



# 산사태 재해가 주택 가격에 미치는 영향\*

- 우면산 산사태 재해를 사례로 -

## The Impact of Landslide Disaster on Housing Prices

- A Case Study of the Landslide of Mt. Umyeon in Seoul, Korea -

정은아\*\* · 윤희연\*\*\*  
Jung, Eunah · Yoon, Heeyun

### Abstract

This study investigates the effect of a landslide disaster - Mt. Umyeon landslide, Seoul, Korea in July, 2011 - on apartment market values. We adopt two analytical methods - a random intercept modeling (Analysis1: the geographic extent of disaster impact) and a piecewise linear random coefficient modeling (Analysis2: the temporal extent of disaster impact). Particularly the latter method enables examining transforming price impacts of the disaster based on a series of piecewise estimations over each time segment. The results suggest that the discount effect of the landslide is observed within 500 meters from Mt. Umyeon, evidenced by 15.5% and 14.3% price drop occurring within 250 meters and 500 meters range respectively. The results also suggest that the effect has last for a year after the disaster, in that during the first six months, the apartment value was decreased by 2.8% per month, and then increased by 3.3% per month for the following six months, compared to their counterparts, holding all other conditions constant. By revealing home-buyers' perception on natural hazard, this research will be a valuable reference in establishing the disaster mitigation plan and the corresponding insurance policies.

**키 워 드** ■ 우면산, 산사태, 자연 재해, 주택 가격, 임의절편모형, 구간 선형 임의계수모형  
**Keywords** ■ Mt. Umyeon, Landslide, Natural Disaster, Housing Price, Random Intercept Model, Piecewise Linear Random Coefficient Model

### I. 서론

지구 온난화 현상에 따른 기온 상승 및 강우 패턴의 변화로 인해 폭염, 폭우, 산사태 등의 극한 기후 현상이 전 지구상에 걸쳐 광역적으로 나타나고 있다. 이와 같은 자연 재해는 인명 피해는 물론, 막대한 사회·경제적 손실을 초래한다(Porfiriev,

2012). 2000년대 이후 우리나라의 자연재해에 의한 재산피해액은 연평균 약 1조 9046억 원으로 1990년대 연평균 피해액(약 6954억원)에 비해 3배가량 증가하였으며, 이는 1960년대의 연평균 피해액(약 1277억 원)의 15배에 이른다(이경주, 2011). 또한 한국환경정책평가연구원에 따르면 2100년까지 자연재해로 인한 누적 피해 비용은 약 2,800조원에 이

\* 본 연구는 환경부 기후변화대응 환경기술개발사업(과제번호: 2014-001-310007)의 지원을 받아 수행되었습니다.  
\*\* Seoul National University  
\*\*\* Seoul National University (corresponding author: hyoon@snu.ac.kr).

를 것으로 추정된다(채여라 외, 2012).

자연 재해의 발생은 자산 가치의 평가 기준도 함께 변화시키고 있다. 자연 재해로 인해 부동산 자산이 손상되면 이에 대한 복구비용이 발생하며, 피해가 반복될수록 유지 및 보수 비용도 추가적으로 증가하게 된다(구형수·이희연, 2015). 부동산 구매 시 이러한 재해 사실과 미래 재발 위험을 고려하는 사람들이 증가하고 있으며(Harrison et al., 2001), 재해 발생 지역의 부동산 가격은 그에 따라 변동한다.

자연재해와 부동산 가격 사이의 관계를 분석한 연구들은 꾸준히 제시되어 왔으나, 대부분의 연구에서는 재해 발생 이후 특정 시점에서의 가격 영향을 분석하거나(Ismail et al., 2016; Zhang et al., 2010), 재해 발생 전·후의 영향력의 차이를 단순 비교하였을 뿐(Atreya and Ferreira, 2015; Rajapaksa et al., 2016), 시간의 흐름에 따라 이루어지는 주택 가격 영향의 변동 추이를 파악하지 못하였다. 그러나 재해의 발생이 잠재 주택 구매자의 선택에 미치는 영향은 고정적이지 않고 시간에 따라 변화하며, 피해의 정도는 물론, 보수 및 복구 사업의 규모나 진행 속도에 따라서 부동산 가격 변동이 이루어진다(Lamond and Proverbs, 2006). 미래 발생 가능한 부정적인 영향을 완화하고, 부동산 시장이 안정적으로 작동할 수 있도록 하기 위해서는 자연 재해 발생에 따른 부동산 가격 변동의 복합적인 메커니즘을 이해할 필요가 있다.

또한 대부분의 연구에서는 분석의 대상을 홍수 및 침수 재해로 한정하고 있으며, 산사태 재해에 대하여 부동산 가격 영향을 추론한 연구는 매우 드물다. 그러나 최근 연속된 집중호우로 산사태나 급경사지 붕괴와 같은 산지토사재해가 꾸준히 발생하고 있으며, 그 규모 또한 해가 갈수록 대형화되고 있어, 산림 인근 지역에서 주거 환경의 안전성이 중요한 입지 선택 요인으로 대두되고 있다(Choi et

al., 2012). 산림청에 따르면 2000년대의 연평균 산사태 피해 면적이 713ha로 1980년대의 231ha, 1990년대의 349ha에 비해 두 배 이상 급증하였다(이동훈, 2011). 또한 IPCC 제 5차 보고서(2014)에 따르면 우리나라의 평균 강수량이 2100년까지 매년 1.79mm, 90년 동안 총 161mm 가량 증가하여, 장기적으로 산지토사재해의 빈도와 규모가 모두 증가할 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 2011년 7월 서울시 서초구에서 발생한 우면산 산사태 재해를 사례로, 자연 재해가 도심 지역의 주택 가격에 미치는 영향을 두 단계의 분석을 통해 고찰할 것이다. 먼저 산사태 재해가 부동산 가격에 영향을 미치는 범위, 즉 주택구매자가 인식하고 있는 산사태 위험의 지리적 권역을 알아보고, 다음으로 산사태 위험 인지권 내로 분석 범위를 좁혀 산사태 재해의 발생이 주택 가격에 미치는 영향이 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 살펴볼 것이다. 우면산 산사태 발생 시점인 2011년 7월을 전후로 2010년 1월부터 2013년 12월까지 거래된 주택 실거래가 데이터를 활용, 산사태 재해의 지리적 영향권역 분석에는 임의절편모형을, 시간에 따른 영향 변화 분석에는 구간 선형 임의계수모형을 활용한다.

## II. 연구의 배경

본 연구에서 다루고 있는 우면산 산사태는, 서울특별시 서초구와 경기도 과천시에 걸쳐 위치한 우면산 일대에서 일어났으며, 2011년 7월 25일부터 27일 사이 3일간 지속된 약 500mm의 국지성 폭우에 기인한다. 이는 2010년 9월 태풍 곤파스의 영향으로 일어났던 산사태 이후 10개월만에 다시 발생한 것이다.

우면산 산사태는 7월 27일 오전 7시 40분경부터

오전 9시경까지 우면산 전역에서 산발적으로 발생되었으며, 강우 강도는 산사태 지점 및 기준 시간에 따라 최대 20년에서 120년 빈도로 다양하게 관측되었다. Figure 1은 현장조사를 바탕으로 조사된 우면산 산사태의 발생부와 토석류 이동 경로를 표시한 것으로, 파란색 점은 산사태의 발생부를, 주황색과 녹색 점은 각각 공군기지 경계선에서와 공군기지 내부에서의 발생부를 나타내며, 빨간색 선은 31개의 유역을, 노란색 선은 토석류의 이동 경로를 나타낸다(유기영 외, 2014).



Figure 1. The location of slope failure and avalanches in Mt. Umyeon  
출처: 유기영 외(2014)

우면산 산사태는 2000년대 이후 서울시에서 발생한 자연 재해 중 역대 최악의 참사 중 하나로 기록되고 있다(김현일, 2016). 비록 약 69ha의 비교적 좁은 지역의 사면이 붕괴되었으나, 51명의 부상자와 16명의 사망자 등 많은 인명 피해와 약 311억원에 달하는 심각한 재산 피해를 낳았다. 이는 우리나라 사상 최대의 집중호우였던 2002년 태풍 루사로 인해 2,705ha에 걸쳐 광범위하게 발생한 산사태 피해를 상회하는데, 그 이유는 우면산 산사태가 많은 인구와 기반시설이 집중되어 있는 도시 지역에서 발생한 까닭이라고 판단된다(유기영 외,

2014).

서울시는 산사태 발생 이후 신속하게 복구 작업에 착수하여 이듬해인 2012년 6월에 1차적 공사를, 이후 미흡한 공사에 대한 재시공과 보강 공사를 거쳐 2012년 12월에 최종적으로 복구 사업을 완료하였다. 복구 사업을 통해 수해로 깊게 파인 산골짜기에 배수로가 마련되고, 흙더미가 밀려 내려온 남부순환로 주변에 토사를 막기 위한 옹벽이 설치되었으며, 수차례의 집중호우가 내릴 경우의 산사태 시뮬레이션 결과를 통해 100년 빈도의 강수량에도 견딜 수 있는 사방댐이 우면산 주변 25곳에 설치되었다(김영주, 2012).

