

인구 고령화를 고려한 승용차 보급예측 연구

김현우¹ · 이두헌* · 양준석²

¹산업연구원 · ²성균관대학교

Forecasting of Car Distribution Considering the Population Aging

Kim, Hyunwoo¹, Lee Du-Heon*, Junseok Yang²

¹Korea Institute for Industrial Economics & Trade

²School of Economics, Sungkyunkwan University

Abstract : It has been a long time since cars had become important means of transportation in human life. Since 1970s, cars have been increasing steadily because of rising individual income and changing lifestyle toward leisure and convenience. The number of cars is just 1.8 per thousand populations in 1970s, however, in 2012, it has increased to 291.15. Forecasting the demand for cars would be useful to plan, construction or management in the field of motor industry, road building and establishing facilities. Our study predicts the demand of cars through estimating the growth curve model. Especially, we include ageing variables to forecasting identifying the effect of ageing on the demand of cars. The main findings are as follows. In 2045, the number of cars is expected to reach 486.8 per thousand populations with passing a primary saturation point at early 2020s. Also, due to effect of ageing, the predicted demand of cars is about 10% lower than in case of which if ageing effect not exist.

Keywords : Car Distribution Forecast, Logistic Regression Analysis, Diffusion Model, Population Ageing

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대사회에서 자동차는 단순히 이동수단을 넘어 삶의 질 향상을 위해 없어서는 안 되는 필수재로 자리매김한 지 오래다. 국토교통부에 따르면, '13년 12월말 자동차 등록대수는 1,940만대 수준이 될 것으로 예상되어 가구 당 1.1대의 자동차를 보유하고 있다. 물론 여기에 포함된 자동차는 화물차와 버스 등이 포함된 것으로 우리나라의 모든 가구에서 자동차 1대 이상을 보유하고 있다고 볼 수는 없지만, 1963년도 3만대에 불과했던 우리나라 자동차 수는 50년이 지난 지금 647배나 증가한 만큼 자동차는 매우 빠른 속도로 증가하였다. 자동차 수가 급증하는 이유로는 경제성장으로 인한 개인 소득증대와 기업 발전 및 기업 수 증가 등으로 자동차를 보유

하는 것이 '60~'70년대에 비해 어렵지 않게 된 것이다.

자동차 수의 증가는 자동차와 관련된 산업 및 인프라, 제도, 기술 등의 발전으로 이어져 우리 생활에 긍정적인 영향도 가져왔으나, 교통사고 및 교통체증, 환경오염, 에너지 수입증대 등과 같은 문제점도 발생시켰다.

이처럼 우리 사회에 많은 영향력을 주는 자동차와 관련된 다양한 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 특히, 대표적인 개인 이동수단인 승용차의 보유대수를 예측하는 것은 여러 가지 측면에서 매우 유용하다. 가령, 승용차 수의 예측은 교통문제에 대한 전망이며, 각종 조세정책에 이르기까지 여러 문제나 정책에 대한 전망을 가능하게 하고 이에 대한 대처를 할 수 있기 때문이다. 그 중에서도 승용차의 장래보유대수 예측은 일반도로 및 고속도로건설 계획 수립시 적정 도로노선과 건설구간 등에 중요한 참고자료가 될 수 있다.

일반적으로 승용차 보유대수에 영향을 미치는 요인은 경제적 요인, 인구·사회적 요인, 지리적 요인 등으로 구분되는데, 대표적인 경제적 요인은 소득, 소비수준, 승용차의 가격 및 유지비 등이며, 인구·사회적 요인은 인구 및 가구 수, 연령분포, 인구 밀도 등이다. 마

* Corresponding author: Lee Du-Heon, Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea
E-mail: ldh24@kict.re.kr

Received April 11, 2014; revised June 19, 2014
accepted July 8, 2014

지막으로 지리적 요인은 공공교통수단의 발달정도, 국토면적, 도로총연장, 도로밀도, 도로포장률 등이 포함된다. 이렇듯 승용차 보유대수를 결정하는 다양한 요인 중에서도 한국사회의 중요 과제인 인구고령화는 미래 승용차 보유대수 예측에 중요한 변수가 될 것으로 예상된다. 통계청에 의하면, 우리나라는 지난 2000년에 65세 이상 고령인구가 전체인구의 7% 이상인 ‘고령화 사회’에 진입하였고, 2026년에는 20% 이상인 ‘초고령 사회’로 진입할 것으로 전망하고 있다.

이와 같이 현대 사회에서 평균수명의 증가와 노년층 인구의 사회활동 증가는 고령운전자 비율의 증가로 이어질 것으로 예상된다. 경기개발연구원에 따르면, 현재 자가 운전자의 대부분을 차지하고 있는 30대 중반-50대 중반의 운전자는 향후 그들이 고령자가 된다하더라도 운전을 지속적으로 하길 희망할 것으로 예측되어, 장래에도 고령자들의 주 교통수단으로 승용차 이용이 지속될 것으로 예상된다. 실제 고령운전면허 소지자 수는 2001년에서 2011년까지 10년 동안 연평균 15.5%증가하여 같은 기간 고령인구 연평균 증가율 4.7%보다 높은 증가율을 보였다.

물론 운전이 가지는 특성을 감안할 때, 최소한의 신체적·지각적 능력이 필요하므로 현재 승용차 보유자들이 고령자가 되더라도 그대로 자가운전을 할 것으로 판단할 수는 없다. 또한 향후 대중교통 인프라가 현재 수준에서 많은 개선이 진행된다고 가정했을 때 자가 운전으로 발생할 수 있는 사고 위험성과 다른 여러 불편한 점 등을 회피하기 위해 대중교통을 선택하는 고령자의 승용차 보유율 감소 가능성도 존재한다. 또한 고령층 비율이 높을수록 승용차의 활용목적은 통근용에서 친교 및 기타 용도로 활용하게 되고, 경·소형차와 경제적 여유에 따라 고급 외제승용차, 중고차 활용이 증가할 것으로 예상된다. 이와 같은 여러 측면을 종합해 볼 때, 인구 고령화는 승용차의 보유대수에 영향을 미치는 중요 요인으로 판단할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 인구 구조의 변화 중 특히 인구고령화를 반영한 승용차 예측자료를 통해 향후 도로건설 투자 및 도로망 확충, 도로시설 정비 등의 계획 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 로지스틱 성장모형을 사용한 성장곡선을 추정하여 우리나라의 미래 승용차 보유대수를 추정하였다. 승용차 수의 경우 보유 및 운전 주체가 사람이므로 인구 수와 밀접한 연관이 있다고 판단되므로 대표적인 인구 수 예측방법인 로지스틱 성장모형을

사용하였다.

