

# Bass 확산모형을 활용한 국내 주택연금의 중·장기 수요예측\*

양진아 · 민대기<sup>†</sup> · 최형석  
이화여자대학교 경영학과

## Long-Term Projection of Demand for Reverse Mortgage Using the Bass Diffusion Model in Korea

Jin-Ah Yang · Daiki Min · Hyung-Suk Choi  
Ewha School of Business, Ewha Womans University

### ■ Abstract ■

Korea is expected to become a super-aged society by 2050. Given an aging population and the increasing pressure for the early retirement, a sufficient social safety net for elderly population becomes important. The Korean government introduced public reverse mortgage program in 2007, which is a product for aging seniors and the elderly. The number of reverse mortgage subscribers has also steadily grown. The demand continues to grow, but the reverse mortgage over a long period of time is a highly uncertain and risky product in the position of guarantee or lending institution. Thus, suitable demand prediction of the reverse mortgage subscribers is necessary for stable and sustainable operation. This study uses a Bass diffusion model to forecast the long-term demand for reverse mortgage and provides insight into reverse mortgage by forecasting demand for stability and substantiality of the loan product. We represent the projections of new subscribers on the basis of the data obtained from Korea Housing Finance Corporation. Results show that potential market size of Korean reverse mortgage reaches approximately 760,000-1,160,000 households by 2020. We validate the results by comparing the estimate of the cumulative number of subscribers with that found in literature.

Keywords : Reverse Mortgage, Bass Diffusion Model, Long-Term Projection

논문접수일 : 2016년 11월 11일 논문게재확정일 : 2016년 12월 20일

논문수정일(1차 : 2016년 12월 18일)

\* 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임  
(NRF-2015S1A5A2A03048222).

<sup>†</sup> 교신저자 [dmin@ewha.ac.kr](mailto:dmin@ewha.ac.kr)

## 1. 서 론

미국 통계국에서 조사한 바에 따르면 우리나라는 2050년경 전체 인구에 비해 65세 이상의 고령 인구 비율이 높은 국가 순으로 따질 때 2위를 차지할 것이라고 예측하였다. 급속한 고령화의 진행은 은퇴인구의 노후자금 마련에 대한 우려를 증가시키고 있다. 보험연구원의 조사 자료에 따르면 표본 응답자의 약 60%가 준비하고 있는 노후자금이 불충분하다고 응답하였다[1]. 은퇴 시기는 빨라지고 노후자금의 마련은 점점 어려워지고 있는 가운데 적절한 노후 대책 마련을 하지 못한 빈곤한 노인이 급격하게 늘고 있어 여러 사회 문제가 대두되고 있다. 이에 따라 우리나라는 초고령화 사회의 진입에 따른 여러 가지 과제를 안고 있으므로 적절한 복지 정책 및 대안 마련이 필수적이다.

공적보증을 통한 주택연금 (또는 역모기지; reverse mortgage)은 고령화에 따른 대안 중 하나로 2007년 7월 출시되었다. 한국주택금융공사가 상환을 보증하는 주택연금이란 주택을 소유한 만 60세 이상 가구가 주택을 담보로 매월 일정 금액을 지급받음으로써 안정적인 생활을 할 수 있도록 하며, 한국주택금융공사가 보증자로서의 역할을 수행하고 금융기관이 대출을 실행하는 제도이다. 주택연금의 경우 1995년 민간 은행에서 처음으로 출시된 이래로 큰 주목을 받지 못하고 중단되었으나, 한국주택금융공사의 공적 보증을 통해 다시 활성화 되었다. 공적 보증으로 활성화 된 주택연금은 2007년 초기 가입자 수가 616명에서 2015년 말을 기준으로 33,518명에 달할 정도로 지속적으로 시장규모가 증가하고 있는 상황이다.

주택연금은 가입자의 사망 또는 해지 시점까지 장기간에 걸쳐 대출이 실행되기 때문에 보증자의 관점에서 살펴보면 불확실성이 높고 리스크(risk)가 큰 상품이라고 할 수 있다. 초기 주택연금은 기대손실액과 기대보험료가 동일한 수지상등의 원칙에 따라 설정이 되나 시간경과에 따른 경제적인 요인 및 가입자의 특성에 따라 보증자의 순손실 발생 확률이 증가하게 된다. 보증자의 순손실은 곧 보증자의 재정 체계에

영향을 미쳐 주택 연금의 공급 불안정성을 초래할 수 있다. 따라서 보증자 측면에서 해당 연금 상품의 안정적이고 지속적인 운영을 위해서 적절한 수요 예측의 중요성이 증대되고 있다.

주택연금과 관련한 연구는 대부분 보증자의 리스크 평가와 완화 방안을 주요 연구대상으로 하고 있다. Boehm and Ehrhardt[27]은 이자율 리스크를 수렴화할 수 있는 가치평가 모델(valuation model)을 적용하여 이자부 채권(coupon bond), 모기지론과 역모기지론의 이자율 리스크의 크기를 비교하였다. 그 결과 역모기지론의 이자율 리스크의 관리가 중요하다는 것을 언급하였다. 이와 유사하게 마승렬[8]과 김갑태, 마승렬[2]는 주택가격과 이자율 변화에 따른 리스크를 확인한 후 이를 완화하기 위한 방안을 제시하였다. 양재환, 여윤경[16]은 중신형 즉시연금과 주택연금의 효용 가치를 비교·분석함으로써 주택연금의 장수리스크(longevity risk) 완화를 위한 정책적 방향을 제시하였다. Wang et al.[37]의 연구에서는 서바이벌 본드(survival bond)가 장수리스크를 완화할 수 있는 대안이라는 것을 밝히며, 주택연금과 관련한 리스크의 수리적 모델을 분석함으로써 장수리스크를 회피할 수 있는 증권화 방안을 제시하였다. 주택연금의 경우 이자율 리스크, 주택가격 리스크, 장수 리스크와 같은 대표적인 리스크로 인해 보증자가 크로스 오버 리스크(crossover risk)에 노출될 가능성이 큰 상품이다. 여기서 크로스오버 리스크란 대출이 만기하였을 때 대출총액이 주택가격을 초과하는 경우 발생할 수 있는 리스크를 의미하며, 이를 회피하기 위해 Huang et al.[30]연구에서는 크로스오버 리스크를 두 가지 유형의 cross-over bond로 보증자의 순손실을 완화할 수 있는 방안을 제안하였다. 또한 민인식, 조만[10]은 만기 시점에 대출총액이 주택가격을 상회할 크로스오버 리스크를 정량적으로 분석하였으며, 이 결과를 바탕으로 주택연금의 수요 확대 방안에 대하여 논의하였다.

