arXiv:2602.14203v1 [stat.AP] 15 Feb 2026

评估 COVID-19 对交通基础设施融资的影响

Lu Gao、Yunpeng Zhang休斯敦大学 得克萨斯州休斯敦 {lgao5, yzhan226}@central.uh.edu

Pan Lu、Yihao Ren北达科他州立大学 北达科他州法戈 Pan.Lu@ndsu.edu, renren071@gmail.com

Fengxiang Qiao德克萨斯南方大学 得克萨斯州休斯敦 fengxiang.qiao@tsu.edu

Joshua Qiang Li俄克拉荷马州立大学 俄克拉荷马州斯蒂尔沃特 qiang.li@okstate.edu

摘要

2019冠状病毒病（COVID-19）大流行病导致商业活动和日常活动减少，进而使机动车燃料消耗下降。因此，汽油税收入也随之减少，而汽油税收入是支持交通基础设施系统修复和维护的主要资金来源。本研究通过分析机动车燃料消耗数据，重点评估 COVID-19 大流行病对美国交通基础设施资金的影响。研究通过整合 COVID-19 情景、燃料消费量和人口统计数据，开发了机器学习模型。表现最佳的模型 R^2分数超过 95%，能够捕捉大流行病期间燃料消费量的波动。利用所开发的模型，我们预测了各州未来的机动车燃料消费量。部分州的汽油税收入在至少一至两年内将比疫情前水平低 10%–15%。

***Key*词语** COVID-19，大流行病，交通运输资金，基础设施管理，韧性 e

1 引言

交通运输支出被视为州政府支出中规模最大的项目之一，2019 年达到 1,720 亿美元，占州政府总支出的 8.1%。在美国，交通基础设施融资的一项重要资金来源遵循使用者付费原则，即个人按照其使用交通运输系统的数量付费 [1–11]。构成大部分交通运输资金的费用和税项包括：

- **机动车燃料税**。 包括汽油税和柴油税。机动车燃料税由两部分组成：联邦机动车燃料税和州机动车燃料税。例如，在得克萨斯州，州政府按每加仑0.20美元的税率征收汽油和柴油税，而联邦政府则分别按每加仑0.184美元和0.244美元的税率征收汽油税和柴油税。机动车燃料税通常约占交通收入总额的40% [12]。在美国50个州中，有20个州会根据通货膨胀或其他指数调整燃油税税率 [13]。一些州已开始测试按行驶里程收费，以取代机动车燃料税。表1汇总了美国50个州和华盛顿哥伦比亚特区的燃油税税率。

- **销售税或其他税**。 一些州还通过对酒精饮料和烟草征收销售税来获取交通收入。
- **车辆登记费和税**。州收取车辆牌照费和登记费，这些费用约占交通收入总额的 20%。费用包括车牌费、所有权转让费、留置权登记费以及排放检验费。

表1：截至七月 2020 [14]的机动车燃料税率（美分/加仑）

州	汽油	柴油	州	汽油	柴油
亚拉巴马州	26.0	27.0	蒙大拿州	32.8	30.2
阿拉斯加州	8.0	8.0	内布拉斯加州	34.1	34.1
亚利桑那州	18.0	26.0	内华达州	23.8	27.0
阿肯色州	24.8	28.8	新罕布什尔州	23.8	23.8
加利福尼亚州	50.5	38.5	新泽西州	37.1	40.1
科罗拉多州	22.0	20.5	新墨西哥州	17.0	21.0
康涅狄格州	25.0	46.5	纽约州	25.5	23.7
特拉华州	23.0	22.0	北卡罗来纳州	36.4	36.4
DC	23.5	23.5	北达科他州	23.0	23.0
佛罗里达州	37.8	37.8	Ohio	38.5	47.0
佐治亚州	27.9	31.3	俄克拉荷马州	20.0	20.0
夏威夷州	16.0	16.0	俄勒冈州	36.0	36.0
爱达荷州	33.0	33.0	宾夕法尼亚州	57.6	74.1
伊利诺伊州	39.8	47.3	罗得岛州	35.0	35.0
印第安纳州	32.0	52.0	南卡罗来纳州	24.0	24.0
Iowa	31.0	33.5	南达科他州	30.0	30.0
堪萨斯州	24.0	26.0	田纳西州	26.0	27.0
肯塔基州	24.6	21.6	得克萨斯州	20.0	20.0
路易斯安那州	20.0	20.0	Utah	30.0	30.0
缅因州	30.0	31.2	佛蒙特州	30.5	31.0
马里兰州	36.3	37.1	弗吉尼亚州	16.2	20.2
马萨诸塞州	24.0	24.0	华盛顿州	49.4	49.4
密歇根州	26.3	26.3	西弗吉尼亚州	35.7	35.7
明尼苏达州	28.5	28.5	威斯康星州	30.9	30.9
密西西比州	18.4	18.4	怀俄明州	24.0	24.0
密苏里州	17.0	17.0	**联邦税**	**18.4**	**24.4**