본 연구의 범위는 대표적인 도로 이동수단이자 개인 이동수단인 승용차로 하고, 분석의 초점은 현재의 승용차 보급률과 개인 소득수준 및 고령화로 인한 2045년까지의 장래 승용차 보유대수를 추정하는 것이다. 이를 통해 우리나라의 미래 승용차 보급수준과 보유대수를 예측하고 인구고령화가 이에 어떤 영향을 주는지 파악할 수 있다.

본 연구의 주요 연구 방법 및 절차는 다음과 같다.

첫째, 자동차의 수요예측과 관련된 국내외 연구를 고찰하여 연구의 흐름과 주요 특징들을 파악하였다.

둘째, 수요예측방법에 대한 이론적 고찰을 통해 본 연구의 목적과 부합되는 분석모형을 설명하였다.

셋째, 예측분석 과정을 설명하고 모형추정을 통해 한국의 장기 승용차보급률을 예측하였다.

넷째, 결론을 통해 본 연구결과의 요약과 의미를 제시하고, 연구의 한계와 향후 과제를 도출하였다.

분석대상은 국내 승용차 보유대수이며, 사용된 자료는 한국은행과 통계청에서 수집한 1970년부터 2012년까지 연도별 시계열 자료와 각 전문기관에서 발표한 장래 예측 자료를 활용하였다.

2. 관련연구 고찰

2.1 자동차 수요예측 관련 연구

현재에는 자동차의 수요예측을 위해 다양한 방법을 활용되고 있지만 가장 기본적인 출발점은 영국의 Tanner(1962)의 연구결과이다. Tanner는 로지스틱 성장모형을 통해 기준년도의 일인당 승용차 보유대수, 기준년도의 보유대수 증가율, 포화수준 등 세 가지 모수에 영향을 받는 로지스틱 성장모형을 사용하였다. Tanner의 로지스틱 성장모형은 모수를 변형한 형태로 많은 자동차 수요예측 연구에서 사용되었는데, 우선 Button(1992)은 과거 영국의 승용차 보유패턴을 토대로 저소득 국가의 승용차 보유대수를 예측하였다. 여기서 저소득 국가의 1인당 승용차 보유는 0.3에서 0.45 사이일 것으로 가정하고 2025년까지 40년간의 10개국 국가의 승용차 수를 예측하였다. Romilly(1997)는 1인당 승용차 보유대수에 영향을 주는 요인으로 소득과 승용차 가격, 그리고 대체재인 버스요금으로 보고 영국의 승용차 보유대수를 예측하였다. 또 Ögüt(2004)는 세 가지 시나리오별 GNP수준을 감안하여 터키의 보유차량 수를 2020년까지 예측하였다.

국내에서도 로지스틱 성장모형을 통해 승용차 보유대수를 예측하였는데, 대표적인 연구로는 한국자동차공업

협회(2003)의 연구결과이다. 여기서는 국내 승용차 포화점을 인구 천명당 223대로 추정하여 2013년까지의 승용차 보유대수를 예측하였다.

최근 들어서는 컨조인트 분석과 시스템 다이내믹스 분석 등 정성적 방법과 시스템적 방법을 통해 자동차 수요예측을 실시한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

이두환(1998)은 승용차 수요의 구조변화를 신규수요와 대체수요 관점으로 나누어 이행확률의 개념을 기초로 한 모형을 통해 분석하였다.

곽상만 외(2002)는 국내 처음으로 시스템다이내믹스를 사용하여 차급별 월간 자동차 수요를 예측하였다. 이 방법은 자동차의 수요는 사회적 시스템에 의해 변화되기 때문에 수많은 동태적 현상과 관련되어 있다는 전제에서 분석하였다. 즉 자동차 수요는 자동차 평균수명, 신차 보유기간, 확산계수에 의해 결정되는데, 이 세 종류 변수는 사회·경제·문화적 여건에 따라 변하게 되므로 이들의 복잡한 연계를 분석하여 예측하였다.

이중수 외(2004)는 시장 규제의 변화로 인해 새롭게 도입되는 대체연료 자동차의 수요예측을 소비자의 진술 자료를 바탕으로 컨조인트(conjoint)방법을 사용하여 소비자들이 휘발유 승용차보다 운영비용이 적은 경유 승용차를 보다 선호한다는 것을 증명하였다.

김재홍 외(2006)는 서울 직장인 500명을 대상으로 응답자에게 가상적인 대안들을 제시하고 그 대안들 중에서 응답자의 선호를 명시하는 명시선호실험을 실시한 자료를 토대로 경유승용차의 수요를 예측하였다.

변완희 외(2012)는 수도권 지역의 공동주택 거주자를 대상으로 통계자료의 시계열분석을 통해 자동차 보유대수를 예측하고, 설문조사를 통한 선호도 결과를 이용하여 전기자동차수요를 예측하였다.

2.2 고령운전자 관련 연구

인구 고령화와 자동차와 관련된 선행 연구들은 대부분 고령운전자의 패턴과 교통사고, 교통약자 등과 같은 주제가 대부분이며 본 연구와 연관된 자동차 수요 예측 연구는 미흡한 실정이다. 하지만 고령운전자의 특성에 대한 파악은 본 연구결과에 따른 승용차 수요 예측치를 이해하는데 도움이 될 것으로 판단된다. 즉, 본 연구는 고령자들의 생물학적 운전특성이 승용차의 소유여부를 결정한다고 가정하여 고령운전자 관련 연구를 검토하였다.

