

자율주행시대에 통근시간 만족도에 영향을 미치는 요인분석

Analysis of Factors Affecting Satisfaction with Commuting Time in the Era of Autonomous Driving

장재민* · 천승훈** · 이송봉***

* 주저자 : 한국도시정책연구소 연구소장

** 공저자 : 한국교통연구원 빅데이터플랫폼·데이터경제연구팀 연구위원

*** 교신저자 : 한국교통연구원 빅데이터플랫폼·데이터경제연구팀 박사후연구원

Jae-min Jang* · Seung-hoon Cheon** · Soong-bong Lee***

* Korea Institute for Urban Policy

** Dept. of Big Data Platform and Data Economy, the Korea Transport Institute

*** Dept. of Big Data Platform and Data Economy, the Korea Transport Institute

† Corresponding author : Soongbong Lee, habanera82@koti.re.kr

Vol.20 No.5(2021)

October, 2021
pp.172~185

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.5.172>

Received 1 September 2021
Revised 7 September 2021
Accepted 7 October 2021

© 2021. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

자율주행시대가 우리 삶에 다가오면서 삶의 변화에 많은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 자율주행자동차가 등장하면 운전자의 부담을 줄임으로 차내에서 생산적 가치가 확장되는 만큼 이를 평가할 수 있는 지표개발이 필요하다. 이번 연구는 경기도 직장인 중 승용차를 이용하는 통근자를 대상으로 자율주행 자동차가 통근시간 및 통근시간 만족도에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 통근시간 및 통근시간 만족도는 비선형 관계(V)가 도출되었다. 여기서, 자율주행시대에 영향받을 가능성이 높은 비선형 구간인 통근시간 70분 이상영역을 중심으로 이항로지스틱 모형을 통해 분석하였다. 분석결과 자율주행시대의 영향변수로는 건강도, 수면시간, 근무시간, 여가시간 등이 도출되었다. 자율주행자동차의 등장은 이러한 변수를 개선시킬 가능성이 높으므로 장거리 통근자의 통근시간 만족도는 개선될 가능성이 높다.

핵심어 : 통근시간, 통근만족도, 자율주행자동차, 로지스틱회귀분석

ABSTRACT

As the era of autonomous driving approaches, it is expected to have a significant impact on our lives. When autonomous driving cars emerge, it is necessary to develop an index that can evaluate autonomous driving cars as it enhance the productive value of the car by reducing the burden on the driver. This study analyzed how the autonomous driving era affects commuting time and commuting time satisfaction among office goers using a car in Gyeonggi-do. First, a nonlinear relationship (V) was derived for the commuting time and commuting time satisfaction. Here, the factors affecting commuting time satisfaction were analyzed through a binomial logistic model, centered on the sample belonging to the nonlinear section (70 minutes or more for commuting time), which is likely to be affected by the autonomous driving era. The analysis results show that the variables affected by the autonomous driving era were health, sleeping hours, working hours, and

leisure time. Since the emergence of autonomous driving cars is highly likely to improve the influencing variables, long-distance commuters are likely to feel higher commuting time satisfaction.

Key words : Commuting Time, Commuting Satisfaction, Autonomous driving, Logistic Regression Analysis

I. 서론

현시대는 환경의 변화속도가 빠르게 진행되고 있으며 이로 인한 통행특성 역시 급속히 변화되고 있다. 고품화 시대로 접어들면서 교통약자의 통행량은 증가하고, 여성의 사회적 진출 증가로 여성의 통행량이 증가되며, 업무시설 지방 이전으로 장거리 통근량이 증가하고 있다. 이러한 환경변화에 맞춰 정부 및 자동차 업계에서는 자율주행자동차(autonomous vehicle)의 신기술 개발에 지속적인 투자를 진행하고 있다. 국내 자율주행 자동차 관련 업체는 2030년까지 자율주행자동차 상용화를 목표로 하고 있으며, 자율주행차의 도입은 운전자의 행태에도 큰 영향을 미칠 것임이 전망되고 있다. 자율주행자동차는 이동성과 편의성을 향상시키고, 교통사고를 감소시킨다는 점에서 국내뿐 아니라 세계 각국에서 자율주행자동차 상용화를 위해 노력하고 있다. 이외에도 교통혼잡 및 배출가스를 감소시키며, 주차효율성 향상, 공유경제를 지향하는 등 자율주행시대의 기대감을 높이고 있다. 자율주행 시대가 다가오면 시민들의 삶에 많은 부분이 변화될 것으로 예상되나 자율주행자동차의 효과를 평가할 수 있는 지표들은 미흡하다. 기존 연구에 의하면 자율주행자동차의 등장은 운전자의 부담을 줄임으로 차내에서의 생산적 가치 및 여가시간을 증가시켜 운전의 피로도 이외 삶의 질적인 부분까지 높일 것으로 기대하고 있다. 자율주행자동차는 교통부문 이외에도 사회적, 문화적, 경제적 부문까지 보다 넓은 범위에 영향을 미칠 것이 예상되므로 다양한 지표의 개발이 요구된다.

이처럼 자율주행자동차의 등장은 삶의 변화에 큰 영향을 미칠 것으로 보이나 이를 다루는 연구는 미미하다. 이번 연구는 자율주행자동차 등장으로 변화가 예상되는 특성 가운데 통근시간 및 통근시간 만족도에 어떠한 영향을 미치는지를 중점으로 분석하였다. 통근시간은 직장인의 삶에 주요한 지표이므로 본 연구를 통해 자율주행시대를 대비하여 직장인의 삶의 질을 높일 수 있는 시사점을 제시하고자 한다.

