

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2023.10.023

基于 Gompertz 和 Logistic 组合模型的 汽车保有量中长期预测

郭焱^{*1,2}, 崔滨¹, 张晓君¹

(1. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072; 2. 天津大学 中国汽车战略发展研究中心, 天津 300072)

摘要: 为探究中国汽车市场未来中长期阶段的运行预期, 首先基于历史数据, 通过 ARMA 模型对 2021—2050 年期间我国人均 GDP 水平进行了预测。然后, 分别建立了 Gompertz 模型、Logistic 模型以及 Gompertz 和 Logistic 组合模型对中国汽车千人保有量进行了中长期预测。在 Gompertz 模型中, 依据各国发展经验与我国现实国情设定了高中低 3 类场景的汽车千人保有量水平: 590 veh/千人、440 veh/千人、315 veh/千人, 并对 Gompertz 模型预测结果进行了敏感性分析, 确定了汽车千人保有量拐点位于 2020 年左右。随后, 为修正数据口径的差异, 在 Logistics 模型中将 2002 年设为结构突变点并通过了邹检验, 拟合曲线表示从 2012—2028 年是我国汽车千人保有量快速增长期。随着进一步检验, 发现 Gompertz 和 Logistic 两种模型对比与组合有助于准确识别我国汽车千人保有量的快速发展期与增速放缓拐点。Gompertz 和 Logistic 的组合模型拟合曲线随时间发展的趋势呈 S 形, 我国汽车千人保有量的快速增长阶段为 2012—2028 年期间。结果表明: 当前我国汽车市场仍处于普及期, 但受 2020 年开始的新冠疫情影响, 增速放缓拐点将推迟至 2021 年, 并于当年实现我国汽车千人保有量的最大增长, 2050 年将达到 404.91 veh/千人, 最终在 2060 年达到汽车千人保有量的饱和水平。

关键词: 汽车工程; 市场预测; Gompertz 模型; Logistic 模型; 汽车千人保有量

中图分类号: U471.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2023) 10-0201-07

Medium and Long Term Prediction on Vehicle Ownership Based on Combined Model of Gompertz and Logistic

GUO Yan^{*1,2}, CUI Bin¹, ZHANG Xiao-jun¹

(1. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. China Automotive Policy Development and Research Center, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to explore the medium and long term operation expectation of China's auto market in the future, firstly based on historical data, the GDP per capita level of China from 2021 to 2050 is forecasted by ARMA model. Then, Gompertz model, Logistic model and the combined model of Gompertz and Logistic are established to forecast the vehicles per thousand people in China in the medium and long term. In Gompertz model, according to the development experience of various countries and the reality of China, the numbers of vehicles per thousand people are set in 3 kinds of scenarios: 590 veh/thousand, 440 veh/thousand, 315 veh/thousand, the sensitivity analysis of Gompertz model is carried out, and the turning point of vehicles per thousand people is determined to be around 2020. Then, in order to correct the difference of data caliber, 2002 is set as the structural mutation point in the Logistics model and passes Zou test. The fitting curve shows that the period from 2012 to 2028 is the period of rapid growth of the vehicles per thousand people in China. With further examination, it is found that the comparison and combination of Gompertz and

收稿日期: 2022-03-02

作者简介 (* 通讯作者): 郭焱 (1963-), 女, 山西太原人, 博士, 副教授、研究员. (guoyan@tju.edu.cn)

Logistic models are helpful to accurately identify the rapid development period and the slow down inflection point of the vehicles per thousand people in China. The curve of Gompertz and Logistic combined model is s-shaped, and the rapid growth stage of China's vehicle ownership is from 2012 to 2028 period. The result shows that the current auto market in China is still in the period of popularization, but due to the Covid-19 pandemic began in 2020, the inflection point of the slowdown is delayed to 2021, the largest increase in the number of vehicles per thousand people in China will be achieved in that year, and it will reach 404.91 veh/ thousand by 2050 and eventually reach the saturation level of vehicles per thousand people by 2060.