지우석 외(2003)는 경기도의 고령운전자 증가에 따른 이동권 개선과 교통안전 개선안을 마련하기 위해 비고령운전자와 고령운전자에 대한 설문을 실시하여 고령운전자의 특성을 분석하였다. 분석결과 통행빈도나 평

균운전시간은 연령이 높을수록 낮아지며, 고령자들은 장거리 이동을 할수록 승용차보다는 대중교통을 이용하는 것으로 나타났다. 또한 야간, 비·눈 등이 오는 날 등 사고 위험성이 높은 날일수록 고령자들은 운전을 하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 고령운전자의 사고저감과 주행환경 개선을 위한 도로시설물과 교통문화 개선방안을 제시하였다.

강수철(2005)은 세계에서 가장 빠른 고령화 추세를 보이는 우리나라의 고령자 운전자에 대한 사회적 인식과 법·제도마련의 필요성을 제기하였다. 또한 고령운전자의 신체적 능력 감소를 객관적으로 검증하기 위한 운전정밀직성검사와 운전 시뮬레이터 실험을 통해 고령자는 연령이 증가할수록 운전능력이 떨어지는 것을 증명하였다.

고령자 교통사고의 원인과 대책을 연구한 국토해양부 보고서(2003)에 따르면 고령운전자의 교통사고 사망 발생 건수는 해마다 증가하고 있으며, 신체노화에 따른 영향으로 ‘안전운전불이행’, ‘중앙선침범’, ‘신호위반’으로 인한 사고가 많은 것으로 나타났다. 이처럼 노화에 따른 판단력 및 대처능력저하로 인한 사고방지를 위한 횡단보도와 표지판 개선, 사고위험을 줄이는 각종 교통시설 개선, 교육 및 홍보의 필요성을 제기하였다.

관련 연구 정리를 통해 자동차 수요예측을 위해 활용된 다양한 모형에 대해 살펴보았다. 본 연구에서는 승용차가 일정한 패턴을 보이는 수명주기를 가지는 제품으로 가정하여, 성장곡선 모형인 로지스틱 성장모형을 활용했다. 그리고 고령운전자 관련 연구에서 볼 수 있듯이 신체적·지각적 능력 감소로 인한 사고위험성 증가를 회피하는 고령운전자가 증가함에 따라 인구 고령화가 진행될수록 승용차 보유에 직간접적으로 영향을 미칠 것이라고 판단하여 연령을 변수로 포함시켜 다른 연구와의 차별성을 두었다.

3. 분석방법

3.1 이론적 고찰

과거와 현재의 자료를 통해 미래의 수요를 추정하는 주요 예측기법으로는 크게 정성적 방법, 정량적 방법, 시스템적 방법이 있으며, 각 기법의 특징은 아래와 같다(Table 1).

정성적 방법은 과거 자료 수집이 불가능하거나 불충분할 때 사용되며, 예측자의 주관적 판단을 이용하기 때문에 예측자의 개인능력이 중요시 된다.

정량적 방법은 과거의 패턴이 미래에도 지속된다고

판단될 때 사용하는 것이 적합하다. 따라서 수요량이나 매출액 같은 과거의 계량적 자료가 충분히 확보될 경우보다 정확한 예측결과를 얻을 수 있다.

또한 시스템적 방법은 수요와 수요에 영향을 주는 요인들 간의 관계가 매우 복잡한 경우에 사용된다. 따라서 수요가 산업 내적인 요인에 의해 주로 영향을 받는 경우에 적합하며, 만약 외생변수의 영향이 커지면 결국 정량적 방법과 차이가 없어지며, 복잡한 관계에 상호관계를 잘못 설정할 경우 예측력이 떨어지게 된다.

본 연구에서는 예측자의 주관적 판단을 가급적 배제하기로 하고, 또 승용차 수요예측의 경우 과거 계량적 자료가 충분히 확보되며, 외생변수의 영향이 크기 때문에 정량적 방법이 적합하다.

Table 1. Types of demanding forecasting

Classification	Suitable cases	Features	
Qualitative Analysis	Expert opinion	<ul style="list-style-type: none"> Collecting past data is invalid. Securing experts who have experience and knowledge for market are valid. 	<ul style="list-style-type: none"> Securing appropriate experts is crucial.
	Conjoint analysis	<ul style="list-style-type: none"> to understand of product functions or needs of attributes to predict the market response to new product/ functions 	<ul style="list-style-type: none"> high accuracy requiring high cost burden for consumer survey
	Index analysis	<ul style="list-style-type: none"> suitable for forecasting the choice possibility of rare product such as a real estate 	<ul style="list-style-type: none"> requiring many pre-studies on choice possibility
Quantitative Inspection	Regression	<ul style="list-style-type: none"> requiring the data for analysis object All fields that require the causality analysis 	<ul style="list-style-type: none"> easy to understand about sensitivity of variables
	Time Series Analysis	<ul style="list-style-type: none"> Collecting past data is valid. modeling of complex causality such as various variables, time lag et al. 	<ul style="list-style-type: none"> understanding of long-term effect through impulse response
	Diffusion Model	<ul style="list-style-type: none"> to forecast the demand for new technologies or product in the circumstance that past data is invalid or only early parts is valid 	<ul style="list-style-type: none"> modeling the spreading process of products reflecting the mass media and words of mouth effect
System	Information Forecasts Market	<ul style="list-style-type: none"> suitable for analyzing the real time change of product or environment in the long term 	<ul style="list-style-type: none"> It is possible to extract meaningful informations if and only if many market players exist.
	System Dynamics	<ul style="list-style-type: none"> in case that the demands are mainly affected by endogenous factors 	<ul style="list-style-type: none"> understanding of industry dynamics based on the structure of industry
	Artificial neural Network	<ul style="list-style-type: none"> suitable for prediction that requires numerous data and complex causality analysis 	<ul style="list-style-type: none"> drawing the optimal result using algorithm without pre information lack of the explanation about causality

※ Citation: Park, S. (2012). Effective demand forecasting methods and practices.