주택연금 수요에 관한 연구를 살펴보면 민인식, 조만[10]은 주택연금의 가입 조건의 변화가 잠재수요에 영향을 줄 수 있음을 밝혔고, 김선주, 유선종[4]은 사

회인구학적 특성, 주택 지역적 특성, 그리고 역모기지 계약 특성을 회귀분석을 통해 역모기지 수요에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. 김정주[6]의 연구에서는 시계열 회귀 분석 기법을 이용해 보증자의 입장에 역모기지의 수요 증대를 위한 정책적 방향을 제시하고 역모기지의 중요성이 증가되고 있음을 보여주었다. 마승렬[9]은 VaR(Value-at-Risk)를 이용하여 시간 경과에 따른 보증자의 순이익과 순손실을 분석하여 주택연 제도 안정성에 대해 논의하였다. Case and Schnare[28]의 연구에서는 대출자들의 다양한 특성들을 평가함으로써 주택연금에 대한 상당한 수요가 존재함을 밝혔고, 주택연금의 유연한 설계가 수행되어야 한다는 것을 언급하였다.

주택연금의 안정적인 운영을 위한 장기 수요예측의 중요성에 비하여 앞서 살펴본 기존 연구들은 대부분 주택연금의 리스크 완화 방안에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 일부 주택연금 수요에 관한 연구의 경우 주택연금의 수요에 영향을 미치는 요인을 분석하는 주제에 한정되어 있다. 주택연금 잠재수요에 영향을 주는 대표적인 요인을 다음 <표 1>에 정리하였다.

본 연구에서는 마케팅 분야에서 신제품 및 신기술의 중·장기 수요예측에 많이 사용되는 Bass 확산모형(diffusion model)을 활용하여 국내 주택연금 가입자의 잠재시장규모와 함께 가입자 증가 추세를 분석하고자 한다. 본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제2장에서는 본 연구의 방법론을 제시하고, 제3장에서는 Bass 확산모형을 활용한 실증 분석과 분석결과가 갖는 의미를 제시한다. 마지막 제3장에서는 결론 및 향후 연구방향으로 구성하였다.

## 2. 연구방법론

### 2.1 Bass 확산모형의 이론적 배경

Bass 확산모형은 Rogers[32]의 혁신확산 이론을 바탕으로 Bass[24]가 수립한 수리적 확산모형으로써 마케팅 분야에서 신제품이나 신기술의 개발에 따른 수요를 예측하기 위해 널리 사용되는 모델이다. 예를 들어, Wright et al.[38]은 하이테크 기술 제품의 수요 증가 예측에 Bass 확산모형을 사용하였다. 송영화, 한현수[14], 박윤서, 변상규[12]는 신규 위성 DMB 서비스의 수요 추정을 위하여 Bass 확산모형을 활용하였으며, 이하늘 외[20]는 Bass 확산모형을 이용하여 성숙단계에 들어선 스마트폰 시장에서 정부 정책에 따른 장기 수요변화를 추정하였다. 유형적 제품과 함께 최근 Chang and Wang[29]는 5년간의 누적 데이터를 이용하여 트위터(Twitter) 사용자의 잠재시장 규모를 예측하였다. 김태구, 홍정식[7]은 한국과 미국의 개봉영화 시장규모 추정에 Bass 확산모형을 적용하였다.

신제품 또는 신기술의 장기 수요예측에 광범위하게 활용되는 Bass 확산모형은 위험함수(hazard function)로부터 유도되며 다음 식 (1)과 같이 제시된다.

$$f(t)/1 - F(t) = p + q/F(t) \quad (1)$$

식 (1)의 p는 외부효과 인자이며, q는 내부효과 인자이다. 다시 말해, 외부효과 인자인 p는 혁신계수로써 제품 또는 기술 자체의 속성과 외부적 영향으로

<표 1> 주택연금의 잠재수요에 영향을 미치는 요인

요인	설명	참고문헌
주택가격	초기 주택가격과 주택가격 변화에 따라 가입자의 월지급액의 차이가 존재	김상현, 서정렬[3], 김정주, 마승렬[5], 안상모 외[15]
이자율	이자율 변동에 따른 가입자의 월지급액 변화	김정주[6], 박덕배[11]
상속의지	상속관념에 따라 자녀들에게 자산을 물려주려는 의지	박재경[13], 유선중, 조주현[17], 한국주택금융공사[22]

인해 발생하는 신규 수요를 의미하며, 내부효과 인자  $q$ 는 모방계수로서 과거에 발생한 수요에 의해 영향을 받아 발생하는 추가적인 수요를 나타낸다.  $F(t)$ 는 수요의 누적분포함수로 잠재시장규모( $m$ ) 중  $t$ 시점까지 발생한 누적 수요의 비율( $N(t)/m$ )을 의미하며,  $f(t)$ 는 확률밀도함수로서 잠재시장규모 중  $t$ 시점에 발생한 수요의 비율을 의미한다.

식 (1)에서 제시한 바와 같이 Bass 확산모형을 구성함에 있어 세 가지 인자  $m$ ,  $p$ ,  $q$ 의 모수 추정이 요구되는데, 많은 연구들이 모수 추정의 어려움에 의하여 성숙단계에 들어간 유사 제품 또는 서비스 사례를 이용하여 분석 대상이 되는 신제품에 대한 수요예측을 수행하였다. 송영화, 한현수[14]는 신규 위성 DMB 서비스의 수요 추정 과정에서 모수  $p$ ,  $q$ 를 과거 이동전화서비스 가입자 수 데이터를 활용하여 간접적으로 추정하였다. Lim et al.[31]은 신규 3G 모바일 가입자 시장 규모를 예측하기 위해 기존 2G 모바일 가입자의 데이터를 활용하였다. 이와 유사하게 2008년 한국주택금융공사에서는 국내 주택연금 도입 초기 수요예측을 위하여 Bass 확산모형을 활용하였는데 실제 주택연금 가입자 자료가 미흡한 이유로 미국의 주택연금 자료를 이용하였다[22].

유사 제품과 서비스의 과거 자료로부터 모수를 추정하는 방법은 분석 대상의 유사성에도 불구하고 모수 추정 결과의 타당성이 미흡한 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 수요 추정 대상 제품 또는 서비스의 초기 수요 데이터를 이용한 모수 추정방법을 고려할 수 있다. 이를 위하여  $F(t)$ 와  $f(t)$ 에 대한 이산화 과정과 함께 식 (1)의 선형화를 통하여 다음의 식 (2)와 같은 회귀식을 도출하게 된다. 식 (2)에서  $s(t)$ 는  $t$ 시점의 당기 수요를 의미하며,  $N(t)$ 는  $t$ 시점까지의 누적 수요를 나타낸다.

$$s(t) = \beta_0 + \beta_1 N(t-1) + \beta_2 N(t-1)^2, \quad (2)$$

$$\beta_0 = pm, \beta_1 = q-p, \beta_2 = -q/m$$

Bass[24]는 식 (2)에서 제시한 회귀식에 OLS (Ordinary Least Squares) 방법을 활용하여 모수  $m$ ,

$p$ ,  $q$ 를 추정하였다. 이후 OLS를 이용한 모수 추정방법 이외에 NLS(Nonlinear Least Squares, Srinivasan and Mason, 1986)와 MLE(Maximum Likelihood Estimation, Schmittlein and Mahajan, 1982) 등의 방법이 많이 활용되어 왔다. Schmittlein et al.[33]에서 제시한 MLE 기법은 이산 시계열 데이터를 이용하는 경우 OLS 기법보다 모수의 예측 타당성이 더 뛰어난 것으로 알려져 있다. 하지만 Srinivasan and Mason[34]는 MLE 기법이 NLS 기법보다 추정된 모수의 표준편차를 과소 추정하는 경향이 있음을 제시하였으며, NLS 기법이 모수 추정의 성과 측면에서 MLE 보다 우수함을 확인하였다. 그러나 NLS 기법의 경우 모수 추정을 위한 초기값을 필요로 하는데, 이 초기값에 따라 NLS 성능이 민감하며, 관측 자료의 양이 적은 경우 추정치의 안정성이 낮아지는 단점이 있다.