Key words: automotive engineering; market forecast; Gompertz model; Logistic model; vehicles per thousand people

0 引言

交通运输部门是社会与经济发展的重要支柱,居民汽车保有量的持续增长已成为现代城市的突出特点^[1]。国家公安部统计数据显示,2020年全国汽车保有量为2.81亿veh,然我国汽车市场销售规模虽自2010年已超过美国位于全球首位^[2],但汽车千人保有量仅接近200veh,相较于发达国家仍有较大差距,权威部门表示中国汽车市场潜力巨大,汽车消费仍有较大发展空间。

作为国民经济中的重要支柱,汽车产业供应链长、生态圈广、关联性高,是拉动消费市场发展的重要抓手,但与此同时,随着私人汽车保有量的高速增长态势,也为社会带来能源需求与排放加大,基础设施建设负担过重等社会治理问题。因此,探索新时期下我国汽车市场中长期发展趋势,准确把握我国汽车市场当前所处发展阶段,既是汽车产业健康发展的数据支撑,也是政府调控经济、环境和社会相关问题的理论依据。

汽车保有量预测长期受到学术界与实务界关注,由于保有量与经济发展的进步密切相关^[3],通过其与社会经济因素的关系^[4-5],根据时间序列和横截面数据预测千人保有量长期发展是重要的研究路径。研究表明,私人汽车保有量增长随时间变化呈S形曲线^[6],这一点也在发达国家市场实践中得到证实^[7]。Gompertz和Logistic模型便常用来描述产品生命周期轨迹。国内外对我国汽车市场发展有较多讨论。Wu等^[8]研究认为中国汽车需求增长主要由人均GDP决定,我国汽车千人保有量将在2020年达到Gompertz增长曲线拐点。Hao等^[9]认为参考当前发展趋势,预测我国汽车保有量将在2050年达到397veh/千人。Dargay等^[10]在人均GDP基础上,引入了变量人口密度和城市化率,基于Gompertz模型预测我国汽车千人保有量饱和值为

807veh/千人。近年来,有学者通过改进后的主成分分析法与Logistic模型进行保有量预测^[11-12]。同时在预测活动中,组合预测法有助于克服单一模型的局限性,集结更多信息资源^[13],现有研究也证实了组合预测在汽车保有量预测中的可行性,有助于提高模型拟合程度^[14]。

中国汽车市场正进入全新发展阶段,汽车保有量饱和水平的设定同样影响预测差异,且单一模型预测易受参数估计精度影响。因此,研究基于现有研究成果,对我国汽车千人保有量的饱和水平进行了高中低3种情景的设定,并通过Gompertz和Logistic模型的对比与组合进行我国汽车千人保有量预测。

1 模型介绍

横向比较世界各国汽车千人保有量变化趋势,当前汽车市场已经达到饱和的大部分OECD国家,汽车千人保有量的增长过程呈现“缓-急-缓”的发展规律,作为大宗耐用消费品,汽车保有量在人均GDP处于低水平时呈显现较低的增长率,但随着GDP的不断提高,汽车消费会得以大幅提升,而随着保有量进一步增长,汽车消费边际效用降调,汽车市场会进入减速增长阶段趋于饱和。历史数据表示汽车市场发展趋势符合耐用消费品市场保有量发展规律,近似于S形,适合由Gompertz和Logistic模型基于人均GDP水平进行预测。

1.1 Gompertz 模型简介

作为最常用的饱和水平约束模型,Gompertz模型如式(1)所示:

$$V(X) = \gamma e^{\alpha \beta X}, \quad (1)$$

式中, $V(X)$ 为汽车千人保有量; X 为人均国民生产总值(GDP); γ 为汽车千人保有量饱和水平; α 的绝对值决定了汽车千人保有量最大收入弹性; β 决定了达到最大的收入弹性时人均GDP水平,长期收入弹性可以为 $E = \alpha \beta X e^{\beta X}$ 。