이 중 회귀분석과 시계열 분석, 확산모형과 같은 정량적 분석방법에 사용하는 모형을 계량모형이라고 하는데, 이러한 계량모형 중 마케팅과 제품수요예측 분야에서 많이 사용하는 모형은 성장곡선 모형과 확산모형이다. 이들 두 모형은 제품의 수명주기가 도입, 성장, 성숙, 쇠퇴의 단계를 거치며 일정한 형태를 가정을 한다.

가장 대표적인 확산모형인 Bass 모형(1969)은 모형을 이루는 m, p, q 세 가지 매개변수를 가지는데, 시장의 잠재력을 의미하는 m과 p는 제품구입에 영향을 미치는 외부 영향 계수(coefficient of external influence)이다. 마지막으로 q는 기존 채택자와의 접촉에 의해 제품을 구입하게 되는 경우를 나타내는 모수로 내부 영향 계수(coefficient of internal influence)로 불리며, (1)과 같다. 즉, 창조적인 확산과 모방적인 확산이라는 두 가지 요소에 의하여 모든 소비재확산은 이루어지며, 이를 예측모형으로 해석한 것이다. (Mahajan 1990).

$$\begin{aligned}
 X_t &= B(L)X_t + e_t \\
 &= \sum_{k=1}^{\infty} B_k X_{t-k} + e_t \\
 &= \sum_{k=1}^l B_k X_{t-k} + e_t \quad (\text{시차를 } l \text{로 제한할 경우})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

성장곡선 모형은 분석대상에 영향을 주는 다양한 요인들간에서도 서로 영향을 주고받기 때문에 전체적으로는 하나의 생명체처럼 유기적으로 연결되어 있다는 가설에서 시작한다. 자연계에서 생물의 성장을 보면 처음에는 번식할 어미 개체수가 적기 때문에 느린 속도로 증가하지만 점차 기하급수적으로 개체수가 늘어나게 된다. 이후에는 불어난 개체수로 인해 생존조건이 악화되어 개체수 증가가 어려워지는데 이 시점을 포화점이라고 한다. 보통 성장곡선의 전형적인 모양은 S자 모양의 시그모이드 곡선이다.

대표적인 성장곡선 모형으로는 앞서 제시한 Tanner(1962, 1978)에 의해 소개된 로지스틱 성장모형과 로그-로지스틱 성장모형이 있으며 특히, 로그-로지스틱은 단순 로지스틱 모형의 단점인 변곡점이 대칭적인 수준에서 결정된다는 단점을 보완하여 비대칭적인 지점에서 결정되도록 한 것이 특징인 예측모형이다.

일반적인 로지스틱 성장모형은 다음과 같은 형태로 변형하여 추정한다(2).

$$\begin{aligned}
 N_t &= \frac{M}{1 + \exp(a + b_t)} \\
 \ln \left[\frac{M - N_t}{N_t} \right] &= a + b_t + \epsilon_t
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

N_t 는 t 시점 수요자 수, M 은 잠재 수요를 의미하며, 확산 계수 a 와 b 는 N_t 와 임의의 M 을 OLS하여 구한다. 이때, 좀 더 정확한 추정을 위해 넓은 범위에서 M 을 탐색하여 OLS 추정을 하고, 그 중 추정 오류가 가장 작은 M 을 이용하는 방법을 채택한다. 이처럼 추정된 결과 값은 변곡점 이후로 과거의 성장추세가 그대로 나타나게 된다.

확산모형과 로지스틱 성장모형 중 가장 자동차 수요 예측에 적절한 모형으로 하나를 선택할 수는 없지만 Bass 모형의 경우 자료의 수가 제한적일수록 로지스틱 성장모형과 큰 차이가 없는 단점이 있다. 승용차의 경우 경제적 요인, 인구·사회적 요인, 지리적 요인 등과 같이 다양한 요인들로 인해 보유대수의 증가가 결정되는데 특히, 승용차를 보유하고 운전하는 인구수와 밀접한 연관이 있다고 판단되어 인구성장예측에 주로 사용되는 로지스틱 성장모형을 통한 예측을 실시하였다.

3.2 분석모형

본 연구 또한 Tanner(1962)의 연구에서 사용한 로지스틱 모형을 이용한 예측방법을 적용하되, 기존의 자동차 수요예측 연구들과 달리 인구 고령화에 초점을 맞추기 위해 고령 인구의 비중을 예측모형에 포함시켰다.

우선 Tanner는 기준년도의 일인당 승용차 보유대수, 기준년도의 보유대수 증가율, 포화수준 등 세 가지 모수에 영향을 받는 로지스틱 성장모형을 사용하였는데 이는 예측 기준시점에서의 예측치는 기준시점 이전의 추세와 유사하다는 가정 때문이다. 즉, 포화수준 전까지는 추세대로 증가하다가 포화점 이후의 승용차 수는 이전 시점과 대칭되어 상승하는 S자 형태를 보일 것으로 가정한다. 이러한 가정 하에서 승용차 보급대수를 예측하기 위해 아래 (3)와 같은 통합모형을 사용하였다.

$$L = \frac{U}{1 + \text{EXP}(\beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 PCOGDP + \beta_3 OLD + \epsilon)} \quad (3)$$

$$\ln\left(\frac{U-L}{L}\right) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 PCOGDP + \beta_3 OLD + \epsilon$$

L 은 인구 천 명당 승용차 보유대수이며, U 는 상한값(포화점)이다. 기준년도 이후 승용차 보급대수 예측치를 결정하는 설명변수는 시간(T)과 1인당 항상GDP($PCOGDP$), 20세 이상 64세 이하 인구 비율(OLD)을 통해 구한다. 또 ϵ 는 오차항이며, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 는 확산계수 값이다. 확산계수 값의 경우, $\ln\left(\frac{U-L}{L}\right)$ 는 상한값이 정해져 있을 때 현재 보급된 승용차 수가 많을수록 음(-)의 값으로 나오고 반대로 보급률이 낮을수록 양(+)의 값을 가진다.