II. 기존연구 고찰

자율주행차의 도입은 단순히 새로운 교통수단의 등장이 아님을 밝히고 있으며 자율주행차 도입은 운송수단 시스템의 변화뿐 아니라 사회적·문화적·경제적 특성까지 변화를 가져올 것으로 기대하고 있다. 자동차의 산업특성 역시 자율주행차의 성능과 효율성 중심에서 운전자의 안전과 편의성 중심으로 자동차의 패러다임은 변화될 것으로 예측하고 있다(Lee et al., 2018). 현재 자율주행기술 발전은 빠른 속도로 이루어지고 있지만 현실화되기까지는 기술적 한계를 제시하기도 하였다(Accenture, 2017). 자율주행차량이 본격 도입되는 2020년 전후부터 자율주행차량의 비율이 크게 증가하는 2050년까지 자율주행차량과 일반차량의 도로상 혼재는 불가피할 것으로 예측했으며, 혼재 상황에서의 문제점을 지적하였다. 또한, 막대한 인프라 구축비용, 기존 노동자 반대 문제, 보안·데이터 사고 책임 제도 정비 등 사회에서 신기술을 수용하는데 상당한 시간이 소요될 것으로 예상되고 있다. 자율주행시대의 상용화 시점이 언제가 될지는 예상하기 어렵지만, 시대적 요구 및 기술의 발전을 통해 가까운 미래에 실현될 것으로 예상된다. 이에 따라 자율주행차가 운행됨에 따라 가져

올 미래의 영향요소와 관련한 기존연구를 살펴보면 크게 교통부문, 도시사회부문(사회·경제 분야 등), 자동차 부문 등으로 정리될 수 있겠다.

교통부문의 영향으로는 자율주행자동차의 상용화는 도로 및 자동차 측면에서 도로용량, 주차공간, 대중교통 및 차량소유, 환경문제 등에 변화를 가져올 것으로 기대된다. 자율주행차는 군집주행을 가능케 하여, 도로의 최대용량을 2.5배까지 증가시키는 것으로 분석되었다(Stelios, 2014). 또한 자율주행차량의 상용화는 교통사고 발생률을 감소시키며 국내 기준 교통사고 관련 사회적 비용을 약 5조 9천억 원이 감축되는 것으로 분석되었다(Yun, 2016). 현재 대형 교통사고의 발생 원인은 운전자의 실수와 부주의로 인한 교통사고가 90%로 분석되었고, 자율주행차의 등장으로 이러한 사고 이외에도 음주운전, 졸음운전 등 운전자의 과실에 의한 사고를 크게 줄일 것으로 예상하고 있다(Lee, 2016). 이외에도 자율주행자동차는 주차장에 세워지는 시간이 감소되므로 주차공간의 수요도 줄일 것으로 전망되며, 도심부 주차장의 약 80%가 감소될 것으로 예측하고 있다(Park and Shawn, 2017).

Park et al.(2018) 연구에서는 자율주행자동차 도입으로 대중교통과 자동차 보유, 도로교통혼잡, 온실가스 및 에너지소비, 교통물류 일자리 자동차산업, 교통관련 세수, 도시공간구조 및 도로인프라 등을 주요영향 요인으로 분석하고 있다. 대중교통 및 자동차 소유에 미치는 특성으로는 다음과 같다. 긍정적 효과는 공유경제를 통해 자동차 보유대수가 줄어들며 교통취약지역에 대한 이동성 개선 효과가 예상되지만 공유자동차로 인해 대중교통 수요가 감소하며, 저소득층은 자율주행차 이용 기회가 제한될 소지가 있음을 보이고 있다(Jang et al., 2018). 환경문제의 영향으로는 자동차의 연비개선, 전기장치와 혼합기술을 통해 환경측면이 강화되는 특성이 있으나 공차통행 증가, 장거리 통행 증가 등 주행거리가 증가하여 환경적 측면이 상대적으로 악화될 소지도 있다. 일자리 특성은 운전직의 일자리가 감소하며, 승용차 판매량 역시 감소될 것으로 예상되나 모빌리티 서비스 및 IT시장 등과 융합되어 서비스 시장은 더욱 확대될 것으로 전망하고 있다(Woo et al., 2017). 도시·사회 측면의 영향으로는 여유시간 증가, 토지이용 변화, 교통약자 이동성 개선 등에 변화를 가져올 것으로 기대된다.

자율주행자동차의 자동운전 시스템은 운전자는 운전 의무에서 벗어나 자유로운 행동을 가능케 하여 운전하는 시간 동안 다른 활동이 가능하다. 운전자가 운전으로부터 자유로워지면 하루 평균 한 시간의 자유시간이 생긴다는 연구결과가 도출되었다. 이러한 행위는 자동차는 이동수단이 아닌 활동의 공간으로 변하게 될 것이다. 이러한 환경적 변화는 운전자 행동의 변화를 이끄는 만큼 인터넷 사용, 미디어 소비 등의 증가가 예상되며 출퇴근 직장인은 운전으로부터 해방되므로 업무를 보거나, 책을 읽는 등 생산적인 일을 할 수 있게 된다(LG CNS, 2016). 이외 장거리 이동이 편리해짐에 따라 여행의 수요도 증가할 것이며 특히 새벽시간의 이용객이 늘어날 것으로 예상된다.

토지이용 특성에도 영향을 미칠 것으로 보인다. 자율주행자동차는 이동 중에 시간을 효율적으로 사용 가능케 함과 동시에 직장인들은 도심에 주거지를 확보할 이유가 상대적으로 적어질 것이며 이는 장거리 출퇴근이 가능케 함으로 도시부 확대가 예상된다. 실제로 미국 캘리포니아주 산타모니카의 비영리 연구소인 랜드 코퍼레이션은 '자율주행 자동차의 등장으로 대도시 지역 주변의 인구가 분산되고, 인구 밀도가 낮은 지역의 토지 이용 추세가 늘어날 것'이라고 언급하고 있다.

교통약자 역시 자율주행차 등장으로 이동권을 보호받을 수 있으며 고령화 시대에 직면한 새로운 대안책으로 마련될 수 있다. 자동차 측면의 영향으로는 내부공간의 변화, 차량 내에서의 활동 내용 등에 변화를 가져올 것으로 기대된다.

