

자율주행 자동차의 상용화가 상업 공간구조에 미치는 영향*

Impacts of Commercialization of Autonomous Vehicles on Commercial Spatial Structures

서 현 승 (Seo, Hyun-Seong)**
김 민 준 (Kim, Min-Jun)***
정 창 무 (Jung, Chang-Mu)****
김 현 정 (Kim, Hyunjung)*****

< Abstract >

This paper aims to investigate the relationship between commercialization of autonomous vehicles and its influence on commercial spatial structures nationwide. The emergence of autonomous vehicles is expected to bring about dramatic changes in our cities. However, recent studies mainly focus on the technology of vehicles, not the estimation of possible changes. For this reason, our study aims to develop a set of scenarios, build forecasting model for benefits of autonomous cars, and analyze the changes in territory due to the increased income from using autonomous vehicles. Four different scenarios have been identified based on literature review, containing different coefficients of the main elements for forecasting future commercialization of autonomous vehicles. From the benefits we concluded in each scenarios, which were calculated through main elements, we propose the change in commercial spatial structures nationwide due to the increased income and employee. Our simulation results show that in the early stage, regional gap increases since autonomous vehicles are only distributed in specific area. However, as autonomous vehicles' dissemination rate increases, suburban area also develop due to increasement in revenue and number of employee, leading to reducement in territory unbalanced development. Regional gap decreases as time passes and territory balanced development increases in the long run.

Keyword : Autonomous Vehicles, Scenario Analysis, Benefit Analysis, Commercial Spatial Structure, MRIO

I. 서론

과거부터 현재까지 교통수단의 발전은 도시의 공간 구조 변화를 일으켰다(O'Sullivan, 2009). 철도의 발

전은 물자의 수송이 빠르게 이루어짐으로써 철도역이 지역경제에 직·간접적으로 여러 영향을 미치며 철도 역 인근 부동산 가격(지대), 주택가격(임대료), 상업지역 면적 등 자산 가치 증대 효과에 영향을 미친다(건설교통부, 2007). 자동차의 개발과 상용화는 도시 스프

* 이 논문은 서울대학교 공학연구원의 지원을 받았으며, 2020년도 (사)대한국토·도시계획학회 춘계산학학술대회에서 수상한 논문을 수정·보완하여 작성하였음

** 서울대학교 건설환경공학부 석사과정, peteseo@snu.ac.kr, 주저자

*** 서울대학교 건설환경공학부 스마트도시공학전공 석사과정, rkim2488@snu.ac.kr, 공동저자

**** 본 학회 정회원, 서울대학교 건설환경공학부 교수, plan@snu.ac.kr, 공동저자

***** 서울대학교 건설환경공학부 강사, urbanistar@snu.ac.kr, 교신저자

를 현상 등을 야기하며 도시 공간구조의 변화를 일으켰다(O'Sullivan, 2009). 대중교통 발달 및 지하철 역세권은 사람들의 생활에서 비중 있는 장소로 인식되며 역세권 지역의 지가 및 상권이 다른 지역보다 높게 평가되고 있다(유승환 외, 2010). 또한, KTX의 등장은 지역 간 이동속도가 획기적으로 증가하면서 역 중심으로 주변 지역의 상권이 발달하는 등 도시 공간구조의 변화를 일으키는 것을 확인할 수 있다(허재완 외, 2018). 이처럼 철도, 자동차, 대중교통, KTX 등의 교통수단 발전은 도시 공간구조의 변화가 불가피하며 이에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

최근 들어 도시 계획을 포함한 여러 분야에서 제4차 산업 혁명에 대한 논의가 뜨겁다. 대표적인 예로는 자율주행 자동차, 초고속 철도, 드론 등 첨단교통수단의 등장이다. 이와 같은 첨단교통수단은 사람과 물자의 공간적 이동성과 접근성을 개선하고 장기적으로는 도시 구조, 국토 공간구조를 변화시킬 것이라는 전망이 있다(장창호 외, 2018). 과거부터 철도, 자동차, 대중교통, KTX 등으로 인해 국토의 공간구조가 변화한 것처럼 첨단교통수단인 자율주행 자동차는 도시의 사회, 경제 및 공간 이용에 있어 유례없는 큰 변화를 가져올 것으로 예측된다(우승국 외, 2017).

자율주행 자동차의 상용화 시작 시기는 2030년으로 보고 있으며, 이때 본격적으로 시장에 출시될 것으로 예측되고 있다(국토교통과학기술진흥원, 2018; 장창호 외, 2018; 국토연구원, 2018). 자율주행 자동차의 기술적 단계는 0~5단계로 구분되는데 4단계인 운전자 조작 없이 주행 가능한 수준으로 2025년까지 발전할 것으로 보고 있으며, 국토교통부는 단계적으로 2020년에 자율주행 자동차의 상용화(레벨3)를 목표로 설정하였다. 정부는 이 시기를 전후로 자율주행 자동차가 상용화될 것으로 기대하고 있다(국토교통부, 2015).

자율주행 자동차의 상용화로 인한 효과는 다음과 같이 여러 가지 측면에서 고려될 수 있다. 첫 번째로, 이동속도의 향상을 포함한 이동의 안전성과 편의성의 개선이다. 자율주행 자동차는 인적 요인에 의해 발생하는 교통사고를 감소시키는 것뿐만 아니라 이동 중 운전하지 않고 업무, 회의, 여가 등 다양한 생산적 활동이 가능해져 이에 따른 변화가 엄청날 것이다(윤일수, 2016). 이는 교통부문 전반에 걸쳐 역사상 유례없는 변화를 가져올 것으로 예측한다. 두 번째로, 자율주행 자동차는 군집주행을 가능하게 하여, 도로 용량이 최

대 2.7배 이상 증가하며 연료를 최대 22%까지 절감할 수 있을 것으로 기대되고 있다(PATH, 2014). 세 번째로, 교통사고 발생률 감소시킴으로써 우리나라 경우 약 5조 9천억 원의 사회적 비용을 감축할 수 있다고 예측한다(윤일수, 2016). 마지막으로, 자율주행 자동차의 상용화는 차량공유 경제가 활성화되어 모빌리티가 많이 늘어날 수 있을 것으로 예측한다(유채문·반영환, 2018).

이처럼 자율주행 자동차는 도시의 공간, 경제 등 다양한 분야에서 큰 변화가 이루어질 것으로 예측되며, 이에 관련된 연구 필요성 및 중요성 또한 급격하게 증가하고 있다. 지금까지 국내에서는 자율주행 자동차 관련 기술개발 연구 등 IT 및 기술 관련 연구는 활발하게 이루어지고 있지만, 자율주행 자동차가 도입되었을 때 도시 공간구조에 미치는 영향에 대한 논의가 부족한 것은 사실이다. 기존의 국내 연구는 주로 외국 논문에서 인용된 수치를 제시하거나, 보고서 수준에 머물러 있고 정량적인 데이터를 사용한 실증분석은 많이 이루어지지 않고 있다. 계량적인 연구 중 주차 자족률과 자율주행 자동차의 연관성을 분석하여 미시적으로 경제 파급 효과를 분석한 논문을 확인할 수 있지만(장창호 외, 2018), 도시 및 상권 공간구조 변화와 관련된 연구를 찾기 어렵다.

상업 활동은 생활권 및 지역경제 활성화의 요인뿐 아니라 궁극적으로 도시경쟁력의 핵심요소로 간주하며, 도시경제 면에서 굉장히 중요한 요소이다(박진아, 2012). Xu et al.(2016)의 연구에서 Transit Oriented Development의 발전으로 인한 외부효과로 상업용지 가치가 유의미하게 증가한다고 분석하였다. 도시 계획할 때 교통과 관련된 투자 시 외부효과로 인한 상업용지 가치의 증가를 고려하여 상업용지를 조성하여 도시의 경제를 충분히 활용해야 함을 암시한다. Kim & Zhang(2005)의 연구에서는 한국의 경우, 역세권의 개발 및 발전으로 상업 부동산 가치 상승이 유의미하다는 것을 분석하였다. 또한, Debrezion et al.(2007)는 철도 및 역세권 인근 지역에서 상업공간이 타 용도보다 가격이 높다는 것을 주장하였다. 교통의 발전은 상업용지 가치의 증가로 이어지기 때문에 충분한 상업용지 조성을 옹호하며(Xu et al., 2016), 역세권 인근 지역에서 상업공간의 타 용도보다 가격이 높으며 거래가 활발히 이루어짐을 확인할 수 있다. 한국 또한 교통의 발전으로 인한 상업 가치 상승이 유의미하며 역세권을

중심으로 계획하려는 경향이 있다는 점이 발견 되었다(Kim & Zhang, 2005). 자율주행자동차의 등장은 접근성을 크게 향상시키는 면에서 역세권을 중심으로 상권이 밀집하는 경향과 다른 패턴을 보일 수 있으며 상업 공간구조에 큰 영향을 미칠 것이다.

이와 같은 배경에 따라 본 연구에서는 자율주행 자동차 상용화가 국토 공간구조 중 상권 공간구조에 미치는 영향을 실증 분석하고자 한다. 상권은 지역경제에 큰 영향을 미치며 도시의 활력에 큰 영향을 미쳐 도시 계획에 있어서 중요한 지표가 된다(이상준 외, 2010). 상권이 쇠퇴하게 된다면 특정 지역의 쇠락을 좌우한다는 점에서 도시 재생전략에서 반드시 검토되어야 할 사항이다. 이에 도시 공간구조 중 상업 공간구조에 집중하였다.