1.2 Logistic 模型简介

Logistic 模型衍变自马尔萨斯人口模型, 又称皮尔曲线, 能较好地描述 S 形曲线增长, 其一阶微分方程形如式 (2)~(3) 所示:

$$\frac{dM(t)}{dt} = \alpha M(t)(1 - M(t)), \quad (2)$$

$$M(t) = \frac{F(t)}{F}, \quad (3)$$

式中, $F(t)$ 为 t 时期的汽车千人保有量; F 为饱和水平下的汽车保有量, 求解微分方程并进行线性化处理得到式 (4), 对线性化后的模型进行最小二乘法估计。

$$\ln \frac{M(t)}{1 - M(t)} = b + at. \quad (4)$$

2 数据与参数设定

2.1 数据来源

研究主要来源我国国家统计局 1999—2019 年的《中国统计年鉴》, 其中人口数还通过中国人口展望数据平台进行补充。研究进行各国汽车保有量比较分析, 所需数据来自于世界银行数据库和国际汽车制造协会 (OICA 网站)。

其中因《中国统计年鉴》细分类型汽车数目统计口径于 2002 年调整, 同往年数据不可比, 因此研究最终选取 2002—2019 年期间的汽车保有量数据进行拟合预测。

2.2 参数设定

2.2.1 人均 GDP 水平预测

作为大宗消费品, 汽车保有量受较多影响因素干扰。从宏观层面来看, 现有研究成果将影响因素主要分为以下几类: 经济因素如人均 GDP、人均可支配收入等; 社会因素如总人口数、城市化率、失业率, 基础设施因素如公路里程、道路客运量、道路货运量等^[1,12]。而国外汽车产业长期发展的趋势表明, 汽车保有量与社会经济发展最为密切相关, 人均 GDP 水平则可直接反映国家经济发展和人口对汽车市场影响。且相较于其他国家, 我国汽车保有量受政府宏观调控干预, 影响消费者行为, 因此人均 GDP 比人均收入更适宜作为经济因素探究对汽车保有量的影响。

限于数据可获得性, 目前相关研究参照以下两种路径获取人均 GDP 数据: (1) 基于前人研究结论, 设定 GDP 年均增速进而估算^[7]; (2) 基于往期数据, 建立时间序列模型预测 GDP^[5]。相较于设定增速估算 GDP, 通过 ARMA 模型更能准确刻画 GDP 变

化趋势, 因此, 研究采用 ARMA 模型对我国国内生产总值进行中长期预测。经自相关与偏自相关检验发现 GDP 与往期数据存在线性相关关系, 通过拟合优度和各滞后项的 t 检验统计量最终确定滞后阶数为五阶, 在显著性水平为 0.05 条件下, 各变量系数均通过检验, 拟合结果可决系数达到 0.999 6, 预测精度较高。根据中国人口展望数据平台对人口数的预测, 计算得到我国未来人均 GDP 水平预测, 如表 1 所示。

表 1 我国人均 GDP 预测

Tab. 1 Prediction of GDP per capita in China

年份	人均 GDP 预测值/元	年份	人均 GDP 预测值/元
2021	85 288. 901	2036	177 568. 569
2022	91 929. 136	2037	182 151. 262
2023	99 484. 608	2038	186 608. 455
2024	106 272. 687	2039	191 094. 388
2025	112 733. 003	2040	195 161. 181
2026	119 859. 298	2041	199 004. 688
2027	126 478. 466	2042	202 876. 172
2028	132 532. 048	2043	206 440. 154
2029	139 013. 698	2044	209 738. 259
2030	145 224. 578	2045	213 041. 194
2031	150 801. 960	2046	216 128. 019
2032	156 587. 064	2047	218 939. 779
2033	162 273. 397	2048	221 722. 579
2034	167 359. 651	2049	224 359. 771
2035	172 466. 757	2050	226 736. 633