자율주행자동차가 도입되면 자동차는 이동수단 이외 다수 기능을 수행하게 될 것이다. 자동차 전문가에 의하면 “미래에는 자동차가 단순한 교통수단을 넘어 움직이는 생활공간으로 자리 잡을 것”으로 자동차가

‘인포테인먼트(Infotainment)의 중심이 된다’고 표현하고 있다. 내부공간은 기존 자동차의 경우 운전자가 운전하는 공간으로 인식되고 있지만, 자율주행차는 가정과 직장을 이은 제3의 공간으로 해석된다. 활동 영역도 기존 자동차는 통화하거나 음료마시기, 내비게이션, 음악과 동영상 등을 재생하는 활동으로 범위가 좁혀지지만 자율주행차는 화상통화 및 식사 해결, 스마트폰 운영체제(OS)가 적용되면서 다양한 활동을 수행할 수 있다. Park et al.(2018)의 연구는 실제 자율주행차로 인한 사회적 파장은 수요자들이 새로운 기술을 어떤 형태로 어떻게 소비하는지에 따라 다를 수 밖에 없음을 밝히고 있다. 따라서 자율주행자동차 도입의 효과를 긍정적인 방향으로 유도할 수 있도록 공공부문의 지원이 필요함을 암시하고 있다.

Ⅲ. 연구 내용 및 방법론

자율주행시대의 등장은 인문·사회, 문화, 경제적 부문 등 다양한 분야에 영향을 미칠 것으로 보이며 자율주행자동차의 상용화에 대비하여 새로운 평가지표개발 및 이에 대한 진단이 필요한 시점이다. 이번 연구에 사용된 분석 자료는 경기연구원(GRI)이 2016년에 실시한 제1차·경기도민 삶의 질 조사'로서 경기도 주민을 대상으로 삶의 질을 측정하기 위한 조사이다. 자료 범위는 경기도 시·군 31개에 거주하는 2만 가구의 가구주를 대상으로 표본을 선정하였고, 이 가운데 통근을 시행하는 16,763명의 직장인이 분석 대상에 포함되었다. 자율주행 기술은 승용차, 대중교통 등 다양한 교통수단에 활용될 수 있지만 승용차를 직접 운전하는 자가용 운전자에게 상대적으로 영향력이 클 것으로 기대된다. 이러한 논리적 가정하에 본 연구는 통근을 시행하는 16,763명 가운데 승용차를 이용하는 6,700명의 직장인을 대상으로 분석하였다. 분석방법은 빈도분석 및 사례 연구를 시행한 뒤 의사결정나무와 이항로지스틱 회귀분석을 기반으로 통계적 검증을 시행하였다.

통근시간 만족도는 이진형 변수(만족, 불만족)로 이항로지스틱 회귀분석을 사용하였고 기본식은 식(1)과 같다.

$$P = \frac{\exp[f(x_i, \beta_i)]}{1 + \exp[f(x_i, \beta_i)]} = \frac{\exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]}{1 + \exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]} \dots\dots\dots (1)$$

- P : 통근시간이 만족스러운 확률
- x_i : 통근시간이 만족스러운 직장인에 영향을 미치는 변수
- β_i : 모형에서 추정된 계수 값

범주형으로 구성된 종속변수인 경우는 최대우도법(maximum likelihood)을 적용하며, 조사된 자료의 가능성을 최대화 할 수 있는 값으로 미추정치를 계산할 수 있다. 식(1)은 비선형관계로 로그(log)화 시켜 식 (2)를 통해 변형시키면 선형형태로 변하게 되는데 이를 로지스틱 변환(logistic transformation)이라 한다.

$$\ln P = \ln \frac{\exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]}{1 + \exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]} = \ln \left[\frac{P}{1 - P} \right] = \beta_0 + \sum \beta_i x_i \dots\dots\dots (2)$$

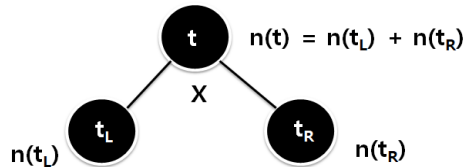
이의 승산비(odds-ratio)는 독립변수 중 다른 변수가 고정되어 있을 때 해당 변수가 얼마나 위험한지를 설명할 수 있다. 각각의 설명변수가 직장인의 통근시간 만족도에 영향을 미치는 정도를 승산비(odds-ratio)를 통해 측정 수 있다. 입력변수에 대한 회귀계수의 유의성은 Wald 통계량으로 확인할 수 있으며 이 값이 클수록 독립변수가 종속변수에 미치는 영향이 크다고 해석될 수 있다(Kim et al., 2015).

$$odd\ ratio = \frac{\frac{P_{H1}}{1 - P_{H1}}}{\frac{P_{H0}}{1 - P_{H0}}} \dots\dots\dots (3)$$

- P_{H1} : 설명변수가 고려된 통근시간이 만족스러운 직장인 여부일 확률
- P_{H0} : 설명변수가 고려되지 않은 통근시간이 만족스러운 직장인 여부일 확률

통근시간은 통근시간 범위에 따라 영향받는 변수가 상이할 것으로 추정되므로 의사결정나무를 통해 통근 시간을 구분하였다. 의사결정나무는 분류(classification) 및 회귀문제(regression problems) 등 다양한 분석에 폭 넓게 사용되는 데이터 마이닝 알고리즘 방법 중 하나로 나무(tree) 전체의 동질성이 최대화되는 방향으로 성장해 나간다. 이것은 개별 노드의 동질성을 최대화할 수 있는 분리 기준을 채택함으로써 계산될 수 있다.

오른쪽 그림과 같이 부모노드 (parent node) t 가 두 개의 자식노드(children nodes) t_L 과 t_R 로 분리된다면 각각의 노드에 소속된 개체(instance)의 수는 $n(t)$, $n(t_L)$, $n(t_R)$ 로 $n(t) = n(t_L) + n(t_R)$ 이 된다.



