

주목가격지수 거시경제모형 개선 방안

장봉규 (포항공과대학교(POSTECH) 교수), 최창희 (포항공과대학교(POSTECH) 전임연구원)

- ⊕ 최근 유럽중앙은행(ECB), 한국은행(BOK) 및 일부 시중은행이 QVAR 기반 거시경제 분석 모델을 도입하고 있음
- ⊕ QVAR는 극단적 경제 상황의 효과적 분석, 충격효과의 비대칭성 반영, 높은 예측 정확성, 잔차의 정규분포 가정을 필요로 하지 않는 등 다양한 장점을 가지고 있음
- ⊕ QVAR 기반 거시경제모형은 주택금융공사의 리스크 관리, 정책모기지 운영, 스트레스 테스트, MBS 투자 및 자산배분 전략 수립 등 주택금융공사의 다양한 업무를 고도화하는 데 활용될 수 있음

1. 금융기관의 QVAR에 대한 관심 확대

▶ 최근 금융기관의 QVAR의 활용에 대한 관심이 확대되고 있음

- ⊙ 유럽중앙은행은 QVAR가 VAR(전통적 모형)에 비하여 금융기관의 거시경제지표(이하 '지표') 분석에 더욱 효과적이라는 점을 밝혔음¹⁾
 - QVAR는 비대칭적 충격효과 분석 가능, tail-risk²⁾ 분석 가능, 금융안정과 통화정책 간 상충관계(trade-off) 분석 가능, stress scenario 분석 가능, 극단 상황에서의 분포 변화 분석 가능, 잔차에 대하여 정규분포 가정을 필요로 하지 않는 등의 장점을 가짐
- ⊙ 한국은행이 '금융안정보고서'에 QVAR를 활용하고 있고 일부 시중은행도 스트레스 테스트에 QVAR 도입을 진행하고 있음³⁾

▶ 평균적인 관계를 설명하는 VAR 모형으로 극단적인 경제상황에서의 주택시장 변화를 설명하는데 한계가 있으나, QVAR는 주택시장과 같이 비선형성이 강한 시장을 분석하는 데 적합함

- ⊙ 주택시장은 경기확장기와 경기침체기, 주택가격 상승기와 하락기에서 거시경제 변수에 대한 반응이 크게 달라질 수 있음⁴⁾
 - 예를 들어 동일한 기준금리인상이라도 주택시장이 과열된 시기에는 가격 상승세를 둔화시키는 정도에 그칠 수 있으나, 경기침체기에는 주택가격 하락을 가속화함

1) VAR(벡터 자기 회귀, Vector Auto-Regression), QVAR(분위수 벡터 자기 회귀, Quantile Vector Auto-Regression), ECB의 주장은 Chavleishvili, Kremer and Lund-Thomsen (2023) 참조

2) 발생 확률은 매우 낮지만 발생하면 피해가 매우 큰 극단적 리스크로 리스크 분포의 끝부분에 존재하는 것을 의미함

3) 한국은행 홈페이지(www.bok.or.kr)에서 '금융안정보고서' 검색

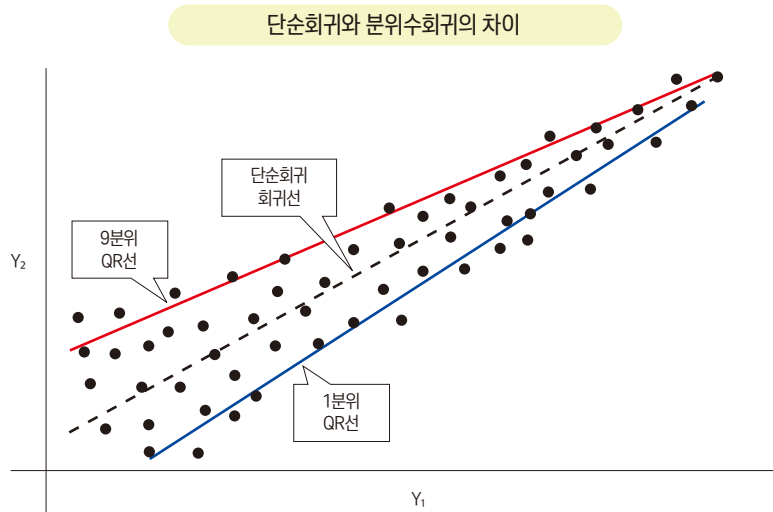
4) Jung and Lee (2022) 참조

- ④ VAR의 경우 금리인상이 초래하는 평균적인 경제 변화를 보여주나, QVAR는 금리인상으로 인한 주택가격 변화의 상단(가격 상승세 둔화)과 하단(주택 하락 가속)을 구분하여 보여줌