• **道路通行费和拥堵收费**。据报道，27 个州在公路或桥梁上收取道路通行费。道路通行费通常用于特定道路的维护或偿还其相关债务，只有 15 亿美元的道路通行费收入进入了州交通基金。

• **一般基金**。州政府还会将一般基金中的资金转入交通基金。一般基金转账占州公路资金的6% [1]。

然而，随着车辆燃油效率不断提高，当前的交通资金机制被批评为从长期来看不可持续。公路信托基金的资金缺口必须通过从其他基金转账来弥补，因为 2008 [15]。

2 COVID-19 影响

2020年，由于新冠肺炎疫情 [16]，机动车燃料消耗受到显著影响。电信技术使用增加，以及出行和日常活动受到干扰，都减少了驾车出行 [17, 18]。据估计，2020年4月美国每天减少行驶10亿英里（或减少11.4%），与 2019 [19]同月相比。美国州公路和交通官员协会（AASHTO）预测，2020年美国收入将减少160亿美元，未来五年收入损失将达370亿美元 [20]。预算削减和不确定性将导致交通基础设施状况出现波动[21–27]。图1显示了五个州月度汽油消耗量排名前五的情况，表明从2019年底开始，燃料消费量持续下降至2020年4月，此后出现波动。

一些州已经采取行动，以帮助抵消 COVID-19 [28–37] 导致的收入损失。例如，新泽西州在八月将汽油税税率每加仑提高了 9.3 美分，以弥补收入损失 [16]。马里兰州计划在未来 6 年削减 30 亿美元 [15]。缅因州在七月批准发行 1.05 亿美元的交通债券，以弥补预计未来两年 6000 万美元的收入损失。



图1：2012年1月至2021年8月汽油消费量最高的五个州

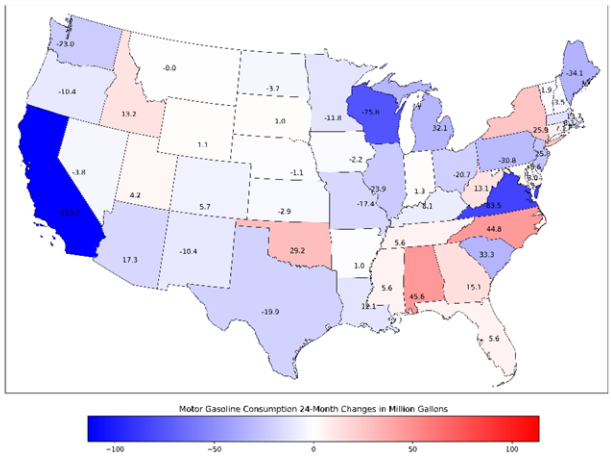

图2：机动车　汽油消费量的24个月变化（百万加仑）（2019年8月与2021年8月对比　　）

3 汽油和燃料消费量数据

本研究收集了美国 50 个州从 2012 年 1 月至 2021 年 8 月的月度机动车燃料消费量。图 2 和图 3 分别以百万加仑和百分比显示了全部 50 个州机动车汽油消费量的 24 个月变化（2019 年 8 月与 2020 年 7 月相比）。汽油消费量降幅最大的两个州是加利福尼亚州（比 2019 年少 1.137 亿加仑）和弗吉尼亚州（比 2019 年少 8350 万加仑）；汽油消费量增幅最大的两个州则是亚拉巴马州（比 2019 年多 4560 万加仑）和北卡罗来纳州（比 2019 年多 4480 万加仑）。