승용차 보유대수를 예측하기 위해서는 소비자의 소득, 지출크기, 승용차 가격, 인구수, 국토면적 등 여러

설명요인들의 값을 우선 예측해야만 하지만 현실적인 제약이 있다. 따라서 자료구득이 용이하고, 승용차 구매력을 결정하는 가장 영향력을 주는 변수로 설명변수를 정하였다. 우선 1인당 GDP의 경우 소득수준의 대리 변수로써 사용되기도 하지만 승용차 보유에 영향을 주는 대부분의 변수들은 결국 경제 여건에 그대로 투영될 수밖에 없기 때문에 1인당 GDP로 단순화하여 분석할 수 있는 장점이 있다. 인구수는 앞서 언급한 바와 같이 승용차 수요자 범위이며 본 연구에서는 고령인구를 제외한 인구수를 포함시켰다. 마지막으로 시간을 설명변수로 사용한다.

설명변수 중 항상소득은 과거의 저축액에 적절한 이자가 더해진 금액이 누적되어 현재의 소비에 영향을 준다는 의미의 영향누적소득을 의미한다. 그러나 얼마나 많은 시차가 적용되어야 하는지는 알아내기 어렵다. 또 금융시장의 특성상 새로운 금융상품이 정책적으로 도입되었다가 사라지기를 반복하기 때문에 대표적인 이자율을 정하는 것도 어려움이 있다. 따라서 여기서는 다음과 같이 매우 간단한 형태의 항상소득 추정방법을 사용하였다(한국자동차협회 2003).

$$\text{Constant GDP}_t = (1 - \text{Savings Ratio}_t) PCGDP_t + \text{Savings Ratio}_{t-1} PCGDP_{t-1} \quad (4)$$

즉, t 시점에서 항상소득이라 할 수 있는 항상GDP는 그 해의 1인당 실질GDP 중 저축을 제외한 소비액과 1시점 이전의 1인당 실질GDP 중 저축을 합한 금액으로 하였다(4).

또한, 본 연구에서는 기존 분석모형에서 사용되지 않은 인구연령 변수를 포함시켰는데, 이는 고령화 사회가 가속화되면, 승용차 보급에도 영향을 줄 것이라 판단되어 회귀식에 포함하였다. 즉, 법적으로 운전할 수 없는 연령인 미성년층과 생물학적으로 운전능력이 떨어지는 고령연령층은 승용차 수요를 하지 않는 것으로 판단하여 승용차 수요예측을 위한 분석모형의 변수에서 제외시켰다.

일반적으로 고령자를 사회통계학적으로 분류할 때 65세 이상인 자를 고령자로 분류하지만 운전자의 경우에는 55세를 기준으로 고령운전자를 구분하는 것을 권고하고 있다(경기개발연구원 2003). 하지만 본 연구에서는 도로교통법과 UN기준에 따른 65세 이상을 고령운전자로 설정하였다. 또한 55-64세 운전자의 경우 운행능력은 떨어지더라도 승용차 보유를 포기할만한 신체적 연령이라고 판단하지 않으므로 운전이 가능한 20세 이상 64세 이하 인구를 승용차 보유가능인구로 분류하였다.

분석에 이용된 자료는 우선 통계청 자료를 통해 2045

년까지의 예측인구 수와 연령별 인구비율(중위)을 사용하였으며, GDP증가율은 한국개발연구원의 자료를 인용하여 2011~2020년 3.6%, 2021~2030년 2.7%, 2031~2040년 1.9%와 2041~2045년 1.4% 증가로 일괄적으로 계산하였다. 또, 저축률은 한국은행의 2012년까지 민간저축률 자료를 사용하였고 이후에는 2050년 한국개발연구원의 예측치인 18.7%를 활용하여 2013~2045년까지 연평균 1.1% 하락하는 것으로 계산하였다.

4. 연구결과

Tanner(1962)는 보급률을 설명변수로 하는 승용차보급 증가율에 대한 선형회귀모형을 (5)와 같이 제시하였다.

$$\begin{aligned} \text{Car Distribution Rate} &= \beta_0 + \beta_1 \text{Car Distribution} \quad (5) \\ \therefore \beta_0 &= \text{Constant Terms} \end{aligned}$$

모형에서 기울기 β_1 이 음수(증가율=0)가 되는 결과를 얻으면 포화수준을 추정할 수 있다. 우리나라처럼 이미 변곡점을 지났을 경우에는 증가율이 최고였던 시점부터 최근까지 구간에서 이 회귀모형을 추정하면 비교적 정확한 추정이 가능하다(한국자동차공업협회 2003). 따라서 (5)를 통해 포화수준의 U 값을 구하였다.

인구 천 명당 승용차 보급률과 증가율의 산점도를 나타낸 것을 보면 1989년 이후부터 증가율이 지속적으로 하락하고 있으며, 1989년부터 1996년까지 선형관계를 뚜렷하게 나타나 있다(Fig. 1). 기존 연구에서는 이 기간 동안의 자료를 통해 선형회귀모형을 추정하였는데 이럴 경우 포화수준이 다소 낮게 추정될 수 있다. 왜냐하면 2000년에 들어와서는 증가율 하락폭이 감소되면서 완만하게 포화점 수준으로 도달하고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 2001년에서 2012년까지의 자료를 토대로 선형회귀모형을 추정한 결과 포화수준 U 는 310으로 추정되었다.

