

基于视频监控数据的道路交叉口 电动自行车行驶行为分析

李东航

2022年10月12日



北京大学
PEKING UNIVERSITY

目录

CONTENTS

01、引言与文献综述

Introduction and Literature Reivew

02、研究设计与研究方法

Research Design and Methodology

03、模型建立与数据分析

Model Building and Data Analysis

04、结论与讨论

Conclusion and Discussion

05、改进与展望

Improvement and Prospect

06、参考文献

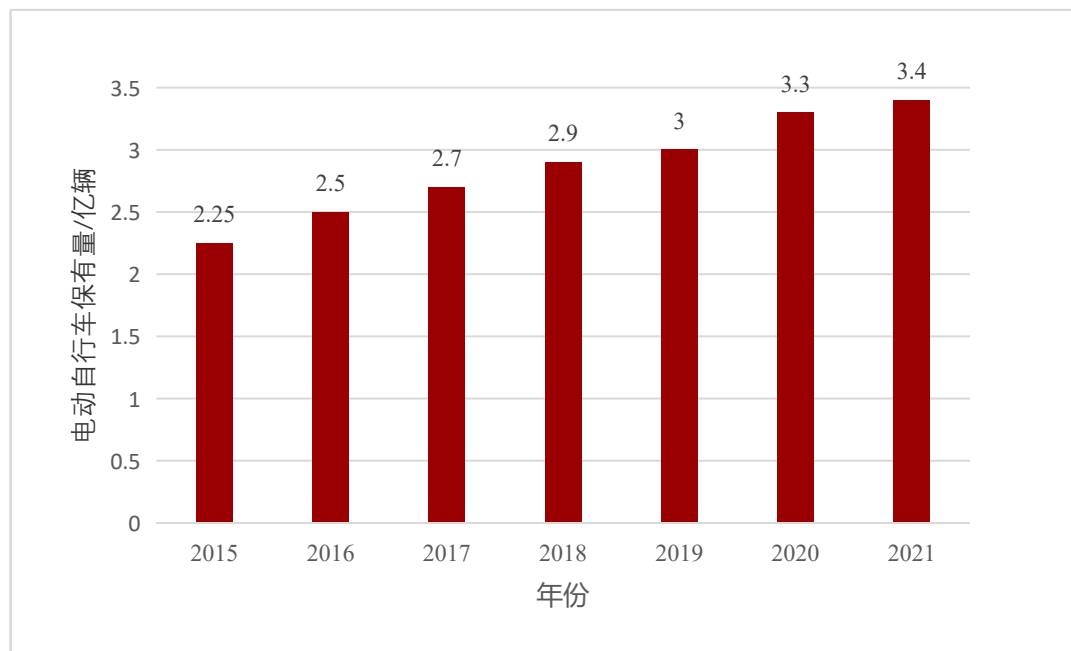
References

Part 01

引言与文献综述

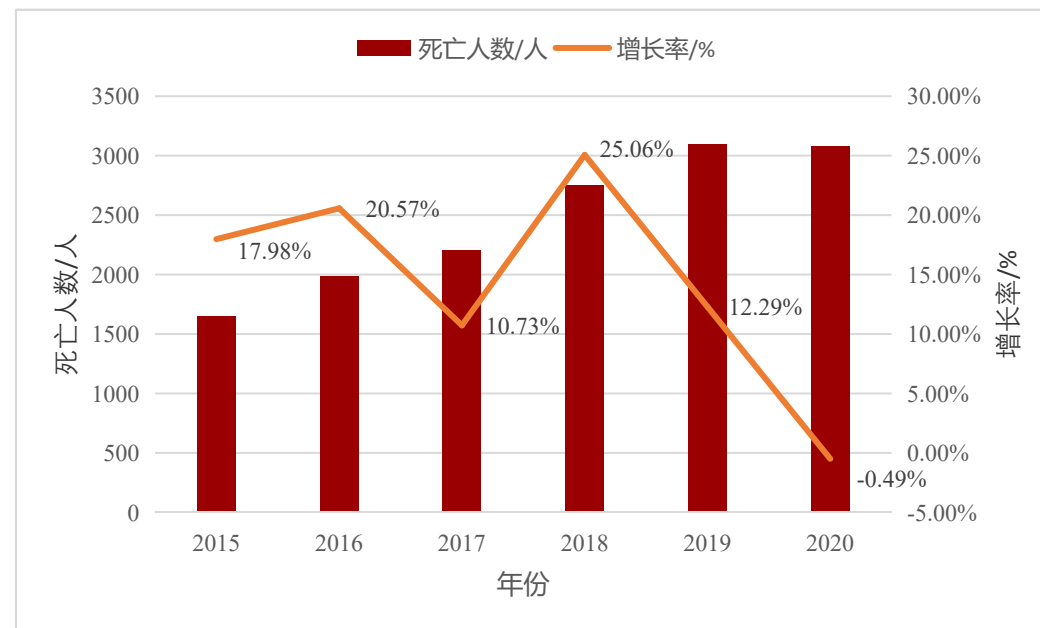
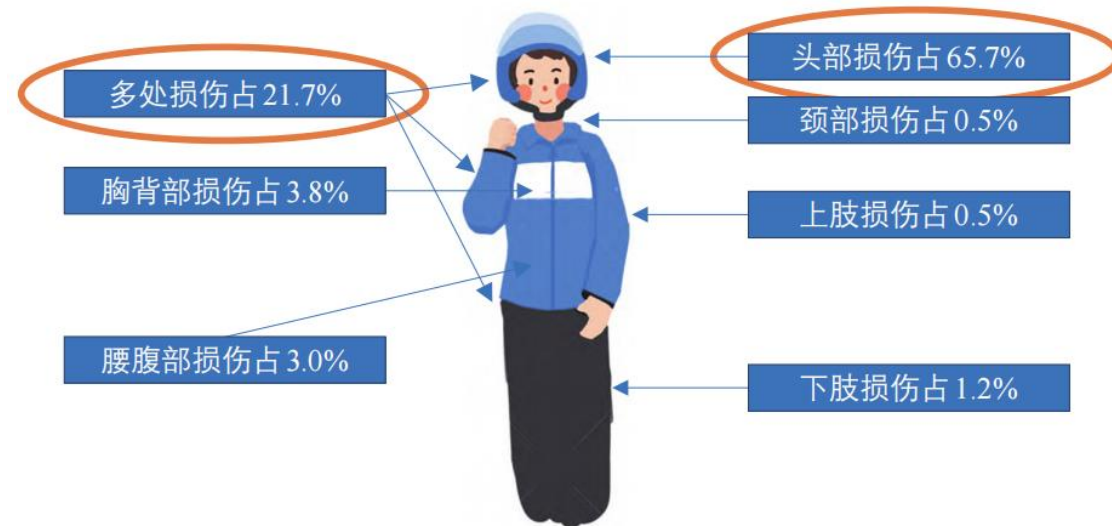