노드 t 에서, 범주형 목표변수의 경우 동질성의 척도인

엔트로피(entropy)와 지니지수 (Gini index)는 각각 다음과 같이 표현될 수 있다

$$h(t) = - \sum_{j=1}^k \frac{n_j(t)}{n(t)} \log \frac{n_j(t)}{n(t)} \dots\dots\dots (4)$$

$$h(t) = 1 - \sum_{j=1}^k \frac{n_j^2(t)}{n^2(t)} \dots\dots\dots (5)$$

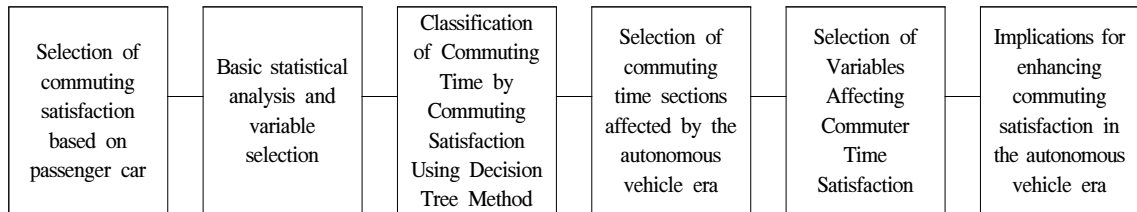
노드 t 의 동질성이 클수록 $h(t)$ 는 감소하며 0에 가까워진다. 따라서 다음과 같이 정의되는 노드 분리 이득이 가장 높아지는 속성변수와 그 조합이 선택됨으로써 노드를 분리시킨다.

$$\eta(t) = h(t) - p(t_L)h(t_L) - p(t_R)h(t_R) \dots\dots\dots (6)$$

여기서 $p(t_L) = n(t_L)/n(t)$ 이고, $p(t_R) = n(t_R)/n(t)$ 으로 이 과정을 모든 노드에 걸쳐 수행하면 동질성이 최대화하는 방향으로 성장하게 된다. 엔트로피나 지니지수와 동일한 목적으로 카이제곱 통계량(chi squared statistic)을 사용할 수도 있으며 CHAID(chi-squared automated interaction detection) 알고리즘도 동일한 경우이다. 이러한 관점에서 의사결정나무의 CHAID 방식은 다변분할이 수행 가능하기 때문에 통근시간 만족도를 시간대별로 구분하기에 적합하다. 그러나 샘플 크기가 작으면 오차가 커질 확률이 높아 다소 큰 샘플이 필요하나 이번 연구에 사용 될 데이터 약 6.7천명으로 충분한 표본수를 확보하여 적합한 것으로 판단된다.

이번 연구에 사용될 종속변수는 통근시간 만족도를 선정하였고, 자율주행자동차의 등장은 다양한 환경에 영향을 미칠 것이 예측되므로 독립변수는 개인 및 가구특성, 지역특성, 업무특성, 교통특성 등 다양한 지표를 선정하여 적용하였다.

연구방법은 통근시간대별로 만족도에 영향을 미치는 요인은 상이할 것으로 추정되는 만큼 의사결정나무를 기반으로 통근시간을 구분하였다. 구분된 통근시간을 기준으로 통근시간 만족도에 영향을 미치는 변수를 추정한 뒤 도출된 영향변수를 일반적인 영향변수와 자율주행시대의 영향변수로 분류한 뒤 시사점을 제시하였다.



<Fig. 1> Research method

IV. 자료분석

1. 분석자료 구축

통근시간 만족도를 결정하는 요인을 파악하기 위해 경기연구원(GRI)이 2016년 시행한 ‘경기도민 삶의 질 조사’를 분석 자료로 활용하였다. 본 조사는 경기도 2만 가구의 가구주를 대상으로 조사하였으나 이 가운데 승용차로 통근을 시행하는 6,700명을 대상으로 분석하였다. 설문 조사표에서 통근시간 만족도는 4점 척도(1. 매우 불만, 2.불만, 3.만족, 4.모름)로 구성되었지만, ‘모름’은 제외하였고, ‘매우불만’은 표본수가 적어 ‘불만’과 합산하여 최종 변수는 2점 척도(1.만족, 2.불만족)인 이진형 변수로 적용하였다.

2. 통근시간 및 통근시간 만족도 특성분석

승용차 이용자 기준 통근시간 만족도별 통근시간 특성을 분석한 결과는 <Table 1>과 같다. 승용차를 이용하는 직장인의 평균 통근시간은 약 42.5분으로 나타났고, 이를 만족도별로 살펴보면 매우불만은 66.8분, 불만은 52.3분, 만족은 39.7분을 보였다. 표본수 가운데 매우불만의 표본수가 적어 매우불만 및 불만을 결합하여 불만으로 재가공한 뒤 만족 및 불만족의 이진형 변수로 분석을 시행하였다.

<Table 1> Attitudes toward commuting time

Attitudes toward Commuting Time	Observations	Proportion(%)	Commuting Time(mins)	Standard Deviation(mins)
Satisfied	5290	79.0%	39.7	25.6
Dissatisfied	1349	20.1%	52.3	24.3
Very Dissatisfied	61	0.9%	66.8	23.9
Total	6,700	100.0%	42.5	25.9

기존 연구에 의하면 자율주행자동차 시대가 도래하면 VMT 또는 VKT 증가로 인해 도심외곽에 거주하는 직장인이 늘어 주택소유가 높아지며, 주차장은 감소될 것으로 예상된다. 운전자는 운전의 의무에서 벗어나 자유로운 활동을 가능케하므로 이동시간 동안 수면을 취하거나, 화상회의, 음식섭취, 트레이닝 등 차량공간에서 자유로운 시간을 보낼 수 있다. 이외에도 교통사고 발생률을 감소시키며, 차량혼잡 감소 등 많은 부분에서 사회적 변화 및 행동변화가 발생할 수 있음 보인다. 이렇듯 자율주행자동차 시대는 다양한 변화가 예측되나 이번연구는 가용지표의 한계로 경기도 삶의 질 연구에서 조사된 문항을 기반으로 최대한 반영하였고 그 결과 <Table 2>와 같다. 주택소유, 수면시간, 주차용량, 보행안전(교통사고), 건강도(트레이닝), 여가시간 만족도, 근로시간 등을 가용변수로 적용하였고 이러한 변수를 중심으로 통근시간 만족도와와의 관계를 살펴본 결과 가용변수의 값이 증가할수록 통근시간 만족도가 높아지는 것을 확인하였다. 즉, 주택을 소유할수록, 수면시간이 높을수록, 주차용량 만족도, 보행안전 만족도, 건강도, 여가시간 만족도가 높을수록 통근시간이 만족스러운 직장인에서 해당변수의 평균값은 높아지나, 불만족스러운 직장인은 해당변수의 평균값이 낮아지고, 매우불만족스러운 직장인의 평균값은 더욱 낮아지고 있다. 통근만족도에 대하여 해당변수의 평균값에 차이가 있는지를 검증하기 위해 분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 분석결과 주택소유는 통근만족 및 불만족, 수면시간은 통근만족 및 매우불만족, 주차만족도는 통근만족 및 매우불만족, 보행만족도는 통근만족 및 매우불만족, 건강도는 통근만족 및 불만/매우불만족 모두에서 차이를 보이며, 여가시간 만족도는 통근만족 및 매우불만족, 근무일수는 통근만족 및 불만/매우불만족 모두에서 차이를 보이고 있다.

