



삼중차분 회귀모형을 활용한 도시철도 역세권 토지이용 변화에 미치는 영향분석 : 대전시 도시철도 1호선 개통 후 10년을 중심으로*

Impact on Land Use Change in Rail Station Areas Using the Triple Difference Regression Modeling : Focusing on the Ten-Years Operation since Opening of Subway Line 1 in the Daejeon metropolitan city

강재원** · 성현곤***
Kang, Jae-Won · Sung, Hyungun

Abstract

It has been well known that subway opening has impacts on decreasing the city's traffic congestion through pedestrian- and transit-friendly land use changes as well as decreasing inordinate dependence of travel on private cars. Its long-term operation since its opening is expected to derive land use change in rail station areas, which is more high-dense development. However, few study has fully identified its pure impacts on development density by land use type. Therefore, this study is to empirically explore its pure impacts on change in the floor area of buildings by its use type in the Daejeon rail station areas in the next 10-year period after the subway line 1 opening by employing the triple difference regression modeling.

Analysis results confirm that subway opening and its long-term operation have statistically significant pure impacts on more compact development on residential and total land use, not non-residential land use such as commerce and service, office, and other ones. It indicates that residential land use change is still closely associated with better transit accessibility in the Daejeon metropolitan city.

키 워 드 ■ 역세권, 토지이용 변화, 도시철도, 삼중차분법

Keywords ■ Station Area, Land Use Change, Subway, Difference-in-difference-in-differences Method

I. 서론

우리나라는 1970년 초반에 이미 국민의 50%이상이 도시지역에 거주하고 있는 것으로 나타났으며

현재는 도시화의 종착단계에 도달아 인구의 90%이상이 도시에 거주하고 있다. 이러한 급격한 도시화는 토지이용, 교통, 환경 등의 다양한 측면에서 도시문제를 야기하였다. 교통 측면에서 바라보면 도시

* This paper is supported by the Korea Research Foundation as a fund of the government (2018R1A2A2A05023450)

** Master student, Dept. of Urban Engineering, Chungbuk National University

*** Associate Professor, Dept. of Urban Engineering, Chungbuk National University (corresponding author: hgsung@chungbuk.ac.kr)

화는 정해진 좁은 공간에서 발생하는 통행량의 증가를 의미하며 이는 교통체증을 발생시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 대도시들은 지하철에 투자하기 시작하였다.

도시철도가 개통되면서 도시의 교통체증과 혼잡이 다소 완화되고 대중교통의 활성화에 기여하면서 다양한 변화를 이끌게 되었다. 이러한 특징은 역세권의 접근도에 대한 입지적 매력의 증가는 개발수요를 증가시켜, 보다 더 압축적인 토지이용을 가능하게 하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 성현곤·최막중(2014)은 서울시를 대상으로 지하철역으로 가까울수록 건축물 개발밀도가 높아짐을 보고하고 있다. 또한 김상훈·남진(2015)은 서울시 신규역세권 개발밀도는 개통 후 뿐만 아니라 이전에도 증가하였으며, 지하철 개통에 따른 이러한 변화는 여러 요인들에 의하여 차별적으로 나타남을 주장하고 있다.

그러나 이러한 역세권 토지이용 변화는 지하철 개통에 따라 양호해진 접근성에 의한 도시철도 도입의 순효과에 의한 것임을 명확하게 밝혀내고 있지 못하다. 왜냐하면 이들 연구들은 특정 분석시점을 기준으로 한 횡단면 회귀모형을 구축하여 그 결과를 도출하고 있기 때문이다. 한편, 임병호·지남석(2012)은 대전시 1호선 개통(2006년-2007년) 이후 용문역에 대하여 거리구간별 건축물 용도분포와 변화 추이(2003년-2009년)를 빈도 분석을 통하여 고찰하였다. 그러나 이 연구 또한 지하철 개통 시점의 변화를 고찰하기 때문에 개통 이후의 건축물 용도변화와 새로운 개발을 관찰하기에는 충분한 기간이 아니라는 한계가 존재한다.

이러한 기존 연구와 달리 본 연구는 각각의 건축물 용도 변화를 삼중차분회귀모형을 적용하여 실증함으로써 도시철도의 도입이 미친 토지이용 변화의 순효과를 확인하고자 한다. 순효과(pure effects)는 해당 도시에서의 시간이 흐름에 따른 자연적인

토지이용 변화와 택지개발사업과 같은 정책적 개입 효과를 제어한 후의 역세권내에서의 토지이용 용도 변화를 의미한다.

본 연구의 분석대상지는 대전광역시 도시철도 1호선 역세권이다. 이 도시는 도시철도가 1개 노선 밖에 없어 다른 노선의 개통과 운영에 따른 간접적인 토지이용 변화 등이 없어 분석대상지로는 2개 이상의 노선이 운영되고 있는 서울시와 부산시에 비하여 순효과를 파악하기에 보다 용이하다는 장점이 있다.

대전광역시는 2007년 4월에 1호선 완전 개통이 이루어져 역세권의 토지이용변화를 겪었으며, 2002~2012년 지역전반에 걸쳐 대규모 택지개발 사업이 이루어졌다. 이는 토지이용변화에 큰 변화를 끼쳤을 것으로 예상된다. 최근에는 2호선 건설계획을 발표하여 향후 2025년까지 노면전차나 고가철도를 활용한 경전철 2호선 개통을 목표로 하고 있다. 본 연구는 대전광역시 도시철도 1호선 개통시점과 개통 10년 후의 용도별 건축물 연면적 변화를 분석함으로써 토지이용의 변화를 관측하여 도시철도의 개통에 따른 역세권 접근성 순효과를 파악하고 그 결과를 해석하고자 한다.

