*, Princeton University Press, 2009
44. Bai, J. and P. Perron, "Estimating and testing linear models with multiple structural changes", *Econometrica*, Vol. 66 No. 1, 1998, pp. 47-78
45. Bernanke, B. S. and M. Gertler, "Inside the Black Box: The Credit Channel of Monetary Policy Transmission", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 No. 4, 1995, pp. 27-48
46. Blanchard, O. J. and D. Quah, "The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances", NBER Working Paper, 1988
47. Bollerslev, T., "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, Vol. 31 No. 3, 1986, pp. 307-327
48. Chaney, T., D. Sraer, and D. Thesmar, "The collateral channel: How real estate shocks affect corporate investment", *American Economic Review*, Vol. 102 No. 6, 2012, pp. 2381-2409
49. Dieppe, A., R. Legrand, and B. Van Roye, "The BEAR toolbox", ECB Working Paper, 2016
50. Engle, R. F., "Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation", *Econometrica*, Vol. 50 No. 4, 1982, pp. 987-1007
51. French, K. R., G. W. Schwert, and R. F. Stambaugh, "Expected stock returns and volatility", *Journal of Financial Economics*, Vol. 19 No. 1, 1987, pp. 3-29
52. Gan, J., "Collateral, debt capacity, and corporate investment: Evidence from a natural experiment", *Journal of Financial Economics*, Vol. 85 No. 3, 2007, pp. 709-734
53. Koop, G. and D. Korobilis, "Bayesian multivariate time series methods for empirical macroeconomics", *Foundations and Trends in Econometrics*, Vol. 3 No. 4, 2010, pp. 267-358
54. Lee, J. and K. Chung, "The effect of market volatility on liquidity and stock returns in the Korean stock market", Working Paper, 2017
55. Litterman, R. B., "Forecasting with Bayesian vector autoregressions—five years of experience", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 4 No. 1, 1986, pp. 25-38
56. Lütkepohl, H., "Estimation of structural vector autoregressive models", *Communications for Statistical Applications and Methods*, Vol. 24 No. 5, 2017, pp. 421-441
57. Nelson, D. B., "Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach", *Econometrica*, Vol. 59 No. 2, 1991, pp. 347-370
58. Ramey, G. and V. A. Ramey, "Cross-country evidence on the link between volatility and growth", NBER Working Paper, 1994
59. Shojaie, A. and E. B. Fox, "Granger causality: A review and recent advances", *Annual Review of Statistics and Its Application*, Vol. 9 No. 1, 2022, pp. 289-319
60. Stock, J. H. and M. W. Watson, "Evidence on structural instability in macroeconomic time series relations", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 14 No. 1, 1996, pp. 11-30
61. White, H., "A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity", *Econometrica*, Vol. 48 No. 4, 1980, pp. 817-838

<국문요약>

금융·주택시장 변동성 특성 및 전이구조 분석 : GARCH와 베이지안 VAR 접근

서 상 원 (Seo, Sang-Won)
양 창 규 (Yang, Chang-Gyu)

본 연구는 한국 금융 및 주택시장의 변동성 전이구조를 분석하였다. 이를 위해 금융시장(주가·금리·환율)과 주택시장(서울 아파트 매매·전세가격·매수우위지수) 변수의 주간 수익률에 대해 GARCH 모형으로 조건부 분산을 추정하여 변동성을 산출하였다. 아울러 Bai-Perron 검정으로 도출된 2018년 10월 1일을 기점으로 전체와 최근 기간을 구분하고, 추정의 안정성을 제고한 변동성 전이효과 분석을 위해 베이지안 VAR 모형을 적용하였다.