최근 홍정식 외[23]는 OLS와 NLS를 결합한 하이브리드(hybrid) 모수 추정 방법을 제안하였다. 하이브리드 모수 추정 방법에서는 잠재시장규모( $m$ )가 명확하지 않은 경우 NLS 기법을 활용하여 모수  $m$ 을 추정하고, 추정된 모수  $m$ 의 값과 OLS 기법을 이용하여 모수  $p$ 와  $q$ 를 추정한다. 홍정식 외[23]에서 제안한 하이브리드 모수 추정 방법은 데이터 수가 적은 경우 NLS 기법보다 추정의 안정성이 존재하며, 모수 탐색의 편의성이 있음을 입증하였다.

주택연금의 경우 장기적으로 상품계약이 유지되며, 노년 인구구조가 변화함에 따라 잠재시장규모가 달라질 수 있는 특성을 가진다. 또한 주택연금은 유사 상품이 존재하지 않는 등 잠재시장규모를 추정하는 것이 매우 어려운 특성을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 주택연금 가입자의 수요예측을 위해 주택연금의 잠재시장규모를 추정하기 위한 방안과 함께 NLS 기법과 OLS 기법이 결합된 하이브리드 모수 추정 방법을 주택연금의 특성에 맞도록 일부 수정하여 사용하도록 한다.

## 2.2 하이브리드 모수 추정 방법

본 연구에서는 주택연금의 중·장기 수요예측을

위해 홍정식 외[23]에서 제시한 하이브리드 모수 추정 방법을 일부 수정하여 사용하였다. 하이브리드 모수 추정 절차를 제시하면 다음과 같다.

[Step 1] 잠재시장규모의 추정

주택연금의 특성을 고려하여 잠재시장규모  $m$ 의 하한 값 ( $\underline{m}$ )과 상한 값 ( $\overline{m}$ )을 추정한다. 잠재시장규모 추정에 대한 절차와 내용은 다음 장에서 상세하게 제시하도록 한다.

[Step 2] 확산계수와 모방계수의 추정

$\underline{m} \leq m_i \leq \overline{m}$ 의 구간에 있는 임의의  $m_i$ 에 대하여 기간별 누적가입자수를 이용하여 다음과 같이 회귀식 (3)을 구성하고, OLS 기법을 사용하여 모수  $p_i, q_i$ 를 추정한다.

$$Y_{it} = p_i + q_i X_{it}, \tag{3}$$

여기서  $Y_{it} = [N(t) - N(t-1)]/m_i - N(t-1)$ ,

$$X_{it} = N(t-1)/m_i.$$

위 회귀식에서  $Y_{it}$ 는 잠재시장규모  $m_i$  중  $t$ 시점까지 가입한 주택연금 가입자의 비율이며,  $X_{it}$ 는 잠재시장규모  $m_i$  중  $t$ 시점까지 채택한 누적 가입자의 비율을 의미한다.

[Step 3] 추정 오차 계산

$Z_i = (m_i, p_i, q_i)$ 를 잠재시장규모  $m_i$ 에 대한 Bass 확산모형의 모수로 정의한다.  $Z_i$ 를 적용한 Bass 확산모형을 이용하여 기간  $t$ 에서의 누적가입자수를 추정하고 이를 관측치와 비교하여 오차제곱합  $e_i$ 를 계산한다(식 (4)).

$$e_i = \sum_{t=0}^T [\hat{N}(t) - N(t)]^2 \tag{4}$$

여기서  $\hat{N}(t)$ 는 기간  $t$ 까지의 누적가입자수 추정치로써 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\hat{N}(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}}$$

[Step 4] 추정 모수 선정

오차제곱합을 최소화 하는 모수  $Z_i$ 를 주택연금 수요예측을 위한 Bass 확산모형의 추정 모수  $\hat{Z}$ 로 사용한다.

$$\hat{Z} = \operatorname{argmin}_i [e_i] \tag{5}$$

2.3 잠재시장규모 추정 절차

현재 주택연금 제도에서는 가입 대상을 만 60세 이상으로 제한하고 있다. 따라서 예를 들어, 20년 후 주택연금 가입자의 잠재시장규모를 추정한다면 현재 가입대상에 포함되지 않는 40세 이상 60세 미만인 인구의 20년 후 규모를 적절하게 추정하는 것이 필요하다. 이와 같이 주택연금의 가입자 규모를 추정함에 있어 지속적인 인구구조의 변화에 따라 가입대상의 규모가 변화하므로 포화 상태의 모집단 규모를 확정적으로 결정하기 어려운 문제가 존재한다. 또한 주택연금과 유사한 상품이 과거에 존재하지 않았으며, 다른 나라의 역모기지 상품 수요 자료 또한 국가가 갖는 경제·제도적 특성의 상이함에 따라 직접적으로 적용하기 어려운 상황이다. 이와 같은 문제점을 고려하여 본 연구에서는 주택연금 가입자의 잠재시장규모를 추정하기 위한 절차를 제시한다.

<표 2> 수식 표기

수식 표기	설명
$i$	연령대( $i = 1, 2, \dots, 1$ )
$j$	연령대별 연령( $j = 0, 1, \dots, 9$ )
$\theta$	자가 주택을 보유한 가구 수
$p$	총인구 수(명)
$d$	사망률(%)
$\delta$	계획기간(년)
$s$	생존율(%)
$\gamma$	포괄률(%)
$\lambda$	가입의향(%)

본 연구에서는 미래 잠재시장규모를 추정함에 있어 현재 우리나라의 연령별 인구구조와 생존율을 반

영하여 미래 인구구조의 변화를 고려한다. <표 2>에 제시된 수식 표기를 이용하여 본 연구에서 제안하는 잠재시장규모 추정 절차를 제시하면 다음과 같다.