분석방법론으로 본 연구는 개통 후 10년이란 기간을 두고, 건축물 용도별 연면적 변화에 대한 순효과를 파악할 수 있는 방법론인 삼중차분법(Differences-in-Differences-in-Differences, DDD; 또는 Triple Differences)을 적용하고자 한다. 이 방법론으로 개통 전후 비교와 더불어 역세권과 비역세권으로 지역유형을 구분하고, 대전시 택지개발 구역과 이외의 지역으로 대별한 삼중차분 회귀모형을 구축하게 된다. 이를 통하여 대전시의 건축물 용도별 연면적 변화의 자연증가분(시점의 차이)과 택지개발 사업 효과(택지개발 사업구역의 차이)를 배제한 역세권 토지이용 변화(지하철 접근성의 차이)의 순효과를 파악할 수 있게 된다.

II. 문헌고찰 및 연구의 차별성

도시철도의 도입이 역세권에 주는 영향에 관한 연구에서는 영향을 받은 지표가 건축물용도, 밀도 등 물리적인 요소와 지가나 임대료와 같은 부동산 가격인자로 구분된다.

전명진(1997)은 역세권 개발이 도시공간구조에 미치는 파급효과 연구를 통해 역세권 개발은 주거 및 공업용 토지이용은 각각 3%, 상업 및 업무 용도는 19% 증가할 것으로 판단하였다. 손창섭(2007)은 도시철도 개통 후 역세권의 건물밀도가 약 200% 증가한다고 주장하였다. 김흥원(2007)은 인천 지하철을 대상으로 지하철역의 입지가 토지이용 변화에 미치는 영향을 분석하여 토지이용의 특성을 파악하였다. 임병호(2010)는 지하철 개통 전·후에 대한 토지이용(업종)변화를 관찰하는 연구를 수행했다. Francisco Calvo(2012)는 스페인 마드리드의 지하철 역세권과 인구와 토지이용간의 관계를 분석하여 역세권의 입지가 인구증가와 토지이용패턴의 변화를 분석했다.

도시철도가 역세권 부동산가격에 미치는 영향에 관한 연구는 다수 존재한다. 최성호·성현곤(2011)은 서울 지하철 9호선 건설 사업을 5단계로 나누어 시점별로 분석하여 사업기간 전체에 걸쳐 주택가격에 영향을 주는 것을 확인했다. 이재명·김진유(2015)는 지상 전철역이 주택가격에 미치는 영향을 실증 분석하여 소음과 진동으로 인한 부정적 영향도 있는 것을 확인했다. 성현곤(2011)은 대중교통중심개발(transit-oriented development, TOD)계획요소가 부동산 가격상승에 긍정적 효과를 유발함을 보고하고 있다. Lakshmanan et al. (2016)은 대중교통 기반시설의 개발은 부동산 시장에 개입하여 지역 경제의 이익을 불러 올 것으로 예측했다. Daniel G.

Chatman et al. (2010)은 New Jersey's River Line을 대상으로 분석한 결과, 경전철 역세권 내 소규모 주택의 가격변화에 더 큰 영향 줌을 분석하였다. Chen and Haynes(2015)는 Beijing~Shanghai 고속철도 노선의 접근성이 주택가격에 미치는 영향을 분석하였다. 이들 연구에 따르면 철도역까지의 이동시간 또는 거리가 10% 감소할 경우 주택가격은 0.08~0.09% 상승하는 것으로 나타났다. 이상에서 논의한 바와 같이 기존 연구에서는 도시철도의 건설 및 개통이 역세권의 토지이용이나 부동산가격 변화에 영향을 줌을 알 수 있었다.

그러나 기존 연구들에서는 대부분 개통의 전과 후를 비교하여 이미 개통 전 지하철의 시공과 함께 변경된 토지이용 및 부동산을 분석하여 지하철의 실질적인 운행효과를 통해 변화를 추적하기 어렵다는 한계가 있다. 이러한 기존 연구들과는 달리 본 연구에서는 대전 지하철 1호선이 안정적으로 운행되기 시작한 2008년과 10년 후인 현재 2018년의 두 시점의 용도별 건축물 개발밀도의 차이를 3중 차분법을 통하여 비교하고자 한다. 즉, 본 연구는 도시철도 운행 시점에서 변화된 차이를 파악함으로써 토지이용의 변화를 관찰하고자 한다는 점에서 기존 연구들과의 차별성이 있다.

III. 연구의 범위 및 방법론

1. 연구의 범위

본 연구의 시간적 범위는 대전 지하철 1호선의 개통시점과 맞물리는 2008년과 10년 후인 2018년의 두 시점이다. 공간적 범위는 대전광역시이며, 구체적인 범위는 분석 대상인 1호선(총 연장 22.6km) 역세권과 대조할 수 있는 지역으로 현재 추가로 추진하고자 검토하고 있는 2호선(총 연장 32.4km) 예

상 역세권이다.

역세권은 국내철도법과 도시계획지침 등에서 1차 역세권과 2차역세권으로 나뉘는데 1차 역세권은 역사를 중심으로 보행거리 5분 이내 (반경 500m 이내)로 규정하고 있고 2차 역세권은 보행거리 (반경 1km 이내)로 규정하고 있다. 이미 많은 기존 연구에서 역세권의 범위를 각 각 연구의 방법에 맞게 설정한 바가 있다. 김성희(2001)는 보행의 선택확률이 급감하는 지점을 분석하여 역세권을 400-500m 라고 설정하였고, 김대웅(2002)은 보행 접근거리의 평균값을 구해 530m라고 설정한 바 있다. 최창식(2004)은 역 주변 아파트 가격상승의 영향권을 분석하여 540m를 역세권의 범위로 정한 바 있다. 또한 해외에서도 Calthorpe(1993)은 TOD 개발을 위한 보행권으로 2000ft (약 600m)로 역세권의 범위를 설정 한 바 있다. 성현곤(2008)은 서울시 토지이용 및 역세권특성 분석에 관한 연구에서 역세권을 500m로 설정하여 분석하였다. 김용민(2017)도 서울시 2호선 역세권 토지이용분석에 역세권을 500m로 지정하여 분석한 바 있다. 따라서 국내의 법적인 역세권의 의미와 기존 연구들에서 많이 쓰여 졌던 1차 역세권의 범위인 500m를 본 연구의 자료수집 및 연구대상 범위로 설정하고자 한다.