변동성 추정 결과 주가와 주택가격 변수에는 EGARCH 모형이, 나머지 변수에는 GARCH 모형이 적합한 것으로 확인되었다. IRF 및 FEVD 분석에서는 최근 기간에 변수의 자기 설명력이 축소되고 타 변수에 의한 전이효과가 확대되는 구조적 변화가 나타났다. 특히 환율이 금융시장 변동성을 주도하는 가운데, 금융변수의 충격이 주택매수심리와 전세가격을 거쳐 주택매매가격으로 파급되는 단계적 경로가 관찰되었다. 또한, 매수심리가 금리에 역으로 영향을 미치는 피드백 효과와 전세 변동성이 매매가격 변동성을 증폭시키는 기제도 함께 확인되었다.

본 연구의 결과는 금융 및 주택시장 간 변동성 전이 경로가 명확하게 관찰된다는 점에서, 리스크 파급을 차단하기 위한 금융·주택시장의 통합적 모니터링 체계 구축이 필요함을 시사한다. 또한, 전세 시장이 금융 충격의 핵심 전이 경로로 기능할 수 있는 만큼, 주택가격 안정을 위해 전세가격 변동성 관리의 중요성이 크다는 점을 제시한다. 아울러 변동성의 비대칭성을 고려할 때, 시장의 상승·하락국면에 따라 차별화된 정책 대응이 요구된다는 점을 제안한다.

주 제 어 : 주택시장, 변동성 전이, 일반 자기회귀 조건부 이분산(GARCH), 베이지안 벡터자기회귀모형(BVAR)

부록

<표 A> 변동성 모형 그리드 서치(AIC 기준)