본 연구를 진행하기 위하여 자율주행 자동차의 상용화 정도, 차량공유 경제 활성화 정도, 운행 시간 절감, 연료 절감 정도의 다양한 가능성을 고려하여 시나리오를 설정하고, 시나리오별로 도로 이동시간 절감 편익, 교통비 절감 편익, 안전 편익을 계산하여, 다지역 산출모형(Multi-Regional Input and Output Model)에 대입하였다. 다지역 산업연관모형을 통해 자율주행 자동차 상용화로 인한 부가가치유발계수, 고용유발계수를 계산하였다. 그 이후로, 상업 연면적을 종속변수로 둔 연립방정식을 실시하고 시나리오별 월 매출액과 고용자 수 변화량이 상업 연면적에 어떤 영향을 미치는지 확인한 후 이에 따른 전국 상업 공간구조가 어떻게 변화할지 파악하고자 한다. 본 연구는 자율주행 자동차가 일으킬 다양한 변화 중 통근시간, 교통비, 안전비용 감소로 인해 편익이 증가하며 이를 소득 증가로 보았고, 소득 증가와 함께 소비 활동도 활발해져 이에 따른 MRIO 분석을 실시해 상업 월 매출액 및 종사자 수 변화를 살펴보았다. 이를 통해 상업 연면적이 어떻게 변화하는지 살펴보았으며, 이에 본 연구의 시나리오를 크게 초기 단계와 상용화 단계로 구분하였을 때의 가설은 다음과 같다.

- (1) 초기 단계 : 도시권은 기존 인프라, 인구 집중으로 타 지역에 비해 상업 연면적이 크게 증가할 것이다.
- (2) 상용화 단계 : 지방 지역도 Tripple-Down 효과로 인해 파급 효과를 받을 것이며 전체적인 국토공간이 발전할 것이다.

II. 선행연구 검토

1. 자율주행 자동차 상용화 및 편익으로 인한 소비형태 변화

자율주행 자동차(Autonomous Vehicle)란 자동차 스스로 주변 환경을 인식하여 위험을 판단하고 주행 경로를 계획하는 등 운전자 주행 조작을 최소화하며 스스로 안전주행이 가능한 자동차를 말한다. 자율주행 자동차는 센서나 통신을 통해 운전자의 인지 범위와 반응시간을 향상시키고 교통사고를 줄일 수 있는 미래 교통수단으로 주목받고 있다(Anderson et al., 2014). 출발지에서 목적지까지 주행 경로를 계획하고 스스로 안전주행이 가능한지에 따라 해당 기술은 0~5레벨로 구분되고 있다. 현재 국내 업체에서는 레벨3의 자율주행기술을 개발하였으며 2025년까지 통제자 없이 자동차 스스로가 목적지까지 주행하는 기술을 상용화하는 것을 목표로 하고 있다. 자율자동차량은 자동차 시장에도 큰 변화를 가져올 것으로 예상하며, 2030년에는 최대 30%, 2050년에는 최대 80%까지 보급될 것으로 국내는 예상한다(오성훈 외, 2017).

본 연구에서는 자율주행 자동차의 상용화가 소비형태에 어떤 영향을 미치는지 실증적으로 확인하고자 한다. 자율주행 자동차는 통행 용량이 증가하고, 무인 운송서비스이므로 차 안에 있는 시간에 다른 업무를 효율적으로 할 수 있는 등 시간 절감 편익, 교통비 절감 편익, 안전 편익 등 사회적인 편익을 유발할 것이라 가정한다. 이렇듯 추가적인 편익이 발생하면 사람들은 필요의 인한 소비 활동을 할 것이고 소비가 각 산업에 얼마만큼 배분되는지를 분석하고자 한다.

전왕기(2018)는 스마트 항만산업의 경제적 파급 효과를 산업연관분석을 활용해 분석하였다. 4차 산업의 중요요소인 IoT, ICT 기술들이 적용된 스마트 항만산업의 분류를 전문가 델파이 조사를 통해 설정한 후, 스마트 항만산업의 생산유발 효과, 부가가치유발 효과, 고용유발 효과를 계산하였다. 대한민국 항만산업이 스마트 항만산업으로 전환 시 스마트 항만산업의 산출물이 중간재로 사용되어 전방 연쇄효과가 효과적이라 예측했다. 박재용(1997)의 연구는 사회경제적 여건의 변화에 따라 발생하게 될 토지 수요를 예측하고 경제 활동과 토지와와의 관계를 산업 구조 측면에서 다루었다. 수요의 변화에 따라 발생하게 될 지역 내 산업

별 토지 수요 및 도시적 용지의 수요를 예측하는 것이다. 또한, 토지 시장에서의 지대 결정과 토지 수급 원리에 근거하여 각 지역의 토지 수요 함수를 도출하였다. 김정현·최현자(2002)는 가계의 욕구 및 특성과 시대 변화를 반영하여 소비지출양식이 바뀐다고 주장하였다. 총 50,646 가계를 분석한 결과 평균적으로 예산 중 44.3%를 필수재에, 9.8%를 준 선택재에, 45.9%를 선택재에 할당하였다. 사회적, 경제적, 문화적 환경이 급격히 변화함에 따라 가계의 욕구와 소비행태에도 많은 변화가 수반됨을 시사한다.

본 연구에서는 앞선 논의된 4차 산업의 핵심기술인 자율주행 자동차의 보급 및 이용에 의한 편익을 계산하여 소득 증가로 가정할 때 사람들의 상업 소비 형태에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 한다.

2. 다지역 산업연관 모형(MRIO)

한 국가의 지역 간 경제 활동을 분석하기 위한 여러 방법론 중 Lenzen et al.(2004)가 제시한 다지역 산업연관모형(다지역 투입 산출 분석)은 여러 연구에서 활발히 활용되었다. 다지역 산업연관모형은 나라 전체의 경제 활동을 파악하기 위하여 어떤 일정 기간(통상 1년)에 각 산업이 생산하는 재화, 서비스가 산업 상호간 또는 산업과 수출이나 소비 등의 최종 수요 사이에 어떻게 분배되느냐 하는 경제 거래의 전체를 하나의 표로 정리한 것이다.

손명기(2012)의 연구는 다지역 산업연관모형을 사용하여 지역별 경제구조와 지역산업을 분석하였다. 16개의 광역 시도를 대상으로 한국은행에서 발행한 전국 산업연관표를 기본모형으로 변형된 모형을 제시하였다. 추정된 모형을 근거로 지역투입계수와 역행렬계수, 생산유발계수, 고용유발계수, 부가가치유발계수, 전후방 연쇄효과 등을 산출하여 지역별 산업분석에 이용하였다. 산업연관분석을 통해 산출된 생산유발 효과, 부가가치유발 효과, 고용유발 효과 계수들을 통해 지역산업간 연관구조를 파악하고 이에 따른 지역경제 구조와 전략산업을 분석할 수 있다 제시하였다. 박추환·정영근(2011)의 연구는 우리나라 항공산업이 지역경제에 미치는 파급 효과를 다지역 산업연관분석을 이용하여 분석하였다. 항공산업은 제조업 측면에서는 경남지역의 항공기 제조업 클러스터가 발전되어 있고 대전 충청권, 수도권과의 관련성이 높아 보이며, 운송

서비스업 측면에서는 수도권 중심으로 공급이 이루어 지지만, 수요는 전국에 걸쳐 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 공항건설 운영 계획수립 시 여객운송보다 물류 관련 계획을 발전시키는 것이 필요하며 효율적으로 항공물류체계의 정립을 통하여 공항건설 운영계획이 추진되어야 한다고 주장했다.

본 연구는 앞서 산출된 편익을 다지역 산업연관모형을 통해 각 상업 분류들에 얼마만큼 변화를 주는지 측정하고자 한다. 다지역 산업연관모형을 통해 계산된 시군구별 부가가치유발 효과를 매출액으로, 고용유발 계수를 종사자 수 변화로 가정할 시 자율주행 자동차 상용화에 따른 상권의 월 매출액과 종사자 수의 변화가 전국 상업 연면적에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

3. 자율주행 자동차 상용화와 도시 공간 변화

자율주행 자동차에 있어서 차량 공유경제는 연관성이 높으며 자율주행기술이 상용화되면 새로운 공유경제형 교통서비스가 등장할 가능성이 크다. 차량공유는 카 셰어링(Car Sharing)에 바탕을 두고 있으며, 공동으로 이용 가능한 차량을 임대하는 서비스이다(장필성 외, 2018). 장창호 외(2018)의 연구는 자율주행 자동차 도입에 의한 무인 운송서비스가 현재의 차량 이용 패턴, 공유경제 등의 변화 가능성을 제시하였다. 이는 도시교통문제를 해결하는 가장 효율적인 대안이 될 수 있다. 오성훈 외(2017)는 차량공유서비스가 출퇴근 분야뿐만 아니라 산업 분야에서도 활용될 가능성이 크다고 분석하였다. 운송 과정에 있어서 목적지가 같으면 다른 회사의 물건 또한 함께 운송할 수 있다. 이는 총통행량의 감소로 이어지며 새로운 플랫폼 및 효율성이 극대화될 것이다.