2. 연구의 절차

본 연구를 위한 연구절차는 다음과 같이 4단계로 진행하였다. 먼저, 국내외 역세권과 토지이용의 관계 관련 문헌을 검토하여, 대표적인 영향요소를 도출 하였다. 이를 토대로 필요한 자료 수집을 하고 연구의 방향을 새롭게 정립한다. 그 다음으로 변수의 수집은 종속변수와 독립변수로 구분하였으며, 종속변수는 역세권의 용도별 연면적, 독립변수

는 삼중차분법(DDD)을 사용하기 위한 더미변수로써 건축물 용도별 연면적의 시기, 1호선과 대조군으로서의 2호선의 예정 위치 구분, 그리고 택지개발사업 구역 여부를 포함하였다.

세 번째로 역세권 별 용도별 연면적의 2008년과 2018년의 비교를 위한 기초통계분석을 실시하고, 각 2008년과 2018년의 용도별 연면적의 평균의 차이가 유의미한지 확인하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시한다. 분산분석을 실시할 때 기존 자료분포가 정규성을 띠지 않아 제곱근을 취해 분석을 실시하였다. 마지막으로 넷째, 1호선 도입의 순 효과를 분석하기 삼중차분법(DDD)을 사용하여 회귀 식을

Table 1. Classification of building use

| 분류 classification | 건축물 용도항목 Building use |
|-----------------------------------|--|
| 주거 Residence | 단독주택, 다중주택, 다가구주택, 아파트, 연립주택, 다세대주택, 기숙사 Single-, multiple-, and multi-family-housing, apartment, townhouse, dormitory |
| 판매 및 영업 Sales and service | 도매시장, 시장, 백화점, 대형판매점, 대형점, 대규모소매점, 기타소매시장, 상점, 게임제공업소로서 교통영업시설을 제외한 9개 항목 Wholesale markets, department stores, large retail outlets, retail markets, etc. store |
| 근린생활 Daily-living neighborhood | 제1종, 2종근린생활시설 Type-1 Neighborhood facility, Type-2 Neighborhood facility |
| 업무 Office | 국가기관청사, 자치단체청사, 외국공관, 기타공공업무시설, 금융업소, 오피스텔, 신문사, 사무소, 기타일반업무시설 Government office, local government office, embassy, public office, financial institutions, financial facility newspaper, other office |
| 기타 Others | 의료시설, 교육연구 및 복지시설, 운동시설 Medical facility, education, research, welfare, and sport facility |

도출하여 영향력의 정도를 해석함으로써 대전광역 시 도시철도 1호선 도입의 순 효과 정도를 파악한다.

3. 분석자료 및 변수선정

본 연구의 목적이 개통시점과 개통 이후의 10년 후의 역세권 내 건축물의 용도변화를 분석하고자 한다는 점에서 분석시점을 2008년과 2018년으로 설정하였다. 대전 시 지하철이 2007년 지금과 같은 모습의 노선으로 개통되었으나 개통 초기 적자노선의 모습을 보였다, 그러나 이후 2008년부터는 시내 버스 노선체계 개편의 영향을 받아 대전시의 대표 대중교통으로 자리 잡게 되었다. 따라서 본격적인 운행시점인 2008년과 10년 후인 2018년을 분석시점으로 설정하였다.

본 연구는 1호선 역세권의 대조군으로 2호선 예정 역세권을 설정하였다. 대조군을 2호선 예정지로 설정한 이유는 도시철도 1호선과 2호선 모두 주요

간선도로망을 통과한다는 점, 노선의 속성이 도심-신시가지-외곽으로 이루어져 있다는 점, 토지이용의 속성이 주거·상업·업무 등 역별로 여러 가지 형태로 분포한다는 점에서 통제군인 1호선의 속성과 가장 유사하기 때문이다. 분석 자료는 1호선 22개역, 2호선 예정역 32개역의 역세권내에 분포하는 건축물의 「건축물대장」을 기초로 건축물의 용도, 면적 등을 정리하였다. <표 1>과 같이 건축물 용도는 주거, 판매 및 영업, 근린생활, 업무, 기타 연면적으로 5개의 용도로 조정하여 분석하여 사용하였다. 1호선 노선은 국가교통데이터베이스(KTDB)에서 제공하는 교통망 GIS DB를 사용하였으며 2호선 예정역은 '대전 2030 도시기본계획'을 참고하여 구축하였다. 택지 개발 현황은 LH(한국토지주택공사)에서 제공하는 택지정보시스템 자료를 활용하였다.

분석에 앞서 2호선(예정) 역세권 중 지리적으로 1호선과 겹쳐있는 역은 이미 1호선의 개통효과를 받았기 때문에 분석에서 제외했다. 이렇게 제외된 역은 '유성온천', '정부청사', '서대전네거리' 역으로

Table 2. Summary statistics

| Variable | | Type | Explanation | Ave. | Min. | Max. |
|----------------------|---------|------------------|--|--------|------|--------|
| 종속 변수 Dependent | Root Tl | 연속 Continuous | 건축물 총 연면적의 제공근 값 Total floor area(m ²) of buildings | 574.5 | 0 | 1191 |
| | Root H | 연속 Continuous | 건축물 주거 연면적의 제공근 값 Total floor area(m ²) of residential buildings | 467.7 | 0 | 1184.9 |
| | Root S | 연속 Continuous | 건축물 판매 및 영업 연면적의 제공근 값 Floor area(m ²) of sales and operation buildings | 83.7 | 0 | 524.8 |
| | Root N | 연속 Continuous | 건축물 근린시설 연면적의 제공근 값 Floor area(m ²) of daily-living neighborhood buildings | 265.3 | 0 | 760.6 |
| | Root B | 연속 Continuous | 건축물 업무시설 연면적의 제공근 값 Floor area(m ²) of office buildings | 114.2 | 0 | 955.9 |
| | Root O | 연속 Continuous | 건축물 기타시설 연면적의 제공근 값 Floor area(m ²) of other buildings | 174.4 | 0 | 517 |
| 독립 변수 Independent | TIME | 더미 Dummy | 개통 후의 시점 Opening year and after-ten year Yr. 2008 = 0, Yr. 2018 = 1 | 0.5 | 0 | 1 |
| | TREAT | 더미 Dummy | 1호선 역세권과 2호선 예상역세권 집단 Treat and control groups of rail stations 2호선 (통제구역) = 0, 1호선 (처치권역) = 1 | 0.4314 | 0 | 1 |
| | DVLP | 더미 Dummy | Housing Site Development Status 택지개발 지역 = 0, 택지개발 아닌 지역 = 1 | 0.7451 | 0 | 1 |