변수	구분 (AR, 오차분포)	변동성 모형						
		APARCH	ARCH_M	EARCH	EGARCH	GARCH	TGARCH	TGARCH-M
vEQ	AR(1)	3,226.59	3,235.47	3,269.54	3,225.46	3,242.10	3,225.39	3,222.98
	N	3,242.05	3,257.40	3,295.21	3,242.45	3,261.25	3,239.98	3,239.96
	t	3,215.08	3,220.80	3,252.97	3,212.80	3,229.03	3,215.13	3,211.72
	GED	3,222.64	3,228.22	3,260.43	3,221.11	3,236.03	3,221.06	3,217.27
	AR없음	3,267.22	3,269.28	3,295.50	3,263.25	3,274.85	3,266.58	3,266.18
	N	3,285.86	3,292.70	3,320.11	3,280.16	3,296.03	3,283.91	3,285.67
	t	3,253.28	3,252.17	3,280.13	3,250.93	3,260.19	3,254.37	3,251.75
vFX	GED	3,262.52	3,262.98	3,286.26	3,258.66	3,268.32	3,261.46	3,261.11
	AR(1)	2,192.02	2,195.79	2,221.30	2,199.61	2,193.93	2,190.88	2,192.41
	N	2,211.64	2,218.03	2,246.54	2,210.15	2,216.04	2,211.14	2,212.69
	t	2,177.92	2,179.72	2,205.66	2,190.76	2,178.14	2,176.31	2,177.45
	GED	2,186.51	2,189.61	2,211.71	2,197.91	2,187.61	2,185.18	2,187.09
	AR없음	2,213.65	2,219.41	2,242.84	2,212.31	2,217.83	2,212.69	2,214.48
	N	2,233.49	2,242.79	2,268.60	2,232.24	2,240.86	2,232.85	2,234.71
vIR	t	2,200.25	2,203.39	2,227.62	2,198.84	2,202.40	2,199.20	2,201.15
	GED	2,207.21	2,212.03	2,232.29	2,205.85	2,210.23	2,206.02	2,207.58
	AR(1)	-2,445.70	-2,442.68	-2,275.19	-2,444.54	-2,444.60	-2,445.62	-2,443.69
	N	-2,411.60	-2,406.33	-2,201.72	-2,409.33	-2,408.33	-2,410.66	-2,408.68
	t	-2,465.69	-2,463.95	-2,348.67	-2,465.25	-2,465.95	-2,466.12	-2,464.12
	GED	-2,459.80	-2,457.75		-2,459.05	-2,459.51	-2,460.10	-2,458.28
	AR없음	-2,400.06	-2,396.25	-2,246.52	-2,387.55	-2,398.17	-2,398.52	-2,396.66
vHP	N	-2,357.71	-2,351.09	-2,173.06	-2,353.84	-2,353.01	-2,355.19	-2,353.58
	t	-2,421.81	-2,419.58	-2,319.98	-2,421.26	-2,421.57	-2,420.54	-2,418.57
	GED	-2,420.67	-2,418.08			-2,419.93	-2,419.82	-2,417.84
	AR(1)	-3,430.15	-3,434.21	-3,082.30	-3,447.49	-3,435.82	-3,121.11	-3,353.68
	N	-3,395.81	-3,383.03	-2,908.10	-3,396.81	-3,385.02	-2,693.22	-3,394.75
	t	-3,464.48	-3,450.31	-3,256.51	-3,464.31	-3,452.19	-3,190.41	-3,188.20
	GED		-3,469.29		-3,481.35	-3,470.26	-3,479.71	-3,478.11
vJP	AR없음	-1,938.34	-1,953.66	-1,262.67	-5,844.50	-1,929.42	-1,930.13	-1,975.84
	N	-1,878.85	-1,905.67	-1,263.29	-1,864.14	-1,880.77	-1,879.47	-1,926.02
	t				-13,683.01			
	GED	-1,997.83	-2,001.65	-1,262.04	-1,986.35	-1,978.06	-1,980.79	-2,025.66
	AR(1)	-3,146.94	-3,138.63	-2,819.56	-3,181.96	-3,140.49	-3,145.21	-3,126.34
	N	-3,076.32	-3,070.47	-2,628.98		-3,072.15	-3,077.42	-3,076.02
	t	-3,181.86	-3,171.12	-3,010.14	-3,181.24	-3,173.02	-3,177.61	-3,176.66
vMS	GED	-3,182.63	-3,174.30		-3,182.68	-3,176.30	-3,180.59	
	AR없음	-1,947.79	-1,948.92	-1,340.35	-1,968.23	-1,945.83	-1,955.56	-2,003.03
	N	-1,938.11	-1,940.99	-1,301.80		-1,937.86	-1,940.04	-1,953.28
	t		-1,938.99	-1,369.53		-1,935.90		-2,070.67
	GED	-1,957.46	-1,966.77	-1,349.72	-1,968.23	-1,963.74	-1,971.08	-1,985.13
	AR(1)		5,571.08	5,614.68	5,560.75	5,569.54	5,569.22	5,570.43
	N		5,626.57	5,692.84	5,613.37	5,625.74	5,622.32	5,622.14
vMS	t		5,540.48	5,572.42	5,530.07	5,538.53	5,539.57	5,541.44
	GED		5,546.18	5,578.78	5,538.81	5,544.37	5,545.77	5,547.73
	AR없음	5,640.30	5,642.51	5,680.23	5,638.84	5,640.62	5,639.28	5,615.44
	N	5,674.29	5,678.38	5,737.99	5,674.89	5,676.38	5,673.08	5,663.48
	t	5,620.51	5,621.72	5,645.64	5,617.29	5,619.74	5,619.70	5,588.22
	GED	5,626.11	5,627.44	5,657.08	5,624.34	5,625.74	5,625.06	5,594.62

<표 B> 변동성 모형 그리드 서치(BIC 기준)