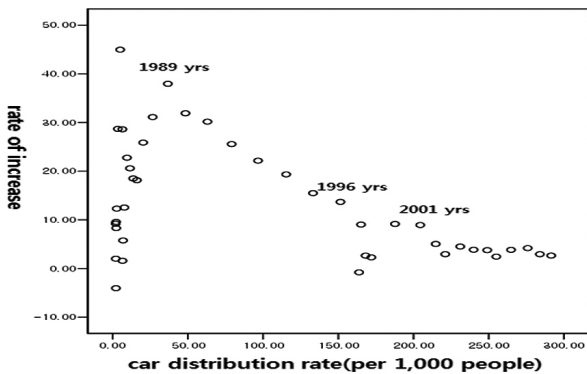


Fig. 1. Scatter plot of Car distribution

포화수준 U 값을 활용해 시간(T)과 1인당 항상 GDP(PCOGDP), 20세 이상 64세 이하 인구 비율(OLD) 등의 설명변수들이 $\ln(\frac{U}{t})$ 에 영향을 미치는 회귀분석 값을 정리하였으며, 여기서 β 값은 확산계수이다(Table 2).

분석결과, 모형의 설명력을 표시하는 결정계수(R^2)는 0.995로 나타나 설명변수들이 종속변수를 잘 설명하고 있다고 할 수 있다. 각 변수들에 대해 살펴보면 우선 시간(T)은 종속변수에 대해 양(+)의 값을 가졌지만 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그리고 1인당 항상GDP(PCOGDP), 20세 이상 64세 이하 인구 비율(OLD)은 각각 종속변수에 대해 음(-)의 값을 가지며, 통계적으로도 유의하였다. 단, 두 변수 모두 종속변수 $\ln(\frac{U}{t})$ 에 대해 확산계수 값이 음(-)의 값을 가지는 것일 뿐 승용차 보급률과 반대된 움직임을 가진다는 것이 아님을 유의해야한다.

Table 2. Results of empirical analysis

Variable	β	Standard Error	t-value	P-value
Constant	12.993	1.021	12.725	0.000
TIME	0.042	0.33	1.287	0.206
PCOGDP	-2.68E-07	0.000	-6.810	0.000
OLD	-16.894	2.399	-7.043	0.000

N=41, F=2637.108, $R^2=0.995$, adj. $R^2=0.995$

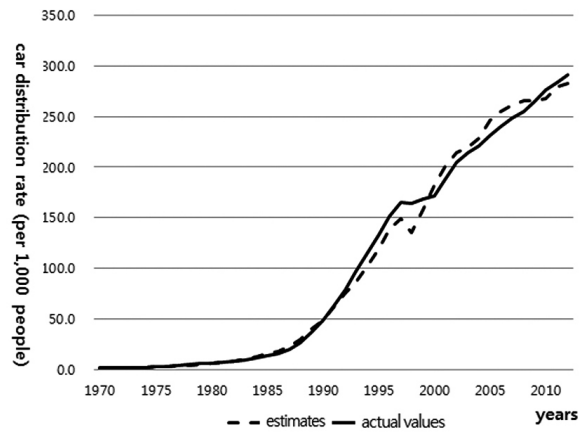


Fig. 2. Comparing actual values to estimates

1970년부터 2012년까지 우리나라 승용차 보급률 실측치(실선)와 모형을 통한 추정치(점선)를 나타낸 것으로 1990년대 후반 IMF시기에서의 결과는 다소 차이가 나지만 이후 결과는 유사한 것을 볼 수 있다(Fig. 2).

이후 분석결과로 도출된 상수 값과 3개의 β 값을 (3)에 대입하여 우리나라 승용차 보유대수를 우선적으로 추정하면, 우리나라는 승용차 보급이 1차 포화수준에 근

접하고 있어 2차 승용차 보급과정에 대한 추정이 필요하다. 2차 승용차 보급과정이란 복수 보유세대의 증가 현상을 처음 승용차 보급과정과 같은 현상으로 정의한 것을 말한다. 앞서 언급한 바와 같이 1차 포화수준은 천 명당 310대지만 2019년 303대에 이르러서 증가율이 0에 수렴하고 있어 2020년부터는 2차 보급과정으로 가정하여 예측하였다. 2차 보급과정은 1차 보급과정과 포화점에서 점대칭 할 것으로 가정하여 GDP증가율을 감안한 연도별 증분 계산을 통해 2020년부터 2045년까지 적합값(fitted value)을 구하였다(6).

$$\begin{aligned}
 2020yr\ estimate &\rightarrow 2019yr\ Distribution\ Rate + \Delta 2018 \\
 2021yr\ estimate &\rightarrow 2018yr\ Distribution\ Rate + \Delta 2017 \quad (6) \\
 &\dots \\
 2045yr\ estimate &\rightarrow 1998yr\ Distribution\ Rate + \Delta 1997
 \end{aligned}$$

분석결과를 토대로 볼 때, 2020년쯤에 1차 포화점에 도달한 뒤, 다시 가파른 상승을 보일 것으로 예상되며, 인구의 약 30%가 승용차를 보유하게 될 것으로 전망된다. 이후 2036년 승용차 보급률 40%를 넘어선 뒤, 2045년에는 우리나라 추정 인구 4,981만 명의 48.9%가 승용차를 갖게 될 것이며, 전체 승용차 수는 2,418만대에 이를 것으로 분석되었다(Table 3).

Table 3. Forecasting of car distribution

Variable	2012	2015(e)	2020(e)	2025(e)	2030(e)	2035(e)	2040(e)	2045(e)
Car distribution Rate (per 1,000 people)	291.5	299.5	303.5	311.1	351.3	391.6	442.6	486.8
Total (Units : Thousands)	14,577	15,158	15,610	16,170	18,325	20,319	22,612	24,184

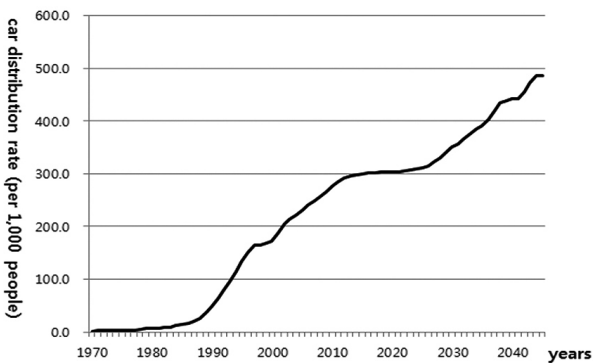


Fig. 3. Car distribution trend in South Korea (estimates)

위의 분석결과를 그래프로 나타내면, 2010년부터 2020년까지 승용차보급 정체기를 보이다가 2차 보급기를 거치면서 다시 급격히 증가하는 추세를 보인다(Fig. 3).

