

基于 GPS 数据的出租车排放时空特征分析

刘欣豪 2020112921

一、背景和问题提出

2020 年，全国移动源四项污染物排放总量共 1593.0 万吨。其中，一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、颗粒物(PM)的排放量分别为 769.7 万吨、190.2 万吨、626.3 万吨、6.8 万吨^[1]。在成都市主城区，移动源对 NO_x, PM_{2.5} 的综合贡献分别为 97%、37.9%，且呈现出了持续上升的态势^[2]。

由于社会经济的发展，加之近年来新冠疫情的冲击，居民出行选择出租车的欲望增加，污染难以避免。二十大报告提出，应牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，持续深入打好蓝天、碧水、净土保卫战，提升环境基础设施建设水平，推进城乡人居环境整治，进行精准治污、科学治污^[3]。了解移动源的时空排放格局，能够更好的为基础设施建设和指导低碳交通行为奠定基础。通过对出租车排放时空特征进行精细化分析，将有助于决策者了解到移动污染源精准信息并进行定点治理。

二、数据介绍

本文选取 2014 年 8 月 15 日成都市出租车 GPS 数据（数据来源：[“智慧中国杯”大赛](#)），以此为例外对成都市 2014 年 8 月 15 日排放时空特征进行分析。部分数据如表 1：

	id	latitude	longitude	Carrying	time
0	1	30.624687	104.136728	1	2014/8/15 22:04:13
1	1	30.624689	104.136728	1	2014/8/15 22:06:16
2	1	30.624689	104.136729	1	2014/8/15 22:04:44
3	1	30.624691	104.136726	1	2014/8/15 22:05:45
4	1	30.624691	104.136729	1	2014/8/15 22:05:14

表 1：出租车 GPS 样例数据

其中，id 为车辆 ID；latitude 为纬度坐标；longitude 为经度坐标；Carrying 表示载客情况，1 表示载客中，0 表示未载客；time 为记录日期与时间。

当日共记录 59 209 838 条数据，其中包含 14 677 辆出租车的 GPS 记录，记录时间跨度为从早晨 6：00 至深夜 24：00。平均每辆出租车记录约 4034 条数据，平均每辆车每次记录时间间隔约为 26 秒，GPS 数据分布在矩形空间（31.03246，103.2703）、（30.29066，104.6096）内，主要分布在成都市主城区内。通过经纬度坐标信息，利用 haversine 公式可计算得到两点间的距离，再结合记录时间信息可计算得到阶段速度数据。