图4和图5分别显示了50个州机动车特种燃料消耗量从2019年8月至2021年8月的12个月变化，单位为百万加仑和百分比。特种燃料主要包括柴油。特种燃料消费量降幅最大的两个州是伊利诺伊州（比2019年减少2,780万加仑）和弗吉尼亚州（比2019年减少2,410万加仑）。特种燃料消费量增幅最大的两个州是得克萨斯州（比2019年增加3,570万加仑）和佐治亚州（比2019年增加3,370万加仑）。图6显示了美国50个州2021年8月的机动车燃料消耗量。

4 燃料消费量模型

本研究开发了机器学习模型，用于预测各州的机动车燃料消耗。表2列出了本研究所使用的影响变量，包括COVID-19疫情发展情况、燃料消费量和人口统计数据。

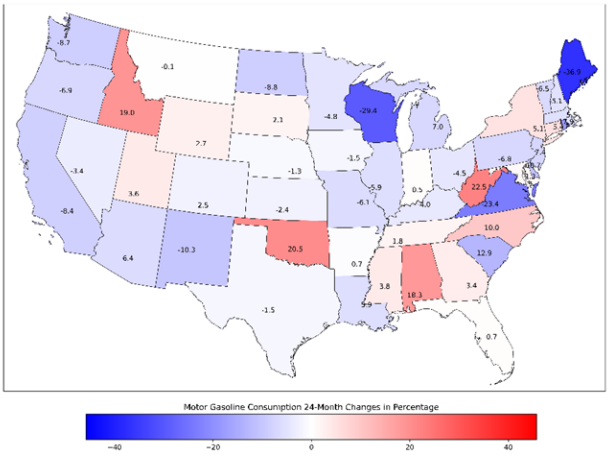

图3：　机动车汽油消费量24个月变化百分比（2019年8月与2021年8月相比）　）

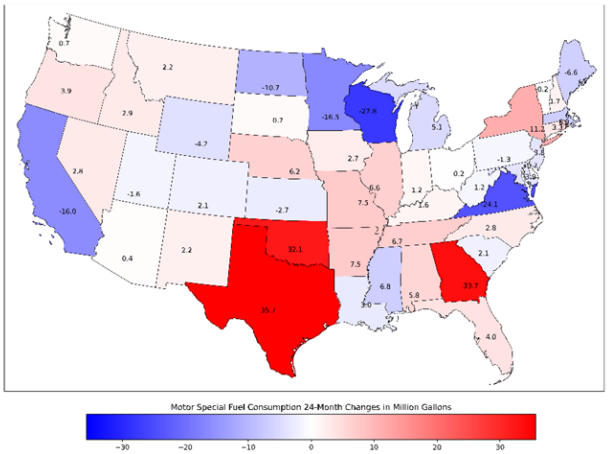

图4：机动车专用燃料消费量24个月变化（百万加仑）（2019年8月与2021年8月相比）

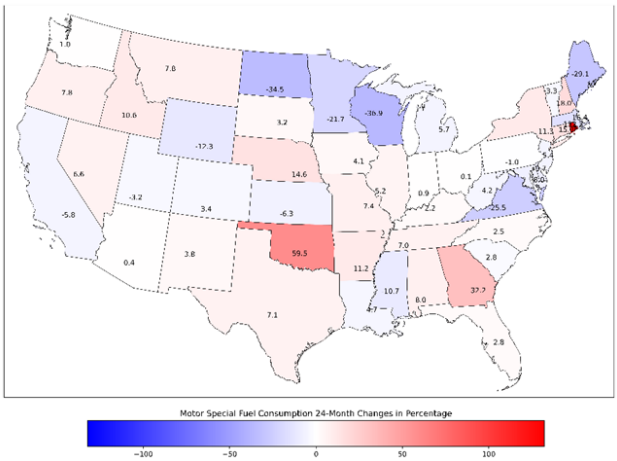

图5：机动车专用燃料消费量24个月变化百分比（2019年8月与2021年8月相比）

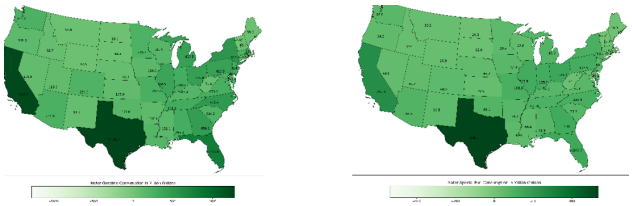

图6：机动车燃料消耗（2021年8月）

表2：数据描述

变量
1 州的月度汽油消耗量 2 州的汽油税率 3 州的柴油税率 4 各月份的指示变量 5 各州的指示变量 6 不同年份的州人口 7 自 2020 年 4 月首次封锁以来的月数