我国电动自行车保有量持续增长

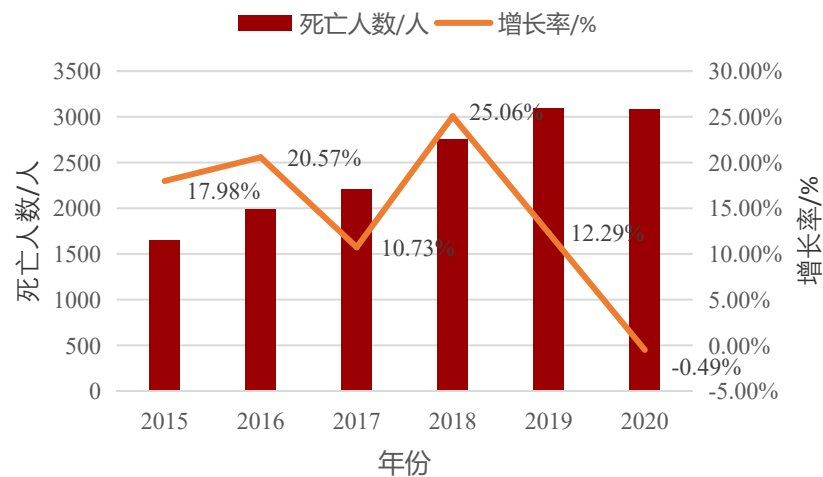
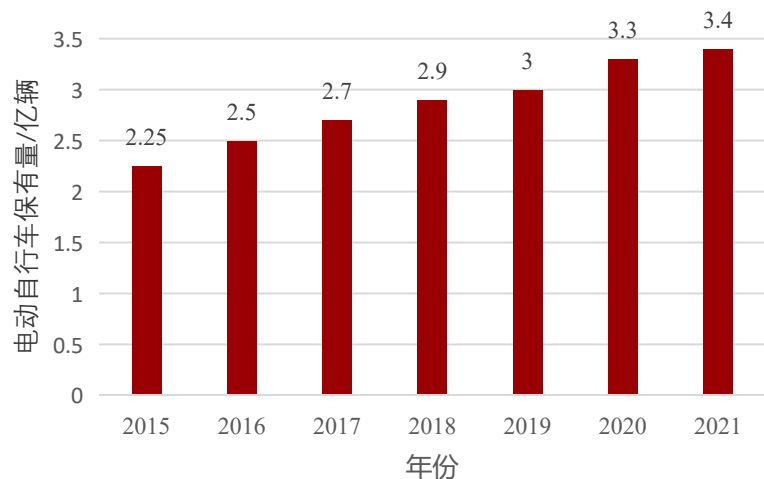




我国电动自行车事故死亡人数居高不下



1 引言与文献综述



实施日期

政策法规

2018.11.1

《北京市非机动车管理条例》

2019.4.15

《电动自行车安全技术规范》(GB17761-2018)

2019.7.1

《宁波市非机动车管理条例》

.....

.....

北京市电动自行车上路规定



电动自行车上路规定有哪些？



悬挂号牌、临时标识，并保持清晰、完整，不得遮挡、污损

不得使用伪造、变造的行驶证、号牌、临时标识，不得使用其他电动自行车的行驶证、号牌、临时标识；

制动、鸣号、夜间反光装置等安全设备性能正常。

驾驶人年满16周岁；

成年人可以在驾驶人座位后部的固定座椅内载一名12周岁以下的儿童；

在非机动车道内行驶，最高时速不得超过15公里。



国家分布:

中国、荷兰、以色列、加拿大

案例城市:

苏州、昆明、汕头、阿姆斯特丹、埃因霍温、温哥华

研究方向:

- 骑行行为
- 安全感知
- 环境因子
- 事故分析
-

总结: 有关电动自行车的研究在近年来逐渐升温, 其研究地域分布存在明显的空间特征: 研究集中于电动自行车保有量较高的国家, 例如中国和荷兰。研究的重点除了环保、健康之外, 还有对其安全性的讨论。

1 引言与文献综述

关键文献梳理

原始文献

VAN DER HORST A R A, DE GOEDE M, DE HAIR-BUIJSSEN S, et al. Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video[J/OL]. Accident Analysis & Prevention, 2014, 62: 358-368. DOI:10.1016/j.aap.2013.04.005.

VLAKVELD W, MONS C, KAMPHUIS K, et al. Traffic conflicts involving speed-pedelecs (fast electric bicycles): A naturalistic riding study[J/OL]. Accident Analysis & Prevention, 2021, 158: 106201. DOI:10.1016/j.aap.2021.106201.

ZHONG Z, LIN Z, LI L, et al. Risk Factors for Road-Traffic Injuries Associated with E-Bike: Case-Control and Case-Crossover Study[J/OL]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(9): 5186. DOI:10.3390/ijerph19095186.

SIMAN-TOV M, RADOMISLENSKY I, ISRAEL TRAUMA GROUP, et al. The casualties from electric bike and motorized scooter road accidents[J/OL]. Traffic Injury Prevention, 2017, 18(3): 318-323. DOI:10.1080/15389588.2016.1246723.

主要结论

发现阿姆斯特丹电动自行车冲突严重冲突显著高于埃因霍温，原因之一在于阿姆斯特丹自行车道的宽度（3.55米）小于埃因霍温（4.94米），合理控制自行车道的宽度可以减少冲突的概率。

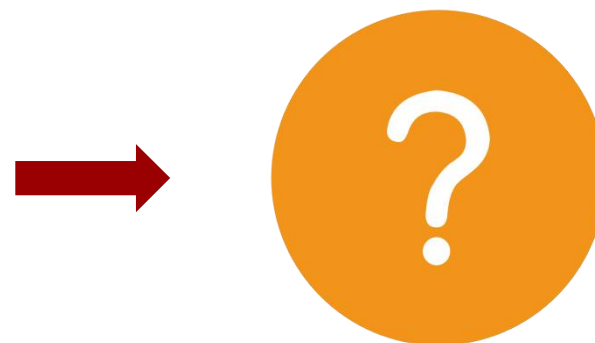
尽管电动自行车和传统自行车发生冲突的风险要高于其和机动车的冲突，然而其和机动车发生冲突的危险严重等级更高，因此无法判定电动车应该在机动车道上行驶还是非机动车道上行驶。

骑行追逐、逆向骑行、不佩戴头盔等行为是发生道路伤害的显著因子。值得注意的是，研究发现在机动车道上骑行以及在人行道上骑行均是道路交通伤害的保护因素，其安全性均好于在混合车道内骑行。