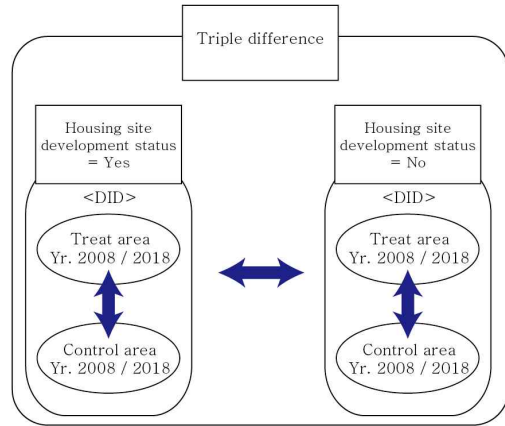
총 3개이다.

건축물 용도별 연면적, 즉 주거, 판매 및 영업, 근린생활, 업무, 기타, 전체를 각각의 회귀모형의 종속변수이며, <표 2>는 요약통계량을 보여주고 있다. <표 2>에서의 건축물 용도별 연면적인 종속변수들은 정규성을 확보하기 위하여 제곱근으로 변환하여 삼중차분 선형회귀모형에 적용하였다.

4. 분석방법론 고찰: 삼중차분법

삼중차분법은 이중차분법(DID)에서 조건을 하나 더 추가하여 분석하는 방법이다. 삼중차분법을 사용하기 위해서는 이중차분법이 전제되어 있어야한다. 이중차분법은 정책의 효과를 판단하기 위해서 정책이 적용된 집단(처치권역)과 이를 비교한 집단(통제권역)을 설정하여 두 집단의 차이를 구하고 정책시행 전과 후의 차이를 한 번 더 구하는 방법을 의미한다. 이와 같이 차감을 두 번 하는 과정에서 각 두 집단 간의 특성변화를 제거시키고 순수하게 정책의 효과만을 추출 할 수 있는 효율적인 방법론으로 알려져 있다. 즉, 이중차분법은 새로운 정책의 실행 전과 후의 차이를 확인하고자 하는 경우, 서로 다른 지역에서 실행되어 비교가 필요한 경우 등에 사용 될 수 있다.

본 연구에서는 1호선 도입이 건물 연면적에 끼친 영향을 알아보기 위함으로, 1호선 역세권을 처치권역으로 2호선의 예상 역세권을 통제권역으로 설정한다. 따라서 2008년과 2018년의 시점에 따라 처치권역과 통제권역 연면적의 차이가 발생한다. 결국, 이중차분법은 이 두 시점 혹은 두 지역 간의 차이를 처분하는 과정에서 지역 간의 차이를 효율적으로 제거하고 순수하게 1호선이 역세권 용도별 연면적에 미치는 영향을 추정해 낼 수 있다. <그림 1>은 삼중차분법을 도식화한 모습이다.



출처: 이진표(2017) 분석틀을 본 연구에 맞게 재구성

Fig. 1. Analysis Frame on the DDD (Difference in difference in differences)

대전광역시는 2002년부터 2012년까지 서구, 유성구 일대의 2,423,627.8㎡ 규모의 택지개발사업을 실시한 바 있다. 이로 인해 1호선 역세권의 토지이용 변화에 영향을 주었을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 순수한 도시철도 1호선 도입효과를 추정하기 위하여서는 택지개발사업의 영향을 받은 지역인지의 여부도 고려해야하므로 택지개발사업지의 여부를 이중차분법 조건에 추가하여 삼중차분법을 사용했다. 기존의 Chetty et al(2009), Gruber(1994)의 연구에서 삼중차분법을 회귀모형으로 도출해서 사용했던 모형을 토대로 구축하였다. 삼중차분 회귀식은 다음과 같다.

$$A_{it} = \alpha + \beta_0 DVLP_i + \beta_1 TIME_t + \beta_2 TREAT_i + \beta_3 (TIME_t \times TREAT_i) + \beta_4 (DVLP_i \times TREAT_t) + \beta_5 (DVLP_i \times TIME_t) + \delta_0 (DVLP_i \times TIME_t \times TREAT_i) + e_{it}$$

A_{it} 는 종속변수로서, i 권역의 1호선 개통시점과 10년 후의 건축물 연면적을 의미한다. $TIME_t$ 은 1호선의 시점 구분 더미변수로서 2008년이면 0, 2018년이면 1이 된다. $TREAT_i$ 는 <그림 2>에서 보듯 1호선(처치권역)인지 여부로서, 1호선이면 1,



Fig. 2. Treat and control areas of rail station areas
2호선(통제권역)이면 0이 되는 더미변수이다. $DVLP_i$ 는 택지개발지역인지의 여부로서, 택지개발 지역이면 0, 택지개발지가 아니면 1이 되는 더미변수이다.

$DVLP_i \times TIME_i \times TREAT_i$ 는 세 더미변수의 교호항 으로서 계수값 δ_0 은 1호선이 개통 된 10년 후 인 2018년의 택지개발의 영향을 받지 않은 1호

선 역세권의 건축물 연면적 변화를 나타낸다. 결국 δ_0 계수값을 통하여 시설의 도입이 택지개발의 영향을 받지 않은 1호선 역세권들의 1호선 도입의 순수한 영향만을 도출해 낼 수 있다.

IV. 분석결과와 해석

1. 분산분석

분산분석(ANalysis Of VAriance, ANOVA)은 2개 이상의 집단의 평균의 차이가 통계적으로 유의미한지 확인할 때 사용된다. 분산 분석을 수행하기 위하여 본 연구에서는 노선별 2008년과 2018년의 연면적 변화 추이를 먼저 파악할 필요가 있다.