这5,800个数据点被分为两组：70%用于训练，30%用于测试。使用这些数据训练了四种机器学习模型，包括决策树回归、线性回归、神经网络和随机森林回归。机器学习方法的最佳结果见表3。如表3所示，决策树回归的效果最佳，R^2分数为0.989。

表3：模型性能

模型	R^2**-分数**
决策树回归	0.979
线性回归	0.986
神经网络回归	0.936
随机森林回归	**0.989**

图7显示了2012年1月至2021年8月期间50个州的实际汽油消费。其中还包括利用随机森林回归模型结果得出的2012年1月至2024年12月的预测汽油量。如图7所示，所开发的模型不仅能够捕捉汽油消费的季节性变化，还能捕捉燃料使用量的长期趋势。此外，所开发的模型准确描述了COVID-19自今年2月起对机动车燃料消耗的影响，尤其是在全国范围封锁期间。

5 结论

本文开发了机器学习模型，用于预测美国各州的机动车燃料月度消费量。该模型可用于评估COVID-19对汽油消费的影响。由于机动车燃料税收收入是交通基础设施融资来源的重要组成部分，COVID-19导致的出行行为减少和燃料消费量下降，使几乎每个州的交通运输资金都遭受损失。本研究开发的模型可为利益相关者提供有关机动车燃料消耗影响因素以及未来燃料使用量不同情景的洞见。然而，由于大流行病在美国仍沿着不可预测的路径发展，这一用于评估对交通基础设施资金影响的模型将在获得更多数据后持续改进。