변수	구분 (AR, 오차분포)	변동성 모형						
		APARCH	ARCH_M	EARCH	EGARCH	GARCH	TGARCH	TGARCH-M
vEQ	AR(1)	3,262.70	3,266.88	3,296.23	3,256.86	3,268.80	3,256.79	3,259.10
	N	3,275.03	3,285.67	3,318.76	3,270.72	3,284.80	3,268.25	3,272.93
	t	3,252.76	3,253.77	3,281.23	3,245.78	3,257.29	3,248.11	3,249.40
	GED	3,260.32	3,261.19	3,288.69	3,254.09	3,264.29	3,254.03	3,254.96
	AR없음	3,298.62	3,295.98	3,317.49	3,289.94	3,296.83	3,293.27	3,297.58
	N	3,314.12	3,316.25	3,338.95	3,303.71	3,314.87	3,307.47	3,313.93
	t	3,286.25	3,280.44	3,303.69	3,279.20	3,283.75	3,282.64	3,284.72
vFX	GED	3,295.49	3,291.24	3,309.82	3,286.92	3,291.88	3,289.72	3,294.08
	AR(1)	2,228.14	2,227.19	2,248.00	2,231.01	2,220.62	2,222.28	2,228.53
	N	2,244.62	2,246.30	2,270.09	2,238.41	2,239.60	2,239.41	2,245.66
	t	2,215.60	2,212.69	2,233.92	2,223.74	2,206.40	2,209.28	2,215.14
	GED	2,224.19	2,222.59	2,239.97	2,230.88	2,215.87	2,218.15	2,224.78
	AR없음	2,245.05	2,246.10	2,264.82	2,239.00	2,239.81	2,239.38	2,245.88
	N	2,261.75	2,266.35	2,287.44	2,255.79	2,259.70	2,256.41	2,262.97
vIR	t	2,233.22	2,231.65	2,251.17	2,227.10	2,225.95	2,227.46	2,234.12
	GED	2,240.18	2,240.30	2,255.84	2,234.11	2,233.78	2,234.28	2,240.55
	AR(1)	-2,409.58	-2,411.27		-2,413.13	-2,417.90	-2,414.22	-2,407.58
	N	-2,378.63	-2,378.06	-2,178.16	-2,381.06	-2,384.77	-2,382.39	-2,375.71
	t	-2,428.00	-2,430.98	-2,320.40	-2,432.27	-2,437.69	-2,433.14	-2,426.43
	GED	-2,422.11	-2,424.78		-2,426.07	-2,431.24	-2,427.12	-2,420.59
	AR없음	-2,368.65	-2,369.55			-2,376.18	-2,371.83	-2,365.25
vHP	N	-2,329.44	-2,327.53	-2,154.21	-2,330.28	-2,334.17	-2,331.64	-2,325.31
	t	-2,388.83	-2,391.31	-2,296.42	-2,392.99	-2,398.01	-2,392.28	-2,385.59
	GED	-2,387.69	-2,389.82			-2,396.37	-2,391.56	-2,384.86
	AR(1)		-3,402.80		-3,416.08	-3,409.12	-3,089.70	-3,317.57
	N	-3,362.84	-3,354.76	-2,884.54	-3,368.54	-3,361.46	-2,664.95	-3,361.77
	t	-3,426.79	-3,417.33	-3,228.24	-3,431.33	-3,423.92	-3,157.43	-3,150.51
	GED		-3,436.31		-3,448.37	-3,441.99	-3,446.73	-3,440.42
vJP	AR없음				-5,817.79			
	N	-1,850.58	-1,882.11	-1,244.45	-1,840.58	-1,861.93	-1,855.91	-1,897.75
	t				-13,654.70			
	GED	-1,964.85	-1,973.39	-1,238.48	-1,958.08	-1,954.50	-1,952.52	-1,992.68
	AR(1)	-3,110.82	-3,107.22			-3,113.79	-3,113.80	
	N	-3,043.35	-3,042.20	-2,605.42		-3,048.60	-3,049.15	-3,043.04
	t	-3,144.17	-3,138.14	-2,981.88	-3,148.26	-3,144.75	-3,144.63	-3,138.97
vMS	GED	-3,144.94	-3,141.32		-3,149.70	-3,148.03	-3,147.61	
	AR없음		-1,922.22	-1,318.36		-1,923.84		-1,971.62
	N	-1,909.85	-1,917.43	-1,282.95		-1,919.01	-1,916.48	-1,925.01
	t		-1,910.72	-1,345.97		-1,912.34		-2,037.69
	GED	-1,924.48	-1,938.50	-1,326.16	-1,939.96	-1,940.18	-1,942.81	-1,952.15
	AR(1)		5,602.48	5,641.37	5,592.15	5,596.24	5,600.63	5,606.55
	N		5,654.84	5,716.39	5,641.64	5,649.29	5,650.59	5,655.11
vMS	t		5,573.45	5,600.68	5,563.04	5,566.79	5,572.55	5,579.12
	GED		5,579.15	5,607.04	5,571.78	5,572.63	5,578.75	5,585.41
	AR없음	5,671.71	5,669.20	5,702.21	5,665.53	5,662.60	5,665.97	5,646.84
	N	5,702.55	5,701.93	5,756.83	5,698.44	5,695.22	5,696.63	5,691.75
	t	5,653.48	5,649.98	5,669.19	5,645.55	5,643.30	5,647.96	5,621.19
	GED	5,659.09	5,655.70	5,680.63	5,652.61	5,649.29	5,653.32	5,627.59