〈표 3〉을 살펴보면, 1호선 역세권의 경우 지하철 개통시점 이후 10년간 모든 용도별 연면적이 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 그 중에서도 주거 연면적이 평균 115,718.9㎡ 가장 많은 증가량을 보였고 증가율로 봤을 땐 판매 및 영업 연면적 평균이

Table 3. Land use change by group and time

| 구분 Classification | 용도 Applications | 전체 Total | 주거 Residence | 판매 및 영업 Sales and service | 근린생활 Daily-living Neighborhood | 업무 Office | 기타 Etc |
|----------------------|--------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------|
| | Line 1 | Yr. 2008 | 270671.6 | 161012.8 | 11395.9 | 98262.9 | 29335.7 |
| | Yr. 2018 | 485626.6 | 276731.7 | 56441.7 | 152453.3 | 114706.8 | 68743.8 |
| | Area change (㎡) | 214955.1 | 115718.9 | 45045.8 | 54190.3 | 85371.1 | 45223.0 |
| | Percent change(%) | 79.4% | 71.9% | 395.3% | 55.1% | 291.0% | 192.3% |
| Line 2 | Yr. 2008 | 203189.6 | 157000.3 | 10199.9 | 35989.4 | 5167.0 | 20202.4 |
| | Yr. 2018 | 635603.5 | 507993.5 | 21834.2 | 105775.8 | 24869.7 | 61221.8 |
| | Area change (㎡) | 432413.9 | 350993.3 | 11634.3 | 69786.4 | 19702.7 | 41019.4 |
| | Percent change(%) | 212.8% | 223.6% | 114.1% | 193.9% | 381.3% | 203.0% |
| Total | Yr. 2008 | 770030.4 | 552915.5 | 38640.6 | 178474.2 | 37278.8 | 53635.8 |
| | Yr. 2018 | 1563719.1 | 1118542.0 | 126043.7 | 319133.3 | 143234.7 | 139405.2 |
| | Area change (㎡) | 793688.7 | 565626.5 | 87403.1 | 140659.1 | 105955.9 | 85769.4 |
| | Percent change(%) | 103.1% | 102.3% | 226.2% | 78.8% | 284.2% | 159.9% |

11,395.9㎡에서 56,441.7㎡로 395.3%의 증가율로 가장 큰 증가폭을 보였다.

2호선의 예상 역세권의 경우 마찬가지로 역세권 별 모든 용도별 연면적 평균이 증가하는 추세를 보였다. 가장 커다란 변화가 이루어진 건축물 용도는 주거용도로, 그 연면적이 157,000.3㎡에서 507,993.5㎡로 350,993.3㎡ 증가하였다. 증가율로 봤을 때 업무용도가 5,167㎡에서 24,869.7㎡로 381.3%의 증가율을 확인할 수 있었다. 분석시점에서의 비역세권인 2호선의 개발이 더 많이 이루어진 이유는 대전의 1호선 역세권 지역은 이미 개발이 이루어진 원도심 지역을 포함하고 있고 비 역세권 지역은 신도심지역으로 대규모 택지개발의 영향을 더욱 많이 받은 지역이기 때문으로 풀이할 수 있다. 1호선과 2호선(예정)의 2008년부터 2018년까지의 각각 용도별 연면적 평균의 변화가 통계적으로 유의한지 확인하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 분산분석(ANOVA)에 앞서 데이터가 정규분포의 형태를 띠게 하기 위해 제곱근을 취한 후 분석을 실시했다. 검정결과에 따르면 용도별 건물 연면적의 평균의 차이는 모든 용도에서 유의수준 10%내 유의한 것으로 나타났다. 분석결과는 <표 4>와 같다.

Table 4. Result of ANOVA (No. Obs. =102)

| 용도 classification | Sum of square | F-value | P-value |
|---------------------------|---------------|---------|---------|
| 전체 Total | 1909545 | 35.46 | 0.000 |
| 주거 Housing | 1426756 | 27.55 | 0.000 |
| 판매 및 영업 Sales and service | 101960 | 6.359 | 0.013 |
| 근린생활 Neighborhood | 212585 | 9.508 | 0.002 |
| 업무 Business | 76061 | 2.89 | 0.090 |
| 기타 Others | 277751 | 27.48 | 0.000 |

2. 삼중차분 회귀모형 분석결과

삼중차분 회귀모형을 적용한 분석결과를 요약하면 <표 5>와 같다. 전체 건축물 연면적과 각각의 용도별 건축물 연면적에 대한 모형의 결정계수 값은 0.2088~0.3305사이에 있음을 알 수 있다. 따라서 도시철도 1호선 역세권인지의 여부, 택지개발사업 여부, 시점의 차이, 그리고 이들간의 교호작용항으로 설명되어 질 수 있는 건축물 연면적은 20.88%~33.05%임을 의미한다. 본 연구가 건축물의 연면적을 예측하기 위한 목적이 아닌 삼중 차분의 효과를 파악하기 위한 것이므로, 분석결과와 해석은 $DVLP_i \times TIME_i \times TREAT_i$ 라는 세 더미변수의 교호항 회귀계수의 값(δ_0)과 이들의 통계적 유의성(p-value)에 초점을 둘 필요가 있다.

먼저, δ_0 의 회귀계수들은 총 건축연면적, 주거, 판매 및 영업, 기타 용도의 모형들에서 +의 값들을, 근린생활과 업무 용도의 건축 연면적 모형에서는 -의 값들을 보이고 있다. 이는 개통 이후 지난 10년 동안 도시철도 1호선 개통에 따른 역세권의 건축물의 용도변화는 주거와 판매 및 영업, 그리고 기타 용도에 대한 토지이용의 증가에 영향을 미쳤으나, 근린생활과 업무용 건축물 용도에서는 반대의 영향을 주었다고 할 수 있다. 한편, 통계적 유의성(p-value)을 보면, 주거와 전체 건축물 연면적 모형에서만 δ_0 의 값들이 유의수준 10% 범위내에서 통계적으로 유의함을 보여주고 있다. 즉, 지난 10여년간 도시철도 개통에 따라 토지이용의 각각의 용도별로 긍정적·부정적 영향을 주었지만, 이는 오직 주택용 건축물의 연면적 증가에만 통계적으로 유의함을 의미한다.