2.2.2 千人保有量饱和水平设定

研究参考 Lu 等^[15]研究成果, 选取与我国汽车行业发展相似、社会环境接近的国家进行类比, 依据他国汽车市场发展规律, 并结合专家预测研究, 对我国汽车千人保有量的饱和水平进行预测。从全球其他地区的汽车千人保有量来看, 欧洲 OECD 国家基本在 2005—2015 年间达到饱和水平, 主要在 600 veh/千人左右, 而北美国家的饱和水平在 800 veh/千人以上。同处亚洲地区的日本汽车千人保有量以及达到饱和约为 590 veh/千人, 而韩国汽车千人保有量虽仍在增长阶段, 但已经历拐点, 增速放缓。

研究通过相似性分析, 进一步对比探究中国、日本和韩国这 3 个国家的汽车发展阶段, 添加虚拟时间变量, 建立千人保有量和时间的关系, 如图 1 所示, 中国的汽车千人保有量的增长和日本、韩国两国存在相似的趋势。

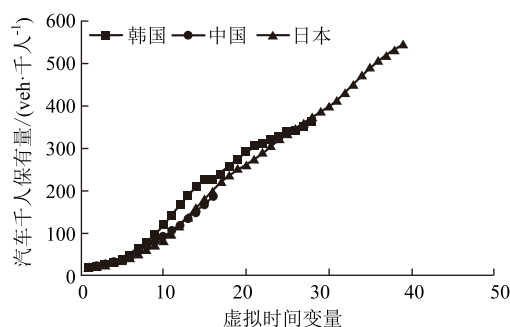


图 1 中、日、韩 3 国汽车千人保有量增长趋势对比

Fig. 1 Comparison of growth trends of vehicles per thousand people in China, Japan and Korea

结合各国发展经验与我国现实国情,依据现有研究成果,研究分设高中低 3 个情景下的汽车千人保有量的饱和水平:(1)高饱和情景下为 590 veh/千人;(2)中饱和情景下为 410 veh/千人;(3)低饱和情景下为 315 veh/千人。

3 模型预测

3.1 Gompertz 模型预测

3.1.1 Gompertz 模型预测结果

根据上文对不同情景下汽车千人保有量的饱和水平设定,研究选取中饱和情景下的 410 veh/千人,采用最小二乘法估计 Gompertz 模型参数和,拟合结果如表 2 所示, t 统计量值分别为 196.307 7, -130.166 4,表示显著性水平 0.05 下,人均 GDP 对汽车千人保有量影响显著,可决系数为 0.999,表示模型拟合优度极好,相较于前人研究预测精度得到进一步提升。

表 2 Gompertz 模型拟合结果

Tab. 2 Fitting result of Gompertz model

变量	相关系数	t 值	P 值
C	1.377 105	196.307 7	0.000 0
X	-2.31×10^{-5}	-130.166 4	0.000 0

得到 Gompertz 曲线模型如式 (5) 所示:

$$V(X) = 410e^{-3.9507e^{-0.0000231X}} \quad (5)$$

描述两者关系的 Gompertz 曲线如图 2 所示,汽车千人保有量在人均 GDP 为 2.5~15 万元时处于快速增长时期;当人均 GDP 超过 20 万元水平时,则迈入饱和阶段;随着人均 GDP 超过 30 万元,我国汽车千人保有量也将达到饱和水平。