参考文献

[1] 全国州长协会（NGA）。新冠肺炎期间的交通运输资金与融资。技术报告，2020年。查阅于2020年12月28日。

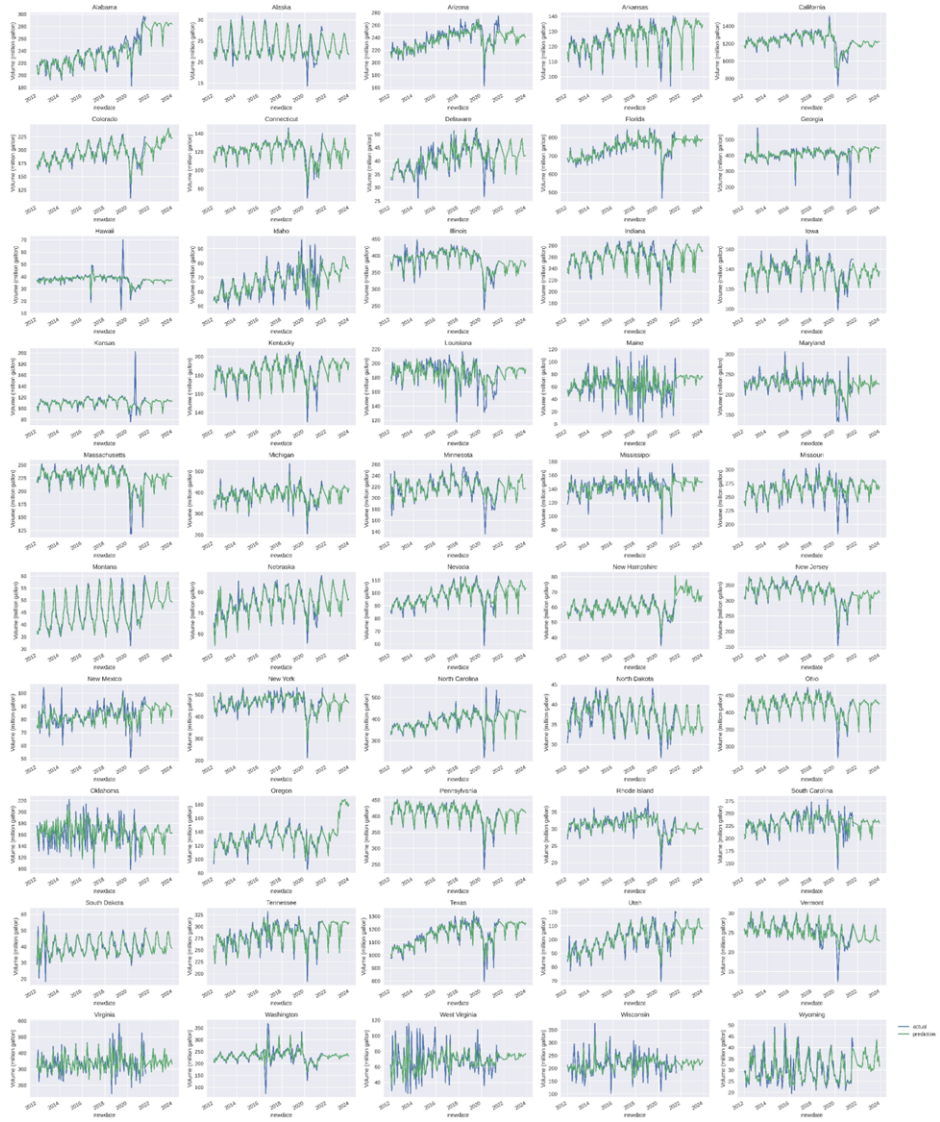

图7：选定州的实际与预测汽油消费量

[2] Aaron W. Fackler 和 Debbie Niemeier。现代交通运输资金与使用者付费原则：驾驶者是否为所获服务付费，又是否获得了所付费用对应的服务？《交通研究记录》：交通研究委员会期刊，2450:1–6，2014年。[3] Paul F. Hanley 和 Jon G. Kuhl。驾驶者基于里程收费的全国评估：初步结果。《交通研究记录》：交通研究委员会期刊，2221:10–18，2011年。[4] Clare Nelson 和 Gregory Rowangould。佛蒙特州基于里程的用户费用中农村公平与成本问题的数据驱动分析。《交通研究记录》：交通研究委员会期刊，2024年。[5] Musfira Rahman、HyeMin Ju 和 Mark Burris。车辆行驶里程费的收入与地理分布：四州案例研究。《交通研究记录》：交通研究委员会期刊，2024年。[6] Denvil Duncan 和 John D. Graham。以道路使用者费用取代燃油税：寻求政治可接受性。公共行政评论，73(3):415–426，2013年。[7] Denvil Duncan、John Graham、Venkata Nadella、Ashley Bowers 和 Stacey Giroux。受益税的需求：来自公众对道路融资看法的证据。公共预算与财政，34(4):120–142，2014年。