### III. 선행연구

자연 재해와 부동산 가격 사이의 관계는 꾸준히 연구되어왔다. 대부분의 연구에서는 재해 위험이 부동산 가격에 부정적인 영향을 미친다는 결론이 도출되었는데, 이는 잠재 주택구매자들이 재해 발생에 따른 유지·보수·복구 비용을 인식하여 해당지역 부동산 구매를 기피하였기 때문이라 추정된다(Ismail et al., 2016; Zhang et al., 2010). 또한 미국 등의 방재 선진 국가에서는 재해 위험도에 따른 보험료의 증가 부담이 부동산 가격을 하락시키는 원인이 된다고 밝혀졌다(Bin et al., 2008; Harrison et al., 2001). 그러나 자연 재해와 부동산 가격 사이의 관계가 유의하지 않거나, 오히려 긍정적인 관계가 있음을 증명한 연구도 존재한다. 강변이나 산림 인접 지역은 비교적 재해 발생이 잦은 곳이나, 경관 프리미엄이 주택 구매자들에게 어메니티 요소로 작용하여 재해 위험에 대한 부정적인 인식이 상쇄된다. 이에 따라 자연재해의 발생이 부동산 가격과 가성적 정의 상관관계를 보이기도 한다(Atreya and

Czajkowski, 2016; Daniel et al., 2009). 또한 재해 발생 이후 복구를 통해 해당 지역의 여건이 개선되었거나, 오랫동안 재해가 반복되지 않아 잠재 주택 구매자들의 기억에서 잊혀졌을 경우 재해 위험 요인이 더 이상 부동산 가격 형성에 부정적인 영향을 미치지 않는다(Lamond and Proverbs, 2006; Tobin and Montz, 1994).

위와 같이 엇갈리는 연구 결과는 분석 시점에 따른 차이에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 즉 자연 재해의 발생이 부동산 가격에 미치는 영향은 시간에 따라 달라질 수 있기 때문에, 발생 후 어떤 시점에서 분석하는가에 따라 상이한 연구 결과가 도출된다는 것이다. 위에서 언급한 연구들에서는 특정 시점에서 횡단면 분석이 실시되었으며, 재해 위험에 따른 부동산 가격 영향이 시간에 따라 변할 수 있다는 가정은 배제되었다. 그러나 재해 위험에 대한 인식은 고정적이지 않다. Lamond and Proverbs(2006)에 따르면, 재해 피해가 부동산 가격에 미치는 영향은 시간의 흐름에 따라 네 가지 형태로 나타날 수 있다. 첫째, 재해 위험이 낮은 지역에 재해가 발생하였을 경우 부동산 가격이 일시적으로 하락하였다가, 재해 위험 대한 기억이 잊혀지며 원래 가격으로 회복된다. 둘째, 재해가 자주 발생하는 지역에서는 재해에 대한 위험성이 이미 부동산 가격에 반영되어 있거나, 풍수해 보험에 의무적으로 가입되어 재해로 인한 피해 보상이 담보되어 있기 때문에 재해의 발생이 더 이상 부동산 가격에 영향을 미치지 않는다. 셋째로 재해 발생이 예상되지 않던 지역에 새롭게 재해가 발생하여 잠재 주택 구매자들의 기대치가 낮아진 경우 부동산 가격이 하락된 후 오랜 기간 반등 없이 지속된다. 넷째로 재해 발생 이후 피해 지역이 복구 과정에서 전보다 더 양호한 상태로 개선되었거나 방재 기능이 향상되었을 경우 부동산 가격이 일시적으로 하락했다가 재

해 발생 전보다 더 높은 가격으로 회복되기도 한다.

일부 연구에서는 자연 재해 발생에 대한 전후 분석을 실시함으로써, 재해의 발생 전후의 부동산 가격 영향의 변화를 살펴보았다(Athukorala et al., 2016; Bin and Polasky, 2004). 최근에는 이중차분법을 통해 자연 재해 발생 전후 시점에서의 재해 위험 지역에 위치한 부동산 자산과 그렇지 않은 부동산 자산들 간 부동산 가격 영향의 차이를 비교함으로써(Atreya and Ferreira, 2015; Rajapaksa et al., 2016), 재해 위험이 인근 부동산 가격에 미치는 한계 효과를 추정하는 연구도 다수 이루어지고 있다. 그러나 이러한 연구 방법론에 따른 분석 결과는 연구에서 설정한 재해 발생 전후 시점에서의 영향력의 차이를 단순 비교하였을 뿐, 두 시점 사이에서의 자연 재해가 주택 시장에 미치는 영향력의 변동 추이를 파악할 수 없다는 한계점을 안고 있다(Rajapaksa et al., 2016).

더불어 대부분의 연구에서는 홍수 및 침수 피해에 초점을 맞추고 있으며, 산사태 재해의 경제적 영향에 대한 연구는 상대적으로 미비하다. 산사태 재해는 단시간에 극단적이고 국지적으로 발생하여 매년 많은 인명 및 재산 피해를 유발하고 있으나, 기상 요인뿐만 아니라 지질, 지형, 임상 등의 요인이 복합적으로 작용하여 시공간적 불확실성을 가지고 돌발적으로 발생하기 때문에 실증적인 연구가 어렵다(Singh et al., 2010). 기존의 연구들은 주로 산사태 발생 이후 시점에 국한하여 피해 복구 및 보수로 인한 직접 피해 비용 추산에 초점을 맞추거나(Petrucci et al., 2009), 가계 또는 농산업 부문의 소득 손실량(Boonyanuphap, 2013; Mertens et al., 2016), 또는 배수 시스템 및

옹벽 설치 등 미래 산사태 피해를 완화하기 위한 간접 피해 비용을 산정하는 데 그쳐왔다 (Galve et al., 2016). 산사태 재해와 부동산 시장 사이의 관계에 대한 연구는 이중차분법을 활용하여 우면산 산사태 발생 전후의 주택 가격 영향을 비교한 Kim et al.(2017)의 연구가 유일하나, 앞서 언급한 이중차분법 연구들과 마찬가지로 두 시점 사이에서의 구체적인 가격 변동 추이를 파악하지 못하였다.

선행연구의 연구결과를 종합, 한계점을 고찰하면 다음과 같다. 첫째, 자연 재해의 발생은 시간의 흐름에 따라 부동산 가격에 상이한 영향을 주고 있으나, 대부분의 연구들에서는 횡단면 데이터를 이용하여 특정 시점에서의 부동산 가격 영향을 분석하는데 그치거나, 재해 발생 전후 두 시점의 비교에 그치고 있으며, 시간의 흐름에 따른 다양한 시점별 영향력을 충분히 고찰하지 못하였다. 둘째, 대부분의 연구에서는 상대적으로 발생 빈도가 높은 홍수 및 침수 현상에 초점을 맞추고 있으며, 산사태 재해가 주택 가격에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 미비하다. 따라서 본 연구에서는 2011년 7월 서울특별시 서초구에서 발생한 우면산 산사태를 사례로 주택 구매자가 인식하고 있는 산사태 재해의 위험이 주택 실거래 가격에 미치는 영향이 시간에 따라 변동함을 분석함으로써 선행연구의 한계점을 보완하고자 한다.

#### IV. 연구 자료 및 방법론

##### 1. 연구 범위 및 자료

연구의 공간적 범위는 행정 구역 상 우면산이 속해 있는 서울특별시의 서초구 지역으로

한정하였다(Figure 2). 서울특별시의 동작구, 관악구와 경기도의 과천시 역시 우면산과 인접하여 우면산 산사태의 간접 영향권 내에 속해 있으나, 우면산 산사태로 인한 직접적인 피해는 서초구에 한정되어 있으며(서울특별시, 2013), 각 행정 구역마다의 서로 다른 지역적, 경제적 특성을 통제하기 위하여 연구 범위에서 제외하였다.