인구 고령화를 예측변수로 포함한 경우와 포함하지 않은 경우의 예측치를 비교한 것을 보면(Fig. 4), 우선 고령화를 감안하지 않은 예측치를 보면 2035년 이후에도 지속적으로 증가하여 2045년에는 보급률이 인구 천 명당 500대를 넘는 것으로 나타나 인구 2인당 1대 비율로 승용차를 보유하게 되는 것이다. 하지만 인구고령화를 감안한 예측치(실선)를 보면, 앞선 경우와 비교해 증가폭이 낮아져 보급률이 500대 이상은 넘지 않을 것으로 예측되었다. 즉, 개인소득과 시간이 증가하더라도 모든 성인이 승용차 1대 이상을 보유하는 경우는 제한적일 것이며, 고령화는 승용차 보급률을 저해시키는 요소로 작용할 것으로 추정된다. 20세에서 64세 인구비율을 보면, 2021년까지는 66%이상을 유지하다가 이후 지속적으로 하락하여 2045년에는 50.4%까지 떨어질 전망이다. 따라서, 65세 이상을 제외한 운전할 수 있는 연령대 인구가 전체의 절반에 지나지 않으며, 이는 승용차 보급률 예측치와도 깊은 관련이 있는 것으로 예상된다.

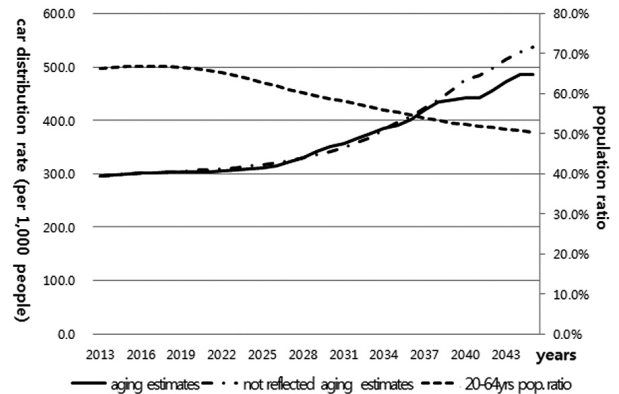


Fig. 4. Reflecting the aging of car demand forecasting

5. 결론

본 연구에서는 승용차 수요에서 중요한 변수인 인구 측면을 강조하여 인구증가추세와 유사하게 승용차도 증가할 것으로 가정하였다. 따라서 Tanner(1962)의 연구에서 사용한 로지스틱 성장모형을 활용하여 국내 승용차 보유대수를 예측하였다. 예측모형에는 시간과 1인당 항상GDP과 함께 특히 연령변수를 포함시켜 기존 연구와 차별화하였다. 연령은 승용차 수요를 할 것으로 예상되는 20세에서 64세 인구를 포함하고 고령인구는 제외하였으며, 예측실험 시에는 고령인구 제외한 경우와 포함

시킨 경우와의 차이를 비교하였다. 이를 통해 밝혀진 사실은 아래와 같이 크게 세 가지로 요약할 수 있다.

첫 번째, 우리나라의 승용차 보급 1차 포화수준은 인구 천 명당 310대로 추정되며, 현재 포화수준에 근접한 것으로 추정된다. 또한 2020년부터는 2차 보급과정이 진행될 것으로 예상된다.

두 번째, 승용차 예측 보유대수의 분석결과, 우리나라는 인구 고령화에도 불구하고, 2020년대 초에 포화점에 다다른 뒤 다시 보급률이 빠르게 증가하여 2045년에는 전체 인구의 절반 가까이 승용차를 보유할 것으로 예상된다. 승용차가 가장 많이 보유할 시기는 2039년으로 2,439만대에 이를 것이며, 이후부터는 조금씩 하락할 것으로 예상된다.

세 번째, 2045년 기준으로 볼 때, 고령화 변수를 포함한 예측치는 고령화를 감안하지 않은 예측치에 비해 약 10% 낮게 승용차가 보급될 것으로 예측되어 인구 고령화는 승용차 보유대수에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실제 두 예측치 모두 유사한 움직임을 보이다가 2035년 이후부터는 고령화 예측치는 상대적으로 완만한 기울기로 증가하게 되어 고령인구 비중의 증가가 승용차 보유증가를 감소의 원인이 되었다.

승용차를 비롯한 자동차의 보유량은 기술의 발전, 환경문제, 금융제도 변화, 타 수송수단의 발전 등 많은 변수들에 의해 영향을 받는다. 그리고 외환위기, 금융위기, 전 세계 경기침체 등 예상치 못한 변동이 내·외적으로 발생하고 있으나, 본 연구에서는 이러한 변수에 대해서는 고려하지 못한 한계점이 있다. 또한 인구연령 변수에서 승용차 수요가 가능한 연령을 20세 이상 64세 이하로 제한하였는데 65세 이상에서의 충분한 운전능력과 승용차 소비욕구를 인위적으로 제한한 단점이 있다. 그리고 본 연구에서 활용한 예측모형에서는 승용차 보급이 포화수준 이후에도 지속적으로 증가할 것임을 가정하고 있지만, 하락 또는 정체될 수 있는 가능성도 존재하므로 이를 반영하는 새로운 모형으로 추정할 필요가 있기 때문에 이는 후속과제로 넘기도록 한다.