<Table 2> Estimation of Influence Variables in the Era of Autonomous Vehicles

Attitudes toward Commuting Time	Home ownership (1.yes, 0.no)	Sleeping time (minutes)	Parking capacity satisfaction (4 Likert scale)	Walking safety satisfaction (4 Likert scale)	health care level (4 Likert scale)	Leisure time satisfaction (4 Likert scale)	Working days	Working hours
							day/7days	hours/days
Very Dissatisfied	0.41	389.50**	2.57***	2.73*	2.54***	2.52**	5.25***	8.73
Dissatisfied	0.47***	409.57	2.75	2.82	2.93***	2.58	5.36*	8.64
Satisfied	0.56***	413.67**	2.79***	2.89*	3.01***	2.74**	5.50*** /*	8.55

* P<0.1 , ** P<0.05, *** P<0.01

3. 변수선정

본 연구는 자율주행자동차 등장에 대해 통근시간 만족도에 미치는 영향변수를 추정하는 것이다. 자율주행 자동차 등장은 승용차 운전자에게 미치는 영향이 높을것으로 추정되므로 통근 시 승용차를 이용하는 6,700 명의 직장인을 대상으로 통근시간 만족도에 미치는 영향요인을 분석하였다. 종속변수는 승용차 이용자의 통근시간 만족도를 적용하였고, 독립변수는 <Table 3>과 같다.

구조적 변수로는 교통특성 및 지역특성으로 구분하였고, 교통특성에는 어린이 교통안전 만족도, 자동차 소유 유무, 지역특성은 주택소유 유무, 주요시설 만족도, 거주년도를 적용하였다. 비구조적 변수는 개인행동 및 특성, 인구사회학적특성, 업무관련특성으로 구분하였고, 개인특성은 수면시간, 여가시간 만족도, 규칙적 운동시행, 자신의 건강도, 이웃만족도, 인구사회학적특성은 성별, 연령, 가족수, 가구수입, 혼인, 학력, 초중고 및 영유아 자녀 유무, 마지막으로 업무관련특성은 직장안정성, 자영업 해당, 근무일수, 근무시간, 근속년수를 적용하였다.

<Table 3> Explanatory variables in this study

Main category	Medium category	Variable	Variable type
Structural variable	Traffic characteristics	Child traffic safety	Four-point scale ranging from 1 to 4
		Own a car	Categorical variable (Yes, No)
	regional characteristics	Own a house	Categorical variable (Yes, No)
		Public facility	Four-point scale ranging from 1 to 4
		House duration	Continuous variable (unit: year)
Non-structural variables	Individual behavior and attitude	Sleeping time	Continuous variable (unit: minute)
		Leisure time	Four-point scale ranging from 1 to 4
		Regular exercise	Four-point scale ranging from 1 to 4
		Healthiness	Four-point scale ranging from 1 to 4
		Relationship with neighbors	Four-point scale ranging from 1 to 4
	Sociodemographic variables	Gender	Categorical Variable (Male, Female)
		Age	Continuous variable (unit: age)
		Numbers of household members	Continuous variable (unit: person)
		Household Income	Continuous variable (unit: ten thousand won)
		Marital Status	Categorical variable (Married, Single)
		Graduated from college or above	Categorical variable (Yes, No)
		Having a school-aged child	Categorical variable (Yes, No)
		Having a preschool child	Categorical variable (Yes, No)
	Job-related characteristics	Job stability	Categorical variable (Yes, No)
		Self-employed	Categorical variable (Yes, No)
		Weekly working days	Continuous variable (unit: day)
		Weekly working hours	Continuous variable (unit: hour)
		Daily working hours	Continuous variable (unit: hour)
		Job duration	Continuous variable (unit: year)