因交通事故住院的患者多为电动自行车和摩托车骑行者，部分原因是电动自行车使用的自行车道与移动较慢的自行车和行人混合，从而增加了交通事故的风险。

科学问题

电动自行车具有怎样的行驶特征？



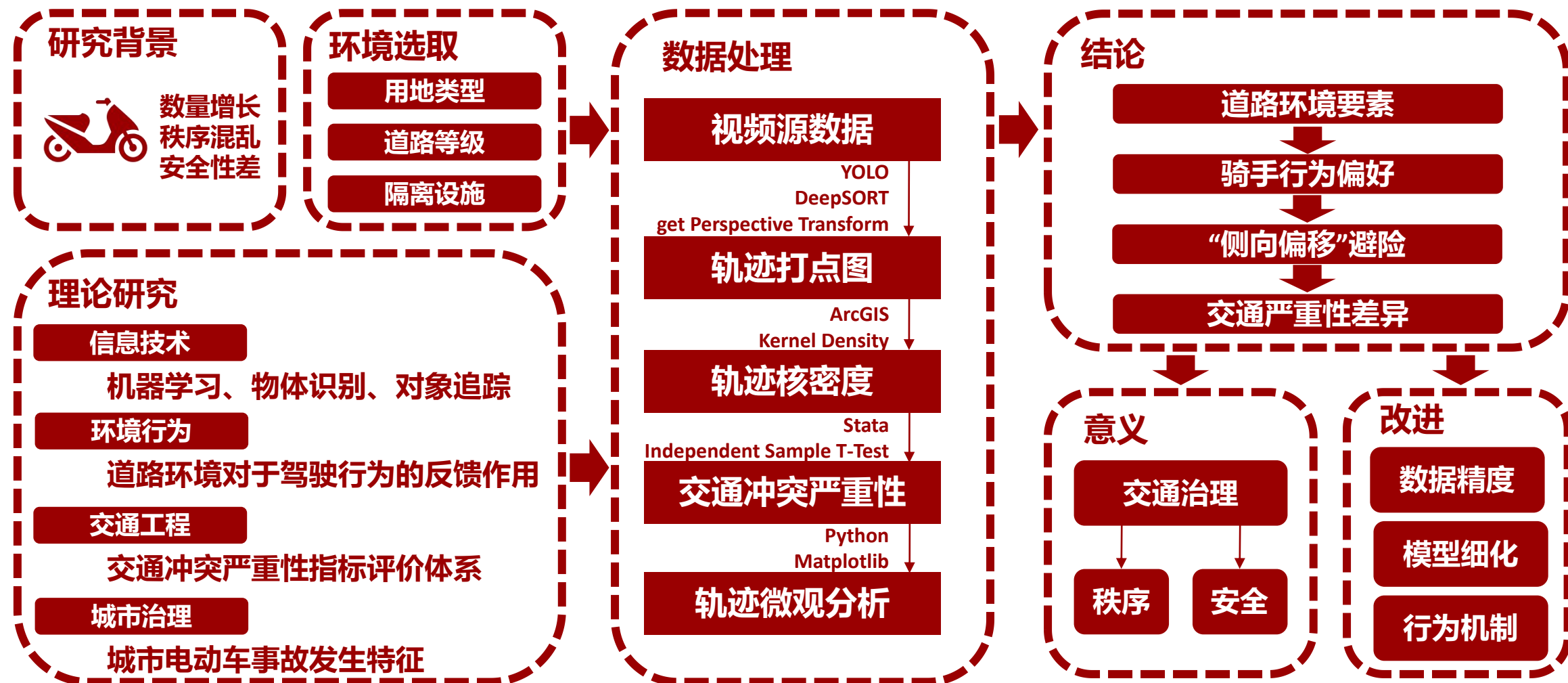
机非隔离对电动自行车安全性存在怎样的影响？

Part 02

研究设计与研究方法

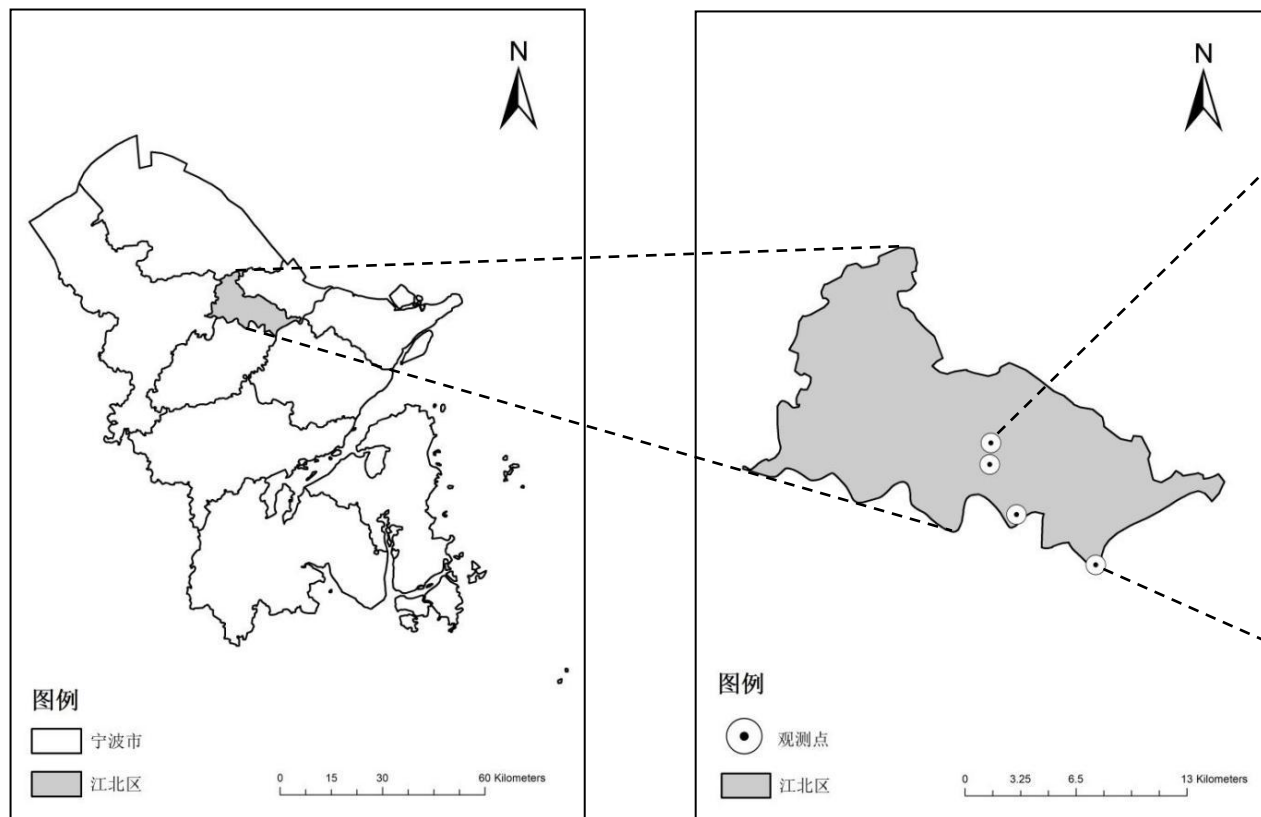
- ✓ 2.1 技术路线
- ✓ 2.2 研究区域
- ✓ 2.3 研究点位
- ✓ 2.4 研究方法

2.1 技术路线:



2.2 研究区域：

本次研究选取的研究区域位于浙江省宁波市江北区。宁波市电动自行车保有量位于全国前列，因此存在着大量的研究样本。江北区道路等级、用地类型丰富，同时具有城市、乡村的地段，可以满足研究对于环境多样性的需求，适宜作为本文的研究区域。



研究点位画面内容

2.3 研究点位：

本研究使用的数据为宁波市城管局提供的江北区道路交叉口监控视频，数据时间为2020年10月17日00:00:00-2020年10月17日24:00:00，共24小时。综合考虑视频质量、交通流量、环境特征等多个因素，最终本研究共选取4个研究点位，分析时间为早高峰7:00-9:00以及晚高峰17:00-19:00。