자율주행 자동차 도입에 대한 시장 현황과 기술개발 동향 등은 국토교통과학기술진흥원(2015)의 연구에서 자세히 다루고 있으며 이는 주로 기술적 측면에서 자율주행 자동차의 개발 동향과 시장 보급률 예측 등을 수행하였다. 강경표 외(2013)의 연구에서는 자율주행 자동차 도입에 따라 개선될 수 있는 대표적인 효과를 분석하였으며 교통안전 개선에 집중하였다. 자율주행 자동차가 가져올 물리·사회·경제적 변화와 관련된 선행연구에 따르면 자율주행 자동차는 공유경제의 활성화를 가져올 것이며 무인 운영이 가능해짐으로써 카 셰어링이 활성화될 것으로 전망하고 있다(유채문·반

영환, 2018). 또한, 교통 약자의 이동을 증진시킬 수 있으며 초고령화 사회를 앞둔 우리나라 사회 실정에 새로운 해법이 될 수 있을 것이라 하였다(강경표 외, 2013). 교통 혼잡 해소와 통근시간 활용이 가능해지며, 교통사고 감소 효과 등 다양한 사회비용 절감의 경제적 효과를 창출할 것으로 기대하고 있다. 군집주행을 통해서 대량수송으로 물류비용의 감축까지 기대할 수 있어, 자율주행 자동차는 산업의 입지에 큰 영향을 미칠 것으로 예측된다(오성훈 외, 2017).

자율주행 자동차로 인한 도시 공간 변화를 미시적 관점으로 살펴본 연구는 주로 자율주차 기능으로 주차 공간의 전환을 포함한 공간 활용도를 논의하였다. Asher(2014)의 연구에 의하면 자율주행 탑승자는 주차를 신경 쓸 필요가 없을 것이며, 차량이 주차장을 자동으로 찾아가 주차할 수 있을 것이라 분석하였다. 또한, 혼잡한 도심 내에서 벗어나 다른 저렴하고 저밀도인 곳에서 주차가 이루어져 도심에서의 주차수요 면적이 줄어들 수 있다고 보았다. Nourinejad et al. (2018)은 자율주차기능을 시뮬레이션 하여 현재 대비 62%를 더 활용할 가능한 주차장의 형태를 제시하기도 하였다. Duarte(2018)의 연구에서는 자율주행의 도입은 도시 생활과 도시 디자인을 재고할 수 있는 또 다른 기회가 창출된다고 주장하였다. 도시에 자율주행을 도입하는 것은 도로 공간을 설계하는 방식을 재구성할 수 있는 독특한 기회를 제시한다. 다른 도시 인프라와 데이터를 교환하는 통신 플랫폼으로서의 자율주행은 도시의 인프라 변화를 촉진할 것이라 예측하였다. 또한, 공유 모빌리티에 자율주행을 결합하는 것은 도시 공간에 큰 변화를 야기할 것이라 주장하였다. 자율주행의 도입은 주차 공간을 축소시킬 뿐만 아니라 도시의 공간 활용도를 높일 수 있다고 제시하였다. 도시 공간 활용도를 최적화함에 따라 도시 계획자들이 공원에서 사회주택, 복합용도 지역까지 다양하게 용도를 제안할 수 있다고 분석하였다. 우리나라의 경우, 이지혜(2018)는 자율주행 자동차로 인해 수도권 중심으로 주차수요의 감소와 함께 장래 자족률과 주차공간의 가용성은 증진되지만, 지역적 차이를 보이며 자율주행 자동차는 주차 형평성 증진에도 이바지한다고 분석하였다.

기존 자율주행 자동차에 관한 연구들은 주로 기술적 변화, 교통안전 개선 효과, 주차 자족률 등을 다루며 계량적 분석까지 수행한 논문은 많지 않은 것을 확인

할 수 있다. 국토연구원(2018)의 「자율주행차 도입이 국토 공간 이용에 미치는 영향 연구」는 공간 범위를 수도권 내로 한정 지었으며, 실질적인 도시의 주거, 산업, 상업 등의 공간구조 변화에 대해서는 논의하지 않았다.

본 연구에서는 앞서 논의된 자율주행 자동차의 보급 및 이용에 관한 다양한 선행연구들을 바탕으로 시나리오를 개발하고, 각 시나리오별 자율주행 자동차의 편익이 전국 국토의 상업 공간구조에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 2단계 최소화방법 연립방정식 모형으로부터 산출된 식에 여건을 대입하여 시나리오별 상업 연면적 변화량과 그로 인한 전국 시군구 상업 시설 공간구조를 파악하고자 한다.

III. 분석의 방법 및 범위

1. 공간적 범위

본 연구는 자율주행 자동차의 상용화가 상업 공간구조에 미치는 영향을 분석하고자 함으로 연구의 공간적 범위를 대한민국의 256개의 시·군·구 단위로 분석하였다. 도시 성장과 교통시설에 있어서의 관계는 불가분의 관계이며 지역 간 고속도로 발전은 영향권 내에 있는 도시가 비영향권에 있는 도시들보다 종사자 수 및 재정자립도 등 빠르게 성장하며 주변도시들의 성장을 부추기는 역할을 한다(황의진, 2002). 영국 같은 경우에도 새로운 교통 수단의 발전은 외곽지역의 발전과 부도심의 탄생으로 이어지며 도시 외곽의 고용자 수도 급격하게 증가함을 확인할 수 있다(Miquel-Angel 외 2인, 2017). 우리나라의 경우 KTX 정차도시 및 주변지역이 경제활동 권역 확대 및 상업 공간 발전이 이루어졌다(최명섭 외 1인, 2011). 이렇듯 교통수단의 발전은 영향권을 주는 도시에 발전이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 자율주행자동차가 상용화되면 영향권이 특정 도시가 아닌 전국 단위로 넓어지기 때문에 이에 전국 시군구 단위로 분석을 진행 하였다.

한국은 삼성, LG, SK, KT와 같은 세계 일류 전자 및 정보통신기술(Internet Communication Technology) 리더로 세계 4차 산업의 선두주자로 평가받고 있다. 한국은 지난 5년 동안 글로벌 정보통신기술 개발지수에서 3위안에 평가되었다(ITU, 2017). 또한, R&D와

부가가치 제조 및 특허 활동에서 국제 차트를 지배하며 지난 6년간 가장 혁신적인 경제 국가로 선정되었다. 2019년에는 세계 최초 전국 5G 네트워크 상용화를 시작하였다(Bloomberg, 2019). 2020년까지 전 세계 국가의 20%가 5G 서비스를 도입할 것으로 예상하는 가운데 한국은 글로벌 경쟁 시장에서 우위를 선점하고 있다 (Hollander, 2020). 5G 네트워크의 확산은 4차 산업과 자율주행 자동차의 핵심적인 요소이며 5G 기술은 향후 15년간 전 세계 경제에 2.2. 조 달러를 기여할 것으로 예측된다(GSMA, 2019).

국내 자율주행 자동차 기술개발은 현대기아차 등을 중심으로 선제적 신기술을 적용 중이며, 국내 통신사 및 IT 기업들도 적극적으로 참여 중이다. 정부에서는 자율주행 시험 도시 “테스트베드”와 자율주행 자동차와 통신이 가능한 인프라를 구축하여 기술개발을 지원하고 있다. 현재 국내에는 58개의 시군구가 자율주행 자동차 테스트베드로 선정되었으며 글로벌 수준의 자동차 생산력과 ICT 기술력을 바탕으로 스마트도시 성장기반을 확보할 것으로 예측되고 있다(한국과학기술기획평가원, 2019). 종합적으로 한국은 본 연구를 수행하기 가장 적합한 국가로 간주된다.

2. 연구 흐름 및 분석 모형

1) 시나리오 설정

자율주행 자동차가 가져올 공간적 변화를 예측하는 것은 불확실한 영역이 크기 때문에 신중히 시나리오를 도출해야 한다. 선행연구를 토대로 각 시나리오별 요소들을 검토하고 연관성 있는 변화의 조합을 문헌검토를 거쳐 시나리오를 도출하였다.

시나리오별 주요 요소로는 자율주행 자동차의 보급률, 자율주행 자동차로 인한 통근시간 절감 비율, 공유경제 활성화 정도, 연료 절감 비율로 정하였다. 시나리오를 4단계로 구분하였으며 시나리오 별 명칭, 자율주행 자동차 보급률과 차량 공유 정도는 장창호 외(2018)의 논문을 인용하였다. 장창호 외(2018)의 논문은 도입단계에서 보급률은 10%, 카 셰어링은 없는 것으로 보았고, 성장 단계에서는 보급률 40%, 카 셰어링 10%, 안정단계에서는 보급률 65%, 카 셰어링 30%, 신세계 단계에서는 보급률 100%, 카 셰어링 50% 비중을 사용하였으며 이를 인용하였다. 시간 절감 수치는 우승국 외(2017)의 자율주행자동차 도입의 교통부문

파급 효과와 과제(1차년도)의 보고서 자료를 인용하였다. 해당 보고서에서는 자율주행자동차로 인해 주행 속도가 초기에는 7%, 최종적으로는 22% 증가한다고 명시하였다. 사람들의 주행거리는 동일하다는 가정을 두어 속도가 증가한 만큼 통행 시간도 7~22% 감소하는 것으로 여겨 이를 시나리오에 대입하였다. 첫 단계인 도입 단계에서는 7%, 최종 단계인 성숙 단계에서는 22% 시간이 절감하는 것으로 정하였다. 성장 단계와 안정 단계에서는 수치가 동일하게 증가함으로 가정하여 각각 12%, 17%로 기준을 세웠다. 자율주행자동차로 인해 발생하는 연료 절감효과는 한국에너지공단(2017)의 자율주행차 동향 및 에너지 소비에 미치는 영향 분석 보고서를 참고하였다. 이에 따르면 자율주행자동차의 군집 주행으로 인해 연료 절감이 3~25% 이루어질 것이라고 하였다. 이에 도입단계에서는 3%의 연료 절감, 성숙 단계에서는 25%의 연료 절감이 이루어지는 것으로 설정하였다. 시간 절감 수치 계산과 비슷하게 단계별로 수치가 동일하게 증가하는 것으로 가정하여 성장 단계와 안정단계에서 각각 10%, 17%의 연료 절감효과가 이루어질 것으로 보았다.