[Step 1] 가입자격을 고려한 잠재시장규모 추정  
[Step 1.1] 자가 주택보유

주택연금 제도에서는 주택연금에 가입할 수 있는 대상을 60세 이상의 자가 주택 보유가구로 정의하고 있다. 미래 자가 주택 보유가구의 규모를 추정하기 위하여 국토교통부의 2014년도 주거실태조사 자료로부터 현재 연령대별 자가 주택 보유가구의 수 ( $\theta_i$ )를 수집하였다. 여기서 인덱스  $i$ 는 10세 단위로 구분한 조사대상의 연령대를 나타낸다. 예를 들어,  $i=1$ 은 20세 미만,  $i=2$ 는 20세 이상~29세 이하 등을 의미하며,  $\theta_1$ 은 20세 미만의 자가 주택 보유가구의 규모를 나타낸다.

[Step 1.2] 가구주 연령

가구주 연령이 60세 이상인 경우에 주택연금에 가입하는 것이 가능하므로 이를 반영하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 계획기간  $\delta$  이후의 가입대상 규모를 추정하므로 현재의 연령 대신 계획기간 이후의 연령이 60세 이상이 되는 가구를 고려하도록 한다. 따라서 계획기간이  $\delta$ 인 경우 현재 연령대를  $60-\delta$ 보다 큰 경우로 제한하여 고려한다.

[Step 1.3] 주택가격

주택연금은 주택 가격이 9억 원 이하의 가구를 가입 대상으로 제한하고 있다. 9억 원 이하의 주택을 보유한 가구 비율을  $\gamma$ 라 하면 연령대별 가입대상 규모는 다음과 같다.  $\theta_i \times \gamma$ , 여기서 연령대를  $60-\delta$ 보다 큰 경우로 제한한다.

[Step 2] 계획기간 중 생존율을 반영한 잠재시장규모 추정

[Step 2.1] 연령별 인구 수 추정

$p_i$ 는 연령대  $i$ 의 총인구 수를 나타내며,  $p_{i,j}$ 는 연령대  $i$  중  $j$  연령의 인구 수를 의미한다. 예를 들어,  $p_{1,10}$ 와  $p_{3,4}$ 는 각각 10세와 34세 연령의 인구 수를 나타낸다. 본 연구에서 활용한 통계청의 인구는 연령대별 인구자료만을 제시하고 있으므로 연령별 인구 수

를 추정하기 위하여 연령대  $i$ 에서 연령별 인구 수 비중은 동일한 것으로 가정하였다. 즉,  $p_{i,j} = p_i/10$ 과 같이 계산된다.

[Step 2.2] 연령대별 생존 인구 수 추정

통계청에서 제공하는 2014년 완전생명표의 연령별 사망률을 이용하여 계획기간 동안의 생존 인구 수를 추정하였다.  $d_{i,j}$ 를 연령별 사망률이라 하고, 계획기간  $\delta$ 를 적용하는 경우 계획기간 후 생존 인구 수  $\bar{p}_{i,j}$ 는  $\bar{p}_{i,j} = p_{i,j}(1-d_{i,j})^\delta$ 와 같이 계산된다. 여기서 매년 연령별 사망률은  $d_{i,j}$ 로 언제나 동일하게 유지되는 것으로 가정하였다.

[Step 2.3] 계획기간 동안의 연령대별 생존율 추정  
현재 연령대 별 인구 수  $p_i$  대비 계획기간 후 생존 인구 수의 비율을 이용하여 연령대별 생존율을 추정한다. 연령대  $i$ 의 생존율  $s_i$ 는  $s_i = \sum_j \bar{p}_{i,j}/p_j$ 과 같이 계산된다.

[Step 2.4] 생존율 반영 잠재시장규모 추정

계획기간 동안의 생존율  $s_i$ 을 반영하면 가입대상 규모는  $\theta_i \times \gamma \times s_i$ 와 같다.

[Step 3] 가입의향을 반영한 잠재시장규모 추정  
주택연금은 수요자의 향후 이용 의사에 따라 잠재시장규모가 변화할 수 있으므로 현실적인 잠재시장규모 추정을 위하여 우리나라 가입대상자의 가입의향을 반영하는 것이 필요하다. 주택금융공사에서 2008년부터 실시한 주택연금 수요실태 조사의 가입의향 설문조사 결과를 바탕으로 잠재수요자의 가입의향 비율의 최대값과 최소값을 각각  $\bar{\lambda}$ 와  $\underline{\lambda}$ 라 정의하였다. 따라서, 잠재시장규모의 최대값 ( $\bar{m}$ )과 최소값 ( $\underline{m}$ )을 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$\text{최대 잠재시장규모 } \bar{m} = \theta_i \times \gamma \times s_i \times \bar{\lambda}$$

$$\text{최소 잠재시장규모 } \underline{m} = \theta_i \times \gamma \times s_i \times \underline{\lambda}$$

### 3. 분석 결과

본 연구에서는 한국주택금융공사에서 제공한 주택연금의 월별 가입자에 관한 자료를 2007년 7월부터

2014년 3월까지의 기간에 걸쳐 제2장에서 설명한 Bass 확산모형을 적용하여 주택연금의 잠재시장규모를 추정하였다. Wright et al.[38]의 연구에 따르면 확산모형은 데이터 요약 수준(level of aggregation)에 따라 영향력과 변동성이 존재할 수 있다는 것을 밝혔으므로 본 연구에서는 데이터의 요약 수준에 따라 가장 작은 오차제곱합을 보인 데이터 구간을 사용하는 것이 필요하다. 데이터 요약 수준은 데이터 관찰 빈도수와 함께 시간에 따른 관측치의 변동성이 추정 성능에 미치는 영향을 나타낸다. 본 연구에서는 최적의 데이터 요약 수준을 결정하기 위하여 월별 데이터를 1개월, 3개월, 6개월, 12개월로 데이터의 요약 수준을 다르게 하여 추정 성능의 차이를 분석하였다. 따라서 1개월 단위의 데이터는 81개의 관측치, 3개월 단위의 데이터의 경우 27개, 6개월 단위의 데이터는 13개, 12개월(1년) 단위의 데이터는 7개의 관측치가 분석에 사용되었다. 본 연구에서는 분석을 위해 R 소프트웨어 3.2.3버전을 사용하였다.

### 3.1 잠재시장규모 추정 결과

지난 7년간의 주택연금 가입자 자료를 바탕으로 미래의 잠재시장을 추정하는 분석은 주택연금의 가입 조건이 현재와 동일한 경우에 주택연금의 가입자 수를 예측하는 것이므로, 주택연금의 가입 가능 대상자는 시간 경과에 따라 잠재시장규모가 달라지는 특성을 고려하여 잠재시장규모( $m$ ) 추정 절차에 따라 60세 이상의 자가 주택 보유 가구의 구조 변화를 분석할

<표 3> 잠재시장규모( $m$ ) 추정 데이터

나이	총인구 수( $p$ )	자가주택 보유가구 수( $\theta$ )	생존확률 ( $s$ )
30~39세	7,794,495	1,134,568	0.985
40~49세	8,204,781	2,154,104	0.967
50~59세	6,564,826	2,623,533	0.929
60~69세	3,994,404	1,881,778	0.854
70~79세	2,650,381	1,255,999	0.626
80세 이상	962,118	491,926	0.254

출처 : 통계청, 국토교통부.