<표 C> 초모수 선정기준

모 형		전체기간		최근기간	
자기수축계수 (self-tight)	교차수축계수 (cross-tight)	로그주변우도	안정성 확률	로그주변우도	안정성 확률
1.0	1.0	7,459.275	0.999	3,676.537	0.924
0.9	1.0	7,459.337	0.999	3,676.159	0.918
1.0	0.9	7,459.328	0.999	3,676.061	0.918
0.9	0.9	7,459.375	0.999	3,675.708	0.911
0.7	1.0	7,459.433	0.999	3,675.390	0.905
1.0	0.7	7,459.394	0.999	3,675.042	0.903
0.7	0.9	7,459.440	0.999	3,675.010	0.900
0.9	0.7	7,459.409	0.999	3,674.761	0.899
0.5	1.0	7,459.499	0.999	3,674.505	0.892
0.7	0.7	7,459.432	0.999	3,674.169	0.887
0.5	0.9	7,459.498	0.999	3,674.148	0.888
1.0	0.5	7,459.393	0.999	3,673.918	0.886
0.9	0.5	7,459.401	0.999	3,673.654	0.883
0.5	0.7	7,459.527	0.999	3,673.293	0.880
0.7	0.5	7,459.462	0.999	3,672.990	0.876
0.3	1.0	7,459.726	0.999	3,672.490	0.890
0.3	0.9	7,459.767	0.999	3,672.160	0.889
0.5	0.5	7,459.649	0.999	3,672.100	0.875
1.0	0.3	7,459.471	0.999	3,672.041	0.870
0.9	0.3	7,459.523	0.999	3,671.705	0.868
0.3	0.7	7,459.879	0.999	3,671.256	0.887
0.7	0.3	7,459.667	0.999	3,670.889	0.869
1.0	0.2	7,459.651	0.999	3,670.193	0.866
0.9	0.2	7,459.700	0.999	3,669.746	0.867
0.3	0.5	7,459.986	0.999	3,669.529	0.889
0.2	1.0	7,459.918	0.999	3,669.484	0.901
0.5	0.3	7,459.837	0.999	3,669.460	0.875
0.2	0.9	7,459.959	0.999	3,669.004	0.902
0.7	0.2	7,459.783	0.999	3,668.511	0.870
0.2	0.7	7,460.016	0.999	3,667.614	0.903
0.5	0.2	7,459.825	0.999	3,666.400	0.879
0.3	0.3	7,459.962	0.999	3,665.734	0.893
0.2	0.5	7,459.997	0.999	3,665.245	0.905
0.3	0.2	7,460.066	0.999	3,662.398	0.897
0.2	0.3	7,460.083	0.999	3,661.144	0.911
0.1	1.0	7,457.328	0.999	3,660.205	0.926
0.1	0.9	7,457.319	0.999	3,659.366	0.927
0.2	0.2	7,460.591	0.999	3,658.445	0.915
0.1	0.7	7,457.335	0.999	3,657.346	0.929
0.1	0.5	7,457.546	0.999	3,654.961	0.933
0.1	0.3	7,458.156	0.999	3,652.623	0.936
0.1	0.2	7,458.349	0.999	3,651.804	0.939