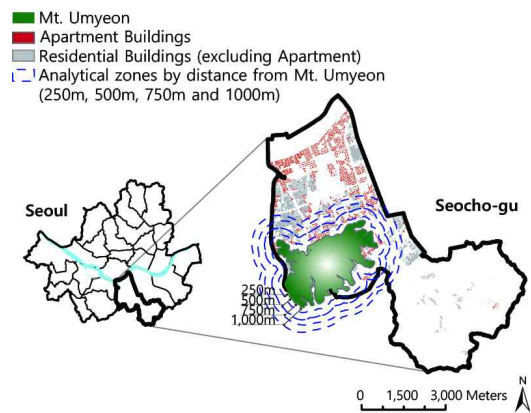


Figure 2. The study area including the location of Mt. Umyeon and housing units

연구의 시간적 범위는 2010년 1월부터 2013년 12월까지로 설정하였다. 이는 우면산 산사태가 발생한 2011년 7월 전 18개월, 후 30개월 총 4년이며 본 연구의 대상인 2011년 7월의 우면산 산사태는 물론, 10개월 이전 2010년 9월의 산사태 발생 시점 또한 포함한다. 본 연구에서는 2011년 7월 발생한 산사태가 주택 가격에 미친 영향의 크기와 지속기간을 발생 이전 주택가와 비교를 통해 고찰할 것이므로, 2010년 9월 산사태는 주택가격에 영향을 미치지 않았다는 가정이 성립해야 한다. 이를 위해서는 2010년 9월의 산사태 전, 후 기간동안 산사태 발생지인 우면산으로부터의 거리가 주택 가격에 미치는 영향의 계수가 통계적으로 유의

미하지 않아야 한다. 만일 2010년 9월 산사태가 주택가격에 영향을 미친 것으로 분석될 경우, 2011년 7월 산사태 영향을 평가하기 위한 대조 시기는 2010년 9월 이전으로 설정한다.

연구의 주요 데이터는 국토교통부에서 제공하는 주택 실거래 정보로, 연구 범위 내 주요 주택 유형인 아파트로 연구 대상을 한정하였다. 따라서 본 연구 분석의 표본은 2010년 1월부터 2013년 12월까지 총 9,486개의 아파트의 매매 기록이다.

재해 속성을 나타내는 우면산으로부터 개별 건축물까지의 거리에 대한 정보는 통계청의 통계지리정보서비스의 건축물 데이터를 바탕으로 구축되었으며, 주택의 구조적 속성 자료인 건물 면적, 건축연수와 층 수에 대한 정보는 국토교통부로부터 제공되었다. 방 수와 욕실 수 정보는 부동산 정보업체인 '부동산114'의 웹사이트로부터 구축하였다. 근린 환경적 속성 자료인 교통 시설, 교육 시설 등으로부터의 거리는 통계청의 통계지리정보서비스의 데이터를 활용하여 구축되었으며, 인구 밀도, 고학력자 비율 등의 인구통계학적 속성 자료는 통계청 인구주택총조사의 집계구별 통계 자료로부터 구축하였다.

## 2. 변수 구축

분석의 종속 변수는 자연 로그의 형태를 취한 단위 면적당 아파트 실거래 가격으로, 물가 등 경제적 상황에 따른 가격 변동 영향을 통제하기 위하여 서초구 아파트 주택매매가격지수를 통해 2013년 12월을 기준으로 연도별 가격을 보정하였다. 주요 질문변수는 산사태 발생지역으로부터 주택까지의 직선 거리 범위를 나타내는 더미변수이다. 산사태가

우면산 전역에서 비교적 고르게 발생하였기 때문에 우면산 전체를 발생지역으로 설정하였다.

먼저 산사태 재해가 부동산 가격에 미치는 영향 권역 분석에서는 우면산으로부터 각각 250m 이내 (LNDSL\_250), 250m 밖에서 500m 이내 (LNDSL\_500), 500m 밖에서 750m 이내 (LNDSL\_750), 750m 밖에서 1000m 이내 (LNDSL\_1000)의 범위 내의 아파트 단위 위치 여부에 대한 네 개의 더미 변수를 질문 변수로 설정하고, 대조군에 해당하는 나머지 표본인 우면산으로부터 1000m 밖의 영역에 위치한 주거 단위와 비교하였다. 그러나 선행연구에서 살펴보았듯이 자연재해의 피해가 부동산 가치에 미치는 영향의 크기와 권역은 시간에 따라 달라진다. 따라서 본 분석에서는 산사태 재해 영향력이 인지되는 최대 권역을 도출하기 위해 표본을 2011년 7월 우면산 산사태 발생 이후 1년 - 2011년 7월부터 2012년 6월 - 동안 매매된 아파트 단위로 한정하였는데, 이는 산사태 피해가 감지되는 공간적 범위는 산사태 발생 직후 가장 넓은 것이라는 가정을 기반으로 한다.

다음으로 산사태 재해 영향력의 시간에 따른 변화 분석에서는 Figure 3과 같이 우면산 산사태 발생 전후를 총 7개의 구간 - 2010년 1월부터 2010년 9월 우면산 산사태 발생 이전까지의 기간, 2010년 9월 우면산 산사태 발생 이후 2011년 7월 우면산 산사태 발생 이전까지의 기간, 2011년 7월 우면산 산사태 발생 이후 6개월 동안의 기간, 6개월 뒤부터 1년 뒤까지의 기간, 1년 뒤부터 1년 6개월 뒤까지의 기간, 1년 6개월 이후 2년 뒤까지의 기간, 2년 뒤부터 2013년 12월까지의 기간 - 으로 나누고, 구간 시작시점 이후의 경과된 개월수를 나타낸 시간 변수(Time1-7) 및 각 구간 시점 이후 매매 여부를 나타내는 더미 변수(Period2-7)를 구축하였다. 즉, Time1-7은 각 구간 월별

주택가격 증가량을, Period2-7는 각 구간 사이에서 발생한 주택가격의 급변량을 의미한다. 예를 들어 2011년 10월에 매매된 주택 실거래가의 경우, Time1은 22, Time2는 13, Time3는 4, 나머지(Time4-7)는 0의 값을 가지며, Period2와 Period3은 1을, 나머지(Period4-7)는 0의 값을 가진다. 또한 영향권역 분석 결과 결정된 산사태 위험 인치권 내의 위치 여부에 대한 더미변수를 구간시점 이후 경과 개월수에 대한 시간 변수 및 구간시점 이후 매매 여부에 대한 더미 변수와 각각 상호작용항을 구축하여, 시간에 따른 권역별 가격 영향 변화를 분석하였다. 구간 단위 설정은 2010년부터 2013년까지 서초구 주택 가격 변동 주기를 근거로 하였으며, 모든 월의 더미 변수를 고정 효과 변수를 추가하여 계절 등 시간 영향에 따른 변화를 제어하였다.

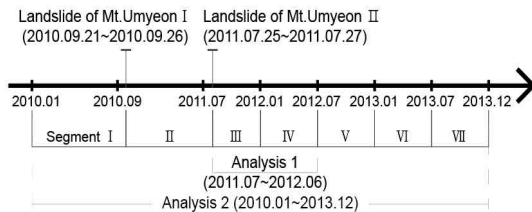


Figure 3. Time-periods of the analysis

설명 변수는 문헌 연구를 바탕으로 부동산 가격 형성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 변수들을 주택 구조적 특성, 근린 환경적 특성, 인구통계학적 특성으로 분류하여 선정하였다. 주택 구조적 특성 변수에는 건물 면적, 건축연수, 층 수, 방 수와 욕실 수 등의 주택 별 속성이 포함되며, 건축연수의 경우 신축 이후 시간이 흐를수록 가격이 하락하다가 일정 기간이 지난 후에는 재건축의 영향으로 다시 상승하는 경향이 있기 때문에(Kim et al., 2017), 경과연

수의 제곱값을 변수로 추가하였다. 근린환경적 변수는 부동산 가격에 영향을 미칠 수 있는 교통 시설 - 지하철, 버스정류장, 고속도로, 간선도로, 교육 시설 - 초등·중·고등학교, 대학교, 편의요소 및 어메니티 - 공공기관, 경찰서 및 소방서, 문화시설, 쇼핑센터, 한강, 공원 - 등으로부터 개별 주택까지의 거리가 포함된다. 인구통계학적 변수에는 집계구별 고학력자 비율, 65세 이상 인구 비율, 15세 미만 인구 비율, 인구 밀도 등을 포함하였다. 구체적인 변수 내역과 기술 통계량은 지면 관계상 생략하며, 저자에게 요청할 시 제공할 것이다. 위 독립 변수들에 대한 다중공선성 검증을 실시한 결과 분산팽창지수(VIF) 값이 모두 10 이하로 나타나, 변수들 간 다중공선성 문제가 없는 것으로 판단하였다.

### 3. 분석모형

연구의 첫 번째 부분(Equation 1)에서는 임의절편모형을 이용하여 산사태 재해의 주택 실거래가에의 영향권역을 분석하였으며, 두 번째 부분(Equation 2)에서는 구간선형 임의계수모형을 사용하여 산사태 재해의 발생이 인근 아파트 가격 형성에 미치는 영향력의 시간에 따른 변화를 분석하였다.

연구의 주요 자료인 부동산 가격은 개별 주택이나 필지의 성격에 따라 형성되나, 인근에 위치한 주택들과 상호 영향을 주고받기 때문에, 이들을 포함하는 상위 수준의 공간단위 내에서 자기상관이 관찰되는 경향이 있다(이희연·노승철, 2013). 이러한 형태의 자료의 분석에 있어 관측치의 독립성이나 오차의 등분산성을 가정한 최소자승법으로 모수를 추정하는 경우, 추정

량의 비편향성과 효율성을 보장할 수 없다 (Rabe-Hesketh and Skrondal, 2008).