2. VAR와 QVAR의 차이

▶ 분위수회귀(QR)는 변수의 극단값이 가지는 특징을 잘 분석함

- ④ 그림 <단순회귀와 분위수회귀의 차이>는 가상의 지표의 단순회귀(OLS) 모형과 분위수회귀(QR) 모형을 비교한 것임⁵⁾
 - 단순회귀 모형(그림의 흑색 점선)은 Y_1 와 Y_2 의 평균적인 관계를 보여줌(예를 들어 금리가 0.25% 움직였을 때 집값이 평균적으로 얼마나 올랐는지 보여줌)
 - 분위수회귀는 극단적인 경제 상황(금융위기, 외환위기, 경제위기 등)에서 지표의 움직임을 잘 포착함(예를 들어 금리가 0.25% 올랐을 때, 집값이 많이 오르는 경우와 적게 오르는 경우를 구분하여 보여줌)



- * Y_1, Y_2 는 각각 가상의 지표
- * 각 선은 $Y_2 = a + b Y_1 + \epsilon$ 을 모델링한 것임
- * 적색선과 청색선은 각각 QVAR의 9분위수 1분위수 선형 모델임
- * 흑색 점선은 VAR의 단순회귀 모델임

5) 단순회귀(OLS: Ordinary Least Squares), 분위수회귀(Quantile Regression)

▶ VAR 거시경제 모형(전통적 모형)

- ④ 기본 개념: VAR는 지표(환율, 주가지수, GDP, 물가, 기준금리, 주택가격 등)의 평균적인 움직임을 설명하는 모델임⁶⁾
 - 예를 들어 VAR는 특정 경제 상황하에서 집값이 평균적으로 어떻게 반응하는지를 보여줌
 - VAR는 아래 <VAR 모형>의 계수를 단순회귀(OLS) 방법으로 평가한 것으로 거시경제 변수의 평균적인 상태의 관계를 잘 표현함
 - Y_t 는 t 시점의 지표(환율, 주가지수, GDP, 물가, 기준금리, 주택가격 등)의 벡터임
 - VAR는 극단적인 경제 상황⁷⁾에서 지표 간 상호 작용 분석에는 한계를 가짐

VAR 모형

$$Y_t = A_0 Y_t + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \epsilon_t$$

- * Y_t 는 t 시점의 주요 지표, A_0 는 동일 시점에서 주요지표가 서로에게 순차적으로 미치는 영향, A_{t-i} 는 다른 시점에서 주요지표가 서로에게 미치는 영향, ϵ_t 는 t 시점의 모델 오차를 의미함
- * 실제 모델에는 추세, 더미 변수, 외생변수 등이 추가될 수 있음

▶ QVAR 거시경제 모형(개선 모형)

- ④ 기본 개념: QVAR는 <VAR 모형>의 계수를 분위수회귀(QR) 방법으로 평가한 것으로 극단적인 경제 상황에서 특정 경제변수가 어떻게 움직이는지를 설명함⁸⁾
 - 예를 들어 특정 경제 상황에서 집값이 많이 오르는 경우 주택지수의 변화와 집값이 내려가는 경우의 주택지수를 구분하여 보여줌
 - QVAR는 <VAR 모형>을 다양한 분위수⁹⁾에서 QR 방법으로 평가하여 분위수별 조건부 동학을 모델링하는 비선형 거시경제 모형임
 - QVAR는 극단적인 경우¹⁰⁾ 지표들의 관계를 효과적으로 포착함

6) VAR(벡터자기회귀, Vector Auto-Regression)

7) 금융위기, 경제위기, 경기침체, 스태그플레이션

8) 분위수회귀(QR: Quantile Regression). Koenker and Bassett (1978) 참조

9) 통상 (1, 2, ..., 9) 또는 (0.5, 1, 1.5, ..., 9.5) 등이 사용됨

10) 주가 폭락, 환율 폭등, 기준금리인상, GDP 폭락 등

- ④ **분위수의 의미:** QVAR에서 분위수는 지표의 ‘상태’를 나타냄
 - 예를 들어 1분위수는 상대적으로 낮은 상태, 9분위수는 상대적으로 높은 상태를 의미함
 - QVAR에서 환율, 금리, GDP, 주택지수 등이 낮은 상태인 경우와 높은 상태인 경우를 별도의 모델로 제시할 수 있음
 - 분위수를 기준으로 생성된 계수값을 이용하여 특정 지표가 매우 높거나 낮은 상태를 표현할 수 있음