出租车轨迹如图 1、图 2：

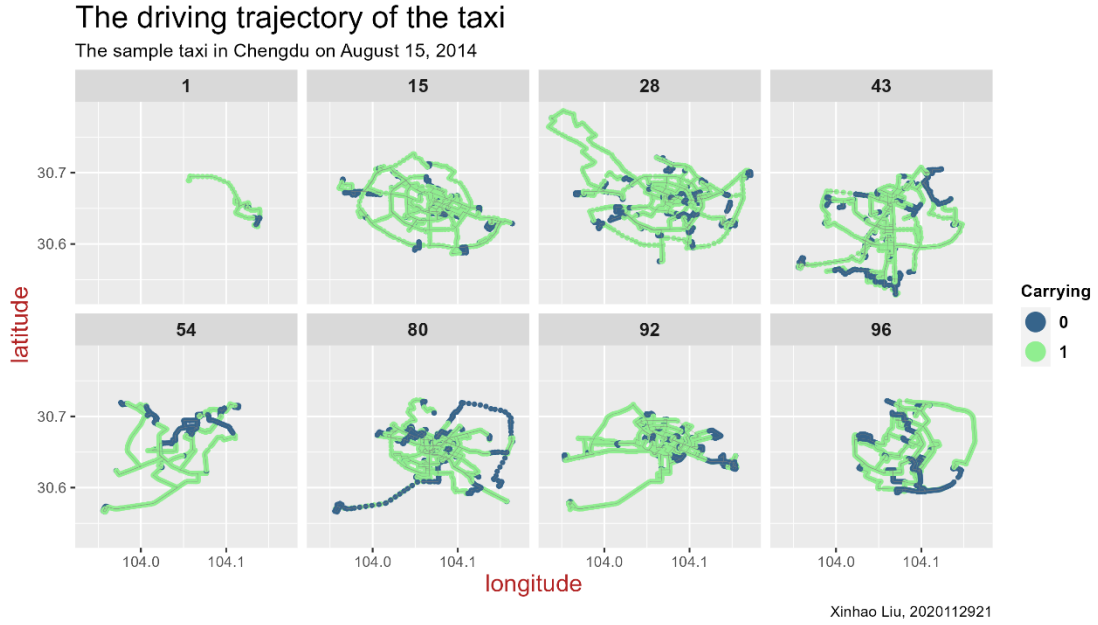


图 1：各车轨迹分布图

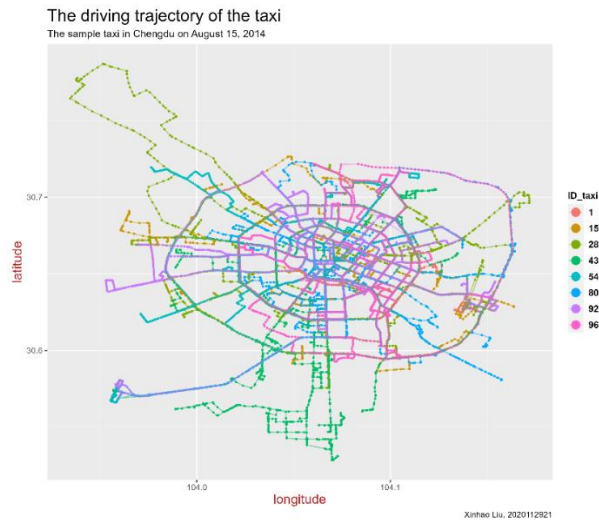


图 2：出租车轨迹分布图

三、问题研究及分析结果

1、出租车排污计算

污染物排放计算借鉴《城市大气污染源排放清单编制技术手册》^[4]，道路移动源按照面源处理，基于第四级排放源计算排放量，排放计算公式如下：

$$E = EF \times VKT \quad (1)$$

其中，EF 为基于行驶里程的排放系数，VKT 为行驶里程。

$$EF = BEF \times \varphi \times \lambda \times \theta \quad (2)$$

其中，BEF 为基准排放系数， φ 为环境修正因子； λ 为速度修正因子， θ 为负载系数修正因子

基准排放系数为平均行驶工况、油品质量和环境条件下的车辆排放水平。考虑到出租车多为汽油车，2014 年一线城市一般认为可采用国IV标准，BEF 取值参考如表 2：

CO	NO _x	SO ₂	NH ₃	VOCs	PM _{2.5}	BC
2.45	0.14	0.01	0.026	0.28	0	0

表 2：国IV标准出租车-汽油 BEF 取值表

环境修正因子反映环境对移动源排放的影响，参考成都市一般温湿度标准按编制手册取 1.29。

速度修正因子指为反映行驶速度 对车辆排放状况影响引入的修正系数。按编制手册取值，采用表 3 标准：

	<20	20-30	30-40	40-80	>80
CO	1.69	1.26	0.79	0.39	0.62
VOCs	1.68	1.25	0.78	0.32	0.59
NO _x	1.38	1.13	0.9	0.86	0.96
PM _{2.5}	1.68	1.25	0.78	0.32	0.59