필요가 있다. <표 3>은 주택연금의 잠재시장규모를 추정하는데 사용된 데이터이며 20년의 생존확률( $s$ )을 제시하였다. 최대·최소 잠재시장규모 추정에 적용한 주택연금 가입의향 비율의 경우 최대값( $\bar{\lambda}$ )과 최소값( $\underline{\lambda}$ )을 각각 17.2%와 11.2%를 분석에 사용하였다.

현재 60세 이상 가구는 10년 후 70세가 되어 가입 조건이 동일하게 유지되지만 50세 가구는 60세 가구에 편입되어 주택연금의 가입 가능 대상자가 된다. 뿐만 아니라 현재의 주택연금 기이용자 중 90세 인구는 100세가 되어 매우 낮은 생존율을 가진다. 이러한 특성을 반영하여 주택연금 잠재시장규모 절차를 적용한 가입 가능 대상자의 상한 값과 하한 값의 변화 결과는 <표 4>에 제시되었다.

<표 4>  $\bar{m}$ 과  $\underline{m}$ 의 추정

(단위 : 가구)

$\bar{\theta}_t$	$\bar{\theta}_{10}$	$\bar{\theta}_{20}$	$\bar{\theta}_{30}$
$\underline{m}$	605,888	754,164	762,813
$\bar{m}$	930,471	1,158,181	1,171,463

<표 4>는 10년, 20년, 30년이 지난 시점의 60세 이상 자가 주택 보유 가구의 구조 변화의 상한 값과 하한 값을 보여준다. 여기서  $\bar{\theta}_{10}$  (10년 이후)인 경우  $\bar{\theta}_{20}$  (20년 이후) 및  $\bar{\theta}_{30}$  (30년 이후)과  $m$  값의 차이가 크게 나타났다. 하지만  $\bar{\theta}_{20}$  (20년 이후)와  $\bar{\theta}_{30}$  (30년 이후)인 경우 잠재시장규모는 큰 차이가 나지 않는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 연구는 주택연금의 미래 수요를 예측하기 위해 불확실성이 상대적으로 증가하는 30년 후보보다는 20년 후 잠재시장규모의 하한 값과 상한 값을 적용하여 분석을 수행한 결과를 제시한다.

앞서 하이브리드 모수 추정 방법에서 제시한 것과 같이 잠재시장규모( $m$ )을 변화시켜 최소 오차제곱합을 갖는  $\hat{z}$ 추정하기 위해 구간  $I = 10,000$ 으로 동일하게 나누어  $n$ 개의 시장규모를 설정하였다. 예를 들어, 10년 후 잠재시장규모  $m$ 의 하한 값인 605,888가구를 포함하기 위해 시뮬레이션에서 사용한 하한 값은 600,000으로 설정하였고 상한 값은 940,000으로 설정

하였다. 추가적인 비교 분석을 위해 10년과 30년 후도 동일한 하이브리드 방법으로 시뮬레이션을 수행한 결과를 함께 나타내었다.

### 3.2 데이터 요약 수준

이번 장에서는 데이터 요약 수준에 따른 추정오차를 분석하여 최적의 데이터 요약 수준을 결정하였다. 추정오차는 MAPE(Mean Absolute Percent Error)를 사용하여 계산하였다. 참고로 6개월과 12개월 단위로 데이터를 합산하여 적용한 경우 2014년 3월까지의 실제 관측치만 존재하기 때문에 2014년 MAPE의 평균치를 나타낼 수는 없었다.

추정된  $m$  값마다 데이터 요약 수준을 다르게 하여 분석한 결과 가장 작은 MAPE는 13.17%로 6개월 단위로 가입자 데이터를 합산하여 분석을 수행한 결과에서 나타났다. 오차제곱합의 차이가 작은 6개월 단위의 경우 각각 추정된  $m$ 의 MAPE는 13.17~13.26% 범위에 있으며, 그 차이도 매우 근소하였다. 따라서 Bass 하이브리드 모수 추정 절차에 따라 각각의 데이터 요약 수준을 다르게 하였을 때, 모형 예측력은 달라질 수 있다는 것을 확인하였다. <표 5>는 현재로부터 20년 뒤의 생존율( $s$ )을 바탕으로 추정된 잠재시장규모의 하한 값을 가지고 실제 값과 예측 값 간의 MAPE를 나타낸다.

<표 5> 데이터 요약 수준에 따른 추정오차  
(20년 후 잠재시장규모)

(단위 : %)

	데이터 요약 수준			
	1개월	3개월	6개월	12개월
2007	89.75	6.24	27.51	5.59
2008	34.70	29.48	5.14	0.75
2009	46.30	35.47	3.43	9.50
2010	42.59	29.77	4.09	24.37
2011	26.17	14.19	11.62	33.63
2012	9.96	2.96	22.82	44.50
2013	1.68	8.09	25.36	45.98
2014	5.16	4.99	-	-

※ 20년 후 시장규모  $m = 760,000$ 를 사용한 결과임.

데이터 요약 수준에 따른 추정오차는 6개월, 3개월, 12개월, 1개월 순으로 크게 나타났다. <표 5>에서 제시한 20년 후의 추정오차와 비교하기 위하여 10년 후와 30년 후 잠재시장규모의( $m$ )의 하한 값을 사용하여 데이터 요약 수준에 따른 추정오차를 계산하여 정리한 결과를 <표 6>과 <표 7>에 각각 나타내었다.

<표 6> 데이터 요약 수준에 따른 추정오차  
(10년 후 잠재시장규모)

(단위 : %)

	데이터 요약 수준			
	1개월	3개월	6개월	12개월
2007	89.51	6.51	27.86	4.88
2008	34.45	29.18	5.14	0.15
2009	46.13	35.26	3.44	9.96
2010	42.53	29.66	4.06	24.69
2011	26.18	14.16	11.79	33.87
2012	10.00	2.95	22.92	44.66
2013	1.72	8.07	25.42	46.11
2014	5.19	4.96	-	-

※ 10년 후 시장규모  $m = 600,000$ 를 사용한 결과임.

<표 7> 데이터 요약 수준에 따른 추정오차  
(30년 후 잠재시장규모)

(단위 : %)

	데이터 요약 수준			
	1개월	3개월	6개월	12개월
2007	89.76	6.23	27.49	5.63
2008	34.72	29.49	5.14	0.77
2009	46.30	35.48	3.43	9.48
2010	42.59	29.78	4.09	24.35
2011	26.17	14.19	11.61	33.62
2012	9.95	2.96	22.81	44.49
2013	1.68	8.09	25.36	45.98
2014	5.16	4.99	-	-

※ 30년 후 시장규모  $m = 770,000$ 를 사용한 결과임.