시나리오 분석의 첫 번째 요소인 자율주행 자동차 보급률은 전체 차량 대비 자율주행 자동차의 비율을 의미한다(국토교통부, 2015). 자율주행 자동차의 지역적 편차는 가격에 민감하다는 가정을 두었다. 자율주행 자동차 보급은 크게 목표시장, 대중 시장으로 구분된다. 목표시장이란 특정 지역을 중심으로 먼저 자율주행 자동차 보급을 시작한다는 것이며, 대중 시장은 전국적으로 상용화를 한다는 뜻이다. 지역별 소득 및 환경 편차가 존재하므로 시나리오 초기에는 목표시장으로 설정하고 추후에는 대중 시장으로 설정하여 상용화되는 시나리오를 구축하였다. 그다음 핵심 요소로는 자율주행 자동차의 차량공유 정도를 설정하였다. 공유 차량의 통행량 변화는 대중교통 통행이 공유 자율주행 자동차로 전환되는 비율을 의미한다(우승국 외, 2017). 즉 비율이 높아질수록 자율주행 자동차 활용도가 높아져 도로 내 총통행량 감소에 이바지한다. 마지막 핵심 요소는 도로 용량의 증가율로 설정하였다. 자율주행 자동차의 상용화는 도로 용량의 최대 2.7배 증가시킬 것이라고 예측되고 있다(오성훈 외, 2017). 도로 용량이 증가하면 군집주행이 가능해져 연료비용이 절감되면서 교통비 절감 편익이 증가한다. 하지만 자율주행 자동차와 일반 주행 차량이 섞이면 오히려 총통행량이

증가할 수 있다고 한다(PATH, 2014). 이에 시나리오 초기에는 도로 용량 증가를 폭이 작다가 전국적으로 상용화가 이루어지면 최대 증감률로 적용하였다.

본 연구에서는 시나리오를 크게 4단계로 구분하였다. 장창호 외(2018)의 시나리오 구분 방식과 유사하게 설정하였다. 4가지의 시나리오는 각각 도입, 성장, 안정, 성숙으로 명명하였다. (1) 자율주행 자동차 도입 단계 : 이 단계에서는 자율주행 자동차 시장이 목표시장으로 설정하였다. 자율주행자동차가 통행하기 유리한 스마트시티 추진 지자체에 우선 공급된다고 가정하였다. 자율주행 자동차의 보급률을 10%, 시간 절감 비율은 7%, 카 셰어링은 비활성화, 연료 절감 비율은 3%로 설정하였다. (2) 자율주행 자동차 성장 단계 : 목표시장 내에서 많은 사람들이 자율주행 자동차의 편리성을 깨달아 사용하는 단계이다. 이에 목표시장에서 대중 시장으로 변화하였고 자율주행 자동차 보급률은 40%, 시간 절감 비율은 12%, 카 셰어링 정도는 0.1, 연료 절감 비율은 10%로 선정하였다. (3) 자율주행 자동차 안정단계 : 전국적으로 많은 자율주행 자동차가 운행하고 있으며 보급률이 65%까지 증가한다. 시간 절감 비율은 17%이며 카 셰어링 정도 또한 증가하여 0.3 수준으로 설정하였다. 연료 절감 비율은 17%로 설정하였다. (4) 자율주행 자동차 성숙 단계 : 자율주행 자동차가 일반 주행 자동차를 전부 대체하여 자율주행 자동차의 보급률이 100%이다. 시간 절감은 22%이며 카 셰어링도 활성화되어 0.5까지 증가하였다. 에너지 절감은 최대 효율인 25%로 설정하였다. 시나리오 별 주요 요소의 수치를 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 자율주행자동차 상용화 시나리오 4단계

시나리오	자율주행자동차 보급률	시간 절감	카셰어링 정도	연료 절감
도입	10%	7%	-	3%
성장	40%	12%	0.1	10%
안정	65%	17%	0.3	17%
성숙	100%	22%	0.5	25%

2) 편익 예측 및 소득·지출 계산

통행시간 절감 편익은 현재 시간 비용 편익 분석에 적용되는 산정 방법을 자율주행 자동차의 상황에 맞게

변형하여 산정하였다. 지역 내에서 발생하는 총 시간 절감 편익은 자율주행 자동차 수에다가 카 셰어링 비중을 곱해주고, 각 지역의 평균 통근 소요시간, 평균 시간가치를 곱해주며 이들의 합산이 공식이 된다. 이를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$Bt = x \times (1 + Sc) \times t \times Vt \quad (1)$$

Bt는 시간 절감 편익, x는 자율주행 자동차 수, Sc는 카 셰어링 비중, t는 소요시간, Vt는 평균 시간가치를 의미한다.

교통비 절감 편익은 차량운행 비용 절감 편익과 같은 논리로 볼 수 있으며 현재 도로 투자의 타당성 분석에 적용되는 절감효과 산정 방법을 자율주행 자동차 도입 시 상황에 맞게 변형하였다. 이를 수식으로 표현하면 식 (2)와 같다.

$$Bc = x \times (1 + Sc) \times C \times D \times F \quad (2)$$

Bc는 교통비 절감 편익, x는 자율주행 자동차 수, Sc는 카 셰어링 비중, C는 km당 차량운행비용 차이, D는 운행 거리, F는 군집주행으로 인한 연료 절감 비율을 의미한다.

안전 편익으로는 자율주행 자동차의 상용화는 교통사고의 건수를 급격하게 줄일 수 있음으로써 사회적 비용을 아낄 수 있음에서 추정한다. 교통사고 1건당 평균 사회적 비용은 2,595만 원이다(한국국토정보공사, 2017). 자율주행 자동차의 보급은 교통사고의 90%를 감소시킬 수 있다고 한다(오성훈 외, 2017).

편익 발생이 1대1로 소득 증가로 이어진다고 가정하였다. 모든 사람들이 동일하게 소득이 증가하면 똑같은 비용의 지출을 하는 것이 아니므로 소득 분위별로 가구를 구분하여 이들의 소득 대비 지출 비율을 계산하여 분위 별 지출액을 추정하였다.

3) MRIO 분석을 통해 파급효과 계산

자율주행 자동차의 상용화로 인해 편익이 발생하고 이에 따른 소비활동이 증가하면서 이에 따른 상업 내 파급 효과를 계산하고자 한다. MRIO 표를 사용하여 부가가치유발계수 및 고용유발계수에 민간소비지출 항목에 대입하여 시도별 파급효과를 계산하였다. 부가가치유발로 인해 월 매출액이 증가하며, 고용유발계수

로 인해 고용자 수가 증가하여 이는 상업 연면적에 영향을 줄 것이다. 상업 연면적의 변화에 따른 전국적으로 상업 공간 구조가 어떻게 변화하는지 파악하고자 한다.

4) 연립방정식을 통해 상업 연면적 추정

상업 등 부동산 시장에서는 한 변수가 다른 변수에 의해 일반적으로 영향을 받는 관계가 아니고 변수들 사이에 서로 영향을 주고받는 상호작용이 나타난다. 즉 하나의 종속변수가 다른 종속변수의 설명 변수가 되는 등 여러 변수 간의 복잡한 관계가 있을 수 있기 때문에 연립방정식 모형을 사용하였다.

본 연구에서는 2단계 최소자승법(2SLS) 방식을 사용하였으며 앞서 MRIO 분석을 통해 계산한 월 매출액과 종사자 수 변수가 들어가도록 하였다. 상업 연면적 수요를 추정하기 위해 활용한 변수들은 크게 종사자 수, 임대료, 매출액, 주간 인구 수, 순 이동인구 수, 1인당 GRDP를 사용하였다. 인구 저성장 시대에 따른 토지이용 수요 예측 방안을 제시한 국토연구원(2016)의 연구에 따르면, 상업 수요 추정 시 인구 규모, 소득수준, 소비 지출패턴, 매출액, 종업원 수, 이용인구 수를 고려해야 한다고 제시한다. 이에 소득수준을 측정하기 위한 대리변수로 1인당 GRDP를 사용하였으며, 주간 인구 수와 순 이동인구 수(전출 - 전입인구)를 통해 지역 내 유동인구 및 활성화 정도를 파악하고자 하였다. 또한, 수요 함수에 있어 임대료가 주요요인으로 작용하기에 모형 내에 포함하였다. 내생 변수는 상업 연면적, 도소매업 종사자 수, Log(상가 임대료)로 설정, 외생 변수는 월 매출액, 주간 인구 수, 도구 변수로는 광역시 더미변수, 밀집도, 순 이동인구 수, 1인당 GRDP를 사용하였다. 연립방정식은 수요와 공급 함수를 통해 도출해냈으며 이의 식은 아래와 같다.