表 3：汽油车速度修正因子取值表

负载系数修正因子为考虑到出租车存在上下车的情况，负载比例如图 3，以重量为衡量标准，当车上有乘客时该修正因子取 1.05，无乘客时则取 1。

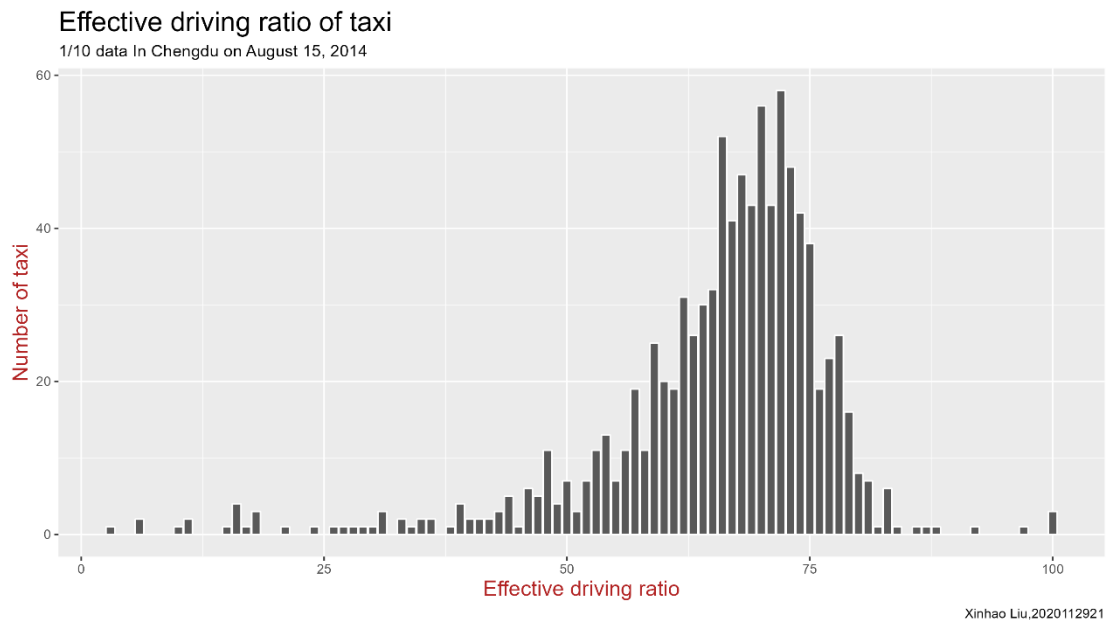


图 3：出租车载客率统计分布图

利用以上参数与数据，通过计算可得每段数据的污染物排放量。

2、排污数据时空分析

(1) 时间维度

将计算得到的数据按小时进行求和后，得到 6-24 点的排放数据，再对 0-5 时数据进行拟合可得到污染物排放量排放时间分布趋势，在各个时段中，CO 排放量最多，NO_x 次之。其中 5: 00-7: 00 为排放的低峰期，9: 00-10: 00 达到高峰，次高峰期为 15: 00-17: 00 与 22: 00-24: 00 两个时段，其余多为上坡阶段与下坡阶段。即在上班、下班时间段为排放高峰，凌晨的排放较小。如图 4：

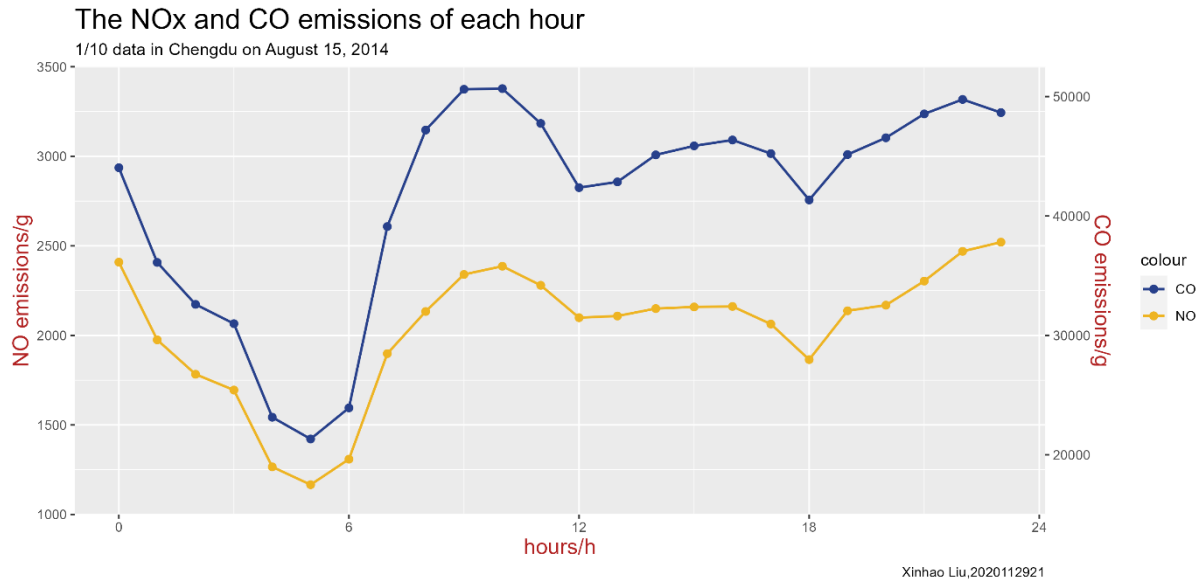


图 4: CO 与 NOx 排放量图

对比出租车各时段行驶距离图,如图 5。可以看出污染物排放量的时间变化趋势与出租车行驶距离时间变化趋势相关度极高,但从数值角度可以看出污染物排放的比率增加比行驶距离比率的增加要更大一些。