데이터 요약 수준에 따라 10년, 20년, 30년 후의 모집단은 동일하게 6개월 단위의 데이터 요약 수준이 가장 작은 추정오차가 나타났으므로 본 연구에서는 6개월 단위의 데이터 요약 수준의 모수 추정치를 제시한 후 실제 값과 예측 값 간의 비교 분석을 하고



20년 뒤의 잠재시장규모 예측을 수행하였다.

### 3.3 모수 추정 결과

하이브리드 모수추정기법을 사용하여 세 가지 모수를 추정한 결과 가장 작은 추정오차를 보인 모수값은  $m = 1,160,000$ ,  $p = 0.000312$ ,  $q = 0.158563$ 로 나타났다. Bass 확산 모형을 제품이나 서비스에 적용한 연구 결과와 유사하게 주택연금 또한 혁신계수(p)보다 모방계수(q)가 더 크게 나타났다. 이는 주택연금의 경우 광고 효과와 같은 외부효과보다는 가입자들 간의 내부적인 효과로 인해 확산이 크게 발생한다는 것을 의미한다. 주택연금의 잠재시장규모(m)가 달라짐에 따라 혁신계수(p)와 모방계수(q)의 변화를 보기 위해 추가적인 잠재시장규모(m)의 모수 추정 결과를 다음 <표 8>에 제시하였다.

<표 8>의 분석결과 m이 증가할수록 p와 q가 감소하는 음(-)의 관계가 나타났다. 이러한 추정된 모수의 체계적 변화는 Van den Bulte and Lilien[35]의 연구에서 이미 밝혔듯이 모형 자체의 복잡성에 비해 데이터 수의 부족으로 인해 발생할 수 있다. 국내 주택연금의 경우 출시 된지 약 9년 정도가 되었고 본 분석에서 사용된 데이터는 약 7개년도의 데이터만이 분석에 사용되었으므로 이러한 모수의 체계적 변화가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

### 3.4 수요예측 결과

하이브리드 모수 추정 절차에 따라 6개월 단위의 데이터를 바탕으로 가장 작은 오차제곱합을 보인 모수 추정치  $\hat{z}$ 를 사용한 분석 결과, 예측치와 관측치의 차이는 <표 9>와 같이 나타났다. 2007년부터 2013년까지의 초기 예측치는 관측치에 매우 근접하게 추정

하다가 후에는 다소 과소추정 되고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 위 <표 5>의 추정오차 수치의 흐름과 유사한 형태를 나타내고 있으며, 시간 경과에 따른 불확실성이 증가하여 오차가 증가하는 것으로 판단된다.

<표 9> 관측치와 예측치 사이의 비교

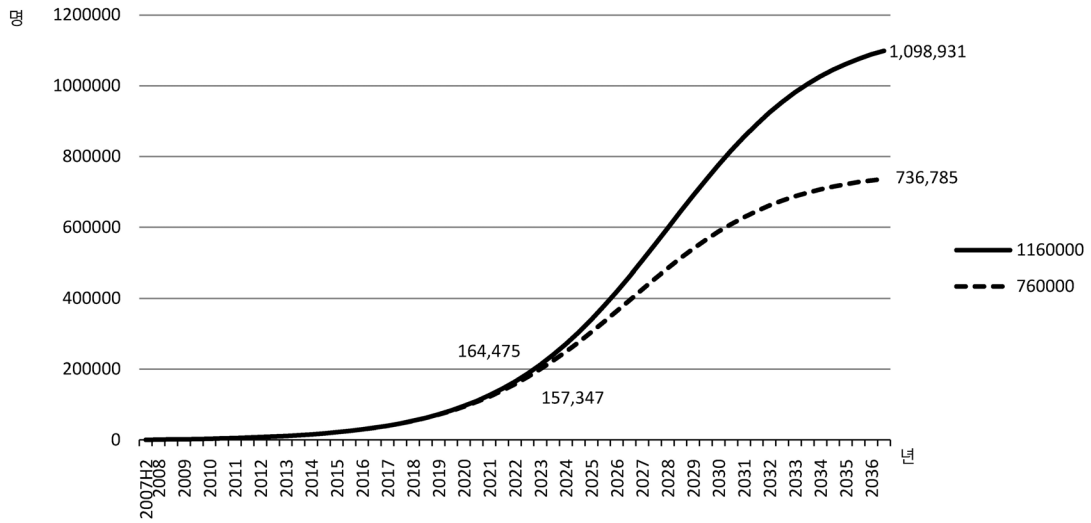
기간	누적 관측치	누적 추정치
2007H2	496	362
2008H1	820	781
2008H2	1,200	1,266
2009H1	1,833	1,828
2009H2	2,326	2,479
2010H1	3,138	3,232
2010H2	4,332	4,104
2011H1	5,652	5,112
2011H2	7,242	6,280
2012H1	9,584	7,630
2012H2	12,256	9,191
2013H1	14,795	10,996
2013H2	17,414	13,081

모형의 예측력을 평가하기 위해 MAPE를 적용하여 계산한 추정오차는 값이 작을수록 모형에 대한 예측력이 우수한 것으로 판단되는데, 통상적으로 MAPE를 이용한 추정오차가 20% 이하일 경우 상대적으로 정확한 예측을 한다고 본다. 본 연구의 관측치와 예측치 사이의 추정오차 13.17%로 나타났으며, 이는 현재의 분석결과가 비교적 정확한 예측을 하고 있다고 할 수 있다.

[그림 1]은 20년 후 m의 상한 값과 하한 값 사이의 확산 패턴과 잠재시장규모 예측치를 나타내고 있다. 실선은 m의 상한 값( $\bar{m}$ ) 1,160,000을 주택연금의 최대 잠재시장규모로 활용하여 예측을 수행하였을 때 2036년까지의 예측수요이며, 점선은 m의 하한 값( $\underline{m}$ ) 760,000으로 예측을 수행하였을 때의 2036년까지의 예측수요이다. 주택연금의 수요는 전형적인 S자형 곡선을 따른다는 것을 볼 수 있으며, 2036년의 예측 잠재시장규모는 736,785에서 1,098,931가구 사이

<표 8> 모수 추정 결과

m	p	q
760,000	0.000473	0.159886
950,000	0.000380	0.159116
1,160,000	0.000312	0.158563



[그림 1] 20년 후 예측

에 수요가 존재함을 확인할 수 있다. 현재 시물레이션으로 추정된 확산 속도로 2036년을 경과한 시점에 주택연금 시장이 거의 포화상태에 진입하였음을 알 수 있다.

본 연구는 예측결과의 타당성을 확인하기 위해 이전에 언급된 주택연금수요실태 조사 보고서와 한국주택금융공사가 2008년에 ‘주택연금 수요실태조사’와 미국의 공적역모기지제도 운영추이 등을 고려하여 주택금융공사에서 추정한 잠재수요 산출결과(이하 ‘공사추정 잠재수요’)를 비교하였다(<표 10> 참조). 2008년과 2010년 실시된 주택연금수요실태 조사 보고서는 2022년까지의 수요 추정치를 나타내고 있기 때문에 본 연구 결과에서도 동일하게 2022년의 수요 추정치를 비교하였다.