따라서 본 연구에서는 위계선형모형을 기반으로 하여, 주택 가격에 영향을 미치는 요인으로 개별 주택 단위의 특성을 나타내는 요인(1수준) 뿐 아니라 해당 주택이 속해 있는 집계구별 지역 특성 요인(2수준)도 함께 고려하였다. 위계선형모형은 자료의 집단화 여부를 감안하여 표본 간 독립성 가정을 완화시키기 때문에 추정량의 편의 정도를 줄이며, 집단 별로 모수의 추정이 이루어지기 때문에 더욱 신뢰성 있는 결론을 도출할 수 있다(이희연·노승철, 2013). 위계선형모형은 각 집단의 기울기는 모두 동일하고 절편만 서로 다른 임의절편모형과 절편뿐만 아니라 기울기도 서로 다르기 때문에 설명 변수에 대한 회귀계수가 각 집단 별로 다르게 추정되는 임의계수모형으로 구분된다(이희연·노승철, 2013). 위계선형모형 설정의 타당성은 집단 내 상관관계수(Intraclass correlation, ICC)의 크기를 통해 판단할 수 있는데(구형수·이희연, 2015), 본 연구의 표본 상에서 상위 수준을 행정동, 집계구, 아파트 단지 단위로 설정하였을 때 각각 35.5%, 81.4%, 78.0%의 분산이 2수준의 지역 특성 요인에 의해 설명되는 것으로 나타나, 상위 수준을 집계구로 설정한 위계선형모형의 활용이 가장 타당성이 있다고 판단하였다.

더불어 산사태 재해가 아파트 실거래가에 미치는 영향이 시간에 따라 변동함을 관찰하기 위해 구간선형모형을 활용하였다. 구간선형모형이란 하나의 독립변수가 종속변수에 영향을 미칠 때 그 영향력의 크기는 독립변수의 불특정 구간에 따라 달라진다는 가정 하에 구간을 나누고, 이들 구간 별 서로 다른 형태의 회귀선을 도출하는 통계적 방법이다. 각 구간별 회귀선은

두 구간 사이의 변화점(y-절편)과 구간별 기울기를 가지며, 앞선 구간은 뒤이은 구간에 대한 통제 집단으로 작용할 수 있어, 시간 경과에 따른 효과를 평가함에 있어 강력한 준실험적 접근법으로 활용된다(Wagner et al., 2002). 독립변수 한 개의 영향을 하나의 계수로 추출해내는 일반적인 선형모델과는 달리, 각 구간마다 적합한 개별 함수를 도출할 수 있어 분석 결과가 더욱 구체적이고 현실성 있다(김수경 외, 2010).

본 연구의 구간선형모형에서는 2010년 1월부터 2013년 12월까지 총 4년의 기간을 7개의 구간 - 2010년 1월부터 2010년 9월 우면산 산사태 발생 이전까지의 기간, 2010년 9월 우면산 산사태 발생 이후 2011년 7월 우면산 산사태 발생 이전까지의 기간, 2011년 7월 우면산 산사태 발생 이후 6개월 동안의 기간, 6개월 뒤부터 1년 뒤까지의 기간, 1년 뒤부터 1년 6개월 뒤까지의 기간, 1년 6개월 뒤부터 2년 뒤까지의 기간, 2년 이후 2013년 12월까지의 기간 - 으로 나누고, 각 구간 시점 이후 경과된 개월수와 각 구간 시점 이후 매매 여부를 나타낸 더미변수를 이용, 산사태 재해가 인근 아파트 가격 형성에 미치는 영향력의 시간에 따른 변화를 고찰하였다(Figure 3). 즉, 각 구간마다의 선형모델을 통해 시간에 따른 아파트 가격 변동 추이를 도출한 후, 위계선형모형 분석을 통해 결정된 산사태 위험 인자권 내 위치 여부를 나타내는 더미변수와 각 구간 시작시점 이후 경과된 개월수를 나타내는 시간 변수 및 구간 시작시점 이후 매매 여부를 나타내는 더미변수 간의 교호작용항을 추가해 산사태의 영향을 받는 아파트와 그렇지 않은 아파트 간의 가격 차이를 고찰하였다.



Equation 1. 산사태 재해의 영향권역 분석을 위한 임의절편모형

i 집계구 내 j 아파트에 대해,

Level-1

$$\begin{aligned} & \ln(\text{아파트실거래가}) \\ & = \pi_{0i} + \pi_1 LND\text{SLD}_{-250ij} + \pi_2 LND\text{SLD}_{-500ij} \\ & + \pi_3 LND\text{SLD}_{-750ij} + \pi_4 LND\text{SLD}_{-1000ij} \\ & + \beta_5 S_{ij} + \beta_6 N_{ij} + \beta_7 D_i + \gamma_{8k} \sum_{k=1}^{12} \text{Month}_{ijk} + \epsilon_{ij} \end{aligned}$$

Level-2

$$\pi_{0i} = \theta_0 + v_{0i}$$

Composite Model

$$\begin{aligned} & \ln(\text{아파트실거래가}) \\ & = \theta_0 + \pi_1 LND\text{SLD}_{-250ij} + \pi_2 LND\text{SLD}_{-500ij} \\ & + \pi_3 LND\text{SLD}_{-750ij} + \pi_4 LND\text{SLD}_{-1000ij} \\ & + \beta_5 S_{ij} + \beta_6 N_{ij} + \beta_7 D_i + \gamma_{8k} \sum_{k=1}^{12} \text{Month}_{ijk} + \epsilon_{ij} + v_{0i} \end{aligned}$$

$LND\text{SLD}_{-250ij}$  : 우면산으로부터 250m 내 위치 여부

$LND\text{SLD}_{-500ij}$  : 우면산으로부터 250m 경계로부터 500m 내 위치 여부

$LND\text{SLD}_{-750ij}$  : 우면산으로부터 500m 경계로부터 750m 내 위치 여부

$LND\text{SLD}_{-1000ij}$  : 우면산으로부터 750m 경계로부터 1000m 내 위치 여부

$S_{ij}$  : 구조적 변수 벡터

$N_{ij}$  : 근린환경적 변수 벡터

$D_i$  : 인구통계학적 변수 벡터

$\text{Month}_{ijk}$  : 월별 고정 효과 변수 (k=1,2,...,12)

$\epsilon_{ij}$  : Level-1의 잔차

$v_{0i}$  : Level-2의 잔차

Equation 2. 산사태 재해의 주택가격에의 시간에 따른 영향력 변화를 분석하기 위한 구간선형 임의계수모형

i 집계구 내 j 아파트에 대해,

Level-1

$$\begin{aligned} & \ln(\text{아파트실거래가}) \\ & = \pi_{0i} + \pi_{1it} \sum_{t=1}^7 \text{Time}_{ijt} + \pi_{2t} \sum_{t=2}^7 \text{Period}_{ijt} \\ & + \pi_3 LND\text{SLD}_{-250ij} + \pi_4 LND\text{SLD}_{-500ij} \\ & + \pi_{5t} LND\text{SLD}_{-250ij} \times (\sum_{t=1}^7 \text{Time}_{ijt} + \sum_{t=2}^7 \text{Period}_{ijt}) \\ & + \pi_{6t} LND\text{SLD}_{-500ij} \times (\sum_{t=1}^7 \text{Time}_{ijt} + \sum_{t=2}^7 \text{Period}_{ijt}) \\ & + \beta_7 S_{ij} + \beta_8 N_{ij} + \beta_9 D_i + \gamma_{10k} \sum_{k=1}^{12} \text{Month}_{ijk} + \epsilon_{ij} \end{aligned}$$

Level-2

$$\pi_{0i} = \theta_0 + v_{0i}$$

$$(1) \pi_{1it} = \theta_{1t} + v_{1it}$$

Composite Model

$$\begin{aligned} & \ln(\text{아파트실거래가}) \\ & = (\theta_0 + v_{0i}) + (\theta_{1t} + v_{1it}) \sum_{t=1}^7 \text{Time}_{ijt} + \pi_{2t} \sum_{t=2}^7 \text{Period}_{ijt} \\ & + \pi_3 LND\text{SLD}_{-250ij} + \pi_4 LND\text{SLD}_{-500ij} \\ & + \pi_{5t} LND\text{SLD}_{-250ij} \times (\sum_{t=1}^7 \text{Time}_{ijt} + \sum_{t=2}^7 \text{Period}_{ijt}) \\ & + \pi_{6t} LND\text{SLD}_{-500ij} \times (\sum_{t=1}^7 \text{Time}_{ijt} + \sum_{t=2}^7 \text{Period}_{ijt}) \\ & + \beta_7 S_{ij} + \beta_8 N_{ij} + \beta_9 D_i + \gamma_{10k} \sum_{k=1}^{12} \text{Month}_{ijk} + \epsilon_{ij} \end{aligned} \quad (2)$$