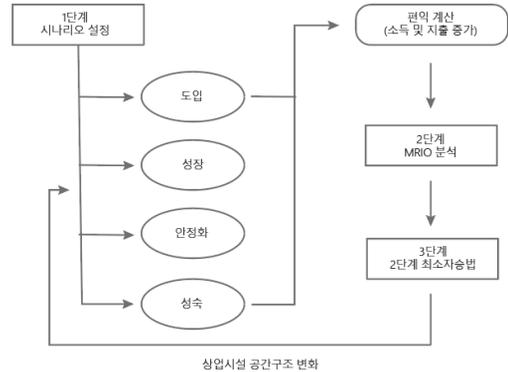
수요 함수 : 상업 연면적 = f(도소매업 종사자 수, Log(상가 임대료), 월 매출액, 주간 인구 수, 순 이동인구 수, 1인당 GRDP) - ①

공급 함수 : 상업 연면적 = f(도소매업 종사자 수, Log(상가 임대료), 광역시 더미, 밀집도) - ②

연립방정식을 통해 도출된 월 매출액과 도소매업 종사자 수 계수를 확인하여 앞서 MRIO 분석을 통해 계산된 매출액과 종사자 수 증가량의 값을 대입하여 최종

적으로 국토 상업 공간 구조가 어떻게 변화할지 살펴 보았다. 종합적으로 연구의 흐름 및 분석 모형을 시각화하면 <그림 1>과 같다.

<그림 1> 연구 흐름도



3. 데이터 및 변수 구성

본 논문에서는 자율주행 자동차의 상용화로 인해 전국 상권 공간구조가 어떻게 변화할 것인지 밝히는 것을 목표를 두고 있다. 이에 시간적 범위는 자율주행 자동차가 실질적으로 상용화가 시작될 2030년 이후로 보고 있다. 이를 위해 대한민국 전국 256개의 시·군·구 단위로 분석하였다.

1) 편익 계산 데이터 및 변수

앞서 편익을 계산하기 위해 사용된 식의 변수들의 출처는 다음과 같다. 한국 교통 연구원에서 업무통행 시간가치, 비업무통행 시간 가치, km 당 차량 운행비용 자료를 얻었으며 2018년도를 기준년도로 설정하였다. 자율주행 자동차 수를 측정하기 위해서 우선 통계청의 2018년 시군구 별 1인당 자동차 소유 대수 데이터에 시군구별 인구수를 곱해 시군구별 자동차 수를 측정하였다. 이후 각 시나리오별 보급률 수치를 곱해 주어 시나리오별 자율주행 자동차 수를 예측하고자 한다. 카 셰어링 비중 또한 각 시나리오별 제시된 수치를 적용하여 계산하였다. 소요시간은 통계청으로부터 각 시군구별 평균 통근시간 자료를 활용하였다. 원칙적으로는 주민들의 O-D 데이터를 사용하여 개인마다 통근시간이 어떻게 되는지 자료가 필요하지만 229 시군구 국민의 통근시간 데이터를 구축하는데 현실성이 없어

평균 통근시간으로 계산하였다. 취업 포털 ‘잡코리아’와 아르바이트 포털 ‘알바몬’에서는 평균 직장인 출퇴근 소요시간이 서울은 하루에 평균 95.8분, 경기도는 134.2분, 인천은 100분, 수도권(종합)은 114.5분, 비수도권은 59.9이라고 발표하였으며 이는 통계청의 통근시간 데이터와 차이가 크지 않아 통계청 자료를 활용하였다.

평균 시간가치는 통행시간과 비업무통행 시간가치로 구분할 수 있다. 승용차의 경우 업무통행 시간가치는 시간 당 22,775원이고, 비업무통행 시간가치는 시간 당 9,748원이다. 화물차의 업무통행 시간가치는 시간 당 16,374원이다(국토교통부, 2015). 자율주행 자동차의 상용화로 인해 승객들이 비업무시간에 활동할 수 있음에 따라 시간 당 9,748원의 편익을 얻을 수 있으며 앞으로 자율주행 자동차로 인해 출퇴근 시 업무도 가능하므로 업무통행 시간가치 또한 포함될 것으로 예상된다.

km당 차량운행비용 차이는 자율주행 자동차의 운행비용과 일반 차량의 운행비용 간 차이를 의미한다. 일반 차량의 1대 기준으로 km당 1141.3원의 비용이 든다고 한다. 이에 유류비, 차량 유지비, 사회적 비용 등이 포함되어 있다(국토교통부, 2015). 자율주행 자동차의 km당 차량운행비용은 아직 정확히 알 수 없지만, km 당 약 533원으로 예측하고 있다(이백진, 2017). 이에 km당 차량운행비용 차이는 608.3원이다. 운행 거리는 통계청의 시군구 자료를 활용하여 각 지역 주민들의 평균 운행 거리 자료를 활용하였다.

안전 편익은 자율주행 자동차의 상용화를 통해 교통사고의 건수를 줄임에 따라 사회적 비용을 아낄 수 있음에 기인하여 추정한다. 교통사고 1건당 평균 사회적 비용은 2,595만 원이다 (한국국토정보공사, 2017). 자율주행 자동차의 보급은 교통사고의 90%를 감소시킬 수 있다고 한다(오성훈 외, 2017). 이에 자율주행 자동차 증가로 인해 교통사고 발생률이 크게 줄어들어 사회적 비용이 감소하여 도시의 경제, 복지 등에 투자할 수 있어 더 활발한 경제활동이 일어날 수 있다. 이는 통계청에서 자동차 천 대당 교통사고 발생 수 자료를 활용하여 계산하였다.

편익발생으로 인해 1대1로 소득이 증가한다고 가정하였다. 소득이 증가하면 지출 비용이 증가할 것으로 보아 가구를 5개의 소득 분위별로 구분하여 각 분위 당 소득 대비 지출 비율을 계산하였다. 이는 통계청의

‘2018년 월별 시도별 가구 소득 및 소비지출’ 자료를 활용하여, 소득 분위 별 지출 비율을 곱해주어 시도 별 총 지출액을 계산하였다.

2) MRIO 분석 데이터 및 변수

시나리오 별 지출비용의 파급 효과를 알아보기 위해서 MRIO 분석을 실시하였다. 이를 위해서 한국은행의 2013년 지역 연관표 자료를 사용하였다. 지역 연관표는 크게 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수로 구분된다.

시민들의 추가 지출로 인해 상권의 월 매출액 증가량을 확인하기 위해 부가가치유발계수를 사용하였다. 앞서 계산한 시나리오 별 지출액을 대입하여 시도별 산업 및 상업 분야별 매출액의 증가량을 계산하였다. 품목 중 상권에 해당하는 도소매 서비스, 음식점 및 숙박 서비스, 교육 서비스, 문화 및 기타 서비스의 매출액 증가량을 살펴보았다. MRIO 표는 시도별로만 구분되어 있기 때문에 이를 시군구별로 구분할 필요가 있다. 이를 위해 시도 내 시군구의 상업 연면적 비율을 계산하여 이에 대입하여 시군구별 월 매출액 증가량으로 보정하였다. 또한 이를 업소 당 월 매출액으로 바꾸어주기 위해 소상공인 상권분석 홈페이지에서 시군구별 상업 업소 수 데이터를 사용하였다. 시군구별 업소 수 비율을 계산하여 이를 시군구별 월 매출액에 곱해주어 업소 당 월 매출액 증가량을 계산하였다.

소비의 파급 효과를 통해 고용자 수 증가를 계산하기 위해서는 고용유발계수를 활용하였으며 단위는 명/10억 원이다. 앞서 계산한 월 매출액과 마찬가지로 MRIO 표는 시도별로 구분되어 있기 때문에 시군구별 종사자 수 증가량을 계산하기 위해 통계청의 시군구별 종사자 수 데이터를 사용하였다. 시도 내 시군구별 종사자 수 비율을 계산하여 이를 시도 별 종사자 수 증가량에 곱해주어 시군구별 종사자 수 증가량을 계산하였다.

3) 2SLS에 사용된 데이터 및 변수

종속변수인 상업 연면적과 독립변수로 들어갈 종사자 수는 서로 내생성 문제가 있기 때문에 2SLS방식을 통해 회귀식을 구축하였다. 이를 통해 상호관계가 있는 변수들 간에 여러 개의 회귀모형으로 그룹을 만들어 분석대상이 되는 변수들 간 존재하는 동시적 영향관계와 유기적인 움직임을 파악하기 용이하다.