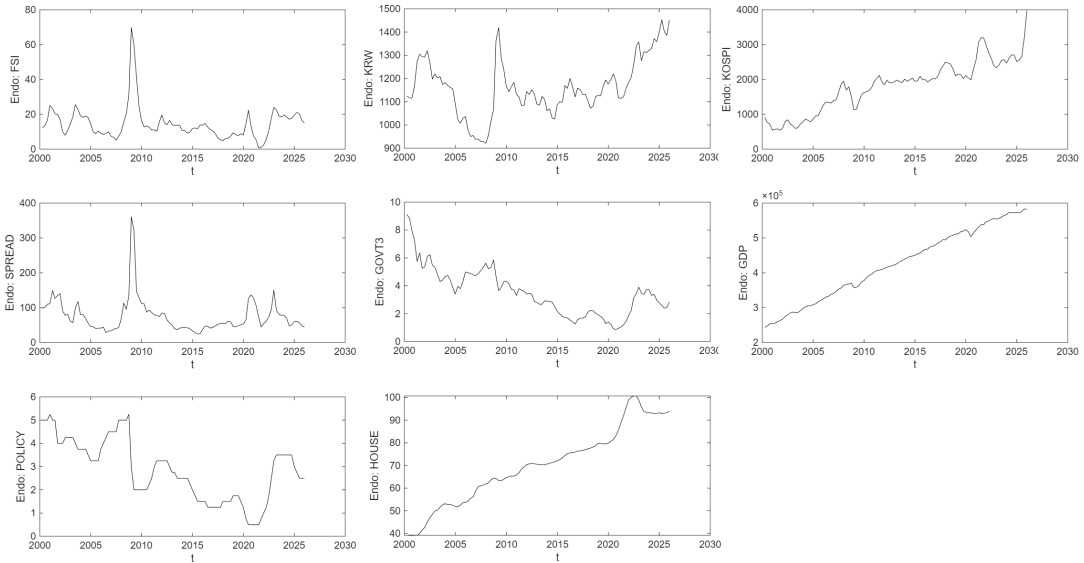
3. 데이터, 전처리 및 모델

▶ **본고는 주택가격이 거시경제 변수의 변화에 어떠한 영향을 받는지를 분석하기 위하여 한국은행 ECOS의 주요 거시경제지표를 활용하였음**

- ④ 분석 변수는 금융불안지수(FSI), 원달러환율(KRW), KOSPI, 신용스프레드(SPREAD), 국고채 3년물 금리(GOVT3), 국내총생산(GDP), 기준금리(POLICY), 주택가격지수(HOUSE) 등 총 8개 지표로 구성하였음
- ④ 이러한 변수들은 금융시장, 실물경제, 통화정책 및 주택시장을 대표하는 지표로서 주택금융공사의 리스크 관리와 정책모기지 운영에 직접적인 영향을 미치는 요인들임
- ④ 금리 변수는 상수로 나누어 0~1 사이의 숫자로 변환하고, 나머지 변수에는 log 변환을 적용함

분석 데이터

변수명	단위	설명	전처리 방법
FSI	지수	• 금융불안지수	• log(x)
원달러환율	KRW	• 원달러 환율(원화의 가치)	
KOSPI	지수	• 코스피 지수	
GDP	USD	• 국내총생산(경기)	• x/10000 (0~1로 변환)
SPREAD	bp(basis point)	• 신용스프레드(3년물 회사채금리-3년물 국채 금리)	
GOVT3	금리(%)	• 3년물 국채 금리	• x/100 (0~1로 변환)
POLICY	금리(%)	• 한국은행 기준금리	
HOUSE	지수	• 주택가격지수	• log(x)



※ 한국은행경제통계시스템(ECOS) 분기 데이터, 2000Q1~2025Q4

※ FSI(금융불안지수, Financial Stability Index)