$\text{Time}_{ijt}$  : t 구간 시점 이후 경과된 개월 수 (t=1,2,...,7)

$\text{Period}_{ijt}$  : t 구간 시점 이후 매매 여부 (t=2,...,7)

$LND\text{SLD}_{-250ij}$  : 우면산으로부터 250m 내 위치 여부

$LND\text{SLD}_{-500ij}$  : 우면산으로부터 250m 경계로부터 500m 내 위치 여부

$S_{ij}$  : 구조적 변수 벡터

$N_{ij}$  : 근린환경적 변수 벡터

$D_i$  : 인구통계학적 변수 벡터

$\text{Month}_{ijk}$  : 월별 고정 효과 변수 (k=1,2,...,12)

$\epsilon_{ij}$  : Level-1의 잔차

$v_{0i}, v_{1it}$  : Level-2의 잔차

## V. 분석 결과

### 1. 산사태 재해의 영향권역

우면산 산사태 재해가 아파트 가격에 미친 영향권역을 분석하기 위해 임의절편 모델을 사용, 분석한 결과는 다음과 같다(Table 1). 여타의 모든 속성이 같다고 가정할 때, 우면산 산사태 발생 이후 1년 동안 우면산으로부터 250m 이내에 위치한 아파트 단위는 우면산으로부터 1000m 이상 떨어진 대조군(이하 대조군) 권역에 속한 아파트보다 평균 15.5% 낮은 가격으로 거래되었다. 우면산으로부터 250m 밖 500m 이내 영역에 속한 아파트의 평균 매매 가격은 같은 조건 하에서 위에서 언급한 대조군에서보다 평균 14.3% 낮게 나타났다. 반면 우면산으로부터 500m 밖 750m 이내 영역과 750m 밖에서 1000m 이내 영역에 속한 아파트 단위의 주택 매매 가격은 대조군과 5% 수준에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 즉, 우면산 산사태의 영향이 아파트의 실거래가에 미치는 영향은 우면산으로부터 500m 이내였으며, 그 이상 떨어진 영역에서는 그 영향이 관찰되지 않았다.

이를 바탕으로 우면산 산사태 이후 시간에 따른 주택 가격에의 영향력 변화를 알아보기 위한 두 번째 분석에서는 분석의 범위를 우면산으로부터 1000m 이내로 축소하고, 산사태 재해의 영향 권역인 우면산으로부터 500m 이내의 지역과 500m이상 1000m이내 지역을 비교하였다. 더 자세한 결과를 도출하기 위해 영향권역은 다시 우면산으로부터 250m 이내와 250m이상 500m 이내로 구분하였다.

Table 1. The result of random intercept model

| Variables                              | Coef.                      |
|--|----------------------------|
| LNDSL_250                              | -0.155**<br>(0.0681)       |
| LNDSL_500                              | -0.143**<br>(0.0705)       |
| LNDSL_750                              | 0.132<br>(0.0838)          |
| LNDSL_1000                             | 0.0375<br>(0.0576)         |
| <b>Structural Variables</b>            |                            |
| Net area                               | 0.00156***<br>(0.000319)   |
| Number of floor                        | 0.00383***<br>(0.000658)   |
| Building age                           | -0.0267***<br>(0.00974)    |
| Sqaure of building age                 | 0.000665***<br>(0.000249)  |
| Number of bedroom                      | 0.00508<br>(0.0142)        |
| Number of bathroom                     | 0.00156<br>(0.0174)        |
| <b>Neighborhood Variables</b>          |                            |
| Distance to subway station             | -2.57e-05<br>(0.000129)    |
| Distance to bus station                | -0.000122<br>(0.000264)    |
| Distance to freeway                    | -1.26e-05<br>(3.59e-05)    |
| Distance to bus station                | -0.000122<br>(0.000264)    |
| Distance to freeway                    | -1.26e-05<br>(3.59e-05)    |
| Distance to main road                  | 0.000421<br>(0.000330)     |
| Distance to school                     | -0.000378***<br>(0.000142) |
| Distance to university                 | 1.30e-05<br>(5.47e-05)     |
| Distance to public institution         | -3.52e-05<br>(5.66e-05)    |
| Distance to police office/fire station | -1.33e-07<br>(3.62e-05)    |
| Distance to cultural facility          | 0.000304***<br>(0.000117)  |
| Distance to shopping center            | -7.99e-05<br>(5.84e-05)    |
| Distance to Han-river                  | -4.86e-05**<br>(2.45e-05)  |
| Distance to parks                      | 1.99e-06<br>(6.20e-05)     |
| <b>Demographic Variables</b>           |                            |
| Percentage with high education         | 0.811***<br>(0.231)        |

Table 1. (Continued)

| Variables                         | Coef.                     |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Percentage more than 65 years old | 0.366<br>(0.369)          |
| Percentage less than 15 years old | 0.0419<br>(0.247)         |
| Population density                | -1.34e-06**<br>(5.73e-07) |
| Time fixed effects                |                           |
| Number of each month              | YES                       |
| Constant                          |                           |
|                                   | 6.734***<br>(0.233)       |
| Random effects                    |                           |
| $\Sigma\mu$                       | 0.273<br>(0.0106)         |
| $\Sigma\varepsilon$               | 0.124<br>(0.000966)       |
| $\rho$                            | 0.830<br>(0.0112)         |
| Observations                      | 1,641                     |
| Number of groups                  | 258                       |

Robust standard errors in parentheses  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

## 2 산사태 재해의 주택가격에의 시간에 따른 영향력 변화

구간 선형 임의계수모형을 사용, 우면산 산사태 재해가 아파트 가격에 미친 영향의 시간에 따른 변화를 분석한 결과는 다음과 같다 (Table 2). 먼저 여타의 모든 속성을 같게 제어하고 전체 분석기간의 평균치를 고려할 때, 우면산으로부터 250m 이내에 위치한 아파트 단위는 우면산으로부터 500m 이상 떨어진 대조군(이하 대조군) 권역에 속한 아파트보다 평균 28.5% 높은 가격으로 거래되었다. 반면 우면산으로부터 250m 밖 500m 이내 영역에 속한 아파트의 평균 매매 가격은 위에서 언급한 대조군에서보다 20.8% 높게 나타났다. 즉, 연구의 전체 분석 기간동안 우면산에서 500m 이

내에 위치한 아파트 단위는 대조군에 위치한 주택보다 평균적으로 높은 가격에 판매되었으며, 특히 우면산으로부터 250m 이내에 위치한 아파트 주택의 평균 매매 가격은 250m 이상 500m 이내에 위치한 주택보다 더욱 높은 것으로 나타났다.

다른 여타 조건을 같게 제어했을 때, 분석 기간 동안 우면산 산사태 영향권 밖 혹은 대조군(우면산 경계로부터 500m 이상 1000m 이내의 영역)에 속하는 아파트 단위의 평균 거래 가격 변동을 분석한 결과는 다음과 같다. 연구의 시간적 범위 내에서 대조군 내 월별주택가격 변화 경향을 나타내는 변수인 Time1-7와 구간사이 주택가격 급변량을 나타내는 Period2-7은 모두 5% 수준에서 통계적으로 유의하지 않아, 해당 지역의 아파트 평균 매매 가격이 우면산 산사태 발생 전후로 오르거나 내리지 않고 일정 수준을 유지했다고 판단할 수 있다.

다른 여타 조건을 같게 제어했을 때, 산사태 위험 영향권역 내 위치한 아파트의 가격 변동 경향 및 구간사이 주택가격의 급변량을 해석하면 다음과 같다. 먼저, 2010년 1월부터 2010년 9월 우면산 산사태가 발생하기 전, 그리고 그 이후부터 2011년 7월 우면산 산사태가 발생하기 전까지의 기간동안 우면산으로부터 250m 이내 권역에 위치하는 아파트 단위의 평균 주택 매매 가격은 대조군과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 따라서 2010년 9월에 발생한 산사태의 영향은 당시 주택가격에 반영되지 않은 것을 확인할 수 있다. 이는 해당 산사태가 우면산 일부 영역에 국한되어 발생하였으며, 피해의 규모 또한 그리 크지 않았기 때문이라 추정된다. 따라서 본 연구에서 대상으로 하는 재해인 2011년 7월발생 우면산 산사태의 영향은 2010년 9월 발생 영향과 혼재되지 않아, 2011년 7월을 기준으로 한 전, 후 가격 비교는 산사태의 영향을 알아보는 데에 타당한 분석 설계임을 재확인 한다.

2011년 7월 우면산 산사태 발생 이후 6개월 동안 250m 권역 내 아파트 평균 가격은 대조군 아파트에 비해 개월 당 약 2.8%의 감소 경향을 보였다. 그러나 그 이후 6개월동안 250m 권역의 평균 아파트 가격이 다시 상승하였는데, 상승폭은 개월당 약 3.3%으로 6개월 이전 구간에서의 하락폭보다 컸다. 즉, 250m 권역 내의 아파트는 2011년 7월 우면산 산사태 발생 후 12개월이 지난 뒤부터는 발생 전보다 높은 가격으로 판매되기 시작하였다. 2011년 7월 우면산 산사태 발생 후 1년 뒤부터 2013년 12월까지는 대조군과의 가격차가 관찰되지 않았다. 또한 모든 구간에서 주택가격의 급변량은 통계적으로 유의미하지 않았다.