将上文提及的人均 GDP 水平代入 Gompertz 模型中,得到汽车千人保有量变化趋势如图 3 所示,对照人均 GDP 预测结果,研究认为我国汽车千人保有

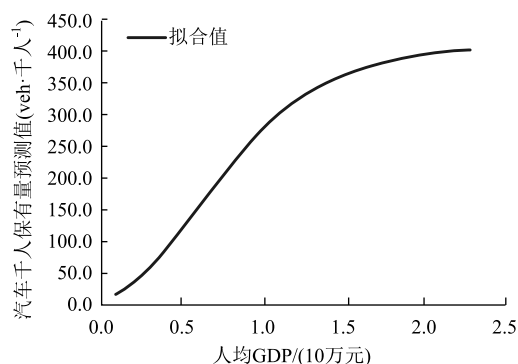


图 2 汽车千人保有量与人均 GDP 的变化趋势

Fig. 2 Variation trend of vehicles per thousand people and GDP per capita

量的快速增长期会持续到 2030 年左右,2040 年进入饱和阶段。如图 3 预测结果得知,我国汽车千人保有量在 2020 年附近增长最多,研究判断保有量发展拐点在 2020 年左右,此后我国汽车千人保有量发展进入快速增长期的后半段,增长开始放缓。

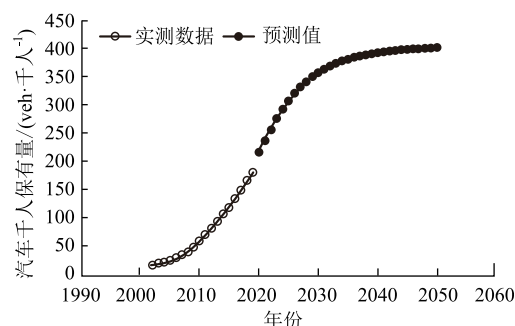


图 3 我国汽车千人保有量的 Gompertz 曲线

Fig. 3 Gompertz curve of vehicles per thousand people in China

3.1.2 敏感性分析

为进一步探索我国汽车千人保有量饱和水平对汽车千人保有量预测的影响,研究依据上文设定 3 种情景下的饱和值,调整 Gompertz 曲线的和参数估计,进行预测如图 4 所示。研究发现,饱和水平设定的调整会影响我国汽车千人保有量达到饱和水平的时间,但是 Gompertz 曲线的拐点仍未发生变化,换言之,在高、中、低 3 种情景的汽车保有量饱和水平下,汽车千人保有量增长的拐点将位于 2020 年左右。

3.2 Logistic 模型预测

3.2.1 Logistic 模型拟合结果

研究先采用 1978—2019 年数据,建立虚拟时间变量,对我国汽车千人保有量的增长规律进行拟合预测,Logistic 模型线性化结果如式 (6) 所示:

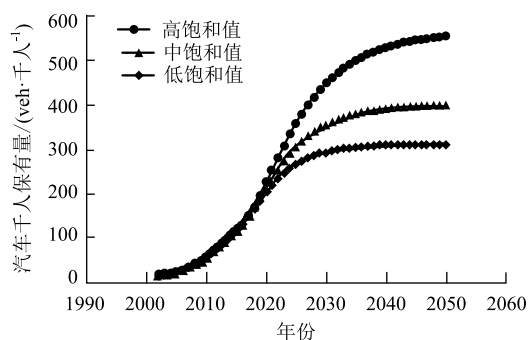


图 4 不同饱和值场景下的我国汽车千人保有量预测

Fig. 4 Prediction on China's vehicles per thousand people at different saturation levels

$$Y = -6.075 + 0.129T_i \quad (6)$$

可决系数 R^2 为 0.978, 表示模型拟合效果较佳, 但经检验发现, 模型 D-W 检验统计量为 0.041, 表明随机误差项存在强烈的自相关关系。将模型拟合结果与实际数据对比如图 5 所示, 结果显示 1995 年前的预测值与实际数据较为接近, 但 1995 年之后数据拟合效果不佳。相较于实际数据, Logistic 模型下预测曲线发展平缓, 我国汽车千人保有量达到饱和时间较长。

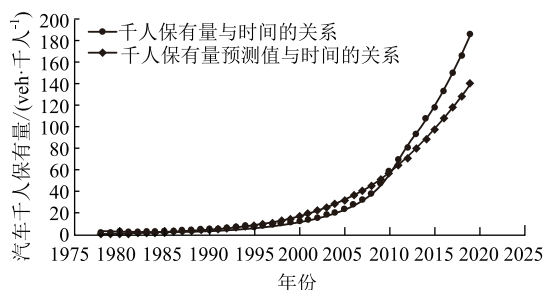


图 5 引入虚拟变量前的千人保有量预测值与实际值对比

Fig. 5 Comparison of predicted and actual data of vehicles per thousand people without dummy variables