본 연구는 거시자료를 통해 국내 승용차 수의 장기 예측을 시도한 성과가 있으며, 연구결과를 통해 도출된 연도별 승용차 보유대수는 중장기적 관점에서 추진해야할 도로건설 및 투자에 대한 기초자료로써 활용될 수 있다. 향후 아울러 인구 고령화 현상이 승용차 보유에도 영향을 끼친다는 결과를 통해 향후 승용차 수급 계획에도 이를 반영할 필요가 있다. 마지막으로 고령화 시대에서 전체 운전자 비중에 고령운전자 비중이 높아질 가능성은 높을 것으로 예상됨에 따라 고령운전자

의 증가는 도로건설 계획 시 고령운전자 안전을 위한 시설물 및 제도, 교육 등에 대한 개선이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통기술연구개발과제 탄소중립형 도로 기술개발 연구단의 연구지원사업(과제번호: 11기술혁신A04)으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

References

- Bass, F. M. (1969). "A New Product Growth for Model Consumer Durables", *Management Science*, 15(5), pp. 215-227.
- Button, K., Ngoe, N., and Hine, J. (1992). "Modelling Vehicle Ownership and use in Low Income Countries", *Journal of Transport Economics and Policy*, 27(1), pp. 51-67.
- Byun, W., Lee, K., Lee, S., and Kee, H. (2012). "Demand Forecasts Analysis of Electric Vehicles for Apartment in 2020", *KITS Review*, 11(3), pp. 81-91.
- Ji, W., and Oh, E. (2003). *A Study on the Driving Characteristics of Senior Drivers*, Research Report 2003-11, Gyeonggi Research Institute(GRI), pp. 67-158.
- Kang, H., and Chil, J. (2001). "A Study on the Demand Forecasting using Diffusion Models and Growth Curve Models", *The Korean Journal of Applied Statistics*, 14(2), pp. 233-243.
- Kang, S. (2005). "Analysis of older driver characteristics", *General insurance magazine*, 530(Jan 2013), General Insurance Association of Korea, pp. 38-53.
- Kim, H., Chin, K. and Lee, K. (2012). "A Study on Relationship between House Rental Price and Macroeconomic Variables", *Korean journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 13(2), pp. 128-136.
- Kim, J., Lee, S., and Preston, J. (2006). "The Demand Forecast for Diesel Passenger Cars and the Change of Air Quality in Seoul" *Journal of the KRSA*, 22(3), pp. 29-56.
- Korea Automobile Manufacturers Association(KAMA) (2003). *Long-term demand forecasting model for*

- automobile in South Korea(IV)*, KAMA Research Report, pp. 1-27.
- Kwak, S., Kim, K., Ahn, S., Jang, W., and Hong, J. (2002). "Development of a System Dynamics Model for Forecasting the Automobile Market", *Korean System Dynamics Review*, 3(1), pp. 79-104.
- Lee, D. (1998). "Eine mikroökonomische Untersuchung ueber das veraenderte Nachfrageverhalten fuer Koreanische Personenkraftwagen", *The Sogang Journal of Commerce*, 17(1), pp. 145-163.
- Mahajan, V., Muller, E., and Bass, F. M. (1990). "New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research", *Journal of Marketing*, 54(1), pp. 1-126.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) (2011). *Traffic Safety Measure Establishment on Cause for Elderly People Traffic Accident*, MOLIT Research Report, pp. 9-104.
- National Assembly Budget Office(NABO) (2012). *2012~2060 Long-term financial prospects and analysis*, NABO Research Report, pp. 57-75.
- Ögüt, K. S. (2004). "S-Curve Models to Determine the Car Ownership in Turkey", *ARI(The Bulletin of the Istanbul Technical University)*, 54(2), pp. 65-69.
- Park, S. (2012). *Effective demand forecasting methods and practices*, SERI ISSUE Paper 2012-3, Samsung Economics Research Institute(SERI), pp. 2-53.
- Romilly, P., Song, H., and Liu, X. (1997). Modelling and Forecasting Car Ownership in Britain, *Journal of Transport Economics and Policy*, 32(2), pp. 165-185.
- Tanner, J. C. (1962). "Forecasts of Future Numbers of Vehicles in Greate Britain", *Road and Road Construction*, 40, pp. 263-274.
- Tanner, J. C. (1978). "Long-term forecasting of vehicle ownership and road traffic", *The Journal of the Royal Statistical Society*, 141(1), pp. 14-63.
- Yang, S., and Park, K. (2005). "The Correlation Factors on the Analysis of Demand Factors for Apartments.", *Korean journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 6(1), pp. 80-88.

요약 : 현대사회에서 자동차는 통근·통학뿐만 아니라 여가 및 편의생활을 위한 매우 중요한 이동수단으로 자리매김한지 오래다. 특히 대표적인 개인 이동수단인 승용차는 개인소득 증대와 개인의 여가시간과 편의 중시하는 라이프 스타일 변화로 인해 1970년대 이후 꾸준히 증가하였다. 1970년 우리나라 인구 천명당 1.9대에 불과했던 승용차는 2012년 기준 291.5대로 42년만에 153배가 증가한 매우 가파른 증가속도로 보유대수를 늘려왔다. 이러한 승용차 보유대수의 예측은 향후 자동차 관련 산업이나 도로건설 및 시설물 설치 등을 위한 계획, 시공, 관리 등에서도 중요한 기초자료가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 성장곡선모형을 이용한 승용차 보유대수 예측을 실시하였으며, 특히 인구 고령화 변수를 포함시켜 보유율에 어떤 영향을 미치는지 분석하였다. 분석결과, 2020년대 초에 1차 포화점을 지나 2045년에는 인구 천명당 486.8대를 보유할 것이며, 또한 인구 고령화의 영향으로 고령화 문제가 없을 때에 비해 2045년의 보유대수는 10%가까이 낮은 수치를 가질 것으로 예측되었다.

키워드 : 승용차 보급예측, 로지스틱 회귀분석, 성장곡선 모형, 인구 고령화