※ 그래프의 x축의 단위는 시간(분기), y축의 단위는 <분석 데이터>의 두 번째 행 참조

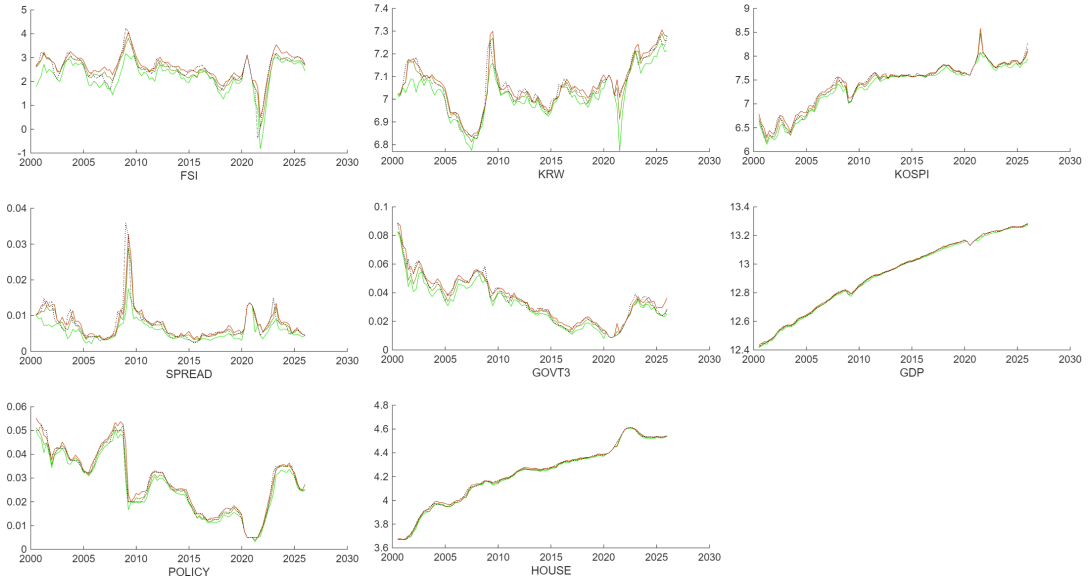
▶ QVAR 모형

④ 아래 그림은 실제 데이터와 QVAR 모형의 추정 결과를 비교한 것임

- 흑색선은 실제 데이터를 나타내며, 녹색선과 적색선은 각각 1분위수 및 9분위수 QVAR 모형의 추정값을 의미함
- QVAR는 동일한 변수에 대해서도 경제상황에 따라 서로 다른 동학을 추정할 수 있으며, 이를 통해 VAR 모형보다 다양한 경제상황을 보다 효과적으로 표현할 수 있음

④ 1분위수, 5분위수, 9분위수 등 3개 사용($q=3$), 기본 모형(VAR 모형)에 2차 비선형 추세, COVID-19 기간을 컨트롤하기 위한 더미 변수가 추가되었음

QVAR 모형



※ 흑색(전처리된 지표 값), 녹색(1분위수 QVAR 모델값), 적색(9분위수 QVAR 모델값)

※ 그래프의 x축의 단위는 시간(분기), y축의 단위는 <분석데이터>의 단위(2번째 행)에 전처리(4번째 행)를 적용한 것

4. 개선된 일반분위수충격반응함수 모형

▶ (충격반응함수) 충격반응함수(IRF: Impulse Response Function)는 특정 경제 충격 발생했을 때 시간이 지나면서 경제가 어떻게 변하는지를 보여주는 그래프임

- ④ 충격반응함수는 특정 지표에 충격이 가해지는 경우의 시뮬레이션 값과 충격이 없는 경우의 시뮬레이션 값의 차이임

 - 예를 들어 금융위기가 도래하여 주가가 급격히 폭락하거나, 오일쇼크가 발생하여 물가가 가파르게 오르는 경우 정해진 기간(예를 들어 20분기) 동안의 주택가격지수 변화량을 보여줌
- ④ VAR의 충격반응함수는 경제 충격이 지표에 미치는 평균적인 영향을 평가함

 - 예를 들어 금리가 인상되는 경우 주택가격이 떨어지거나 유지될 수 있는데, VAR의 충격반응함수는 금리인상이 주택가격에 미치는 평균적인 영향을 보여줌
- ④ n개의 지표(본고는 8개 지표)를 고려하는 경우 각 지표의 급등이 전체 경제에 미치는 영향을 분석하여 충격반응함수를 생성함

 - 지수 급락이 미치는 영향은 충격반응함수에 ‘-’를 곱하여 파악할 수 있음

▶ (분위수충격반응함수) 분위수충격반응함수(QIRF: Quantile Impulse Response Function)는 QVAR 모형을 이용하여 특정 경제 충격의 영향을 평가하는 그래프임

- ④ VAR 충격반응함수가 경제 충격이 지표에 미치는 평균적인 영향을 평가하는데 반해, QVAR의 충격반응함수는 경제 충격이 특정 지표에 미치는 영향의 고점 및 저점을 별도로 평가할 수 있음
 - 분위수충격반응함수는 금리인상이 주택가격에 미치는 영향이 고점과 저점을 별도로 평가할 수 있음
 - 이는 QVAR 모형이 지표의 저점과 고점을 별도로 평가할 수 있다는 점을 이용한 것임