- 序号：1
- 位置：云渡路与祥北路交叉口
- 道路等级：支路
- 用地类型：教育科研用地与居住用地
- 隔离设施：无



- 序号：2
- 位置：洪塘中路与中兴一路交叉口
- 道路等级：次干路与支路
- 用地类型：居住用地
- 隔离设施：无



- 序号：3
- 位置：人民路与扬善路口东
- 道路等级：次干路与支路
- 用地类型：商业用地
- 隔离设施：有



- 序号：4
- 位置：洪塘中路与通惠路西南角
- 道路等级：次干路与支路
- 用地类型：居住用地与医疗卫生用地
- 隔离设施：有



2.4 研究方法:

(1) 视频轨迹提取YOLO v5s + DeepSORT

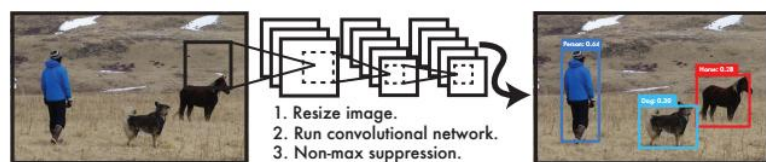
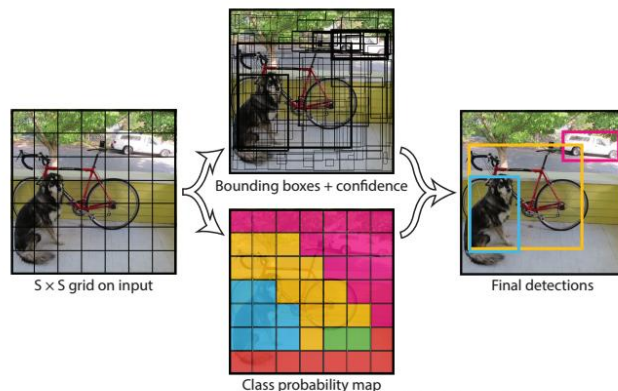
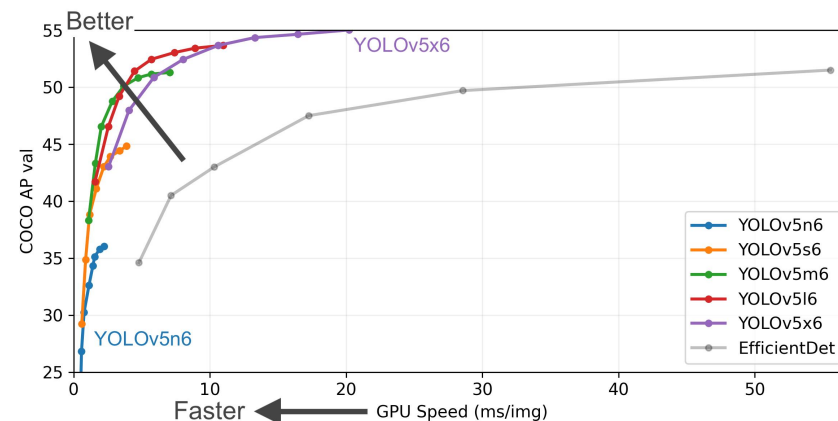


Figure 1: The YOLO Detection System. Processing images with YOLO is simple and straightforward. Our system (1) resizes the input image to 448×448 , (2) runs a single convolutional network on the image, and (3) thresholds the resulting detections by the model's confidence.

https://blog.csdn.net/qj_37392244



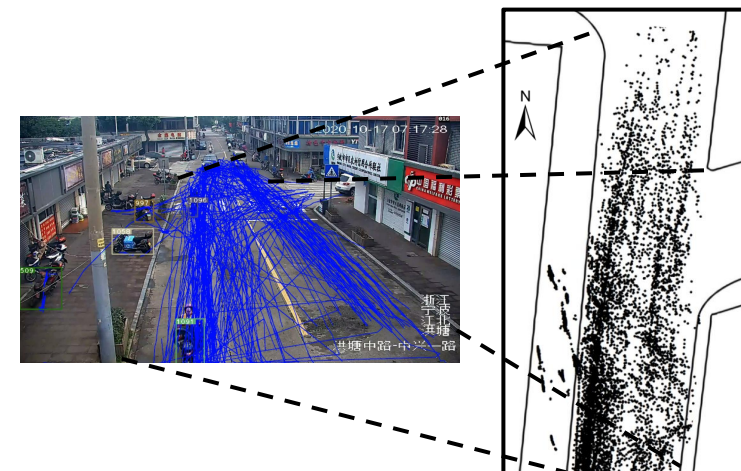
https://blog.csdn.net/qj_37392244



(2) 视频轨迹透视变换OpenCV get Perspective Transform

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	frame	uid	x1	y1	x2	y2	x	y	tr_x	tr_y
2	1164	23	40	470	95	578	87.5	759	633.3983	331.4853
3	1167	23	71	466	128	572	135	752	633.242	331.9797
4	1170	23	111	457	176	566	199	740	632.8905	332.6836
5	1173	23	159	451	226	557	272	729.5	632.6392	333.5103
6	1176	23	200	444	271	549	335.5	718.5	632.307	334.2778
7	1179	23	240	436	315	539	397.5	705.5	631.836	335.0861
8	1182	23	280	431	356	528	458	695	631.4811	335.8967
9	1185	23	313	427	391	521	508.5	687.5	631.2488	336.5893
10	1188	23	352	426	428	512	566	682	631.1647	337.3684
11	1191	23	382	412	465	502	614.5	663	630.1534	338.2721
12	1194	23	414	402	503	498	665.5	651	629.5646	339.1575
13	1197	23	444	402	530	491	709	647.5	629.5192	339.8201
14	1200	23	473	396	558	483	752	637.5	628.9961	340.6325
15	1203	23	502	393	583	474	793.5	630	628.6299	341.4053
16	1206	23	530	388	609	466	834.5	621	628.1276	342.2423
17	1209	23	555	383	631	458	870.5	612	627.5763	343.0424
18	1212	23	577	367	657	447	905.5	590.5	625.898	344.261
19	1215	23	599	361	681	443	939.5	582.5	625.3287	345.1076
20	1218	23	625	358	701	436	975.5	576	624.8867	345.9734
21	1221	23	650	363	717	429	1008.5	577.5	625.192	346.5025

$$\begin{bmatrix} tx' \\ ty' \\ t \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$



2.4 研究方法:

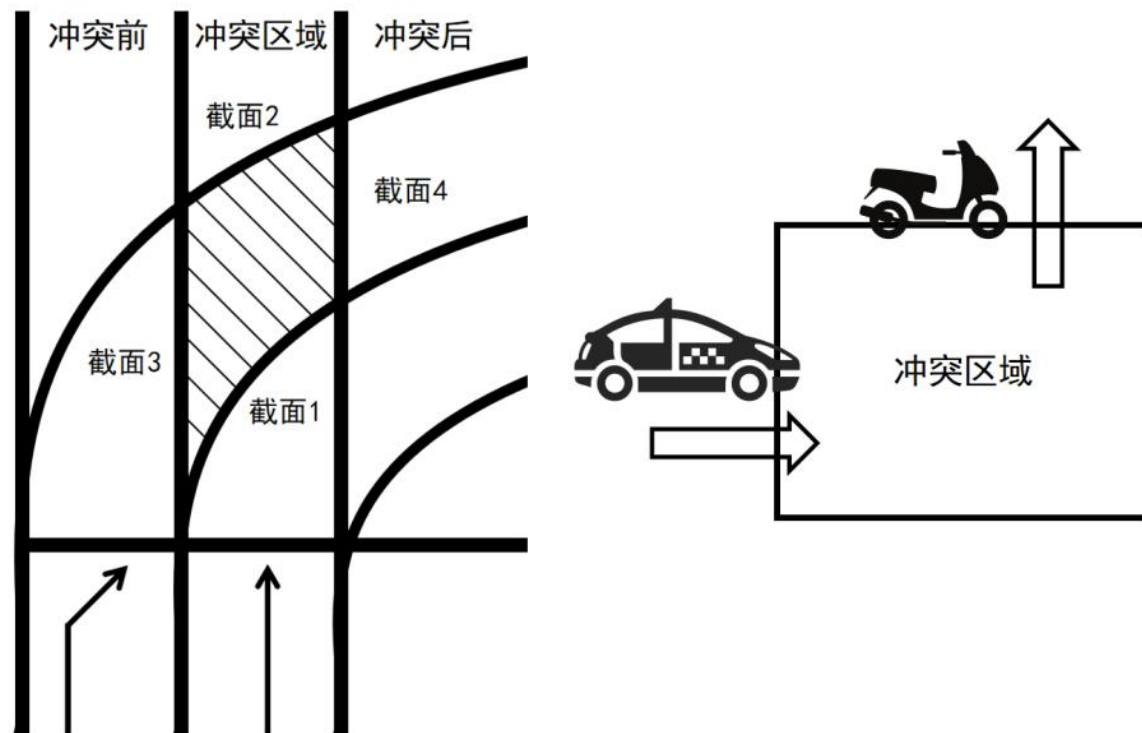
(3) 交通冲突严重性评价

ISMAIL K, SAYED T, SAUNIER N, et al. Automated Analysis of Pedestrian–Vehicle Conflicts Using Video Data[J/OL]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2009, 2140(1): 4-54. DOI:10.3141/2140-05.

$$TTC = \frac{X_2(t) - X_1(t) - L_1}{V_2(t) - V_1(t)}$$

$$DST_{ped} = \frac{2L}{(t_2 - t_1)^2}$$

$$PET = t_2 - t_1$$



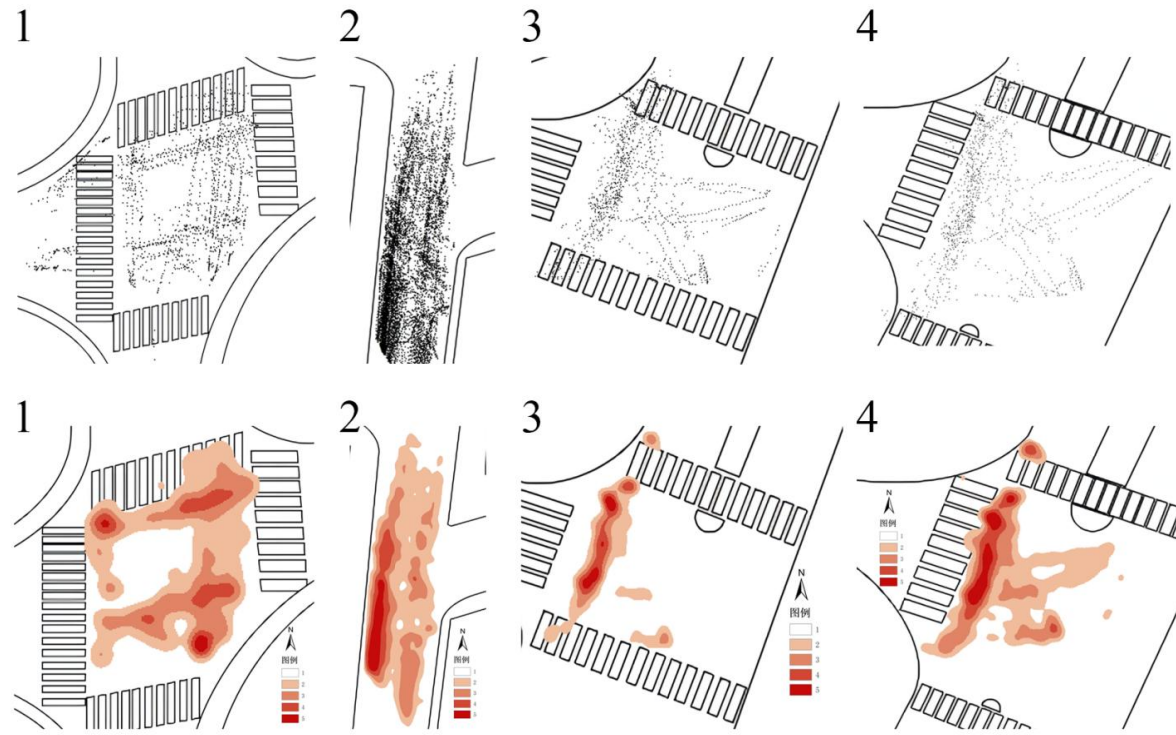
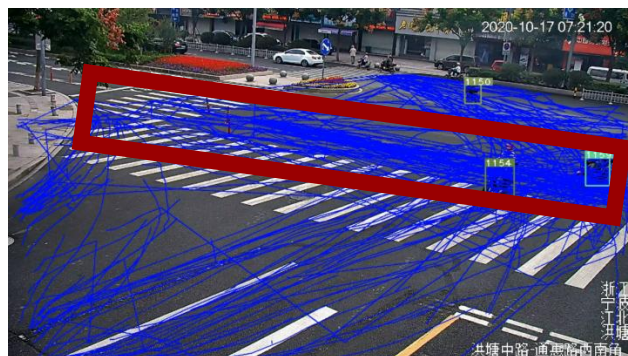
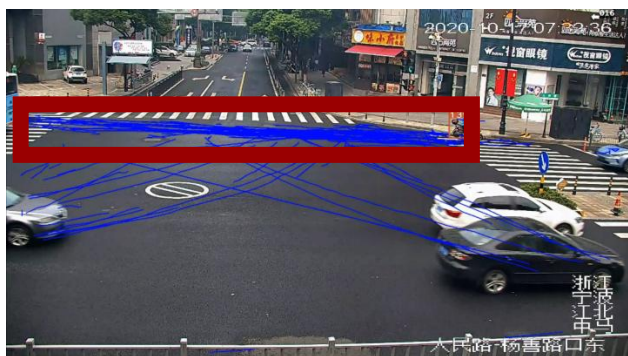
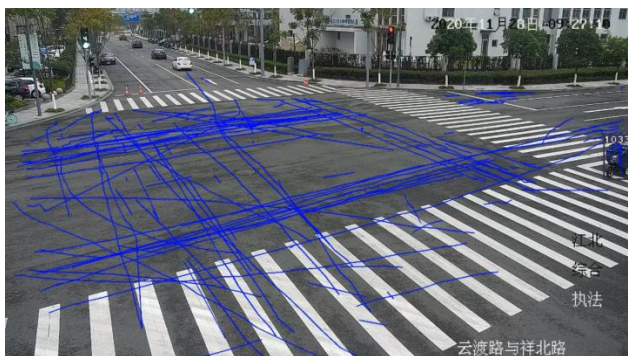
Part 03