산사태 발생지점으로부터 250m 이상 500m 이내 권역의 아파트 가격의 변동은 250m 권역에서와는 다른 양상으로 나타났다. 여타의 다른 조건이 동일하다고 가정하였을 때, 분석의 전 구간에서 대조군과 통계적으로 유의한 가격차가 관찰되지 않았다. 즉, 일정 거리 이상 떨어진 영역에서는 산사태가 아파트 구매자들에게 위협요인으로 인식되지 않은 것으로 판단된다.

Figure 4(a)는 구간 선형 임의계수모형 분석 결과에 따른 구간별 부동산 가치 변화를 나타낸 것으로, 다른 설명변수가 모두 평균값을 가진다고 가정하였을 때 우면산으로부터 250m 이내, 250m 이상 500m 이내, 500m 이상 1000m 이내에 속한 권역에서의 시간에 따른 아파트 가격 변동을 설명한다. 또한 Figure 4(b)는 우면산으로부터 250m 이내 권역에서의 대조군 권역(500m 이상 1000m 이내) 대비 구간별 아파트 가격 변동 경향을 나타낸다.

분석 결과를 바탕으로 우면산 산사태가 인근 아파트 가격에 미친 영향은 다음과 같이 정리될 수 있다. 2010년 9월 발생한 산사태는 인근

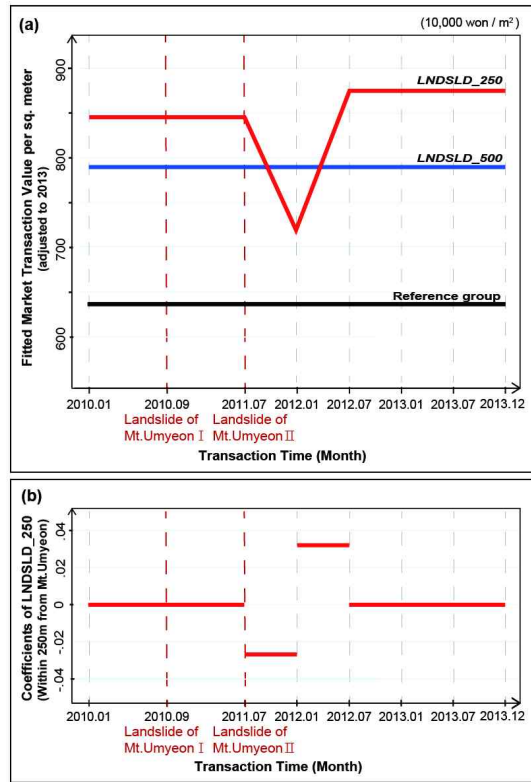


Figure 4. (a)Changes in fitted market transaction value per sq. meter. (b)Price impacts of the landslide of Mt. Umyeon within 250m from Mt.Umyeon, compared to the counterparts beyond 500m from Mt.Umyeon

주택가격에 영향을 주지 않은 반면 2011년 7월 발생한 우면산 산사태는 발생지로부터 250m 이내의 지역에 위치한 아파트 가격에 영향을 주었다. 산사태 발생 이후 영향권역 내 아파트 가격은 6개월동안 하락하였고, 그 이후 6개월동안 다시 상승하였다. 이는 자연 재해의 발생이 부동산 가격에 미치는 부정적 영향은 재해의 규모 및 피해의 정도에 따라 다르게 나타나며, 재해 발생 이후에 시행되는 복구, 보수 및 시설 개선 사업에 따라 부동산 가격은 다시 반등할 수 있다는 사실을 뒷받침한다.

산사태 재해가 주택 가격에 미치는 영향

Table 2. The result of piecewise linear random coefficient model

| Variables          | Coef.                 |
|--------------------|-----------------------|
| LNDSLD_250         | 0.285***<br>(0.0872)  |
| LNDSLD_500         | 0.208***<br>(0.0768)  |
| Time1              | -0.00152<br>(0.00548) |
| Time2              | 0.0157*<br>(0.00559)  |
| Time3              | -0.0156<br>(0.0110)   |
| Time4              | -0.00264<br>(0.0129)  |
| Time5              | -0.00965<br>(0.0145)  |
| Time6              | 0.0279*<br>(0.0161)   |
| Time7              | -0.0260*<br>(0.0144)  |
| Period2            | -0.0107<br>(0.0426)   |
| Period3            | -0.0187<br>(0.0342)   |
| Period4            | -0.0406<br>(0.0388)   |
| Period5            | 0.0356<br>(0.0493)    |
| Period6            | -0.0859*<br>(0.0247)  |
| Period7            | 0.0421<br>(0.0296)    |
| LNDSLD_250 x Time1 | 0.00220<br>(0.00602)  |
| LNDSLD_250 x Time2 | -0.00292<br>(0.00550) |
| LNDSLD_250 x Time3 | -0.0276**<br>(0.0140) |
| LNDSLD_250 x Time4 | 0.0328**<br>(0.0147)  |
| LNDSLD_250 x Time5 | -0.0121<br>(0.0138)   |
| LNDSLD_250 x Time6 | 0.00808<br>(0.0134)   |
| LNDSLD_250 x Time7 | 0.0132<br>(0.0105)    |
| LNDSLD_500 x Time1 | 0.00307<br>(0.00831)  |
| LNDSLD_500 x Time2 | -0.0106<br>(0.00847)  |
| LNDSLD_500 x Time3 | -0.000166<br>(0.0136) |
| LNDSLD_500 x Time4 | 0.00711<br>(0.0159)   |
| LNDSLD_500 x Time5 | -0.0295<br>(0.0207)   |

Table 2. (Continued)

| Variables                                | Coef.                    |
|--|--------------------------|
| LNDSLD_500 x Time6                       | 0.0300*<br>(0.0180)      |
| LNDSLD_500 x Time7                       | 0.00198<br>(0.0154)      |
| LNDSLD_250 x Period2                     | -0.0495<br>(0.0449)      |
| LNDSLD_250 x Period3                     | 0.0789*<br>(0.0397)      |
| LNDSLD_250 x Period4                     | 0.0315<br>(0.0477)       |
| LNDSLD_250 x Period5                     | 0.0131<br>(0.0762)       |
| LNDSLD_250 x Period6                     | 0.0566<br>(0.0412)       |
| LNDSLD_250 x Period7                     | -0.103*<br>(0.0390)      |
| LNDSLD_500 x Period2                     | -0.0174<br>(0.0526)      |
| LNDSLD_500 x Period3                     | 0.0226<br>(0.0434)       |
| LNDSLD_500 x Period4                     | 0.0498<br>(0.0527)       |
| LNDSLD_500 x Period5                     | 0.0751<br>(0.0746)       |
| LNDSLD_500 x Period6                     | 0.100*<br>(0.0496)       |
| LNDSLD_500 x Period7                     | -0.0393<br>(0.0533)      |
| <b>Structural Variables</b>              |                          |
| Net area                                 | 0.00117***<br>(0.000426) |
| Number of floor                          | 0.00683***<br>(0.000804) |
| Building age                             | -0.0336***<br>(0.0111)   |
| Sqaure of building age                   | 0.00115***<br>(0.000288) |
| Number of bedroom                        | 0.00589<br>(0.0130)      |
| Number of bathroom                       | 0.0346**<br>(0.0148)     |
| <b>Neighborhood Variables</b>            |                          |
| Distance to subway station <sup>주)</sup> | 0.00108***<br>(0.000307) |
| Distance to bus station                  | 4.39e-05<br>(0.000540)   |
| Distance to freeway                      | 4.35e-05<br>(8.74e-05)   |
| Distance to main road                    | -0.000660<br>(0.000452)  |
| Distance to school                       | 0.000103<br>(0.000337)   |

Table 2. (Continued)

| Variables                              | Coef.                      |
|--|----------------------------|
| Distance to university                 | 7.81e-05<br>(0.000142)     |
| Distance to public institution         | -0.000905***<br>(0.000307) |
| Distance to police office/fire station | 0.000425*<br>(0.000236)    |
| Distance to cultural facility          | -0.000143<br>(0.000322)    |
| Distance to shopping center            | -0.000315*<br>(0.000161)   |
| Distance to Han-river                  | -0.000620**<br>(0.000271)  |
| Distance to parks                      | 0.000241*<br>(0.000138)    |
| Demographic Variables                  |                            |
| Percentage with high education         | 1.290***<br>(0.481)        |
| Percentage more than 65 years old      | 0.653<br>(0.586)           |
| Percentage less than 15 years old      | -0.508<br>(0.342)          |
| Population density                     | -6.31e-07<br>(6.24e-07)    |
| Time fixed effects                     |                            |
| Number of each month                   | YES                        |
| Constant                               |                            |
|  | 7.469***<br>(0.739)        |
| Random effects                         |                            |
| $\Sigma\mu$                            | 0.261<br>(0.0101)          |
| $\Sigma\varepsilon$                    | 0.125<br>(0.000938)        |
| $\rho$                                 | 0.814<br>(0.0120)          |
| Observations                           | 2,476                      |
| Number of groups                       | 128                        |

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0.1

주) 역으로부터 매우 인접하거나, 일정거리 이상 떨어진 경우 역 세권의 이점 및 영향력이 상충될 수 있다(이재명·김진유, 2014).