▶ QVAR와 VAR의 충격반응함수 차이 및 활용 방안

- ④ VAR의 충격반응함수가 경제 충격의 평균적인 영향을 평가하는데 반해, QVAR의 충격반응함수는 경제 충격이 각 지표에 미치는 극단적인 경우(하한, 상한)를 정확히 예측함
- ④ 금융기관의 경우 경제 충격이 지표에 미치는 평균적인 영향뿐 아니라 극단값을 필요로 함
 - VAR의 충격반응함수에 신뢰구간을 적용할 수 있으나, 이러한 방법은 극단값을 과대추정하는 경향이 있음
- ④ QVAR의 충격반응함수는 지표의 극단값을 정확하게 평가하여 금융기관으로 하여금 더 효과적으로 경제 변화에 능동적으로 대응할 수 있도록 함

▶ (G-QIRF) 유럽중앙은행이 일반분위수충격반응함수를 제안하였으나 한계가 존재함

- ④ 전통적인 선형 VAR에 대해서는 충격반응함수가 잘 정의되어 있으나, QVAR의 경우 조건부 분포와 분위수별 비선형 동학모델에 기반을 두고 있기 때문에 충격반응함수의 정의가 어려움
- ④ 유럽중앙은행이 최근 시뮬레이션 기반의 일반분위수충격반응함수(G-QIRF: Generalized QIRF)를 제안하였으나, 변수간의 충격반응함수가 연동되지 않는 문제점을 가지고 있음¹¹⁾
 - G-QIRF는 특정 지표에 충격이 가해진 후 경제 상황이 랜덤하게 변화하는 경우를 시뮬레이션하여 충격반응함수를 구함
 - 예를 들어 소비자물가 폭등 후 경제 상태가 랜덤하게 변화하는 상황에서 여러 지표를 시뮬레이션하고, 이를 물가 폭등이 없는 경우와 비교하여 주택가격지수와 같은 지표의 충격반응함수를 생성함¹²⁾
 - 다만, G-QIRF의 경우 각 지표의 QIRF를 개별적으로 평가하므로 지표 간 분위수가 제대로 연동되지 않는

11) G-QIRF 알고리즘은 Chavleishvili and Moench (2025)와 Chavleishvili, Kremer and Lund-Thomsen (2023) 참조

12) 지표의 변화를 알 수 없다고 가정하고 무작위로 변화하는 경제 상황에서 경제 충격 전체 지표의 분포에 미치는 영향을 충격반응함수로 표현함

문제를 가지고 있음

- 예를 들어 물가 폭등 후 물가가 높게 유지되는 경우(물가가 9분위에서 유지됨)가 다른 지표의 어느 부분과 매칭되는지(예를 들어 주택가격의 어느 분위수와 매칭되는지) 여부가 불분명함
- G-QIRF는 다양한 충격에 대하여 각 경제지표의 QIRF를 제시하나, 변수간 QIRF를 연동하지 못함

▶ 최근 POSTECH 연구팀은 기존 QIRF의 한계를 극복하는 새로운 모형(MG-QIRF)을 제안함¹³⁾

④ 포항공대 장봉규 교수 연구팀은 G-QIRF의 한계점을 개선한 MG-QIRF를 제안하였음¹⁴⁾

- MG-QIRF는 G-QIRF와 마찬가지로 시뮬레이션에 기반하여 각 지표의 QIRF를 구함
- 다만, MG-QIRF는 충격을 받은 지표의 G-QIRF의 구성에 사용된 (또는 사용된 것과 유사한¹⁵⁾) 시나리오 내에서 샘플링을 진행하여 특정 경제 상황하에서 변수간의 연관성을 유지함
- 예를 들어 물가가 폭등하고 9분위수(높은) 수준에서 유지되는 경우, 물가가 9분위수에 가까운 시나리오 중에서 다른 지표의 분위수를 추정하여 분위수 충격반응함수 간의 연관성을 유지함¹⁶⁾
- 이 방법은 G-QIRF의 장점을 유지하면서 동시에 충격을 받는 지표의 분위수 충격반응함수를 다른 지표의 분위수충격반응함수와 매칭시킬 수 있음