模型建立与数据分析

- ✓ 3.1 道路交叉口电动自行车轨迹分析
- ✓ 3.2 道路交叉口道路交通安全程度分析
- ✓ 3.3 电动自行车与机动车冲突轨迹微观分析

3.1 道路交叉口电动自行车轨迹分析

综合考虑交通流量与识别精度，对4个道路交叉口7:00-9:00的视频监控数据作为研究样本。通过Python YOLO+DeepSORT将识别出的运动轨迹直接在画面上进行绘制，采样频率为8帧/秒。运用叠加分析可以得到电动自行车在道路交叉口时的轨迹特征，分析结果如下图所示。

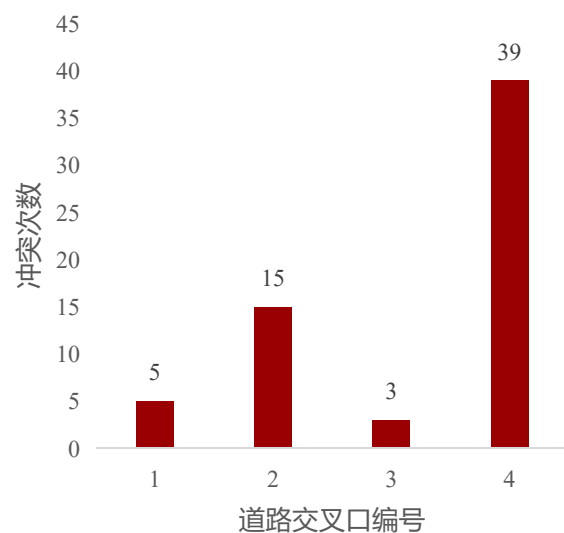


轨迹提取

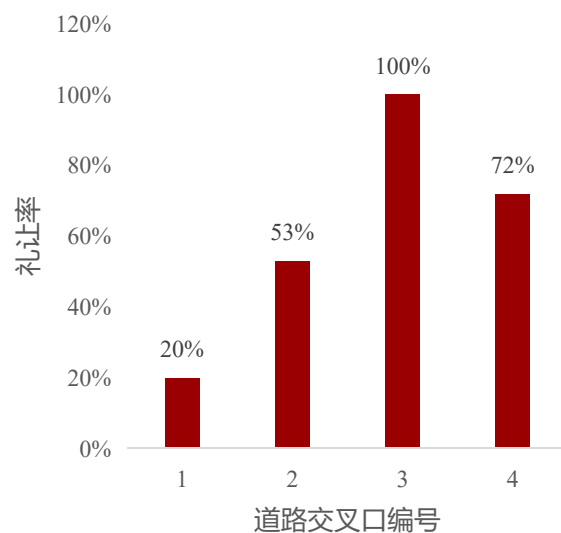
轨迹核密度分析

3.2 道路交叉口道路交通安全程度分析

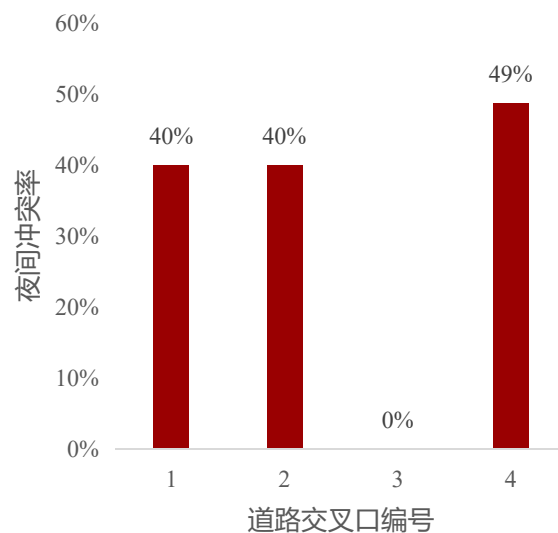
观察4个道路交叉口早晚高峰时期（7:00-9:00、17:00-19:00）的机动车与电动自行车的交通冲突状况，测算每次交通冲突的PET值，并记录是否有隔离带、是否是夜晚两个环境特征，以及机动车是否礼让非机动车的行为特征。共记录到62次交通冲突，具体信息如下图所示。



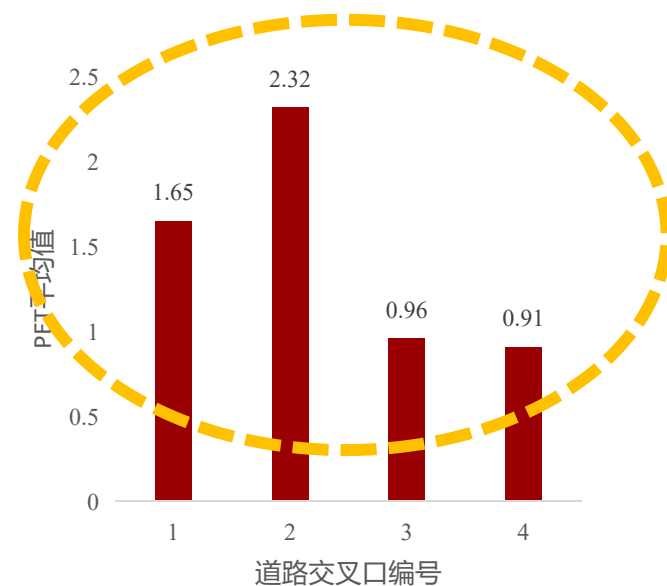
冲突次数



礼让率



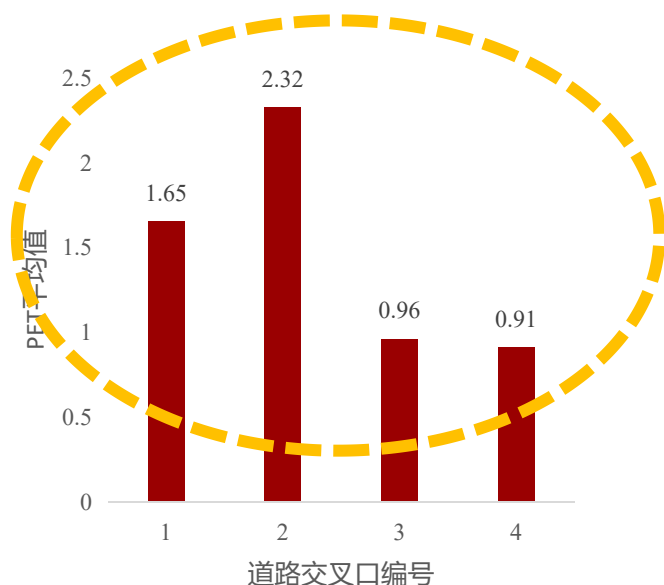
夜间冲突率



PET平均值

3.2 道路交叉口道路交通安全程度分析

观察4个道路交叉口早晚高峰时期（7:00-9:00、17:00-19:00）的机动车与电动自行车的交通冲突状况，测算每次交通冲突的PET值，并记录是否有隔离带、是否是夜晚两个环境特征，以及机动车是否礼让非机动车的行为特征。共记录到62次交通冲突，具体信息如下图所示。