## VI. 연구의 결론 및 시사점

본 연구의 목적은 우면산 산사태 재해를 사례로, 자연 재해가 인근 아파트 가격에 미치는 영향의 권역과 그 영향력의 시간에 따른 변화를 분석함에 있다. 산사태 재해의 영향권역 분석을 위한 임의절편 모델 분석 결과, 우면산으로부터 250m와 500m 이내의 권역의 주택 매매 가격은 대조군과 비교하여 각각 15.5%, 14.3%씩 낮게 나타났다. 반면, 우면산으로부터 500m 이상 떨어진 권역에서는 대조군과 유의미한 주택 매매 가격 차이가 보이지 않았다.

2010년부터 2013년까지 우면산 산사태 영향 권역 내에서 판매된 아파트 실거래가를 구간 선형 임의계수모형을 통해 분석한 결과는 다음과 같다. 우면산으로부터 250m 내에 위치한 아파트 단위의 경우, 2011년 7월 우면산 산사태 발생 이전에는 산사태 영향권 밖(우면산 경계로부터 500m 이상 1000m 이내의 영역)에 위치한 대조군과 비교하여, 통계적으로 유의미한 차이는 존재하지 않았다. 그러나 2011년 7월 우면산 산사태가 발생한 후 6개월의 기간 동안에는 대조군에 비해 개월 당 약 2.8%의 아파트 평균 가격 감소 경향을 보였다. 그러나 2011년 7월 우면산 산사태가 발생한 후 6개월의 기간 동안에는 대조군에 비해 개월 당 약 2.8%의 아파트 평균 가격 감소 경향을 보였다. 그러나 산사태 발생 6개월 이후부터 1년까지는 아파트 평균 매매 가격이 대조군보다 개월 당 약 3.3% 상승하여 6개월 전의 하락폭보다 높은 상승률을 보였으며, 12개월이 지난 뒤부터는 산사태 발생 전보다 높은 가격으로 판매되기 시작하였다. 산사태 발생 후 1년이 지난 뒤로는 대조군과 유의미한 가격차를 보이지 않았다. 반면 우면산으로부터 250m 밖 500m 이내에 위치한 아파트 단위의 경우, 500m 밖에 위치한 대조군에 비하여 시간의 흐름에 따른

유의미한 가격 변동을 보이지 않았다.

이러한 분석 결과는 산사태 재해의 발생은 일정 범위 내에서 아파트 가격에 부정적인 영향을 미치며, 그 정도는 고정적이지 않고 시간에 따라 변화한다는 사실을 뒷받침한다. 이렇듯 재해 발생 이후 일정 시간이 지난 뒤 부동산 가격이 회복된 이유는, 우면산 일대가 상승적인 수해 지역이 아니었을 뿐 아니라, 각종 재해 방지 시설 및 대책들이 마련되면서 잠재 주택구매자들이 재해의 재발 가능성을 낮게 인식하였기 때문이라 판단된다. 또한 시간이 흐른 후 자연 재해에 대한 위험 인식이 우수한 자연 환경, 교육 및 교통 환경 등에 의한 선호 사상과 상충되어, 산사태 발생에 따른 가격 영향이 상쇄되었을 가능성이 있다(백상경, 2012).

그러나 피해 지역의 물리적인 복원이나 보수 사업은 재해 위험의 근본적인 해결책이 될 수는 없다. 자연 재해에 대응하고 복구할 수 있는 능력을 의미하는 회복탄력성이 낮은 지역의 경우, 복구 노력과 관계없이 상승적인 자연재해를 겪게 된다(Foster, 2007). 그럼에도 불구하고 잠재 주택구매자들 사이에서 재해 발생 이후 정부가 각종 인프라를 구축하여 주변 환경이 개선될 것이라는 기대 심리는 물론, 재해 방지 대책들이 마련되며 해당 재해가 반복되지 않을 것이라는 안전 불감증이 만연하여 심각한 사회문제로 대두되고 있다(백상경, 2012).

따라서 재해위험정보가 대중에게 공유될 수 있는 법적, 제도적 장치가 마련될 필요가 있다. 미국, 프랑스 등의 방재 선진 국가에서는 자연재해 정보공개법을 통해 재해 기록과 위험도를 공시하고 있다. 우리나라에서도 2013년부터 산림청과 같은 국가기관을 통해 산사태 취약지역을 지정하고 관리하고 있으나, 대부분의 지방자치단체에서 부동산 가격 하락으로 인한 민원 발생을 염려하여 이를 공개하지 않고 있으며, 지역 주민 역시 특별재난지역에 지정

되거나 매스컴에 노출되는 것을 막고자 하는 움직임을 보이고 있다(김용성, 2016). 그러나 재해 위험 정보가 대중에게 공개되지 않을 경우 재해 위험 요소가 부동산 가격에 미치는 영향이 왜곡되어 나타날 수 있다(구형수·이희연, 2015).

의무적 자연재해 보험은 이에 대한 대책 중 하나이다. 이는 자연 재해에 따른 위험을 분산시키고, 국가적 차원의 보상 및 지원 제도를 활성화 하는 방안으로, 이의 원활한 시행을 위해서는 재해 위험도를 국가에서 공시하는 재산 가격에 고려해야 한다. 이러한 보험 제도는 잠재 자산 구매자들에게 자연 환경과 재해복구가 주는 편익가치와 동시에 향후 예측되는 재해 위험 또한 고려하도록 유도한다. 이를 통해, 재난 피해 비용을 부담하는 주체와 복구 이후 편익을 얻는 주체가 일치하지 않는 데서 발생하는 위험 분담의 불평등 문제를 예방할 수 있다(Kim et al., 2017). 우리나라에서도 자연 재해가 발생할 경우 정부의 무상 복구 지원제도가 있으나 그 지원 수준은 최소한도에 불과하고, 일부 보험에서 풍수해 위험을 담보하고 있으나 가입률이 매우 낮은 실정이다(신동호, 2005).

본 연구의 결과는 우리나라의 우면산 일대에 한정되어 있으나, 자연 재해와 부동산 가격 사이의 관계에 대한 전반적인 이해를 도울 것이며, 사람들이 자연 재해를 어떻게 인식하고 반응하는지를 추정함에 따라, 미래 발생 가능한 부정적인 경제적 영향을 완화하기 위한 기후변화 정책에 활용 가능할 것이다. 또한 본 연구에서 활용된 구간선형 임의계수 모형은 특정 현상의 장기적인 영향을 평가하는 준실험적 설계 방법으로써, 기후변화 및 자연 재해 현상의 시간의 흐름에 따른 영향 평가 연구에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주1. 본 저작물은 서울연구원과 대한토목학회에서 2014년 작성하여 공공누리 제4유형으로 개방한 '우면산 산사태 원인 추가·보완 조사(작성자:유기영 외)'를 이용하였으며, 해당 저작물은 '서울특별시 정책연구관리시스템 (<http://www.prism.go.kr>)'에서 무료로 다운받을 수 있다.