통계적으로 유의한 모형 중에서 주거용 건축물 연면적 모형의 분석결과를 이용하여 보다 구체적으로 해석하면 다음과 같다. 먼저, 2008년과 2018년

Table 5. Analysis Results on the DDD(Difference in difference in differences) models

| Model Variable | 총 건축 연면적 Total | | | 주거용도 건축 연면적 Housing | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| | Coef. | t-value | P-value | Coef. | t-value | P-value |
| (Intercept) | 314.69 | 4.293 | 0.000 | 291.2 | 3.990 | 0.000 |
| DVLP | 102.57 | 1.162 | 0.248 | 66.28 | 0.754 | 0.452 |
| TIME | 442.88 | 4.273 | 0.000 | 414.05 | 4.012 | 0.000 |
| TREAT | 171.39 | 1.297 | 0.197 | 148.16 | 1.126 | 0.262 |
| TIME x TREAT | -474.91 | -2.541 | 0.012 | -552.73 | -2.971 | 0.003 |
| DVLP x TREAT | -108.02 | -0.719 | 0.473 | -144.43 | -0.966 | 0.336 |
| DVLP x TIME | -0.728 | -0.728 | 0.468 | -111.98 | -0.901 | 0.369 |
| DVLP x TIME x TREAT | 353.87 | 1.666 | 0.099 | 385.67 | 1.823 | 0.071 |
| Adjusted R-squared | 0.3305 | | | 0.2672 | | |
| Model Variable | 판매 및 영업용도 건축 연면적 Sales and service | | | 근린생활용도 건축 연면적 Neighborhood | | |
| | Coef. | t-value | P-value | Coef. | t-value | P-value |
| (Intercept) | 2.983 | 0.078 | 0.938 | 108.41 | 2.419 | 0.017 |
| DVLP | 41.714 | 0.911 | 0.365 | 65.375 | 1.211 | 0.228 |
| TIME | 16.247 | 0.302 | 0.763 | 125.211 | 1.975 | 0.051 |
| TREAT | 4.414 | 0.064 | 0.949 | 94.780 | 1.173 | 0.243 |
| TIME x TREAT | 82.768 | 0.854 | 0.395 | -17.024 | -0.149 | 0.881 |
| DVLP x TREAT | 10.289 | 0.132 | 0.895 | 9.004 | -0.098 | 0.922 |
| DVLP x TIME | 41.489 | 0.641 | 0.523 | 30.528 | -0.4 | 0.690 |
| DVLP x TIME x TREAT | 15.61 | 0.142 | 0.888 | -35.181 | -0.271 | 0.787 |
| Adjusted R-squared | 0.2294 | | | 0.2540 | | |
| Model Variable | 업무용도 건축 연면적 Business | | | 기타용도 건축 연면적 Others | | |
| | Coef. | t-value | P-value | Coef. | t-value | P-value |
| (Intercept) | 10.73 | 0.213 | 0.832 | 85.84 | 2.630 | 0.009 |
| DVLP | 37.06 | 0.612 | 0.542 | 33.099 | 0.842 | 0.401 |
| TIME | 35.56 | 0.5 | 0.619 | 112.056 | 2.427 | 0.017 |
| TREAT | 37.63 | 0.415 | 0.679 | 43.678 | -0.742 | 0.459 |
| TIME x TREAT | 91.7 | 0.715 | 0.477 | -74.36 | -0.894 | 0.373 |
| DVLP x TREAT | 40.70 | 0.395 | 0.694 | -34.504 | 0.516 | 0.067 |
| DVLP x TIME | 49.22 | 0.574 | 0.567 | 3.337 | 0.060 | 0.952 |
| DVLP x TIME x TREAT | -59.8 | -0.410 | 0.683 | 90.699 | 0.959 | 0.340 |
| Adjusted R-squared | 0.2088 | | | 0.2483 | | |

의 연면적을 비교(〈표 3〉 참조)해 보았을 때 평균 연면적이 115,718.9m² 증가했던 것을 앞에서 확인 할 수 있었다. 분석 결과를 보면, 10년 전에 비하여 10년 후 시점(TIME)에서 건축물 연면적이 증가(회

귀계수값=414.05)한 것을 확인 할 수 있었다. 이는 대전광역시의 시간이 지남에 따른 자연증가분이라 할 수 있다.

본 연구에서 중점적으로 살펴보아야 할 삼중차분

법 결과에서도 1호선 도입의 순 효과를 나타내는 세 개의 더미변수의 교호항(DVLP x TIME x TREAT)이 양(+)의 효과를 미치고 있는 결론을 보여주고 있다. 이는 건축물 연면적 변화의 자연증가분(시점의 차이)과 택지개발 사업 효과(택지개발 사업구역의 차이)를 배제한 역세권 토지이용 변화(지하철 접근성의 차이)의 순효과가 긍정적인 영향을 미쳤으며, p-값이 0.071로 통계적으로 유의한 수준임을 보여주고 있다. 종속변수가 제곱근 형태임을 감안할 때, 도시철도 개통에 따른 역세권 주거용도 건축물 연면적의 순효과는 평균적으로 $148741.3\text{m}^2 (=385.67^2)$ 증가 효과임을 의미한다.

도시철도 1호선 개통에 따른 10년간의 역세권 건축물 전체 건축물 용도변화는 주거용도 증가분보다 적은 353.87의 계수값을 보여주고 있다. 즉, 전체 용도의 건축물 연면적이 $125224.0\text{m}^2 (=353.87^2)$ 증가하였고 이는 1호선 도입에 따른 건축물 연면적의 변화의 순효과이다. 이는 주거용도 이외의 타 용도 건축물의 감소에 따라 상쇄된 효과로 나타남을 의미한다. 반면에 1호선 역세권의 전체 건축물 연면적이 증가했음에도 불구하고 주거 이외의 다른 용도의 건축물 연면적 회귀계수가 통계적으로 유의하지 않다는 것은 판매 및 영업, 근린생활, 업무, 기타 시설의 연면적 증가는 1호선 개통의 효과가 있다고 보기는 어렵다.