[8] Denvil Duncan、Venkata Nadella、Ashley Bowers、Stacey Giroux 和 John D. Graham。《颠簸的设计：隐私和技术成本对道路里程使用费支持度的影响》。《国家税务期刊》，67(3):505–530，2014年。[9] Denvil Duncan、Venkata Nadella、Stacey Giroux、Ashley Bowers 和 John D. Graham。《道路里程使用费：公众支持的水平、强度和预测因素》。《交通政策》，53:70–78，2017年。[10] Theodora Konstantinou、Samuel Labi 和 Konstantina Gkritza。《案例研究：评估电动汽车对公路收入的影响》。《交通经济学研究》，100:1–15，2023年。[11] David L. Greene 和 Howard H. Baker。《交通运输资金的未来：界定最终目标》。《交通研究*D*辑：交通与环境》，16(1):63–71，2011年。[12] 美国州公路和交通官员协会（AASHTO）。《交通运输治理与财政：对各州州议会和交通运输部的50州审查》。技术报告，2016年。查阅于2020年12月13日。[13] 城市研究所。《州和地方财政倡议：机动车燃料税》，2017年。查阅于2020年12月27日。[14] 联邦公路管理局（FHWA）。《机动车燃料与公路信托基金》，2020年。查阅于2020年12月27日。[15] J. Plautz。《汽油税早已失灵。疫情可能让它走向终结》，2020年。查阅于2020年12月27日。[16] E. Lamb。《COVID-19令收入来源枯竭，各州采取行动》，2020年。查阅于2020年12月27日。[17] J. Du、H. Wang 和 F. Qiao。《公众对COVID-19大流行病的反应对交通相关有毒排放的影响》。《环境毒理学研究杂志》，4(1):1–4，2020年。[18] L. Gao、F. Qiao、J. Li、P. Lu、Y. Ren 和 Y. Zhang。《预测COVID-19对美国K-12学校出行需求的影响》。载于美国土木工程师学会交通运输与发展国际会议（*ICTD 2021*）论文集，2021年6月。线上活动，2021年6月8日至10日。[19] A. Olin。《交通流量下降了66%，但随后回升，冠状病毒也随之而来》，2020年7月。查阅于2020年12月13日。[20] 美国州公路和交通官员协会（AASHTO）。《AASHTO致国会关于新冠疫情第四阶段的信函》。技术报告，2020年7月。查阅于2020年12月21日。[21] Lu Gao、Runhua Guo 和 Zhanmin Zhang。《预算不确定性下基础设施养护与修复决策的增广拉格朗日分解法》。《结构与基础设施工程》，9(5):448–457，2013年。[22] Lu Gao、Ke Yu 和 Pan Lu。《在路面劣化建模中考虑道路网络的空间结构》。《交通研究记录》，2678(5):153–161，2024年。[23] Omkar Dhatrak、Venkata Vemuri 和 Lu Gao。《考虑交通基础设施维护规划中的劣化传播》。《交通运输工程学报（英文版）》，7(4):520–528，2020年。[24] Lu Gao、Feng Hong 和 Yi-Hao Ren。《季节性和年度天气变化对路网级路面性能的影响》。《基础设施》，4(2):27，2019年。[25] Lu Gao、Zhanmin Zhang 和 Susan Louise Tighe。《运用马尔可夫过程和矩量法优化路面基础设施管理策略》。技术报告，2007年。[26] Lu Gao 和 Zhanmin Zhang。《用于路面养护与修复管理的鲁棒优化》。《交通研究记录》，2084(1):55–61，2008年。[27] Lu Gao、Chi Xie 和 Zhanmin Zhang。《路网级多目标最优养护与修复排程》。技术报告，2010年。[28] Tracy Gordon、Lucy Dadayan 和 Kim Rueben。《新冠疫情时期的州和地方政府财政》。《国家税务期刊》，73(3):733–758，2020年。[29] Alan J. Auerbach、William G. Gale、Byron F. Lutz 和 Louise Sheiner。《COVID-19大流行病对州政府税收收入的影响》。NBER工作论文27426，美国国家经济研究局，2020年。[30] Jeffrey Clemens 和 Stan Veuger。《COVID-19大流行病与州和地方政府收入：最新情况》。技术报告，美国企业研究所，2020年9月。[31] Andrew Haughwout、Ben Hyman 和 Or Shachar。《市政流动性工具》。工作人员报告985，纽约联邦储备银行，2021年9月。

[32] Robert Bernhardt、Stefania D’Amico 和 Santiago I. Sordo Palacios。《与COVID-19相关的政策应对对市政债务市场的影响》。工作论文 2021-14，芝加哥联邦储备银行，2021年9月。[33] Jeffrey Clemens、Philip G. Hoxie 和 Stan Veuger。《疫情财政救助是否构成有效的财政刺激？来自州和地方政府援助的证据》。美国国家经济研究局工作论文 30168，美国国家经济研究局，2022年6月。[34] Jeffrey Clemens 和 Anwita Mahajan。《联邦疫情援助对州和地方政府的健康影响》。美国国家经济研究局工作论文 33699，美国国家经济研究局，2025年4月。[35] 美国政府问责局。《州和地方政府：选定州在COVID-19大流行病期间的财政状况》。提交国会委员会的报告 GAO-21-562，美国政府问责局，2021年7月。[36] Nathan Seegert、Phil Dean、Maclean Gaulin 和 Mu-Jeung Yang。《COVID-19带来的州销售税意外收入》。《国际税收与公共财政》，2023年。[37] 皮尤慈善信托基金会。《疫情援助：各州如何防范未来的预算挑战》。技术报告，皮尤慈善信托基金会，2023年12月。2024年2月28日更新。