<표 10> 2022년 기준 가입자 추정치 비교

(단위 : 가구)

자료	추정치
본 연구	157,347~164,475
2008 주택연금 수요실태	95,345
2010 주택연금 수요실태	91,514
공사추정 잠재수요	112,708

본 연구에서 추정된 잠재시장 규모( $m$ )의 변화에 따른 2022년 누적 예측 수요는 157,347~164,475 가구로 2008년과 2010년 실시된 주택연금수요실태 조사에서 단순 추정된 누적가입자수 뿐만 아니라 우리나라 주택연금 가입조건 충족여부와 미국의 공적역모기지제도 운영추이 등을 고려한 주택금융공사에서 추정한 잠재수요를 50% 이상 초과하는 것으로 나타났다. 2022년경의 주택연금 수요실태 보고서의 잠재시장규모와의 차이는 사망률과 가입 가능한 포괄층, 가입의사와 같은 다양한 요인이 고려된 잠재시장 규모가 주택연금에 가입한다는 가정 하에서 잠재시장 규모를 예측하였기 때문에 기존 수요실태 연구의 추정치보다 많은 가구가 가입하는 것으로 판단되며 이전 연구가 추정한 확산 속도  $p, q$ 보다 더 빠른 속도로 가입이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

### 3.5 추정 가입자 규모의 의의

이번 장에서는 본 연구에서 제시한 주택연금 가입자 추정모형을 이용하여 제시한 가입자 규모가 노후 소득보장이라는 주택연금 제도의 목적과 보증자의 재정 부담이라는 측면에서 갖는 의미를 간단하게 살펴보고자 한다.

9억 원 이하의 주택을 보유한 노년가구의 경우 주택가격별로 주택연금의 가입자의 연금소득을 통계청의 2016년 은퇴 전 월 평균 소득과 비교하였을 때, 주택연금을 통하여 약 5%~48% 정도의 노후보장소득의 효과를 볼 수 있는 수준으로 알려져 있다. 이는 노후소득보장에서 주택연금이 매우 효과적인 제도임을 의미하지만 본 연구에서 2022년 기준 추정 가입자 규모는 총 노년 가구의 약 4.3~4.5% 수준으로, 노후 대비에서 주택연금을 활용하는 비중이 높지 않은 것을 확인하여 가입을 적극적으로 유도하기 위한 방안이 요구된다.

주택금융공사의 월급여 제시조건을 적용하면 주택연금의 가입 조건 중 최소 나이 조건을 만족한 만 60세의 월평균 수령 예상금액은 1,136,613원으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 이를 적용하여 2022년의 추정 총 가입자 수인 157,347~164,475명이 주택연금에 가입한다고 하였을 때, 정부와 대출기관은 월평균 예상금액 기준으로 약 1,700억에서 1,800억 정도를 주택연금에 대한 공적 보증을 부담하게 된다. 주택연금의 출시 이래로 2015년까지의 연평균 증가율은 57% 수준이었으나, 추정된 결과를 바탕으로 2016년 이후 향후 7년간 약 28%의 연평균 증가율을 보일 것으로 예상되므로, 이에 따른 알맞은 재정 계획의 수립이 이루어져야 함을 확인할 수 있다.

## 4. 결 론

고령화가 빠르게 진행되고 있는 시점에 노년가구의 복지와 관련된 사회적 문제와 우려가 나날이 증가하고 있다. 고령화 사회에 대한 문제 해결 대안 중 하나로 2007년 출시된 주택연금은 노년가구의 생계 안정을 위한 대안으로써 그 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 주택연금의 경우 한국주택금융공사로부터 공적보증을 통해 이루어지기 때문에 보증자 입장에서는 적절한 수요예측이 수행되어야 제도

의 공급과 운영을 안정적으로 관리할 수 있을 것이다. 기존의 주택연금과 관련된 많은 문헌들이 존재하지만 주로 리스크와 관련된 연구들이 주를 이루고 있고 수요예측에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 마케팅 분야에서 주로 수요예측에 활용되는 Bass 확산모형을 주택연금과 결합하여 주택연금의 확산 속도와 패턴을 확인하였고, 잠재시장규모를 예측하였다.

주택연금의 경우 잠재시장규모를 알 수 없고 시간 경과에 따라 인구구조가 변화하는 특성을 가지기 때문에 주택연금 잠재시장규모의 논리적 추정 절차를 제시하였다. 본 연구에서 제시한 Bass 확산모형의 추정오차는 13.17%로 비교적 적절한 예측력을 나타내었다. 본 연구에서 추정한 잠재시장규모에 따라서 20년 후 주택연금 가입자 규모는 736,785~1,098,931가구로, 이는 기존의 연구에서 추정한 잠재수요에 비해 50% 이상 높은 것으로 나타나 향후 주택연금 시장의 성장 잠재력이 충분하다는 것을 보여주고 있다. 또한 향후 7년간 약 28%의 연평균 성장률로 성장하여 약 20년 후 정부의 공적 부담 규모는 연간 약 1,700억에서 1,800억 정도로 추정되었다.

향후 연구 주제로 본 연구에서 활용한 기본 Bass 확산모형을 주택연금의 특성에 적합하도록 수정하는 것이 요구된다. 우선, 본 연구에서는 현재 정부에서 지정하고 있는 나이 및 주택가격과 같은 주택연금 가입 자격 기준과 인구구조 변화만을 고려하여 잠재시장규모를 추정하였다. 하지만 주택연금 가입 여부는 주택보유비율, 소득, 지출, 자산구성, 가구 구성 등의 요인이 다양하게 작용하고 있다. 따라서 주택연금의 가입결정 요인을 반영하여 잠재시장규모를 보다 세밀하게 추정하는 것이 요구된다. 둘째, 주택연금의 경우 주택가격이나 이자율 변화에 따라 가입자가 크게 증가하거나 감소하는 경향이 있다. 이자율이나 주택가격 등 주택연금 수요에 영향을 주는 다양한 외생 변수를 반영한 확산모형을 고려함으로써 보다 현실적인 모형을 구축하는 것이 가능할 것이다. 마지막으로 주택연금의 마케팅 효과와 정책의 변화를 고려하여 잠재시장규모의 변화를 동태적으

1) 주택금융공사 홈페이지에서 제시하는 자료를 이용하여 2016년 10월 말을 기준, 일반주택, 배우자 없음, 종신방식, 정액형을 설정하는 경우를 기준으로 산출함.