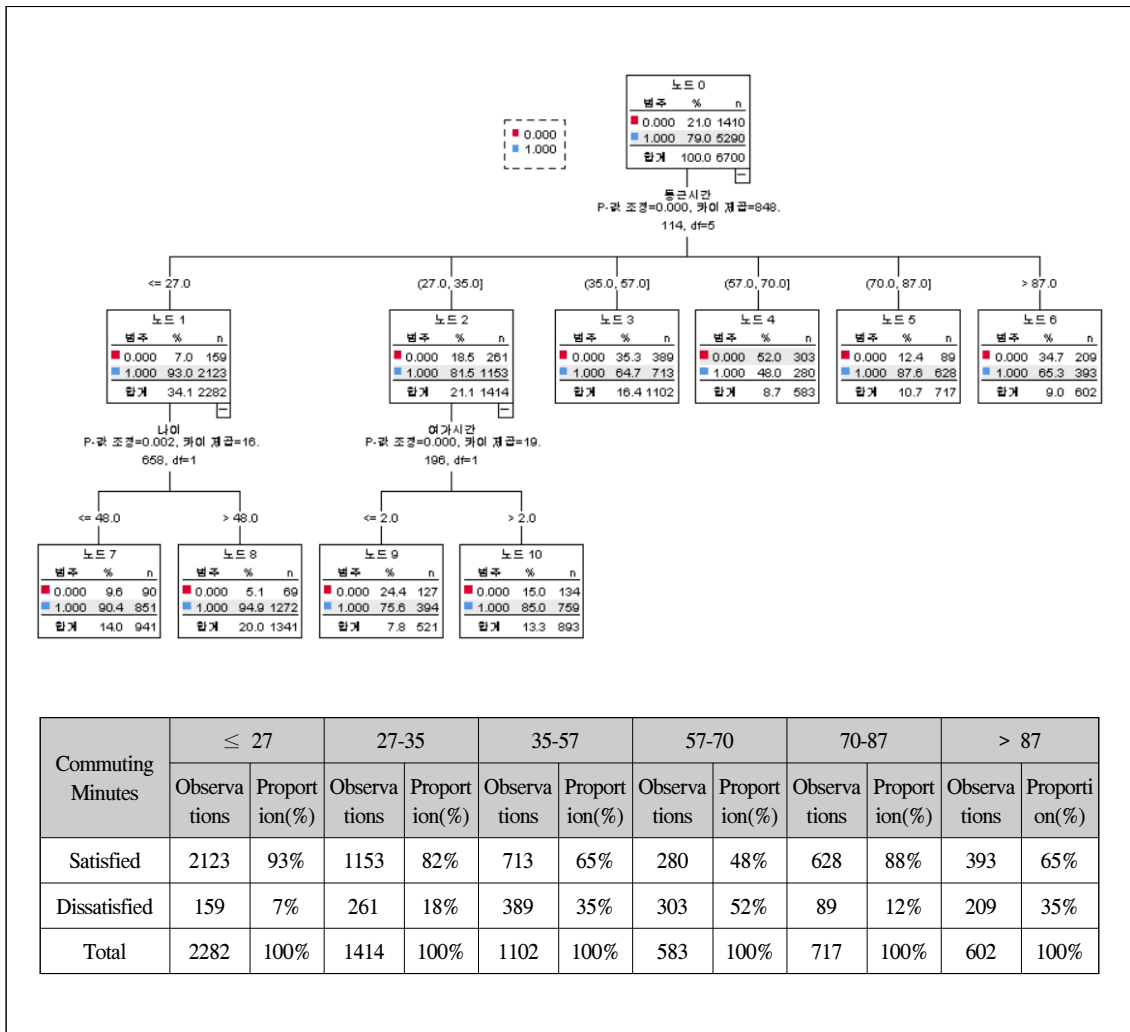
*For each binary categorical variable, “0” refers to Female, Single, No and “1” refers to Male, Married, Yes.

V. 분석결과 및 논의

1. 의사결정나무 분석결과

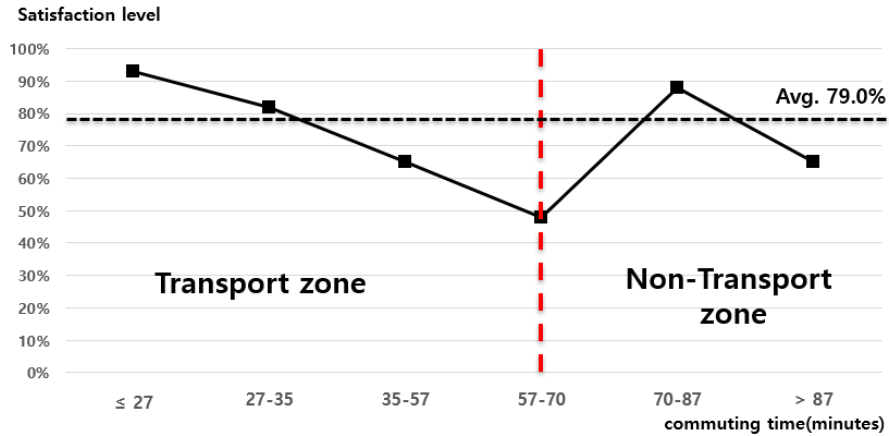
통근시간 만족도는 통근시간대별로 영향을 미치는 변수가 상이할 것으로 예상되므로, 우선 통근시간을 구분하는 것이 필요하다. 통근시간을 나누기 위해 의사결정나무의 Chi-square Automatic Interaction Detector (CHAID) 방식을 활용하였다. CHAID 알고리즘은 목표변수가 범주형일 때 Pearson 카이제곱 통계량을 활용하며 목표변수가 연속형이면 F-검정을 이용하여 2개 이상의 분리가 일어나는 것을 허용하는 다지 분리 (multiway splits)를 수행하는 것으로 부모와 자식노드는 표본수를 감안하여 500으로 선정하였고, 만족은 1, 불만족은 0을 적용하였다. 승용차 이용자를 대상으로 분석한 결과 통근시간 만족도를 구분 짓는 첫 번째 요인

은 통근시간으로 도출되었고, 이후 연령 및 여가시간 만족도 등이 도출되었다. 통근시간은 6개로 분할되었으며 분할된 통근시간은 <Fig. 2>와 같다.



<Fig. 2> Decision tree analysis results

의사결정나무에서 도출된 통근시간과 통근시간 만족도 간의 상관성을 도식화한 결과 선형 관계가 아닌 V 형태를 보이고 있다. 이는 전체 교통수단을 기준으로 통근시간 및 통근만족도 간의 상관성을 분석한 기존 사례 연구와 유사한 구조이다(Jang and Ko, 2019). 즉, 선형관계가 보이는 영역(=통근시간 70분이하 영역)과 비선형 관계를 보이는 영역(=통근시간 70분이상 영역)이 혼합된 것을 볼 수 있다. 선형관계 영역은 통근시간 만족도가 통근시간에 비례하는 구간으로 통근시간이 개선된다면 만족도를 높일 수 있지만, 비선형관계 영역은 통근시간이 아닌 다른 변수에 영향을 받고 있으므로 통근시간을 줄이는 것 이외 다른 변수를 높일 필요가 있다.



<Fig. 3> Decision tree analysis results

2. 이항 로지스틱 회귀분석 결과

승용차를 이용하는 직장인 가운데 의사결정나무로 구분된 7개 영역 중 비선형 구간인 70-87분, 87분 이상을 대상으로 이항로지스틱 회귀모형을 시행하였다. 통근시간이 70-87분인 직장인은 717명, 87분 이상인 직장인은 602명으로 구성되었고 통근시간 만족도에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과 다음과 같다. Hosmer와 Lemeshow 검정의 유의확률은 0.05 이상으로 모형의 적합성은 유의한 것으로 나타났다. 영향요인 분석결과 개인 및 가족특성, 거주지 특성, 회사특성, 성격 및 태도 특성 등 다양한 특성이 도출되었고 이 가운데 양(+)의 영향을 보이는 변수는 통근시간이 길어도 만족도를 높이는 변수로 해석될 수 있겠다.