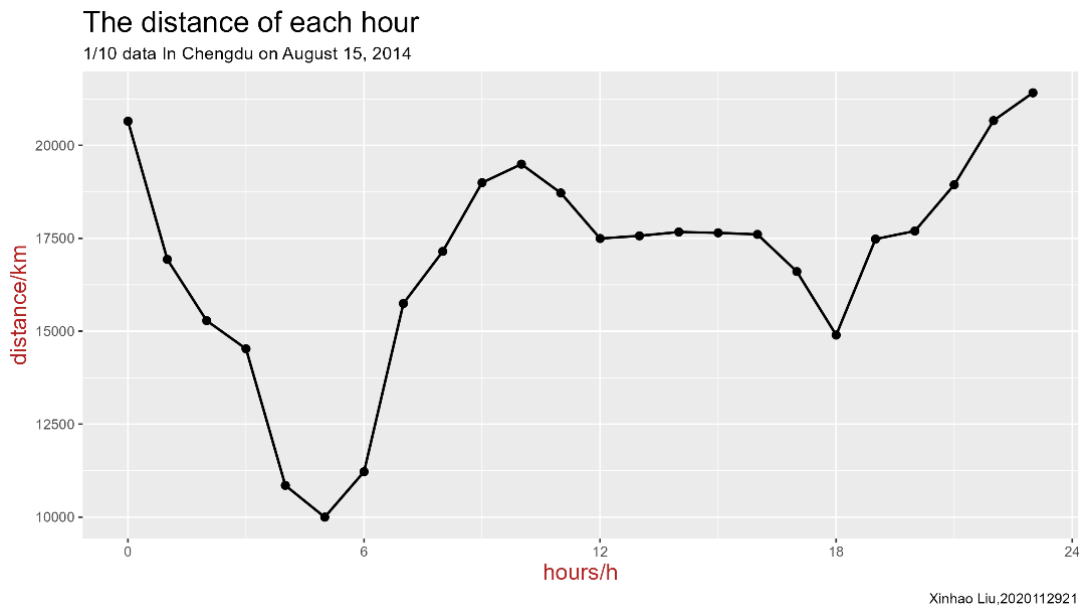


图 5: 出租车行驶距离图

(2) 空间维度

将一天的累计排放量与行驶轨迹映射到地图上,如图 6。观察到出租车行驶轨迹与出租车排放污染物空间分布之间存在高度相关性,对于 NOx 与 CO 污染物在各主城区各区皆有分布,主要排放污染存在于市中心,其它多集中于成都市行政、经济资源发达地区,出租车移动源污染物在城市郊区、交通欠发达区域等排放分布较少。

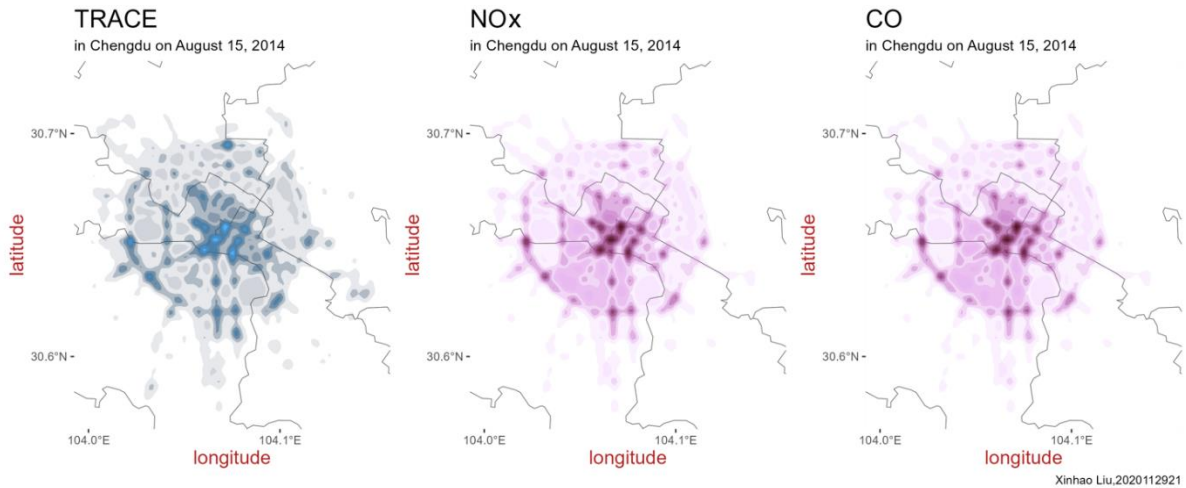


图 6：轨迹与排放空间分布对比图

(3) 时空特征分析

对出租车污染排放按特征时间分别在地图上热力显示，在污染总量相对较低的 6：00-7：00 与 18：00-19：00 时段，污染物分布更为广泛，但集中趋势相对较低，梯度不明显；在污染高峰阶段 9：00-10：00 与 21：00-22：00，出租车排放污染物主要集中于成都市市中心，同时也集中在各区中心，排放的核心-外围结构呈现出明显的梯度，表明污染集中度较高。