IV. 결론 및 정책적 시사점

본 연구는 대전광역시 1호선 역세권에서 이 노선의 개통에 따른 토지이용 변화의 순효과를 도출하기 위하여 건축물 용도별 연면적 자료를 활용하여 삼중차분법을 적용하여 분석하였다. 본 연구에서 도출된 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

먼저 2008년과 2018년의 1호선 건축물 용도 증

가율을 살펴보면 주거(71.9%), 판매 및 영업(395.3%), 근린생활(55.1%), 업무(291%), 기타(192.3%)로 10년 간 모든 용도별 연면적이 증가하는 추세를 보였다. 이러한 증가추세에서 도시철도 1호선이 개통이 실제로 얼마정도의 영향을 미쳤는지를 삼중차분법을 적용하여 분석하였다. 구체적으로 삼중차분은 도시철도 1호선인 역세권인 처치군과 대조군인 2호선 (예정)역세권을 통제군으로 설정하고, 추가로 2002년부터 2012년까지 대전시에서 시행된 택지개발사업의 영향을 받은 역세권인지 유형을 구분하고, 더불어 지난 10년간의 시점의 차이로 구별한 것이다.

분석 결과, 주거 연면적과 총 연면적의 변화가 자연증가분(시점의 차이)과 택지개발 사업 효과(택지개발 사업구역의 차이)를 배제한 역세권 토지이용 변화(지하철 접근성의 차이)의 순효과가 긍정적인(+) 영향으로 존재한다는 결과를 확인할 수 있었다. 구체적으로 대전광역시 도시철도 역세권에서의 이 노선의 개통에 따른 건축물 용도변화는 평균적으로 주거용에서 148741.3m^2 , 전체 건축물에서는 125224.0m^2 의 연면적의 증가 효과가 있음을 보여주었다. 이외의 나머지 판매 및 영업, 근린생활, 업무, 기타 시설들의 연면적 변화는 1호선의 개통의 영향에 의한 것이 아니라고 할 수 있다. 이는 주택이 상대적으로 다른 용도의 건축물에 비하여 개발하기 용이하며, 주거용도가 도시철도의 개통에 의하여 보다 더 큰 영향을 받게 됨을 의미한다.

또한 본 연구의 분석결과를 토대로 정책적 시사점을 도출하면, 역세권 개발에서의 용도변화는 도시철도의 접근성만으로는 주택개발을 제외한 이외의 용도의 개발은 용이하지 않음을 시사한다. 즉, 역세권 개발에서 비주거 용도의 토지이용 변화를 유도하고자 한다면 이외의 정부의 추가적인 정책적 개입이 필요하다.

본 연구는 그 동안의 연구들이 지하철의 개통 전과 후를 비교한 것에 반해 개통이 시작된 시점과 그 후 10년의 토지이용변화를 분석하였다는 점에서 타 연구와의 차별성을 갖는다. 뿐만 아니라 삼중차분법을 사용하여 정부의 택지개발사업과 시간의 흐름에 따른 자연적인 변화의 효과를 통제된 상태에서 도시철도 1호선 개통의 영향만을 도출하였다는 점에 의의가 있다.

인용문헌

References

1. 구자웅, 2016. "도시철도 역세권의 자가분포 변동: 광주시 사례연구", 「한국경제지리학회지」, 19(3) : 423-436.
Gu, J., Song, Y., 2016. "Land Rent Changes in the Subway Catchment Area: Case Study of Gwangju Metropolitan Area", *Journal of The Economic Geographical Society of Korea*, 19(3) : 423-436.
2. 김대웅, 2002. "지하철 도보역세권 설정방법과 적용에 관한 연구", 「국토계획」, 37(5): 177-186.
Kim, D. W., 2002. "A Study on the Setting up Method of Subway Access/Egress Area by Walking and its Application", *Journal of Korea Planners Association*, 37(5): 177-186.
3. 김상훈·남진, 2015. "서울시 도시철도 확충이 신규역세권 개발밀도 변화에 미치는 영향 분석", 「국토계획」, 50(2):173-195.
Kim, S. H., Nam, J., 2015. "Before and After Analysis on the Development Density Change in New Railway Station Area by Urban Railway Expansion in Seoul", *Journal of Korea Planners Association*, 50(2): 173-195.
4. 김성희, 2001, "대중교통으로의 보행거리가 통행수단 선택에 미치는 영향", 「국토계획」, 36(7): 297-307.
Kim, S. H., 2001. "The Influence of Walking Distance to a Transit Stop on Modal Choice", *Journal of Korea Planners Association*, 36(7): 297-307.
5. 김용민, 2017, "지하철 2호선 역세권 별 유출입특성과 역세권 토지이용에 관한 연구" 「한국지역개발학회지」, 29(3): 157-180.
Kim, Y. M., 2017. "A Study on Flow Ratio and Land Use Characteristics of Subway Line No. 2 Station Area", *Journal of Korean Regional Development Association*, 29(3): 157-180.
6. 김유호, 2007. "도시철도 역세권의 지가에 관한 연구:광주광역시 상무역을 중심으로", 「대한교통학회지」, 2007(3): 888-894.
Kim, Y. H., 2007. "A Study of Land Price Change in the Urban Railways", *Journal of Korean society of Transportation*, 2007(3): 888-894.
7. 김홍원, 2007. "기성시가지 지하철 역사 입지에 따른 토지이용 변화 특성에 관한 연구 : 인천도시철도 1호선을 대상으로", 한양대학교 대학원 석사학위논문.
Kim, H. W., 2007. "A Study on the Characteristics of Land Use Changes of Due to the Location of Subway Station in Established City", Master Dissertation, Hanyang University.
8. 문영일, 2013. "역세권의 토지이용 유형별 지하철 이용수요에 미치는 도시계획 요소 분석", 한양대학교 대학원 박사학위논문.
Moon, Y. I., 2013. "An empirical analysis of urban planning factors into travel demand for metro by land use types of station sphere in Seoul metropolitan area", Ph. D. Dissertation, Hanyang University.
9. 박현영, 2015. "중심지체계 및 지하철역 접근성에 따른 건축활동 특성에 관한 연구 : 서울시 2001~2008년 건축허가건을 대상으로", 서울대학교 환경대학원 박사학위논문
Park, H. Y., 2015. "Development activities concerning central place hierarchy and access to subway stations", Ph. D. Dissertation, Seoul National University.
10. 성현곤·김동준·박지형, 2008. "서울시 역세권에서의