<표 2> 상업 연면적 내 사용된 건축용도

구분	세부 건물용도
제1종근린생활시설	소매점, 휴게음식점, 의원, 체육장, 마을공동시설, 변전소, 양수장, 정수장, 대피소, 공중화장실, 세탁소, 치과의원, 한의원, 침술원, 접골원, 탁구장, 체육도장, 마을회관, 마을공동작업소, 마을공동구판장, 지역아동센터, 목욕장, 이용원, 미용원, 조산원, 제과점, 슈퍼마켓, 안마원, 산후조리원, 도시가스배관시설, 통신용시설, 사무소, 기타시설
제2종근린생활시설	일반음식점, 휴게음식점, 기원, 서점, 제조업소, 수리점, 사진관, 표구점, 학원, 장의사, 동물병원, 독서실, 단란주점, 자동차영업소, 안마시술소, 노래연습장, 직업훈련소, 소개업, 안마원, 제과점, 교습소, 동물미용실, 총포판매소, 다중생활시설, 인터넷컴퓨터게임시설제공업소, 청소년게임제공업소, 복합유통게임제공업소, 기타게임시설, 운동시설, 운동시설, 공연장, 사무소, 기타시설
문화 및 집회시설	공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 동식물원, 기타시설
판매시설	소매시장, 상점, 게임제공업의시설, 도매시장, 기타판매시설
교육연구시설	학원
업무시설	일반업무시설
숙박시설	생활숙박시설, 다중생활시설, 일반숙박시설, 관광숙박시설, 기타숙박시설
위락시설	단란주점, 유흥주점, 유원시설업의시설, 무도장, 무도학원, 카지노영업소, 기타위락시설
창고시설	하역장, 집배송시설, 창고, 기타창고시설

<표 3> 2SLS 변수 설명

변수 구분	변수 구분	변수 설명	출처
내생 변수	상업 연면적	시군구 별 상업 용지의 연면적	세움터
	도소매업 종사자 수	도소매업 종사 관련 고용자 수	통계청
	Log(상가 임대료)	1㎡당 상가 임대료 (단위 : 천원)	부동산 통계부여
외생 변수	월 매출액	업소당 월 평균 매출액 (단위 : 만원)	소상공인 상권정보시스템
	주간 인구 수	지역 내 주간에 상주하는 인구 수	통계청
도구 변수	광역시 더미변수	광역시 더미변수(1=광역시, 0=기타)	
	밀집도	사업체 수 / 주간 인구 수	소상공인 상권정보시스템
	순 이동인구 수	전입자 수 - 전출자 수	통계청
	1인당 GRDP	1인당 GRDP (단위 : 백만원)	시도별 홈페이지

종속변수인 상업 연면적은 세움터-건축행정시스템에서 자료를 받았으며 2018년도를 기준으로 하였으며 상권에 사용된 건물용도는 <표 2>와 같다. 연립방정식은 EVIEWS10 프로그램을 사용하였다.

다음으로 연립방정식에 사용된 변수들은 <표 3>과 같으며 2018년도를 기준으로 하였다.

IV. 분석 결과

1. MRIO 분석 결과

MRIO 분석을 위해 대입하는 시도별 민간 소비 지출

액의 결과는 <표 4>와 같다. 이는 앞서 설명한 편익 분석을 통해 계산하였다.

경기도의 시나리오 별 월간 지출액이 가장 높은 것으로 나타났으며 이는 경기도 내 가구 수가 많으며 경기도의 소득 대비 지출 비율이 높기 때문이다. 경기도 그 다음으로는 서울, 인천이 따르며 수도권의 지출액이 가장 높음을 확인할 수 있다.

이를 MRIO 지역상관표의 부가가치유발계수에 대입하여 월 매출액 증가액을 확인하였으며 이 결과는 <표 5>와 같다.

<표 4> 시나리오 별 월간 지출액 총합
(단위: 십억 원)

구분	도입 단계 지출액	성장 단계 지출액	안정 단계 지출액	성숙 단계 지출액
서울	33	902	1,342	2,152
인천	16	511	761	1,224
경기	151	1,641	2,447	3,939
대전	41	193	289	466
충북	16	112	168	273
충남	34	303	454	735
광주	41	193	288	465
전북	23	254	380	616
전남	20	283	424	688
대구	70	331	494	796
경북	32	383	574	929
부산	15	404	603	972
울산	4	146	219	353
경남	58	453	678	1,098
강원	14	202	303	490
제주	21	155	233	378

<표 5> 시나리오 별 월 매출액 증가액
(단위: 십억 원)

구분	도입 단계 매출액	성장 단계 매출액	안정 단계 매출액	성숙 단계 매출액
서울	35	450	672	1,082
인천	5	80	119	192
경기	28	317	473	762
대전	7	44	65	105
충북	3	28	42	68
충남	7	62	93	151
광주	6	41	62	100
전북	4	46	69	112
전남	4	44	67	108
대구	11	69	103	166
경북	6	67	100	161
부산	7	108	161	261
울산	1	25	37	59
경남	9	82	123	200
강원	4	48	72	116
제주	4	32	47	76

상업 월 매출액 증가량은 서울에서 가장 높게 나타났으며 증가량 또한 서울이 가장 높다. 서울 다음으로 경기도, 부산이 높은 것으로 확인되었다. 이를 상업 연면적에 따라 시군구별로 배분하였으며 업소 수를 나

누어서 업소 당 월 매출액 증가량을 계산하였으며 표가 굉장히 큼에 따라 표기는 하지 않았다.

고용유발계수에 대입하여 연간 고용자 수 증가량을 계산하였으며 결과는 다음과 같다.

도소매업 종사자 수 증가량은 서울에서 가장 높게 나타났으며 증가량 또한 서울이 가장 높다. 서울 다음으로 경기도, 부산이 높은 것으로 확인되었다. 이를 기존 도소매업 종사자 비율을 시군구별로 배분하여 시군구별 종사자 수 증가량을 계산하였으며 표가 굉장히 큼에 따라 표기는 하지 않았다.

<표 6> 시나리오 별 종사자 수 증가량
(단위: 명)

구분	도입 단계 종사자	성장 단계 종사자	안정 단계 종사자	성숙 단계 종사자
서울	4,825	54,731	81,757	131,799
인천	750	9,240	13,801	22,246
경기	2,808	31,082	46,437	74,875
대전	617	5,835	8,722	14,073
충북	448	4,756	7,109	11,471
충남	515	5,373	8,034	12,969
광주	684	5,767	8,625	13,929
전북	629	6,767	10,121	16,342
전남	482	5,561	8,323	13,452
대구	1,140	9,499	14,203	22,926
경북	660	7,178	10,735	17,331
부산	1,204	14,484	21,652	34,940
울산	162	2,048	3,062	4,943
경남	927	9,428	14,099	22,761
강원	526	6,020	9,001	14,526
제주	390	3,668	5,487	8,863

2. 연립방정식 분석 결과

상업 연면적의 변화량을 관측하기 위해서 상업 연면적을 종속변수로 두었고 MRIO 분석을 통해 관측된 월 매출액 증가량과 종사자 수 증가량을 반영하기 위해서 독립변수에 월 매출액과 도소매업 종사자 수를 반영하였다. 앞서 설명한 수요와 공급 함수를 바탕으로 구조방정식을 세웠으며 이에 대한 연립방정식 회귀식은 다음 <표 7>과 같다.

수도권은 한국의 핵심지역이며 자본 및 인구가 밀집된 지역이다. 이에 따라 수도권을 중심으로 연립방정

<표 7> 연립방정식 모형 결과

변수	전국		수도권		비수도권	
	Coef.	Pr> t	Coef.	Pr> t	Coef.	Pr> t
상수항	1769438	0.1306	9753694	0.0043***	13372871	0.0119**
월매출액	253.2707	0.0148**	588.6531	0.0486**	207.5158	0.0421**
도소매업 종사자수	115.8784	0***	117.166	0***	162.1226	0***
주간 인구수	5.822571	0***	7.485708	0***	5.865192	0***
Log(상가 임대료)	-815918	0.0423**	-3349192	0.0008***	-	-
순 이동인구	37.25828	0***	-	-	60.2947	0.0017***
집객시설 수	384.5304	0.0356**	-	-	-	-
Log (아파트 기준시가)	-	-	-	-	-928625	0.0112**
Adjusted R ²	0.950776		0.905315		0.935165	
Prob(J-statistic)	0.736429		0.358361		0.673077	
Durbin-Watson stat.	2.080983		2.147468		2.092047	
내생변수 :	상업 연면적, 도소매업 종사자 수, Log(상가 임대료)		상업 연면적, 도소매업 종사자 수, Log(상가 임대료)		상업 연면적, 도소매업 종사자 수, Log(아파트 기준시가)	
외생변수 :	월 매출액, 주간인구 수, 순 이동인구, 집객시설 수		월 매출액, 주간 인구 수		월 매출액, 순 이동인구, 주간 인구 수	
도구변수 :	광역시 더미변수, 1인당 GRDP, 밀집도		광역시 더미변수, 밀집도, 순 이동인구 수, 1인당 GRDP		광역시 더미, 밀집도, Log(1인당 GRDP)	

식을 구축하였으며 기타 지역과 비교하기 위해 같은 식을 사용하였다. 수도권에 인접한 중구는 부두 및 인천국제공항 입지로 인해 특수한 여건을 지니고 있으므로 인천 중구를 제외한 나머지 시군구 데이터를 사용하여 회귀식을 구축하였다.

경상도와 강원도는 Prob(J-statistic)이 0.05이상임을 통해 연립방정식 모형이 적절하지만 충청도와 전라도는 0.05 이하여서 모형이 적절하지 않음을 확인할 수 있다. 이에 따라 모형 설명력이 비이상적으로 높음을 확인할 수 있다. 경상도는 수도권과 비슷한 여건을 지니고 있으며 도시 규모가 커서 모형이 잘 맞는 것을 확인할 수 있다. 강원도는 수도권과 많이 다른 양상을 지니고 있지만 월 매출액, 주간 인구 수, 도소매업 종사자 수 변수가 강원도의 상업 연면적을 잘 설명하는 변수여서 모형이 잡힌 것이다. 충청도와 전라도는 월 매출액은 설명력이 낮지만 도소매업 종사자 수는 의미 있는 변수임을 확인할 수 있다.

월 매출액의 계수는 수도권에서 가장 높음을 확인할

수 있다. 수도권에 인프라 및 유치시설이 많으며 수요가 높으므로 매출액이 증가하면 상업 연면적이 크게 증가함을 확인할 수 있다. 도소매업 종사자 수 계수는 전라도가 가장 높음을 확인할 수 있다.

