

吴浩然

智能网联汽车课题组 (THICV)  
清华大学, 车辆与运载学院  
邮箱: wuhr19@mails.tsinghua.edu.cn  
电话: (+86) 18372024541  
个人主页: <https://wuhaoran111.github.io/>



教育背景

清华大学	2019.08 - 至今
车辆与运载学院, 博士	
新加坡国立大学	2022.10 - 2023.10
计算机学院, 联培博士	
清华大学	2015.07 - 2019.06
机械学院汽车系, 工程学士	

研究方向

专注于自动驾驶领域, 主要涵盖交通参与者意图识别、轨迹预测及评估等方面, 目标是开发交互式、任务驱动的运动预测方法, 优化自动驾驶车辆在真实场景的驾驶表现。

重要科研成果

交互式、任务驱动的轨迹预测评估体系 [NeurIPS 2023]

- 轨迹预测为非 i.i.d 问题, 这导致静态数据集中预测器的准确性与其在下游任务中的驾驶性能存在实质性差异。
- 本研究证明, 这种实质性差异受到数据集与真实场景之间环境动力学差异的主导; 在数据集中, 未来轨迹预先定义, 自行车及其他智能体行为不随预测器变化, 即环境动力学不变, 预测评估结果与真实世界偏移。此外, 本研究证明了预测算法计算效率与预测精度之间的 trade-off 在反映驾驶性能方面的重要性。
- 本研究证明了交互式、任务驱动的轨迹预测评估体系对反映预测方法在自动驾驶中的性能至关重要。

基于计划行为理论的行人意图识别方法 [IEEE IV 2021]

- 基于计划行为理论, 分别对行人态度、主观规范和知觉行为控制三要素建模, 识别其穿行意图。
- 基于姿态识别与方差分析获取影响行人态度的特征向量, 输入 MLP 网络训练; 基于社会规范定义行人从众效应, 修正群体行为, 提高行人态度识别准确率; 输入历史图像序列, 使用基于 ConvLSTM 的 Encoder-Decoder 网络, 识别行人知觉行为控制; 最终, 设计基于场景的混合策略模型, 结合行人态度及知觉行为控制, 输出行人穿行意图。
- 方法在 PIE 数据集中验证, 意图识别准确率为 82%,  $F_1\_score$  为 90%, 无交通标识场景识别准确率超过数据集基准 13%。

重要实习经历

阿里达摩院, 自动驾驶实验室, 研究型实习生	2021.06 - 2021.08
------------------------	-------------------

- 开发多模态轨迹预测算法, 在 Argoverse 轨迹预测挑战赛中验证其性能。
- 算法调研, 选定 LaneGCN 方法进行后续开发; 熟悉 Argoverse-API, 完成预测结果可视化及误差分析; 结果表明, 方法模态间差异较小, 采取多样性损失函数与基于预测方差的非极大值抑制方法, 优化预测结果的多模态性; 无显著缺陷后, 对特征提取模块加入速度特征弥补轨迹采样时间波动, 对多任务损失函数设置可学习的权重, 方法性能均获得一定提升。
- 方法最终在 Argoverse 轨迹预测挑战赛中主指标 brier-minFDE 排名第七 (截止 2021.09.01)。

重要项目成果

清华-日产合作项目——弱势道路使用者意图识别及轨迹预测	2019.12 - 2021.12
-----------------------------	-------------------

- 基于自动驾驶场景, 识别行人穿行意图并预测其穿行轨迹。
- 基于 OpenPose 提取行人姿态关键点, 输入 LSTM 网络获得行为先验概率, 结合速度似然模型, 获得贝叶斯后验概率, 提高行人行为识别准确率并降低传感器遮挡影响; 基于人车交互特征和行人行为构建动态贝叶斯网络, 识别行人穿行意图, 有效区分相似场景下的行人意图差异; 定义基于意图与可通行区域的粒子权重更新方法, 基于粒子滤波预测行人未来轨迹。
- 系统整体在清华自采驾驶数据集中进行验证, 其结果表明, 系统能提前 20m ~ 30m 对车辆进行碰撞预警。

清华-丰田合作项目——车辆换道意图识别及轨迹预测	2019.09 - 2020.03
--------------------------	-------------------

- 基于 NGSIM 数据集, 识别车辆换道意图并预测其未来轨迹。

- 根据车辆轨迹与道路夹角确定换道轨迹点，分离换道轨迹与直行轨迹；基于动态与静态障碍物位置构建环境风险场，将历史风险序列输入 LSTM 网络，识别自车换道意图；基于 Encoder-Decoder 架构预测车辆轨迹，将自车与周车历史轨迹输入 Encoder LSTM，获得状态向量 C，Decoder LSTM 输入为自车当前位置与换道意图。
- 换道意图识别准确率为 95.2%，轨迹预测 3s 平均误差为 4.74m。

学术成果

- **H Wu**, T Phong, C Yu, et al. What Truly Matters in Trajectory Prediction for Autonomous Driving? (2023). arXiv preprint arXiv:2306.15136. (收录至 **NeurIPS 2023**)  
[\[Paper\]](#)
- **H Wu**, S Zheng, Q Xu, et al. Applying the extended theory of planned behavior to pedestrian intention estimation (2021). In IEEE IV. (自动驾驶领域顶会)  
[\[Paper\]](#)
- **Wu H**, Wang L, Zheng S, et al. Crossing-road pedestrian trajectory prediction based on intention and behavior identification (2020). In IEEE ITSC. (智能交通领域顶会)  
[\[Paper\]](#) [\[Dataset\]](#)
- Q Xu, **H Wu**, J Wang, et al. Roadside pedestrian motion prediction using Bayesian methods and particle filter (2021). In IET Intelligent Transport Systems. (学生一作，影响因子 2.7)  
[\[Paper\]](#)
- C Zhang, S Zheng, **H Wu**, et al. AttentionTrack: Multiple Object Tracking in Traffic Scenarios Using Features Attention (2023). In IEEE TITS. (影响因子 8.5)
- M Cui, **H Wu**, X Zhao, et al. Safety-field based motion planning for proactive autonomous driving in dynamic environment (2020). In CVCI.  
[\[Paper\]](#)
- H Hu, C He, H Ma, C Zou, **H Wu**, et al. Minimum Fuel Consumption Strategy in Autonomous Adaptive Cruise Control Scenarios (2021). In CCC.  
[\[Paper\]](#)
- C Zou, **H Wu**, J Wang, et al. Lane change characteristics analysis of Chinese drivers based on driving safety field (2022). In ITS Asia-Pacific.
- 迭代优化式的端到端智能车辆感知方法、装置及电子设备（专利）
- 基于轨迹预测的行人防撞保护方法、装置、设备及介质（专利）
- 一种基于计划行为理论的行人违章穿行行为辨识方法（专利）

专业技能

编程：Python, C/C++, MATLAB, R 语言  
软件：PyTorch, Carsim, Carla, Solidworks, Docker, Git, LaTeX

荣誉 & 奖项

清华之友-麓山英才奖学金	2022
滴滴国际交流奖学金	2020
美国数学建模大赛 ICM Honorable Mention	2019
清华大学综合奖学金	2017, 2018, 2021
本科生科研项目 SRT	2017 - 2018
清华之友 - 潍柴动力奖学金	2016
清暖湘曦-赴湖南矮寨精准扶贫项目调研支队, 实践金奖	2016