- 토지이용 및 도시설계특성이 대중교통이용증대에 미치는 영향 분석”, 『대한교통학회지』, 26(4) :135-147.
- Sung, H. G., Kim, D. J., Park, J. H., 2008. "Impacts of Land Use and Urban Design Characteristics on Transit Ridership in the Seoul Rail Station Areas", *Journal of Korean society of Transportation*, 26(4) :135-147.
11. 성현곤·최막중, 2014. "철도역 접근성이 건축물 개발밀도에 미치는 영향”, 『국토계획』, 49(3):63-77
 - Sung, H. G., Choi, M. J., 2014. "An Effect of Rail Station Accessibility on Building Development Density", *Journal of Korea Planners Association*, 50(2): 173-195.
 12. 손창섭, 2007. "도시철도 개통에 따른 역세권 토지 이용 및 교통체계 변화 연구”, 경주대학교 석사학위논문.
 - Son, C. S., 2007. "The study of a change in traffic system and the land using it follows to the opening to urban railroad ", Master Dissertation, Gyeongju University.
 13. 오민경, 2017. "혐오시설이 부동산 가격에 미치는 영향에 관한 세 가지 에세이”, 건국대학교 대학원 박사학위논문.
 - Oh, M. K., 2017. "Three Essays on Property Impacts of Disamenities", Ph. D. Dissertation, Konkuk University.
 14. 이재명·김진유, 2014. "지하철역이 주변 아파트 가격에 미치는 부정적 영향”, 『주택연구』, 22: 53-75.
 - Lee, J. M., Kin, J. Y., 2014. "Negative Impact of a Subway Station on Neighboring Apartment Price", *Journal of Korea Association For Housing Policy Studies*, 22: 53-75.
 15. 임병호·이건호·지남석, 2011. "지하철 개통 이후 지방 대도시 역세권의 토지이용 변화 및 특성: 대전시를 대상으로”, 『국토계획』, 46(3):179-191.
 - Lim, B. H., Lee, G. H., Ji, N. S., 2011. "A Study on the Change of Land Use in the Subway Influencing Area after the Opening of Subway in Daejeon Metropolitan", *Journal of Korea Planners Association*, 46(3):179-191.
 16. 전명진, 1997. "역세권개발의 도시공간구조 파급효과”, 『국토계획』, 32(3), 265-280.
 - Jeon, M. J., 1997. "Economic and Land - Use Impacts of Large Scale Shopping Center Development Near High - Speed Rail Station at Daegu City", *Journal of Korea Planners Association*, 32(3), 265-280.
 17. 최성호·성현곤, 2011. "지하철 9 호선 건설이 아파트 가격에 미치는 영향에 관한 연구”, 『국토계획』, 46(3), 169-177.
 - Choi, S. H., Sung, H. G., 2011. "Identifying the Change of Influencing Power of the Subway Line 9 Construction Project over Housing Prices - Focusing on the business effects during the entire project stages", *Journal of Korea Planners Association*, 46(3), 169-177.
 18. 최창식, 2004. "지하철 건설이 아파트가격에 미치는 공간적 영향분석: 서울 지하철 7호선을 중심으로”, 『서울도시연구』, 5(4):1-12.
 - Choi, C. S., 2004. "Spatial Impact Analysis of the Seoul Subway Line 7 on Apartment Properties", *Seoul Studies*, 5(4):1-12.
 19. 황관석, 2017. "수도권 DTI규제 효과와 전월세 가격에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 박사학위논문.
 - Hwang, G. S., 2017. "Three essays on DTI regulation effects and housing rental prices", Ph. D. Dissertation, Hanyang University.
 20. 홍지연, 2008. "서울시 지하철 이용자의 통행 수요와 토지 이용과의 관계”, 성신여자대학교 대학원 석사학위논문.
 - Hong, J. Y., 2008. "Seoul subway passengers' travel demand and land use", Master Dissertation, Sungshin Women University.
 21. Calthorpe, P., 1993. "The metropolis observed: Why Tribeca works so well for families in Manhattan”, *METROPOLIS-NEW YORK*, 12(4) :0279-4977.
 22. Chetty, R., A. Looney and K. Kroft., 2009. "Salience and Taxation: Theory and Evidence", *American Economic Review*, 99(4) :1145-1177.

23. Chen, Z., and K. E. Haynes, 2015. "Impact of High Speed Rail on Housing Values and Observation from the Beijing-Shanghai Line", *Journal of Transport Geography*, 43: 91-100.
24. Daniel Baldwin Hess, 2007. "Impact of Proximity to Light Rail Rapid Transit on Station-area Property Values in Buffalo, New York", *Urban Studies*, 44 :1041-1068
25. Daniel G. Chatman, Nicholas K. Tulach and Kyeongsu Kim., 2010. "Evaluating the Economic Impacts of Light Rail by Measuring Home Appreciation: A First Look at New Jersey's River Line", *Urban Studies*, 49(3):467-487.
26. Francisco Calvo, 2013. "Impact of the Madrid subway on population settlement and land use", *Elsevier Science*, 31:627-639.
27. Gurber. j, 1994. "The Incidence of Mandated Maternity Benefits", *American Economic Review*, 84(3):622-641.
28. Lakshmanan, T.R., Anderson, W.P. and Song, Y., 2016. *Knowledge economy in the Megalopolis: Interactions of innovations in transport, information, production and organizations*, Abingdon, London: Routledge.

Date Received 2018-04-27
 Reviewed(1st) 2018-07-31
 Date Revised 2018-09-12
 Reviewed(2nd) 2018-09-26
 Date Accepted 2018-09-26
 Final Received 2018-10-01