3. 상업 공간구조 변화

앞서 MRIO 분석을 통해 계산한 월 매출액과 도소매업 종사자 수 증가량을 연립방정식 회귀식에 대입하여 시나리오 별 상업 연면적의 변화를 살펴보았다. 초기 도입 단계에서는 스마트시티 시범 사업을 진행하는 54개의 시군구에서 자율주행자동차가 상용화된다고 가정하였으며 그 이후에 점차 상용화되면서 전국적으로 사용하게 된다고 가정하였다. QGIS를 이용하여 맵핑하였으며 결과는 아래 <표 8>과 같다.

1) 도입 단계

자율주행 자동차의 보급은 현재 스마트시티 사업 추

진 중인 시군구에서 먼저 보급된다고 가정하였다. 스마트 시티 내 IT 기술 및 자율주행 자동차 관련 인프라가 건설되기 때문에 보급이 용이하다고 판단하였다. 정부의 제3차 스마트도시 종합계획을 통해서 58개 지자체에서 진행하므로 이곳에서만 편익이 발생한다고 가정하였다.

선별된 목표시장 내에서만 편익이 발생하므로 전국적으로 상업 공간 구조에 대한 파급효과가 미미함을 확인할 수 있다. 하지만 자율주행 자동차가 보급되는 목표시장에서는 상업 연면적이 미미하게 증가함을 확인할 수 있다. 스마트 시티 시범 사업을 하는 곳은 주로 기존 인프라가 갖춰진 도시권이므로 기존 도시들은 타 지방보다 상업 연면적이 미미하게 증가한다.

2) 성장 단계

자율주행 자동차 운행 및 보급이 안정 단계에 이르면서 본격적으로 상용화되었으며 많은 사람이 자율주행 자동차를 인지하고 사용하게 되는 시기이다. 스마트 시티 내에서만 발생하던 편익이 전국적으로 편익이 발생하기 시작한다.

자율주행 자동차의 보급이 대중 시장 형태로 이루어지며, 계속 보편화됨에 따라 편익이 증가하며, 이로 인해 소비가 활발해지고 파급효과가 일어난다. 상업 연면적 증가량을 살펴보면 대도시권을 중심으로 그 주변의 상업 연면적이 크게 증가하기 시작함을 확인할 수 있다. 또한 기타 지방 도시에서도 도시권만큼은 아니어도 상업 연면적이 증가하는 곳이 식별 가능하다. 이는 점차 파급 효과가 도시권을 시작으로 주변에 퍼지기 시작함을 알려준다.

3) 안정화 단계

자율주행 자동차 운행 및 보급이 안정 단계에 이르면서 본격적으로 상용화되었으며 많은 사람이 자율주행 자동차를 사용하고 있는 단계이다. 전국적으로 자율주행 자동차 사용에 따라 사회적 편익이 많이 증가하며 낙수효과가 증가함을 확인할 수 있다.

상업 연면적 증가량을 살펴보면 기존 도시권들은 크게 파급효과를 받아 연면적이 증가함을 확인할 수 있다. 이는 기존에 인프라 및 인구 집중으로 인해 집적 효과를 받을 수 있으므로 도시권을 중심으로 상권이 형성됨을 확인할 수 있다.

하지만 낙수 효과가 두드러지게 나타나는 시기이므로 전국적으로 상업 연면적이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 특이한 점으로 서울과 부산을 잇는 경부고속도로 따라서 상업 연면적이 증가함을 확인할 수 있다. 또한 서울과 강원도를 잇는 양양 고속도로, 서해안 고속도로 인근의 지방 지역들의 상업 연면적이 증가함을 확인할 수 있다. 이는 자율주행자동차의 상용화는 고속도로 인근의 지역들에게 파급효과를 더 많이 준다는 것을 확인할 수 있다.

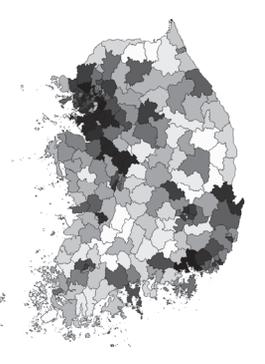
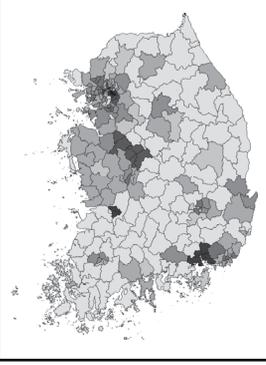
4) 성숙 단계

자율주행 자동차가 일반화되고 모든 사람이 자율주행 자동차를 사용하게 되는 단계이다. 이 시기의 자율주행 자동차의 보급률은 100%이고, 자율주행 자동차의 최대 효용을 체험 할 수 있는 시기이다. 이전의 교통체계와 완전히 다르며 거리의 중요성이 최소한으로 줄어들게 된다.

상업 연면적의 증가량을 살펴보면 수도권 중심으로 상업 연면적이 타 지역에 비해 크게 증가함을 확인할 수 있다. 또한 부산광역시, 대구광역시, 대전광역시 인근 지역도 상업 연면적이 크게 증가함을 확인할 수 있다.

특별한 점으로 서울과 부산을 잇는 경부고속도로 인근 지역들이 선명하게 상업 연면적이 증가함을 확인할 수 있다. 또한 서해안 고속도로 따라서도 상업 연면적이 현저하게 증가함을 확인할 수 있다. 강원도는 전체적으로 상업 연면적이 증가하게 되어 수도권 뿐만 아니라 기타 지역에서도 상업 연면적의 눈에 띄는 증가가 있음을 확인할 수 있다. 이는 자율주행자동차의 상용화는 상권 구조에 현저한 영향을 미치며 낙수효과로 인해 국토가 균형적으로 상권이 발달함을 확인할 수 있다.

<표 8> 시나리오 별 상업 연면적 및 증가량

구분	도입 단계	성장 단계	안정 단계	성숙 단계
상업 연면적				
상업 연면적 증가량				

V. 결론

본 연구에서는 자율주행 자동차 도입이 전국 상업 구조에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고 국토 공간 이용에 미치는 영향에 대해 논의하는 것을 목적으로 하였다. 자율주행 자동차의 도입과 차량공유로 인해 가져올 변화를 합리적으로 예측하기 위해 선행연구를 바탕으로 시나리오를 개발하였다. 또한, 자율주행 자동차의 상황에 맞게 시간 절감 편익, 교통비 절감 편익, 안전 편익 식을 구축하여 이를 바탕으로 전국 244개의 시·군·구에서의 편익 발생을 살펴보았다. 도시 내에서 상업공간구조의 변화를 살펴보는 것이 아니라, 자율주행자동차의 상용화로 인한 파급 효과를 전국 국토의 공간 단위를 기준으로 살펴보려고 하였다. 일례로 MRIO분석에서 서울 지역에 파급 효과가 투입이 되었을 때 특정 지역이 아닌 전국 국토 공간으로의 파급 효과를 확인할 수 있다. 편익이 소득 증가로 이어져 이는 다시 소비액 증가로 이어져 이로 인한 파급 효과

를 살펴보았다. MRIO 분석을 통해 상업의 월 매출액, 종사자 수 증가량을 계산하였으며 상업 연면적에 대한 연립방정식에 대입하여 국토 상업 공간구조가 어떻게 변화하는지 살펴보았다. 분석 결과 및 정책적 시사점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 자율주행 자동차가 가져올 불확실하고 복잡한 미래를 예측하기 위해 선행연구 검토를 바탕으로 4가지의 시나리오를 사용하였다. 이들의 핵심요인은 자율주행 자동차의 보급률, 차량공유 경제의 활성화 정도, 자율주행 자동차로 인한 시간 절감 정도, 군집 통행으로 인한 연료 절감 정도 요인이 고려되었다. 처음 자율주행 자동차를 보급할 때에는 목표시장을 시작으로, 보편화하면 대중 시장을 목표로 한다. 목표 시장은 스마트시티 사업 추진 중인 지자체로 설정하였다. 이와 같은 시나리오 개발은 미래의 불확실성 때문에 불완전하지만, 향후 더욱 활발해질 자율주행 자동차와 도시의 관계와 관련된 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 시나리오를 바탕으로 자율주행 자동차 도입이 국토 상업 공간 이용에 미치는 영향에 대해 분석을 수행하였다. 전국을 대상으로 시·군·구 단위로 연구함으로써 소비 활동으로 인한 파급효과, 파급효과로 인한 상업 연면적의 변화 정도를 관찰하였다. 자율주행 자동차 도입에 따라 중장거리 통행의 증가, 삶의 질 개선으로 인한 소비활동 활성화 가능성이 높아져 국토 공간 구조에 변화가 필연적으로 이루어질 것이며 이와 관련된 추후 연구 필요성을 제시한다.