<Table 4> Model Summary & Hosmer and Lemeshow Test

Division	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square	Division	Chi-square	df	Sig.
70-87	445.136	.121	.230	70-87	9.371	8	.312
more than 80	670.759	.162	.224	more than 80	18.457	8	.132

<Table 5> Classification Table

Division		Predicted		
		.00	1.00	Percentage Correct %
70-87 minute	.00	9	80	10.1
	1.00	5	623	99.2
Total percentage				88.1
more than 80 minute	.00	98	111	46.9
	1.00	53	340	86.5
Total percentage				72.8

비 선형구간의 모든 구간에서 영향을 미치는 변수는 가구원수, 직장경력, 이웃관계 만족도, 건강정도 변수

가 도출되었다. 가구원 수가 많고, 직장경력이 높고, 이웃 관계 만족도가 높고, 건강 정도가 높을수록 통근시간 만족도를 높이는 것으로 나타났다. 가구원 수가 많을수록 가족을 기반으로 최적 효용을 선택함에 따라 본인의 통근시간이 늘어날 가능성이 높음을 의미하고 있다(Raul et al., 2014). 근속년도가 높을수록 고용형태가 안정적인 가능성이 높으며 직장을 장기적으로 다닌다는 것은 직장의 만족도가 높거나 또는 이직이 쉽지 않음으로 해석될 수 있다. 이외에도 근속년도가 높을수록 연령대가 높고, 소득에도 영향을 미치므로 통근만족도 역시 높아지는 것으로 해석될 수 있다. 거주지 인근 이웃 관계 만족도가 높을수록 통근 만족도를 높이는 것으로 보인다. 마지막으로 건강도가 높을수록 만족도를 높이며 통근을 방해하는 요소인 감기, 두통 등은 통근만족도를 낮추는 것으로 나타났다(Novaco et al., 1990).

각 구간별 영향을 미치는 변수는 70-87분 구간은 나이, 혼인(기혼), 수면시간, 거주년도, 편의시설 만족도, 정규직, 규칙적 운동, 일일 근로시간이 통근시간 만족도를 높이고 있으며, 87분 이상 구간은 여가시간 만족도, 근로시간, 근로일, 학력(대학이상), 소득, 자영업 등에서 만족도를 높이고 있다.

<Table 6> Coefficients

	Division	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
70-87 minute	Age	-.039	.016	6.247	1	.012	.961
	Numbers of household members	.204	.077	7.000	1	.008	1.227
	Marital Status	-1.656	1.043	2.519	1	.112	.191
	Sleeping time	.007	.003	5.228	1	.022	1.007
	House duration	-.045	.018	6.606	1	.010	.956
	Public facility	.825	.332	6.167	1	.013	2.281
	Job duration	.095	.021	20.477	1	.000	1.099
	Job stability	.653	.253	6.675	1	.010	1.921
	Relationship with neighbors	.342	.170	4.017	1	.045	1.407
	Regular exercise	-.660	.189	12.216	1	.000	.517
	Healthiness	.482	.246	3.856	1	.050	1.620
	Daily working hours	-.265	.098	7.286	1	.007	.767
	Constant	2.335	.876	6.675	1	.004	3.068
more than 87 minute	Numbers of household members	.129	.060	4.687	1	.030	1.138
	Graduated from college or above	.621	.238	6.814	1	.009	1.861
	Household Income	-.002	.001	6.703	1	.010	.998
	Self-employed	.543	.306	3.142	1	.076	1.720
	Weekly working days	-.595	.218	7.453	1	.006	.551
	Weekly working hours	.034	.011	9.022	1	.003	1.035
	Job duration	.072	.016	20.277	1	.000	1.075
	Leisure time availability	.463	.161	8.228	1	.004	1.589
	Relationship with neighbors	.760	.123	37.937	1	.000	2.137
	Healthiness	.481	.181	7.034	1	.008	1.617
Constant	-3.159	1.283	6.067	1	.014	.042	

3. 자율주행시대의 영향도 분석

비선형구간인 71~87분과 87분 이상에서 도출된 영향변수를 기반으로 일반변수 및 자율주행시대 변수로 나누면 다음과 같다. 자율주행시대 변수는 자율주행 시대에 따라 영향을 미칠 것으로 추정되는 변수인

<Table 2>를 기반으로 선정하였다. 건강도, 수면시간, 근무시간, 여유시간 등이 높아질수록 통근시간 만족도를 높이는 만큼 자율주행시대가 도입되면 장거리 통근에서 통근 만족도를 높일 수 있겠다.

<Table 7> Classification of influence variables in the transportation and non-traffic areas

Division	Non-Transport zone	
	71-87 minute	> 87 minute
General Influence Variables	Numbers of household members(+) Job duration(+) Relationship with neighbors(+) Public facility(+), Job stability(+) Age(-), Marital Status(-), House duration(-) Regular exercise(-)	Numbers of household members(+) Job duration(+) Relationship with neighbors(+) Graduated from college or above(+) Household Income(-) Self-employed(+)
Influence Variables in the Era of Autonomous Vehicles	Healthiness(+), Sleeping time(+), Daily working hours(-)	Healthiness(+), Leisure time availability(+), Weekly working hours(+), Weekly working days(-)

VI. 결론 및 향후연구

이번 연구는 직장인의 삶 가운데 큰 영역을 차지하는 통근시간에 대해 살펴보았다. 국내는 주택가격 상승 문제, 공기업 지방 이전, 수도권 중심 신도시 개발 등의 환경변화로 직장인의 통근시간 및 통근거리를 증가 시킴에 따라 장거리 통근은 증가되고 있다. 정부 역시 통근시간을 줄이고자 노력하지만 통근시간은 다양한 지표에 영향을 받는 만큼 줄이기란 쉽지 않다.