5. 주요지표 충격이 주택가격에 미치는 영향

▶ 주택가격의 MG-QIRF

- ④ <주택가격의 MG-QIRF>는 주요지표에 충격(σ)이 가해지는 경우 주택가격 지수가 미치는 영향을 MG-QIRF로 표현한 것임
- 주요지표에 가해지는 충격(σ) 값: FSI(0.2743), KRW(0.0333), KOSPI(0.0751), SPREAD(0.0027), GOVT3(0.003), GDP(0.0054), POLICY(0.0017)

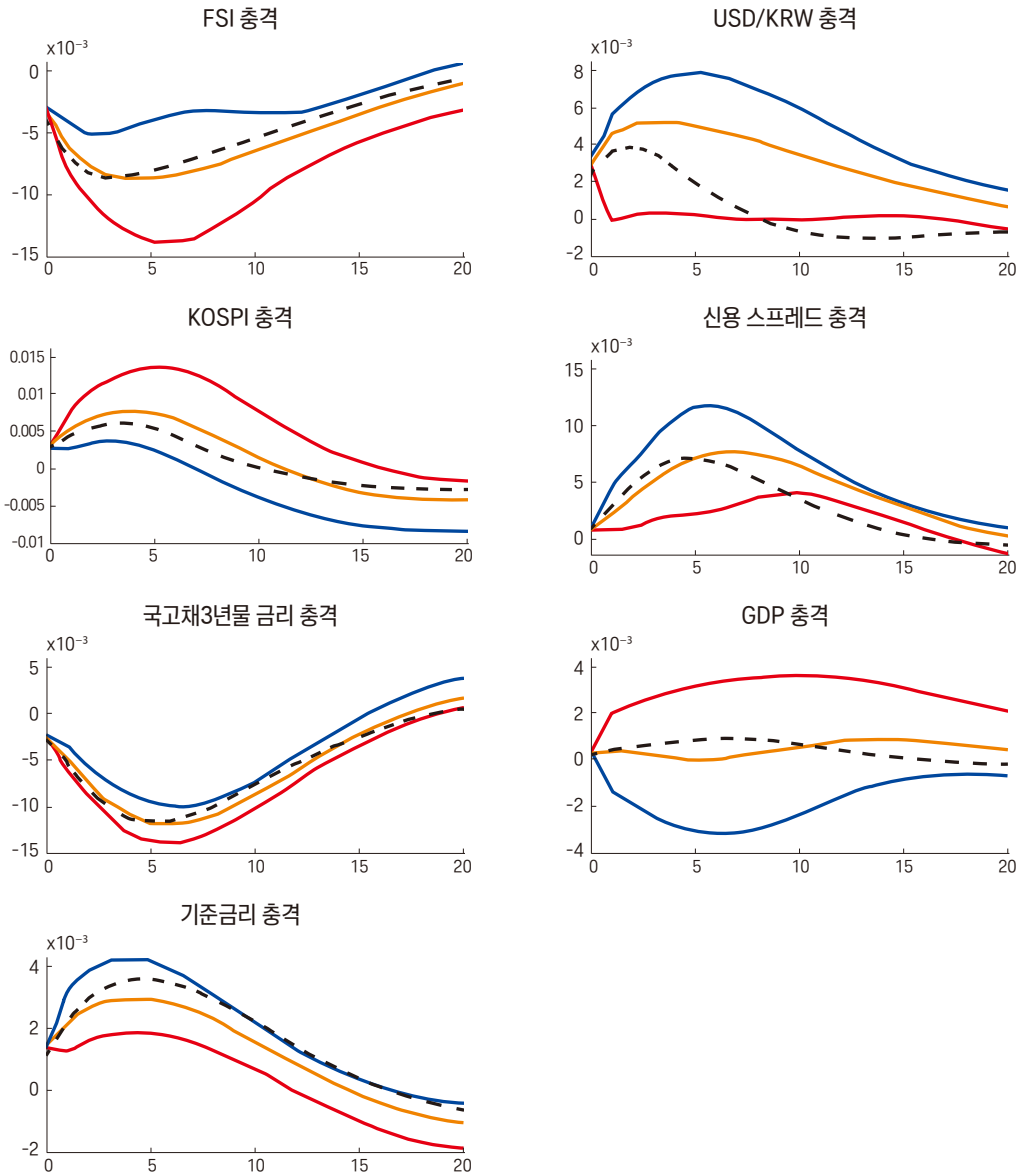
13) 이하 QVAR의 IRF를 QIRF라 함

14) MG-QIRF: Modified Generalized-QIRF

15) 여기서 말하는 유사성은 수리적으로 가까운 것을 의미함

16) 전체 시뮬레이션에서 물가의 9분위수를 추정할 수 있음. 물가가 9분위수에 가까운 다양한 시뮬레이션이 존재함. MG-QIRF는 이들 시뮬레이션 중 물가 이외의 지표에 대하여 충격반응함수를 구하여 변수간 연관성을 유지함