로 반영할 수 있는 연구 모형의 설정이 필요하다. 2015년 주택연금 수요실태조사 자료에 따르면, 일반 노년가구를 대상으로 주택연금의 인지도를 설문조사한 결과 처음 듣거나 개념 정도만을 알고 있는 가구가 대다수였다. 따라서 주택연금 수요를 촉진할 수 있는 적절한 마케팅 활동과 이를 반영한 확산모형을 고려할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] 강성호, 『국민의 노후준비 및 사적연금 가입 실태 조사』, 보험금융연구, 2015.
- [2] 김갑태, 마승렬, “주택가격과 금리 시계열의 순환주기와 역모기지 리스크”, 『보험개발연구』, 제17권, 제2호(2006), pp.61-97.
- [3] 김상현, 서정렬, “고령화에 따른 주택연금 활성화 위한 이용자 실태연구”, 『부동산학 연구』, 제17권, 제4호(2011), pp.45-58.
- [4] 김선주, 유선종, “역모기지 선택 결정요인에 관한 연구”, 『국토연구』, (2006), pp.125-146.
- [5] 김정주, 마승렬, “역주택저당대출 수요의 결정요인에 관한 연구”, 『부동산학보』, (2011), pp.207-225.
- [6] 김정주, “역모기지 수요 변화의 결정요인 분석과 정책적 시사점”, 『서울도시연구』, 제14권, 제2호(2013), pp.13-33.
- [7] 김태구, 홍정식, “한국과 미국에 있어 영화 수익 관련 통계량과 확산 현상의 비교분석”, 『경영과학』, 제32권, 제1호(2015), pp.133-145.
- [8] 마승렬, “역모기지의 VaR 추정 및 리스크완화 방안”, 『리스크 관리연구』, 제17권, 제2호(2006), pp.103-133.
- [9] 마승렬, 『주택연금의 리스크 평가 및 향후 관리 방향』, 부동산포커스, 2012.
- [10] 민인식, 조만, “역모기지의 Cross-over Risk와 잠재수요에 관한 연구”, 『주택연구』, 제17권, 제3호(2009), pp.161-187.
- [11] 박덕배, “주택연금 성장의 제약 요인과 시사점-공유형 역모기지 도입 필요”, 『이슈리포트』, 제14권, 제31호(2014), pp.1-16.
- [12] 박윤서, 변상규, “시장 출시 전 신상품 수요 예측에 관한 연구: 위성 DBM 사례를 중심으로”, 『경영과학』, 제23권, 제3호(2006), pp.41-61.
- [13] 박재경, “2010년도 주택연금 수요실태조사”, 주택금융월보, 2010.
- [14] 송영화, 한현수, “혁신채택 및 확산이론의 통신방송융합(위성 DMB) 서비스 수요추정 응용”, 『경영과학』, 제22권, 제1호(2005), pp.179-197.
- [15] 안상모, 이종아, 정준호, “주택연금 상품 선택의 결정요인에 관한 분석”, 『주택연구』, 제21권, 제1호(2013), pp.127-154.
- [16] 양재환, 여윤경, “주택연금의 최적 수요자 계층분석을 통한 장수리스크 완화 효과에 관한 연구”, 『금융연구』, 제28권, 제4호(2014), pp.33-62.
- [17] 유선종, 조주현, “일본의 역저당제도에 관한 연구”, 『국토계획』, 제33권, 제4호(1998), pp.105-122.
- [18] 이동욱, 『정부 R&D 투자 특성 분석을 위한 성장 모형 적용 방안 탐색 연구』, 한국과학기술기획평가원, 2014.
- [19] 이태리, 박천규, 전성애, 『역모기지 시장 활성화를 위한 주택연금의 발전방향』, 국토정책 Brief, 2014.
- [20] 이하늘, 김대회, 강지석, 이동환, 김윤배, “Bass 모형을 통한 WIPI 정책의 영향 분석: 스마트폰 시장을 중심으로”, 『정보통신정책연구』, 제22권, 제4호(2015), pp.1-18.
- [21] 최형석, 『역모기지 수요증가에 따른 대응방안』, 부동산포커스, 2011.
- [22] 한국주택금융공사, 『주택연금 수요실태』, 주택금융월보, 2008.
- [23] 홍정식, 김태구, 구훈영, “NLS와 OLS의 하이브리드 방법에 의한 Bass 확산모형의 모수추정”, 『대한산업공학회지』, 제37권, 제1호(2011), pp.74-82.
- [24] Bass, F.M., “A New Product Growth Model for Consumer Durables,” *Management*

- Science*, Vol.15, No.5(1969), pp.215-227.
- [25] Bass, F.M., "A New Product Growth Model for Consumer Durables," *Management Science*, Vol.50, No.12(2004), pp.1825-1832.
- [26] Bass, F.M., "Comments on a new product growth for model consumer durables the bass model," *Management Science*, Vol.50 (2004), pp.1833-1840.
- [27] Boehm, T.P. and M.C. Ehrhardt, "Reverse mortgages and interest rate risk," *Real Estate Economics*, Vol.22, No.2(1994), pp.387-408.
- [28] Case, B. and A.B. Schnare, "Preliminary evaluation of the HECM reverse mortgage program," *Journal of American Real Estate and Urban Economics Association*, Vol.22, No.2(1994), pp.301-346.
- [29] Chang, H.-C. and C.-Y. Wang, "A preliminary forecasting with diffusion models : Twitter adoption and Hashtags diffusion," *The 11th International DSI and the 16th APDSI Joint Meeting*, Taipei, Taiwan, 2011.
- [30] Huang, H.C., C.W. Wang, and Y.C. Miao, "Securitisation of crossover risk in reverse mortgages," *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, Vol.36, No.4(2011), pp.622-647.
- [31] Lim, J., C. Nam, S. Kim, H. Rhee, E. Lee, and H. Lee, "Forecasting 3G mobile subscription in China : A study based on stochastic frontier analysis and a Bass diffusion model," *Telecommunications Policy*, Vol.36, No.10(2012), pp.858-871.
- [32] Rogers, E.M., *Diffusion of innovation*, New York, 1962.
- [33] Schmittlein, D.C. and V. Mahajan, "Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance," *Marketing Science*, Vol.1, No.1(1982), pp.57-78.
- [34] Srinivasan, V. and C.H. Mason, "Technical note-nonlinear least squares estimation of new product diffusion models," *Marketing Science*, Vol.5, No.2(1986), pp.169-178.
- [35] Van den Bulte, C. and G.L. Lilien, "Bias and systematic change in the parameter estimates of macro-level diffusion models," *Marketing Science*, Vol.16, No.4(1997), pp.338-353.
- [36] Wan, H., G. Daniel, and K. Paul, *An Aging World : 2015*. U.S. National Institute on Aging, 2016.
- [37] Wang, L., E.A. Valdez, and J. Piggott, "Securitization of longevity risk in reverse mortgages," *North American Actuarial Journal*, Vol.12, No.4(2008), pp.345-371.
- [38] Wright, M., C. Upritchard, and T. Lewis, "A validation of the Bass new product diffusion model in New Zealand," *Marketing Bulletin*, Vol.8(1997), pp.15-29.