결론적으로 자율주행 자동차의 상용화는 새로운 국토 공간구조의 패러다임을 맞이할 것이다. 자율주행 자동차로 인해 편익이 발생하여 국민들의 소득 증가로 이어져 파급효과를 일으킬 것이다. 자율주행 자동차 보급의 초기 단계에서는 목표 시장인 스마트시티 사업 지구에서만 경제적 편익이 발생하므로 파급효과가 미미하며 스마트시티 사업 지구가 주로 도시권임을 고려하면 기존 도시권에서만 상업 연면적이 증가한다. 하지만 자율주행 자동차가 대중적으로 보급되고 상용화 되면 파급 효과 및 낙수 효과로 인해 국토가 균형적으로 개발될 것이다. 기존 대도시권에서는 타 지역에 비해 상업 연면적이 크게 증가함을 확인할 수 있지만 기타 지역에서도 상업 연면적이 많이 증가함을 확인할 수 있다. 성숙 단계에서 특별한 점으로 서울과 부산을 잇는 경부고속도로 따라서 지역들의 상업 연면적이 크게 증가함을 확인할 수 있으며 이뿐만 아니라 서해안 고속도로, 양양 고속도로 따라서도 상업 연면적 증가량이 높음을 확인할 수 있다. 특히 강원도 지역은 균등하게 상업 연면적이 증가함을 확인할 수 있으며 이는 국토 균형개발이 이루어짐을 암시한다.

본 논문은 미래에 대한 예측을 기반으로 분석을 수행하여서, 이로 인해 분석과정에 있어 많은 가정의 사용되어 분석이 정밀하지 못하다는 점에서 한계점이 있다. 또한, 자율주행 자동차의 상용화는 주거 입지에 큰 변화를 일으킬 것이며 이는 주거 이동으로 이어져 상업 연면적의 변화에도 큰 영향을 미칠 것이다. 이에 자율주행 자동차의 상용화가 주거면적에 미치는 영향 또한 고려한 연구를 수행하면 상업 공간 구조의 변화를 더 정밀하게 분석할 수 있을 것이다. 이와 같은 한계 점에도 불구하고 자율주행 자동차의 도입은 미래에 도시 및 국토 공간구조가 어떻게 변화하는지에 대한 가이드라인을 제시하며, 스마트 시티 핵심 요소인 자율주행 자동차의 중요성을 부각시키며 이와 관련된 기술

개발, 정책, 스마트 시티 인프라 및 입지 필요성을 제시한다는 점에서 연구의 의의가 있다.

논문접수일 : 2020년 10월 29일

논문심사일 : 2020년 11월 3일

게재확정일 : 2020년 12월 12일

참고문헌

1. 김정현·최현자, “소득탄력성을 통해 본 도시가계의 소비자 출양식에 관한 연구”, 『한국소비자학회』, 13집, 2002, pp. 281-292
2. 국토교통부, 「자율주행차 상용화 지원 방안」, 2015
3. 박재용, “Land MRIO(Multi-Region Input-Output) 모델을 이용한 지역내 산업별 토지수요 예측과 지가 안정화 방안 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 1997
4. 박추환·정영근, “우리나라 항공산업이 지역경제에 미치는 파급효과 분석: 다지역산업연관분석(MRIO)을 이용하여”, 국토연구원, 2011
5. 손명기, “다지역산업연관모형 구축을 통한 지역경제구조 및 지역산업분석”, 경기대학교 대학원 박사학위 논문, 2012
6. 오성훈·성은영·이종민·강현미, “차세대 교통기술 발전에 따른 도시공간의 대응방안 연구”, 건축도시공간연구소, 2017
7. 우승국·박지영·김범일·이동운, “자율주행자동차 도입의 교통부문 파급 효과와 과제(1차년도)”, 한국교통연구원, 2017
8. 유재문·반영환, “서비스 디자인 관점의 자동차 공유 서비스 유형 분석”, 『대한인간공학회』, 37(5), 2018, pp. 631-642
9. 윤일수, “자율주행자동차가 가져올 사회·경제적 변화”, 『한국ITS학회』, 2016
10. 이백진, “자율주행 자동차에 대한 소비자 선호도와 교통계획 분야의 대응과제”, 국토연구원, 2017
11. 이지혜, “자율주행자동차 유형별 수용에 영향을 미치는 요인의 비교 분석과 정책적 함의”, 이화여자대학교 대학원 박사학위 논문, 2018
12. 장창호·장재용·송재민, “자율주행차 도입이 국토공간 이용에 미치는 영향 연구”, 국토연구원, 2018
13. 장필성·백서인·최병삼, “자율주행차 사업화의 쟁점과 정책 과제”, 과학기술정책연구원, 2018
14. 전왕기, “산업연관분석을 활용한 스마트 항만산업의 경제적 파급효과 분석”, 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 2019
15. 한국과학기술기획평가원, “자율주행기술”, 2019
16. 한국국토정보공사, “공간정보, 자율주행의 안전벨트”, 2017
17. 허재완·김갑성·유예진, “고속철도(KTX)의 입지효과 및 개통으로 인한 수도권 인구집중 완화효과 분석”, 『대한국토도시계획학회』, 53(4), 2018, pp. 107-122
18. 박진아, “시장경제 속 소형 상업의 위협, 도시계획적 해법은 없는가?”, 『한국도시계획학회』, 13(5), 2012, pp. 51-69
19. 황의진, “교통시설건설이 도시성장에 미치는 영향분석 - 고속도로 건설의 효과예측 모형을 중심으로”, 『국토계획』, 37(2), 2002, pp.159-172
20. 최명섭·변세일, “지역 간 산업연계 활성화를 위한 KTX 정차도시 중점선도산업 분석”, 국토연구, 통권 제68권, 2011, pp. 43-60
21. Anderson, J., Kalra, N., Stanley, K., Sorensen, P., Samaras, C. and Oluwatola, T., “Autonomous Vehicle Techonoly, California”: Rand, 2014
22. Asher, I., “Towards an Autonomous World”, Masters Dissertation, Georgia Tech University, 2014
23. Bloomberg, “Bloomberg Innovation Index”, 2019
24. GSMA, “The 5G Economic Impact”, London, 2019
25. Hollander, R., “THE GLOBAL 5G LANDSCAPE: An inside look at how the US, China, South Korea, India, Brazil, and Mexico are initiating the next phase of 5G development”, Business Insider, 2020
26. International Telecommunication Union's, “Measuring the Information Society Report”, 2017
27. Lenzen, M., Pade, L.L., Munksgaard, J., “CO2 Multipliers in Multi-region Input-Output Models”, Journal of Economic Systems Research, 16, 2004, pp. 391-412
28. Nourinejad, M., Bahrami, S., and Roorda, M. J., “Designing parking facilities for autonomous vehicles”, Transportation Research Part B: Methodological, 109(C), 2018, pp. 110-127
29. O'Sullivan, A., Urban Economics, McGraw-Hill Europe, 2009
30. PATH, “Answering the challenges of regulating automated vehicle testing and development in California,” California, 2014
31. Tao Xu, Ming Zhang, Paulus T. Aditjandra, “The impact of urban rail transit on commercial property value: New evidence from Wuhan, China”, Elsevier, Transportation Research Part A : Policy and Practice, Volume91, 2016, pp. 223-235
32. Jin Kim, Ming Zhang, “Determining Transit's impact on seoul commercial land values : an application of spatial econometrics”, International Real Estate Review, Vol.8 No.1, 2005, pp. 1-26
33. Ghebreegziahiher Debrezion, Eric Pels, Piet Rietveld, “The impact of railway stations on residential and commercial

property value : a meta-analysis", *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 35(2), 2007, pp. 161-180

34. Fabio Duarte, "The impact of Autonomous Vehicles on Cities : A Review", *Journal of Urban Technology*, Volume 25, 2018, pp. 3-18
35. Miquel-Àngel Garcia-López, Camille Hémet, Elisabet Viladecans-Marsal, "Next train to the polycentric city: The effect of railroads on subcenter formation", *Regional Science and Urban Economics*, Volume 67, 2017, pp. 50-63

<국문요약>

자율주행 자동차의 상용화가 상업 공간구조에 미치는 영향

서 현 승 (Seo, Hyun-Seong)

김 민 준 (Kim, Min-Jun)

정 창 무 (Jung, Chang-Mu)

김 현 정 (Kim, Hyunjung)

본 논문은 자율주행 자동차 상용화와에 따른 전국 상업 공간 구조에 미치는 영향에 대해 연구하고자 한다. 자율주행 자동차의 출현은 도시에 극적인 변화를 가져올 것으로 예상된다. 그러나 최근의 연구는 국토 공간구조의 가능한 변화 추정이 아닌, 주로 차량 기술에 초점을 맞추고 있다. 이러한 배경에서 본 연구는 일련의 시나리오를 개발하고, 자율주행 자동차로 인한 편익 발생 모델을 구축하고, 자율주행 자동차 사용으로 인한 소득 증가로 인해 국토 공간구조의 변화를 분석하는 것을 목표로 한다. 문헌 검토를 기반으로 네 가지 시나리오를 설정하였으며, 시나리오 별 자율주행 자동차의 상용화 정도를 예측하기 위해 주요 요소의 계수를 포함한다. 각 시나리오 별 편익 계산한 것을 바탕으로 상권의 소득 및 직원 증가에 따른 전국 상업 공간 구조의 변화를 제시한다. 본 논문의 시뮬레이션 결과 자율주행 자동차가 초기 단계에서는 특정 지역에만 분포되어 있기 때문에 상업 연면적 증가량의 지역적 격차가 증가하는 것을 보여준다. 하지만 자율주행 자동차 보급률이 증가함에 따라 전국적으로 상권의 매출, 고용자 수 증가로 교외 지역도 발달하여 지역 불균형 개발이 감소한다. 장기적으로 시간이 지남에 따라 지역적 격차가 줄어들고 국토의 균형적 개발이 가능할 것으로 예상된다.

주 제 어 : 자율주행 자동차, 시나리오 분석, 편익분석, 상업 공간구조, MRIO 분석