3.2.2 结构突变点分析

直接对模型进行线性化处理会引起拟合结果的不显著, 研究认为出现这一现象的原因可能是由于我国汽车千人保有量随时间发展的实际曲线的曲率发生了改变。研究发现, 《中国统计年鉴》从 2002 年开始对汽车保有量数据统计的口径出现调整, 且当年也被视为中国汽车产业发展的转折点^[16], 因此将 2002 年设置为结构突变点进行讨论, 对上述模型拟合结果进行邹检验, 发现 F 统计量值为 597.938 4 通过邹检验, 证实 2002 年为结构突变点。

为消除结构突变点影响, 研究在式 (2) 基础上引入虚拟变量 D , 当 $t < t_0$ 时, $D = 0$, 否则取 $D = 1$,

令 $t_0 = 2002$, 则有

$$\ln \frac{M(t)}{1 - M(t)} = dD + c + bt + aDt \quad (7)$$

该方程可决系数 R^2 为 0.999 3, 拟合优度较佳, 各项系数 t 检验统计量分别为 -312.444 8, -30.452 0, 34.392 7, 79.223 8, 在显著性 0.05 水平下均通过检验。

3.2.3 Logistic 模型预测结果

最后得到 Logistic 模型如式 (8) 所示:

$$V(T_1) = \frac{410}{1 + e^{-(-5.743 - 2.121D + 0.102T_i + 0.081DT_i)}} \quad (8)$$

研究发现依据 Logistic 曲线发展趋势, 我国汽车千人保有量会在 2060 年达到饱和水平, 而曲线拐点在达到饱和值水平一半 205 veh/千人的时点。由图 6 可知, 2020 年附近应为我国汽车千人保有量发展拐点。同理经计算, 我国千人保有量的快速增长期应为 82 veh/千人到 328 veh/千人, 对应时期为 2012—2028 年。方程拟合结果与汽车千人保有量实际数据对比如图 6 所示。

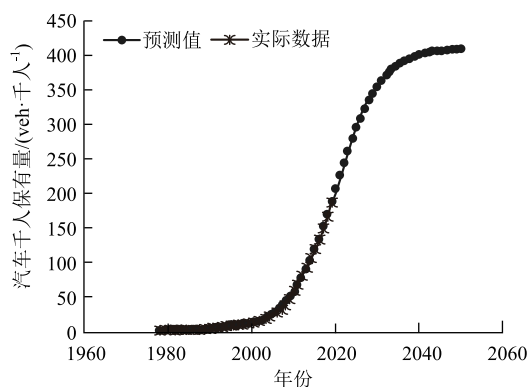


图 6 我国汽车千人保有量的 Logistic 曲线

Fig. 6 Logistic curve of vehicles per thousand people in China

3.3 模型对比与组合

对比 Gompertz 模型与 Logistic 模型预测结果, 研究发现两个模型都得到了发展拐点在 2020 年左右的结论; Gompertz 模型结果大致确定我国千人汽车保有量快速增长时期会持续到 2030 年, 而 Logistic 模型则精准确定快速增长时期为 2012—2028 年; 此外, 相较于 Gompertz 模型, Logistic 模型较为准确地判断我国汽车千人保有量在 2060 年左右会达到饱和水平, 将 Gompertz 与 Logistic 模型组合, 得到预测结果如表 3 所示。

表 3 Gompertz 与 Logistic 组合模型下汽车千人保有量预测
Tab. 3 Prediction on vehicles per thousand people by
combined model with Gompertz and Logistic