주택가격의 MG-QIRF



* 적색선(주요지표 충격의 9분위가 미치는 영향), 주황선(주요지표 충격의 5분위가 미치는 영향), 청색선(주요지표 충격의 1분위가 미치는 영향), 흑색점선(VAR). 시뮬레이션 횟수: 백만번

* 단위: x 축은 시간(분기), y 축은 <QVAR 모형>의 단위와 같음

- 전처리 이전 변수 기준 변화량: FSI(+32), KRW(+3.4%), KOSPI(+7.8%), SPREAD(+27bp), GOVT3 (+0.3%), GDP(+0.54%), POLICY(0.17%) 등임
- 청색, 주황색, 적색 등은 각각 충격을 받은 지표가 낮게 유지되는 경우(1분위), 보통인 경우(5분위), 높게 유지되는 경우(9분위)에 따른 주택가격의 변화량을 나타냄
- 흑색 점선은 VAR 모형의 충격반응함수임

🔍 (충격반응 결과 해석) 주택가격의 MG-QIRF는 다음과 같이 해석됨

- FSI가 32 증가하면 주택가격은 같은 분기에 0.32% 감소함. FSI가 높게 유지되면(적색선) 주택가격 지수는 1.3% 하락함. FSI가 낮게 유지되면 주택가격은 빠르게 회복함(청색선). 이는 금융불안이 장기간 지속되는 경우 주택시장 회복이 지연될 수 있음을 의미함. 특히 금융불안이 높은 수준에서 유지되는 시나리오에서는 주택가격의 하방위험이 확대되는 것으로 나타났음
- 원달러 환율이 3.4% 증가하고 높게 유지되면(적색선) 주택가격지수가 1% 이상의 하락을 보이고 더디게 회복함. 환율이 낮게 유지되면(청색) 주택가격지수가 0.8% 수준 오르고 이후 안정화됨. 원화 약세가 장기간 지속될 경우 금융시장 불확실성이 확대되어 주택시장에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사함
- KOSPI가 급등(+7.8%)하면 주택가격이 상승하나, KOSPI가 높은 상태로 유지되면 주택가격의 상승 폭이 작음, 즉 주식시장 자금이 주식시장에 더 오래 머무름
- 신용스프레드의 급격한 인상은 통상 경제 불안정을 의미하나 우리나라의 경우 경제안정을 위한 정책금리 인하에 대한 기대감이 발생하며 주택가격지수가 상승하는 경우가 많았음
- 국고채3년물 금리가 0.3% 오르면 주택가격은 -0.23%에서 -1.3% 내외까지 하락하고, 5분기 이후 회복함. 국고채 금리 상승은 자금조달 비용 증가를 의미하며, 이는 주택수요 감소를 통해 주택가격 하락으로 이어질 수 있음
- GDP가 0.54% 떨어지고¹⁷⁾ 낮게 유지되면(적색선×-1) 0.3% 정도 하락하고 10분기 후 회복함. 반대로 GDP가 높게 유지되면(청색선×-1) 주택가격지수가 0.3% 정도까지 오름
- 기준금리가 인상되면(+0.17%) 우리나라의 경우 주택가격이 3~4분기까지 오르다 이후 음전환함. 특히 기준금리가 높은 수준으로 유지되면(적색선) 주택가격에 빠르게 감소함. 기준금리인상의 영향은 단기와 중장기에 다르게 나타났음. 단기적으로는 경기확장기의 금리인상 효과가 반영될 수 있으나, 장기적으로는 차입비용 증가에 따라 주택가격 하락 압력이 확대되는 것으로 해석됨

6. 활용 방안

▶ **QVAR 기반 거시경제모형은 정책모기지 운영, 보증 리스크 관리, 스트레스 테스트, MBS 운용 및 주택시장 모니터링 등 공사의 핵심 업무 전반에 활용될 수 있으며, 특히 금융위기-경기침체-고금리와 같은 극단적 경제상황에서 기존 VAR 모형보다 효과적인 의사결정 지원 도구로 활용될 수 있음**