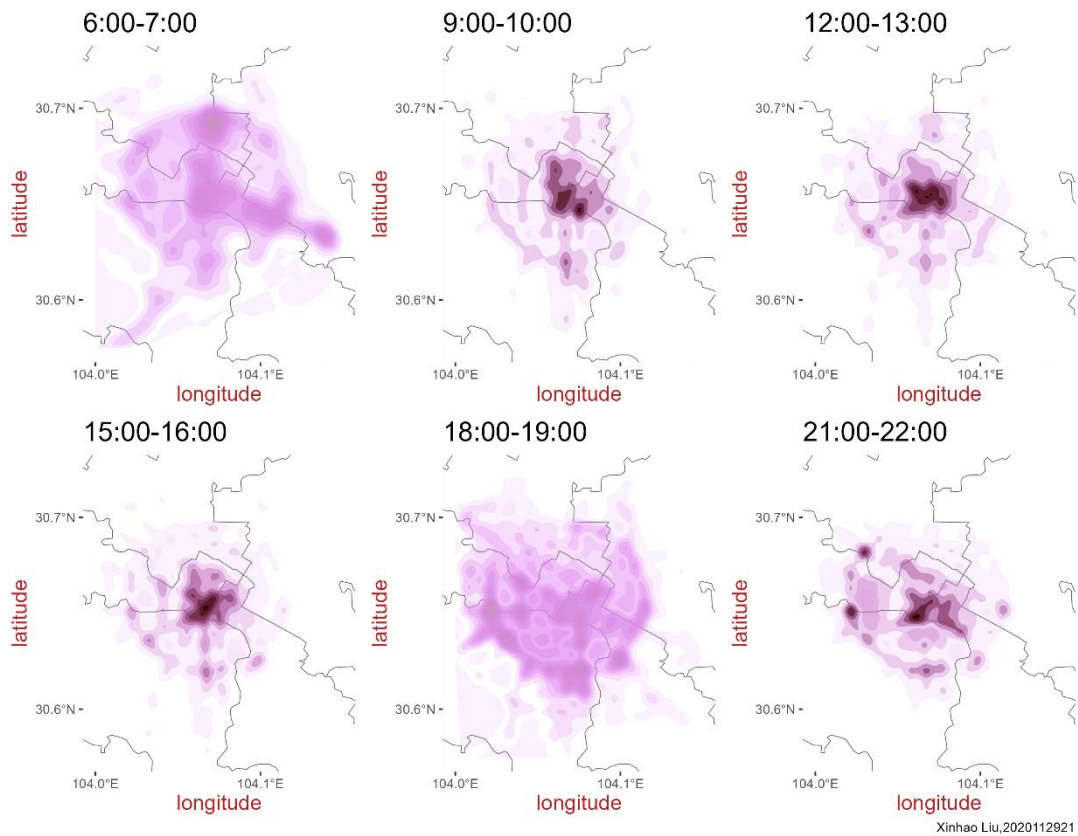


图 7：出租车排污时空分布图

四、总结与对策

通过出租车 GPS 数据挖掘出租车排放时空特征，结果展示了 2014 年 8 月份成都市出租车排放

在时间层面与出行行为相关度较高，在通勤时间为污染物排放高峰，在空间层面多集中于市中心等经济、行政资源发达的区域。在出租车排放总量较少时其分布更为广泛，排放总量较多时排放分布相对集中。

传统的限制移动源排放的有效手段为限号出行等方式，对于出租车排放，可以通过限制出租车运营数量来有效减少出租车排放，但该做法对出租车投入使用量产生直接影响，可能降低出行服务质量。在载客率统计中可以看到出租车的平均有效载客率约为 70%，少部分出租车有效载客率低于 50%，改进设计出租车接待站、出租车预约系统等基础设施，提高出租车有效载客率，可以提升交通的可达性，从而减少出租车的无效排放。合理采用电动或天然气车、设置高效充电站能够从根源处降低排放，减少污染。同时大力发展城市公共交通也将从侧面减少出租车需求，降低排放污染。

参考文献

- [1]. 生态环境部. 生态环境部发布《中国移动源环境管理年报（2021）》[EB/OL].（2021-09-11）[2022-12-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/11/content_5636764.htm
- [2]. 成都市生态环境局. 成都走出移动源治污特色之路[EB/OL].（2022-03-25）[2022-12-10]. http://sthj.chengdu.gov.cn/cdhbj/c110778/202203/25/content_0f92444d26dc49659a78426b0fadf371.shtml
- [3]. 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[R]. 北京, 中华人民共和国中央人民政府, 2022
- [4]. 贺克斌. 城市大气污染源排放清单编制技术手册[M]. 2018