年份	汽车千人保有量预测值/ (veh · 千人 ⁻¹)	年份	汽车千人保有量预测值/ (veh · 千人 ⁻¹)
2021	230. 67	2036	386. 77
2022	249. 49	2037	389. 68
2023	268. 42	2038	392. 19
2024	285. 04	2039	394. 38
2025	299. 99	2040	396. 21
2026	314. 24	2041	397. 76
2027	326. 64	2042	399. 14
2028	337. 31	2043	400. 28
2029	347. 10	2044	401. 26
2030	355. 59	2045	402. 13
2031	362. 74	2046	402. 86
2032	369. 11	2047	403. 48
2033	374. 64	2048	404. 04
2034	379. 24	2049	404. 51
2035	383. 27	2050	404. 91

而受突发疫情影响,汽车产业产销受到严重阻碍,消费者换购汽车需求被极大抑制,2020 年第 1 季度汽车产销量呈“V”形结构复苏,2 月遭受断崖式下降,3 月才开始逐渐恢复反弹^[17],使得汽车保有量增长低于预期值未能达到预期拐点,结合现有成果^[12],研究认为受疫情影响,我国汽车千人保有量增速放缓拐点将会推迟,于 2021 年实现单年最大增长,汽车保有量将会突破 3 亿,此后千人保有量的增长将放缓。

4 结 论

本研究预测结果显示,中国汽车千人保有量的快速增长期为 2012—2028 年,为期 16 a,受疫情影响,增速放缓拐点将会延迟至 2021 年,预计 2060 年左右我国汽车千人保有量将会达到饱和水平。与其他中长期预测研究相比,相较于赵红梅预测我国汽车千人保有量快速上升趋势会一直持续到 2037 年,甚至远长于日本同期时间^[18],研究推断该项研究受限于数据统计口径偏差增长期太长,不太符合当前实际。杜勇宏预测快速增长期在 2017—2034 年,2050 年汽车千人保有量将超过 600 veh/千人^[16],研究分析认为结合近年来我国汽车市场发展趋势来看,该研究饱和值水平设定偏高导致快速增长长期滞后。

研究基于汽车市场进入存量阶段背景下,剔除了过往研究中包含的不可比数据,预测模型精度相较于前人成果得到进一步改进和提升。研究对今后汽车千人保有量发展趋势的预测有助于政府相关部门针对性制订中长期交通政策及应对伴生的社会治理问题,同样可为整车制造商提供产销决策。

研究通过建立人均 GDP 与汽车保有量的 Gompertz 与 Logistic 组合模型进行汽车保有量预测,而影响汽车保有量因素复杂,故缺乏对消费政策因素及其他外部因素影响程度的进一步考量,且预测周期较长,自动驾驶等技术变革带来的汽车市场发展不确定性较高。后续研究中将进一步完善汽车保有量驱动因素的分析,更全面而精准地评价保有量。

参考文献:

References:

[1] YANG Z, JIA P, LIU W, et al. Car Ownership and Urban Development in Chinese Cities: A Panel Data Analysis [J]. Journal of Transport Geography, 2017, 58: 127–134.

[2] SHAO Q, ZHANG W, CAO X J, et al. Nonlinear and Interaction Effects of Land Use and Motorcycles/E-bikes on Car Ownership [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2022, 102: 103115.

[3] PONGTHANASAWAN J, SORAPIPATANA C. Relationship between Level of Economic Development and Motorcycle and Car Ownerships and Their Impacts on Fuel Consumption and Greenhouse Gas Emission in Thailand [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, 14 (9): 2966–2975.

[4] STORCHMANN, K. Long-run Gasoline Demand for Passenger Cars: The Role of Income Distribution [J]. Energy Economics, 2005, 27 (1): 2–58.

[5] WU T, ZHAO H M, OU X M. Vehicle Ownership Analysis Based on GDP per Capita in China: 1963–2050 [J]. Sustainability, 2014, 6 (8): 4877–4899.

[6] CHEN X, ZHANG H. Evaluation of Effects of Car Ownership Policies in Chinese Megacities: Beijing and Shanghai [J]. Transportation Research Record, 2012, 2317 (1): 32–39.