미래의 통근환경 개선을 위한 방안으로 자율주행 자동차의 관심이 높아지고 있으며 자율주행시대가 다가 오면 통근활동에 어떠한 변화가 나타나는지 궁금하다. 자율주행자동차는 자신이 운전을 하지 않아도 자동적으로 운행되는 시스템으로 운행시간 동안은 자유롭게 다른 일을 할 수 있다. 이는 통근시간은 동일하더라도 차내에서 다양한 활동이 가능하므로 통근시간 만족도는 높아질 수 있음을 추측해 볼 수 있겠다. 이번 연구는 통근시간 및 통근시간 만족도 지표를 동시에 사용하여 자율주행시대가 통근활동에 미치는 영향을 파악하고자 노력하였다. 자율주행자동차 등장은 승용차 이용자에게 상대적 영향이 높을 것으로 예측되므로 분석자료는 경기도 직장인을 대상으로 승용차를 이용하는 통근자를 중심으로 분석하였다. 먼저 통근시간 및 통근만족도의 상관성을 분석한 결과 선형관계가 아닌 비선형 관계가 도출되었으며 이를 선형구간 및 비선형 구간으로 구분한 뒤 자율주행시대에 영향을 받을 것으로 추측되는 비선형 구간을 중심으로 분석하였다.

분석결과 비선형 구간의 모든 영역에서 영향을 미치는 변수로는 가구원수, 직장경력, 이웃관계 만족도, 건강정도 변수가 도출되었다. 이외 각 구간별 영향을 미치는 변수는 70-87분 구간은 나이, 혼인(기혼), 수면시간, 거주년도, 편의시설 만족도, 정규직, 규칙적 운동, 일일 근로시간이 통근시간 만족도를 높이고 있으며, 87분 이상 구간은 여가시간 만족도, 근로시간, 근로일, 학력(대학 이상), 소득, 자영업에서 만족도를 높이고 있다.

일반적으로 통근시간이 길어지면 통근시간 만족도가 낮아지는 것이 특성이지만, 승용차 통근자를 대상으로 분석한 결과 비선형 특성(V자 형태)을 보였다. V자 특성을 보인다는 것은 일정 구간까지의 통근시간 만족도는 통근시간에 비례하지만 이후로는 통근시간 이외 다른 변수에 상대적 영향이 높다는 해석이 가능하겠다.

자율주행시대가 다가오면 교통 및 사회적 측면에서 다양한 변화가 예상되지만 이를 정량적으로 측정하기는 쉽지 않다. 또한 현시대는 자율주행자동차와 관련하여 공개된 자료가 상당히 부족한 만큼 이를 활용하기

란 쉽지 않다. 이런 배경하에 이번 연구는 자율주행시대는 교통 및 사회 분야의 전반적인 영향을 미칠 것으로 추정되므로 다양한 넓은 변수를 기반으로 분석한 것이 기존 연구와 차별성을 지닌다.

이번 연구의 한계점은 자율주행자동차가 영향을 미치는 범위를 통근시간 및 통근시간 만족도에 한정하여 분석한 것이다. 자율주행자동차 도입으로 교통 및 사회적 변화를 설명하기 위해 가용변수를 최대한 활용하였으나 이는 어디까지나 가정에 의한 것으로 현실과 다소 상이할 수 있다는 것을 염두할 필요가 있다. 이외에도 자료의 범위가 경기도 통근자를 기반으로 분석한 것, 분석 데이터가 설문조사 자료를 기반으로 분석했다는 점 등이 한계점으로 남는다. 머지않아 자율주행자동차 시대가 다가오는 만큼 통근활동을 평가할 수 있는 지표로 통근시간 이외 다른 평가지표의 개발은 지속적으로 필요할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 21AMDP-C160881-01)

REFERENCES

- Accenture(2017), *Insuring Autonomous Vehicles Report*,
<https://www.accenture.com/us-en/insight-autonomous-vehicles-opportunity-insurers>
 (Accessed November 1, 2017)
- Jang C. H., Jang J. Y. and Song J. M.(2018), “Analysis of Impacts of Autonomous Vehicles and Car-sharing on Spatial Configuration in Urban Areas: Focusing on Parking Demand,” *The Korea Spatial Planning Review*, vol. 1, no. 99, pp.151-169.
- Jang J. and Ko J.(2019), “Factors associated with commuter satisfaction across travel time ranges,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 66, pp.393-405.
- Kim J. H., Choi K. C. and Kim S. H.(2015), “Perceived Features of Cycling and Value of Public Bike System,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 33, no. 2, pp125-135.
- Lee B. Y.(2016), “Trends and Prospects of Technology Development for Self-driving Cars in Korea and abroad,” *Journal of Communications and Networks*, vol. 33, no. 4, pp.10-1.
- Lee J. H., Chang H. S. and Park Y. I.(2018), “Influencing Factors on Social Acceptance of Autonomous Vehicles and Policy Implications,” *Korea Technology Innovation Society*, vol. 21, no. 2, pp.715-737.
- LG CNS(2016), *Changes to be brought about by self-driving cars*, <https://blog.lgcns.com/1205>
- Novaco R. W., Stokols D. and Milanesi L.(1990), “Objective and subjective dimensions of travel impedance as determinants of commuting stress,” *Am. J. Community Psychol.*, vol. 18, pp.231-257.
- Park J. Y., Woo S. K. and Lee D. Y.(2018), *Impact Analysis of Autonomous Vehicles and Policy Implications*, The Korea Transport Institute Research Report.
- Park Y. S. and Shawn H.(2017), *Residential Revolution 2030: House is no longer home*, Kyobo Book.

- Raul S. N., Gisleia D. and Antonio P.(2014), "Gender and commuting time in São Paulo Metropolitan Region," *Urban Studies*, vol. 52, no. 2, pp.298-313.
- Stelios R.(2014), *The Impact of Autonomous Vehicles on Cities*, Journeys.
- Woo S. K., Park J. Y., Kim B. I. and Lee D. Y.(2017), *Autonomous Vehicle Impact on Transportation and Future Work*, The Korea Transport Institute Research Report.
- Yun I. S.(2016), "Socio-economic changes brought by autonomous vehicles," *ITS Brief no. 38*, Intelligent Transport System.