## 인용문헌

## References

- 구형수·이희연, 2015. “재해위험정보 노출이 주거용 부동산가격에 미치는 영향”. 『서울도시연구』, 16(1): 57-74.  
Koo, H. and Lee, H., 2015. “The Effect of the Disaster Hazards Information on Residential Property Prices”, *Seoul Studies*, 16(1): 57-74.
- 김수경·김희은·백미숙·이숙향, 2010. “급성상기도감염 항생제 처방률 공개 효과 분석”. 『한국임상약학회지』, 20(3): 242-247.  
Kim, S., Kim, H., Back, M. and Lee, S., 2010. “The Effect of Public Report on Antibiotics Prescribing Rate”. *Korean College of Clinical Pharmacy*, 20(3): 242-247.
- 서울특별시, 2013. 『산사태 복구사업 및 예방사업』, 서울.  
Seoul Metropolitan City, 2013. *The project of restoration and prevention of landslide*. Seoul.
- 신동호, 2005. “자연재해위험의 위험분산과 정부의 역할에대한 연구”. 『보험금융연구』, 45: 49-75.  
Shin, D., 2005. “A Study on the Risk Distribution of Natural Hazards and the Role of Government”. *Korea Insurance Research Institution*, 45: 49-75.
- 유기영·원종석·유영민, 2014. 『우면산 산사태 원인 추가·보완 조사』, 서울: 서울연구원.  
Yoo, K., Won, J. and Yoo, Y., 2014. *Additional investigation of cause of the landslide of Mt. Umyeon*. Seoul: Seoul Institute.
- 이재명·김진유, 2014. “지하철역이 주변 아파트 가격에 미치는 부정적 영향”, 『주택연구』, 22(2): 53-75.
- Lee, J. and Kim, J., 2014. “Negative Impact of a Subway Station on Neighboring Apartment Price”, *Housing Policy Studies*, 22(2): 53-75.
- 이희연·노승철, 2013. 『고급통계분석론: 이론과 실습』. 서울: 문우사.  
Lee, H. and Noh, S., 2013. *Analytics of advanced statistics*. Seoul: Moonwoosa.
- 채여라·조현주·최성윤, 2012. 『우리나라 기후변화의 경제학적 분석』, 서울: 한국환경정책평가연구원.  
Chae, Y., Cho, H. and Choi, S., 2012. *Economic Analysis of Climate Change in Korea*. Seoul: Korea Environment Institute
- Athukorala, W., Martin, W., Neelawala, P., Rajapaksa, D. and Wilson, C., 2016. “Impact of wildfires and floods on property values: A before and after analysis”, *The Singapore Economic Review*, 61(1): 1-23.
- Atreya, A. and Czajkowski, J., 2016. “Graduated Flood Risks and Property Prices in Galveston County”. *Real Estate Economics*, 00: 1-38.
- Atreya, A. and Ferreira, S., 2015. “Seeing is believing? Evidence from property prices in inundated areas”. *Risk Analysis*, 35(5): 828-848.
- Bin, O., Kruse, J. B. and Landry, C. E., 2008. “Flood hazards, insurance rates, and amenities: Evidence from the coastal housing market”. *Journal of Risk and Insurance*, 75(1): 63-82.
- Bin, O. and Polasky, S., 2004. “Effects of flood hazards on property values: evidence before and after Hurricane Floyd”. *Land Economics*, 80(4): 490-500.
- Boonyanuphap, J., 2013. “Cost-benefit analysis of vetiver system-based rehabilitation measures for landslide-damaged mountainous agricultural lands in the lower Northern Thailand”. *Natural hazards*, 69(1): 599-629.
- Choi, W. I., Lee, S. G., Lee, B. K. and Jang, S. J., 2012. “A study of vulnerability of structure by debris flow”. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 12(3): 141-146.



16. Daniel, V. E., Florax, R. J. and Rietveld, P., 2009. "Flooding risk and housing values: An economic assessment of environmental hazard". *Ecological Economics*, 69(2): 355-365.
17. Foster, K. A., 2007. "A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience", U.S.A.: Institute of Urban & Regional Development.
18. Galve, J. P., Cevasco, A., Brandolini, P., Piacentini, D., Azañón, J. M., Notti, D. and Soldati, M., 2016. "Cost-based analysis of mitigation measures for shallow-landslide risk reduction strategies". *Engineering Geology*, 213: 142-157.
19. Harrison, D., T. Smersh, G. and Schwartz, A., 2001. "Environmental determinants of housing prices: the impact of flood zone status". *Journal of Real Estate Research*, 21(1-2): 3-20.
20. IPCC, 2014. *Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation and Vulnerability*, U.K.: Cambridge University Press.
21. Ismail, N. H., Karim, M. Z. A. and Basri, B. H., 2016. "Flood and Land Property Values". *Asian Social Science*, 12(5): 84-93.
22. Kim, J., Park, J., Yoon, D. K. and Cho, G. H., 2017. "Amenity or hazard? The effects of landslide hazard on property value in Woomyeon Nature Park area, Korea", *Landscape and Urban Planning*, 157: 523-531.
23. Lamond, J. and Proverbs, D., 2006. "Does the price impact of flooding fade away?", *Structural Survey*, 24(5): 363-377.
24. Mertens, K., Jacobs, L., Maes, J., Kabaseke, C., Maertens, M., Poesen, J., ... and Vranken, L., 2016. "The direct impact of landslides on household income in tropical regions: A case study from the Rwenzori Mountains in Uganda". *Science of the Total Environment*, 550: 1032-1043.
25. Petrucci, O., Polemio, M. and Pasqua, A. A., 2009. "Analysis of damaging hydrogeological events: the case of the Calabria Region (Southern Italy)", *Environmental Management*, 43(3): 483-495.
26. Porfiriev, B., 2012. "Economic issues of disaster and disaster risk reduction policies: International vs. Russian perspectives". *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1: 55-61.
27. Rabe-Hesketh, S. and Skrondal, A., 2008. *Multilevel and longitudinal modeling using Stata*, Oxfordshire: STATA press.
28. Rajapaksa, D., Wilson, C., Managi, S., Hoang, V. and Lee, B., 2016. "Flood Risk Information, Actual Floods and Property Values: A Quasi-Experimental Analysis", *Economic Record*, 92(S1): 52-67.
29. Singh, T. N., Verma, A. K. and Sarkar, K., 2010. "Static and dynamic analysis of a landslide. Geomatics", *Natural Hazards and Risk*, 1(4): 323-338.
30. Tobin, G. A. and Montz, B. E., 1994. "The Flood Hazard and Dynamics of the Urban Residential Land Market". *Journal of the American Water Resources Association*, 30: 673-685.
31. Wagner, A. K., Soumerai, S. B., Zhang, F. and Ross - Degnan, D., 2002. "Segmented regression analysis of interrupted time series studies in medication use research". *Journal of clinical pharmacy and therapeutics*, 27(4): 299-309.
32. Zhang, Y., Hwang, S. N., and Lindell, M. K., 2009. "Hazard proximity or risk perception? Evaluating effects of natural and technological hazards on housing values", *Environment and Behavior*, 42(5): 597-624.
33. 김영주, 2012.12.28. "새해 첫날 우면산 산사태 복구공사 준공". 문화일보. <http://www.munhwa.com/news/view.html?no=20121228010710430970060>.
- Kim, Y. J. 2012 December 28. "Completion of restoration work of the landslide of Mt. Umyeon in New Year's Day". *Munhwa Ilbo*. <http://www.munhwa.com/news/view.html?no=20121228010710430970060>.

- 121228010710430970060.
34. 김용성, 2016.4.18. “재난관리 중요성 일깨워준 일본 지진”. 경향신문. [http://news.khan.co.kr/kh\\_news/khan\\_art\\_view.html?artid=201604182024035&code=990304024035&code=990304#csidxd445bdffd71c3988180fd2c63353059](http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201604182024035&code=990304024035&code=990304#csidxd445bdffd71c3988180fd2c63353059).
- Kim, Y. S. 2016 April 18. “Japan earthquake alerts to the importance of disaster management”, *Kyunghyang Daily News*. [http://news.khan.co.kr/kh\\_news/khan\\_art\\_view.html?artid=201604182024035&code=990304024035&code=990304#csidxd445bdffd71c3988180fd2c63353059](http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201604182024035&code=990304024035&code=990304#csidxd445bdffd71c3988180fd2c63353059).
35. 김현일, 2016.4.18. “2011년 우면산 산사태는 불가항력 자연재해...서울시 책임 없다”. 헤럴드경제. <http://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20160418000111>.
- Kim, H. 2016 April 18. “Landslide of Mt. Umyeon was irresistible natural disasters...Seoul was not responsible for the disaster”. *Herald Business*. <http://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20160418000111>.
36. 백상경, 2012.6.11. “우면산 산사태 1년... 집값 원상복구”. 매일경제. <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2012&no=353432>.
- Baek, S. 2012 June 11. “After a year from the landslide of Mt. Umyeon... housing price was restored to its original state”. *Maeil Business Newspaper*. <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2012&no=353432>.
37. 이경주, 2011.8.2. “‘폭우’ 자연재해 주범... 재산피해 10년새 3배 ↑”. 서울신문. <http://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20110802010013>.
- Lee, K. 2011 August 2. “Heavy rain is largely responsible for natural disaster... The amount of property damage has tripled in a decade”. *Seoul Newspaper*. <http://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20110802010013>.
38. 이동훈, 2011.8.1. “고급 단독형 전원주택, ‘우면산 사태’ 유탄 맞나”. 뉴스핌. <http://www.newspim.com/news/view/2011080100118>.
- Lee, D. 2011 August 1. “Will high-class housing be stuck by a stray bullet - the landslide of Mt. Umyeon?”, *Newspim*. <http://www.newspim.com/news/view/2011080100118>.

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Date Received              | 2017-02-01 |
| Reviewed(1 <sup>st</sup> ) | 2017-04-04 |
| Date Revised               | 2017-06-20 |
| Reviewed(2 <sup>nd</sup> ) | 2017-07-06 |
| Date Accepted              | 2017-07-06 |
| Final Received             | 2017-07-18 |