[7] 郝瀚, 王贺武, 欧阳明高. 中国乘用车与商用车保有量预测 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2011, 51 (6): 868–872.

HAO Han, WANG He-wu, OUYANG Ming-gao. Predictions of China's Passenger Vehicle and Commercial Vehicle Stocks [J]. Journal of Tsinghua University

- (Science and Technology), 2011, 51 (6): 868-872.
- [8] WU T, ZHANG M B, OU X M. Analysis of Future Vehicle Energy Demand in China Based on a Gompertz Function Method and Computable General Equilibrium Model [J]. Energies, 2014, 7 (11): 7454-7482.
- [9] HAO H, LIU Z, ZHAO F, et al. Scenario Analysis of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from China's Passenger Vehicles [J]. Energy, 2015, 91 (11): 151-159.
- [10] DARGAY J, GATELY D, SOMMER M. Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030 [J]. The Energy Journal, 2007, 28 (4): 143-170.
- [11] 马艳丽, 高月娥. 我国未来汽车保有量情景预测研究 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (1): 121-125.
MA Yan-li, GAO Yue-e. Forecast of Automobile Population in China [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (1): 121-125.
- [12] 刘斌, 赵天舒, 张冉霞. 基于改进 PCA-Logistic 模型对个人汽车保有量预测 [J]. 公路交通科技, 2020, 37 (8): 136-143.
LIU Bin, ZHAO Tian-shu, ZHANG Ran-xia. Prediction of Private Car Ownership Based on Improved PCA-logistic Model [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2020, 37 (8): 136-143.
- [13] 卢奇, 顾培亮, 邱世明. 组合预测模型在我国能源消费系统中的建构及应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2003, 23 (3): 24-30.
LU Qi, GU Pei-liang, QIU Shi-ming. The Construction and Application of Combination Forecasting Model in Chinese Energy Consumption System [J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2003, 23 (3): 24-30.
- [14] YANG T, QIAN D. Car Ownership Prediction Based on Model Combination [C]//2017 3rd IEEE International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE). Beijing: IEEE, 2017: 756-759.
- [15] LU H P, MA H, SUN Z Y, et al. Analysis and Prediction on Vehicle Ownership Based on an Improved Stochastic Gompertz Diffusion Process [J]. Journal of Advanced Transportation, 2017, 2017: 4013857.
- [16] 杜勇宏. 对中国汽车千人保有量的预测与分析 [J]. 中国流通经济, 2011, 25 (6): 84-88.
DU Yong-hong. The Prediction and Analysis on Motor Vehicles per 1000 People in China [J]. China Business and Market, 2011, 25 (6): 84-88.
- [17] 郭焱, 沈冬. 看疫情对武汉汽车产业的影响 [N/OL]. 中国汽车报, 2020-08-21 [2022-02-25]. <http://ys.cnautonews.com/bk/bkQT/initBKQTReadArticle?complexFlag=1&complexDate=&complexInfo=%E6%AD%A6%E6%B1%89%E6%B1%BD%E8%BD%A6%E4%BA%A7%E4%B8%9A>.
GUO Yan, SHEN Dong. Impact of Covid-19 on Automobile Industry in Wuhan [N/OL]. China Automotive News, 2020-08-21 [2022-02-25]. <http://ys.cnautonews.com/bk/bkQT/initBKQTReadArticle?complexFlag=1&complexDate=&complexInfo=%E6%AD%A6%E6%B1%89%E6%B1%BD%E8%BD%A6%E4%BA%A7%E4%B8%9A>.
- [18] 赵红梅. 基于 Gompertz 曲线模型之上的中国千人汽车保有量中长期预测 [J]. 工业技术经济, 2012, 31 (7): 7-23.
ZHAO Hong-mei. The Medium and Long Term Forecast of China's Vehicle Stock per 1 000 Person Based on the Gompertz Model [J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2012, 31 (7): 7-23.