PET平均值

Independent-Samples T-Test

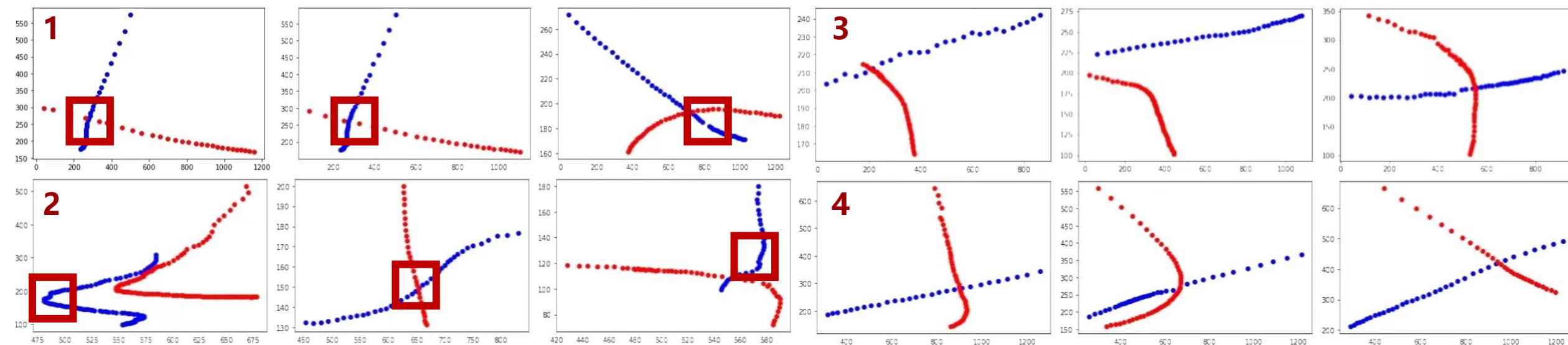
变量	分组	数量	平均值	标准误	t	Sig.
隔离	0	20	2.15	0.18	8.5715	0.0000
	1	42	0.92	0.05		
夜晚	0	35	1.43	0.15	1.2683	0.2096
	1	27	1.18	0.11		
礼让	0	22	1.43	0.15	0.8586	0.3940
	1	40	1.26	0.13		

隔离的非机动车专用道的存在使得交通安全性有组间显著性差异

Recall: VLAKVELD W, MONS C, KAMPHUIS K, et al. Traffic conflicts involving speed-pedelecs (fast electric bicycles): A naturalistic riding study[J/OL]. Accident Analysis & Prevention, 2021, 158: 106201. DOI:10.1016/j.aap.2021.106201.

3.3 电动自行车与机动车冲突轨迹微观分析

对于每个道路交叉口，选取交通冲突PET值位于该交叉口PET平均值附近的三次冲突，运用Matplotlib绘制轨迹散点图。由于打点采样频率保持一致（每6帧进行1次打点），可以通过观测两次打点之间的距离、角度来分析电动自行车与机动车的速度变化、角度变化。打点较为密集说明此时物体运动速度较慢，而打点较为稀疏则说明了此时物体运动速度较快。绘制结果如下图所示，图中蓝色的打点表示电动自行车的运动轨迹，红色的打点表示机动车的运动轨迹。

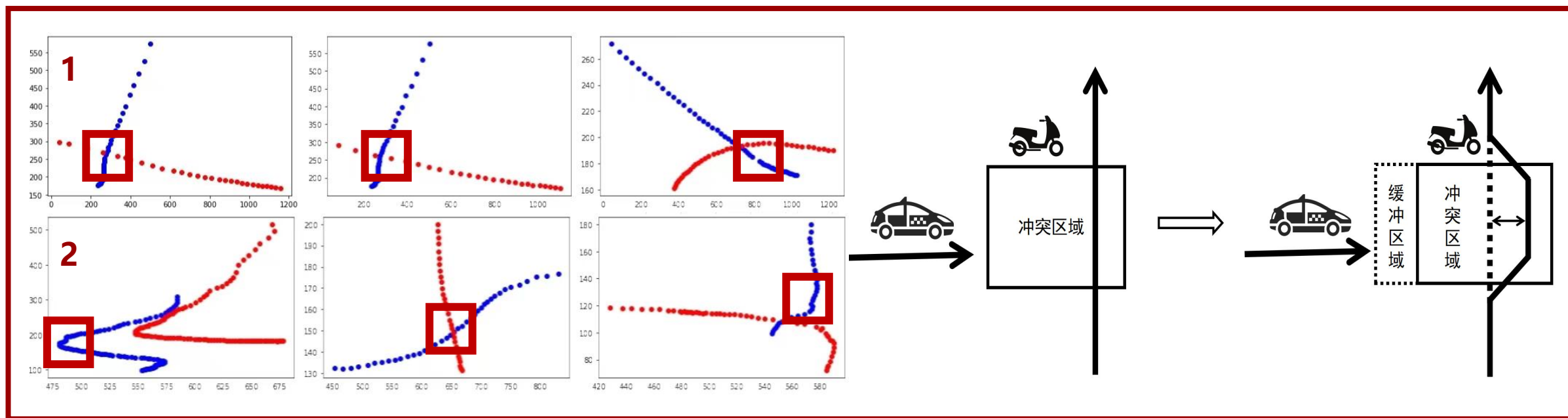


无论是机动车还是电动自行车，均有在交通冲突发生前降低速度的趋势，以此来避免严重交通事故的发生。

对于1号交叉口和2号交叉口的电动自行车，在交通冲突即将发生时，其轨迹均出现了明显的“侧向偏移”。

3.3 电动自行车与机动车冲突轨迹微观分析

对于根据PET值的计算方法，正是由于“**侧向偏移**”的存在，使得冲突区域发生偏移，与机动车之间增加了一段缓冲区域。缓冲区域的存在使得双方可以做出更安全的避险行为，也给双方提供了足够的减速度时间，增加了交通冲突的PET值，从而提升了道路交叉口交通冲突的安全性。



道路环境要素

骑手行为偏好

“侧向偏移”避险

交通冲突严重性差异

Part 04

结论与讨论

道路环境要素

骑手行为偏好

“侧向偏移”避险

交通冲突严重性差异

本文以宁波市江北区为研究地点，以城管部门道路交叉口监控视频为数据来源，通过对其中的电动自行车进行识别分类、轨迹提取，并针对其轨迹进行空间分析，研究电动自行车在城市道路交叉口的行驶特征。在此基础上，从交通安全性角度出发，深入分析电动自行车在城市道路交叉口的安全隐患及其微观机理，得到结论如下：

01

隔离的非机动车专用道不仅在道路上将电动自行车限定在一定区域内，即使在较为自由的道路交叉口依然存在着一定的约束作用。与未设置隔离非机动车专用道的道路交叉口相比，电动自行车的行驶轨迹更为收束、集中。

02

尽管隔离的非机动车专用道使得道路交叉口的电动自行车更有行驶秩序，然而却存在着更大的交通安全隐患。与未设置隔离非机动车专用道的道路交叉口相比，发生在其上的交通冲突往往更为严重。

03

从交通冲突时电动自行车的微观轨迹来看，行驶在未设置隔离非机动车专用道交叉口的电动自行车在发生交通冲突时会产生一段“侧向偏移”。这段“侧向偏移”延缓了交通冲突的到来，从而增加了PET值，为避免交通事故发生提供了更多反应时间，提升了道路交叉口交通安全性水平。