▶ **정책모기지 상품 설계 및 운영 정책 수립에 기초자료로 활용**

- 🔍 보금자리론, 디딤돌대출 등 정책모기지 상품은 금리, 주택가격, 경기상황에 민감하게 반응함
- 🔍 QVAR는 금리인상, 금융불안, 경기침체 등 극단적 경제상황에서 정책모기지 수요, 조기상환율 및 연체율의 변화를 분석할 수 있으며, 이를 통해 상품 설계 및 운영 정책 수립을 지원할 수 있음

17) 충격반응함수는 (-)를 곱하여 반대방향으로 분석할 수 있음

▶ 보증 리스크 관리 및 스트레스 테스트 체계 고도화 가능

- Ⓞ 주택가격 하락, 금리 급등, 금융불안 확대 등 복합 충격이 발생하는 경우 보증 부실률과 대위변제율이 어떻게 변화하는지를 시나리오별로 분석할 수 있음
- Ⓞ 특히 QVAR는 극단적 경제상황에서의 tail-risk를 효과적으로 평가할 수 있어 위기 상황에 대한 선제적 대응을 지원할 수 있음

▶ MBS 및 자금조달·투자 전략 수립에 이용

- Ⓞ 금리, 신용스프레드 및 금융시장 변동성이 MBS 수익률과 조달비용에 미치는 영향을 분석함으로써 투자전략 및 자산배분 전략 수립을 지원할 수 있음
- Ⓞ 또한 시장 변동성이 확대되는 상황에서 포트폴리오의 민감도와 잠재 손실 규모를 사전에 점검하는 것이 가능함

▶ 주택시장 모니터링 및 조기경보 체계 구축에 활용

- Ⓞ 주택가격, 금융불안지수, 금리, 경기지표 간의 비선형 관계를 분석하여 주택시장 과열 또는 하방위험 확대 가능성을 조기에 탐지할 수 있으며, 거시경제 환경 변화에 따른 위험 신호를 보다 정교하게 식별할 수 있음

7. 결론

▶ QVAR 모형은 금융위기·경기침체·고물가 등 극단적 경제 상황에서 거시경제 변수 간의 비대칭적 관계를 효과적으로 분석할 수 있으며, 기존 VAR 대비 tail-risk 분석에 강점을 가짐

▶ 본 연구는 QVAR 기반의 거시경제 모형 및 MG-QIRF 방법론을 제안하고, 이를 활용하여 주요 거시경제 충격이 주택가격에 미치는 영향을 분석하였음

- Ⓞ MG-QIRF는 기존 G-QIRF의 한계를 보완하여 충격을 받은 변수의 분위수 상태와 다른 거시경제 변수들의 반응을 연결할 수 있음
- Ⓞ 분석 결과 금융불안지수(FSI), 원달러환율, 신용스프레드, 금리, GDP 등의 변화는 주택가격에 비대칭적 영향을 미치는 것으로 나타났음

▶ QVAR 기반 거시경제모형은 주택금융공사의 리스크 관리, 정책모기지 운영, 스트레스 테스트, MBS 투자 및 자산배분 전략 수립 등 다양한 분야에 활용될 수 있음

| 참고문헌 |

- Ando, T., Hoshino, T., & Tsay, R. S. (2026). "Quantile Vector Autoregression without Crossing," Working Paper.
- Chavleishvili, S. & Manganelli, S. (2019). "Forecasting and stress testing with quantile vector autoregression," European Central Bank Working Paper Series No. 2330.
- Chavleishvili, S. Kremer, M. and Lund-Thomsen (2023), "Quantifying financial stability tradeoffs for monetary policy: a quantile VAR approach," European Central Bank Working Paper Series No. 28330.
- Chavleishvili, S., Manganelli, S. and Symanski, P. (2023). "Quantile impulse response analysis," European Central Bank Working Paper Series.
- Chavleishvili, S. and Manganelli, S. (2024). "Forecasting and stress testing with quantile vector autoregression," Journal of Applied Econometrics, 39(1), pp.66-85.
- Chavleishvili, S. and Moench, E. (2025), "Natural disasters as macroeconomic tail risks," Journal of Econometrics, 247
- Jung, W., & Lee, J. H. (2022). "Quantile Impulse Response Analysis with Applications in Macroeconomics and Finance," Advances in Econometrics.
- Koenker, R. and Bassett, G. (1978). "Regression quantiles," Econometrica, 46(1), pp.33-50.
- Koenker, R. and Xiao, Z. (2006). "Quantile autoregression," Journal of the American Statistical Association, 101(475), pp.980-990.
- White, H., Kim, T.H., and Manganelli, S. (2015). "VAR for VaR: Measuring tail dependence using multivariate regression quantiles," Journal of Econometrics, 187(1), 169-188.