Part 05

改进与展望

研究展望

研究综合了**信息技术、交通安全工程、城市规划与治理、环境行为学**等多学科研究方法，丰富了国内针对电动自行车行驶特征、交通安全以及环境行为的研究，并对城市交通治理与道路规划设计提供参考。尽管对电动自行车的行驶区域进行限制可以改善道路交叉口的交通秩序，然而这部分秩序的提升以牺牲电动自行车的避险区域为代价，在面对与机动车的交通冲突时，电动自行车往往处于不利的地位。交通效率和交通安全是一个需要统筹考虑的问题。一方面，机动车在转弯时应尽量限制速度，礼让非机动车与行人，保障**交通安全**；另一方面，电动自行车车主也应该遵守城市交通规则，提升**交通效率**。

研究改进

数据精度



选取研究点位使其周边环境较为丰富

模型细化



机动车对电动自行车行驶安全具有最大的影响

行为机制



关注环境影响影响行为机制的结果

Part 06

参考文献



- [1] WEI L, XIN F, AN K, et al. Comparison Study on Travel Characteristics between Two Kinds of Electric Bike[J/OL]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2013, 96: 1603-1610. DOI:10.1016/j.sbspro.2013.08.182.
- [2] FISHMAN E, CHERRY C. E-bikes in the Mainstream: Reviewing a Decade of Research[J/OL]. *Transport Reviews*, 2016, 36(1): 72-91. DOI:10.1080/01441647.2015.1069907.
- [3] 朱新宇, 褚昭明, 朱建安, 等. 中国电动自行车交通事故析因及对策建议[J/OL]. *城市交通*, 2021, 19(6): 64-70. DOI:10.13813/j.cn11-5141/u.2021.0046.
- [4] 马社强, 吕志远, 刘东. 北京市电动自行车交通安全管理对策[J]. *中国人民公安大学学报(自然科学版)*, 2019, 25(2): 76-81.
- [5] 郭艳. 电动自行车事故多发原因及对策分析[J]. *道路交通与安全*, 2009, 9(6): 54-56+20.
- [6] 魏宇浩, 秦华. 外卖电动自行车在交叉口的风险行为研究[J/OL]. *北京建筑大学学报*, 2021, 37(1): 25-30. DOI:10.19740/j.2096-9872.2021.01.04.
- [7] DU W, YANG J, POWIS B, et al. Understanding on-road practices of electric bike riders: An observational study in a developed city of China[J/OL]. *Accident Analysis & Prevention*, 2013, 59: 319-326. DOI:10.1016/j.aap.2013.06.011.
- [8] ZHANG X, YANG Y, YANG J, et al. Road traffic injuries among riders of electric bike/electric moped in southern China[J/OL]. *Traffic Injury Prevention*, 2018, 19(4): 417-422. DOI:10.1080/15389588.2018.1423681.
- [9] YU R, ZHAO H, ZHANG C, et al. Analysis of risk-taking behaviors of electric bicycle riders in response to pedestrian countdown signal devices[J/OL]. *Traffic Injury Prevention*, 2019, 20(2): 182-188. DOI:10.1080/15389588.2018.1542138.
- [10] OH J, KIM E, KIM M, et al. Development of conflict techniques for left-turn and cross-traffic at protected left-turn signalized intersections[J/OL]. *Safety Science*, 2010, 48(4): 460-468. DOI:10.1016/j.ssci.2009.12.011.
- [11] ISMAIL K, SAYED T, SAUNIER N, et al. Automated Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflicts Using Video Data[J/OL]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2009, 2140(1): 44-54. DOI:10.3141/2140-05.
- [12] VAN HAPEREN W, DANIELS S, DE CEUNYNCK T, et al. Yielding behavior and traffic conflicts at cyclist crossing facilities on channelized right-turn lanes[J/OL]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2018, 55: 272-281. DOI:10.1016/j.trf.2018.03.012.
- [13] SAYED T, ZAKI M H, AUTEY J. Automated safety diagnosis of vehicle-bicycle interactions using computer vision analysis[J/OL]. *Safety Science*, 2013, 59: 163-172. DOI:10.1016/j.ssci.2013.05.009.
- [14] 刘洋, 李克平, 倪颖. 基于轨迹的交叉口机非冲突特性研究[J]. *交通科技*, 2016(1): 146-149.
- [15] 杨晓芳, 姬玉乐. 不同用地类型交叉口右转车与行人冲突分析[J]. *软件导刊*, 2020, 19(8): 60-64.
- [16] 郑少娅, 王永岗, 宋杰. 礼让行人背景下无信号控制人行横道交通冲突研究[C/OL]. 中国公路学会、世界交通运输大会执委会、西安市人民政府、陕西省科学技术协会, 2021: 1729-1734. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=IPFD&dbname=IPFDLAST2022&filename=ZGG S202106002248&v=>. DOI:10.26914/c.cnkihy.2021.010575.
- [17] 龙科军, 张燕, 邹志云, 等. 基于车辆轨迹的信号交叉口机非冲突判别[J/OL]. *交通运输系统工程与信息*, 2021, 21(1): 69-74. DOI:10.16097/j.cnki.1009-6744.2021.01.011.
- [18] 钱大琳, 黄迪. 信号平交路口右转机动车穿越直行自行车决策行为研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2006(5): 140-144.
- [19] 张开冉, 邱谦谦. 平面交叉口电动自行车交通冲突模型研究[J/OL]. *安全与环境学报*, 2017, 17(2): 422-425. DOI:10.13637/j.issn.1009-6094.2017.02.005.
- [20] BAI L, LIU P, CHEN Y, et al. Comparative analysis of the safety effects of electric bikes at signalized intersections[J/OL]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2013, 20: 48-54. DOI:10.1016/j.trd.2013.02.001.
- [21] HAUSTEIN S, MØLLER M. E-bike safety: Individual-level factors and incident characteristics[J/OL]. *Journal of Transport & Health*, 2016, 3(3): 386-394. DOI:10.1016/j.jth.2016.07.001.
- [22] VAN DER HORST A R A, DE GOEDE M, DE HAIR-BUIJSSEN S, et al. Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video[J/OL]. *Accident Analysis & Prevention*, 2014, 62: 358-368. DOI:10.1016/j.aap.2013.04.005.
- [23] HUANG Y, ZHOU Q, KOELPER C, et al. Are riders of electric two-wheelers safer than bicyclists in collisions with motor vehicles?[J/OL]. *Accident Analysis & Prevention*, 2020, 134: 105336. DOI:10.1016/j.aap.2019.105336.
- [24] VLAKVELD W, MONS C, KAMPHUIS K, et al. Traffic conflicts involving speed-pedeles (fast electric bicycles): A naturalistic riding study[J/OL]. *Accident Analysis & Prevention*, 2021, 158: 106201. DOI:10.1016/j.aap.2021.106201.
- [25] ZHONG Z, LIN Z, LI L, et al. Risk Factors for Road-Traffic Injuries Associated with E-Bike: Case-Control and Case-Crossover Study[J/OL]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(9): 5186. DOI:10.3390/ijerph19095186.
- [26] SIMAN-TOV M, RADOMISLENSKY I, ISRAEL TRAUMA GROUP, et al. The casualties from electric bike and motorized scooter road accidents[J/OL]. *Traffic Injury Prevention*, 2017, 18(3): 318-323. DOI:10.1080/15389588.2016.1246723.

THANKS!

李东航

2022年8月29日



北京大学
PEKING UNIVERSITY