
探索未知领域：多传感器融合及可解释人工智能在自动驾驶汽车中的作用综述 MDPI Sensors

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40963.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

探索未知领域：多传感器融合及可解释人工智能在自动驾驶汽车中的作用综述 MDPI Sensors。论文标题：Exploring the Unseen: A Survey of Multi-Sensor Fusion and the Role of Explainable AI (XAI) in Autonomous Vehicles

论文链接：<https://www.mdpi.com/1424-8220/25/3/856>

期刊名：Sensors

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/sensors>

一、引言

自动驾驶汽车高度依赖多传感器融合技术来感知周围环境，并通过整合来自雷达、摄像头、激光雷达等各种传感器的数据做出关键的实时决策。

然而，这些系统的复杂性往往导致缺乏透明度，从而对安全性、问责制和公众信任构成挑战。来自爱尔兰芒斯特理工大学 ImaR 研究中心的De Jong Yeong、Krishna Panduru 和Joseph Walsh 三位学者在Sensors期刊发表了综述文章，系统梳理了自动驾驶领域多传感器融合与可解释人工智能的前沿进展。

本文强调了在自动驾驶应用中整合可解释人工智能与多传感器融合技术时需采取平衡方法，还概述了未来的研究方向，旨在弥合自动驾驶系统中高性能多传感器融合与可信赖可解释性之间的差距。

二、研究内容

1. 多传感器融合策略

自动驾驶系统通常集成多种外部传感器 (摄像头、激光雷达、雷达、超声波) 与内部传感器 (全球定位系统、惯性测量单元)。单一传感器存在固有局限：摄像头易受光照和天气影响；激光雷达精度高但在雨雾中性能下降；雷达虽不受天气影响但分辨率低；超声波仅适用于短距离低速场景。多传感器融合通过互补性集成克服上述短板。根据数据集成阶段的不同，融合方法分为三类：

- 低级融合 (LLF)：在原始数据层 (如图像像素与激光雷达点云) 进行融合。信息保留最完整，检测精度高，但计算量大，对传感器时空校准误差敏感，且容错性差。
- 中级融合 (MLF)：在特征层 (如边缘、深度图、运动轨迹) 进行融合。平衡了精度与计算效率，但依赖于特征提取质量，可能丢失上下文信息。
- 高级融合 (HLF)：在决策层 (如目标检测框、分类结果) 进行融合。模块化程度高，计算效率高，即使单个传感器失效仍可运行，但可能丢失细粒度细节。

实际系统中常采用传统算法 (如卡尔曼滤波) 与深度学习相结合的混合方法，以兼顾鲁棒性与实时性。

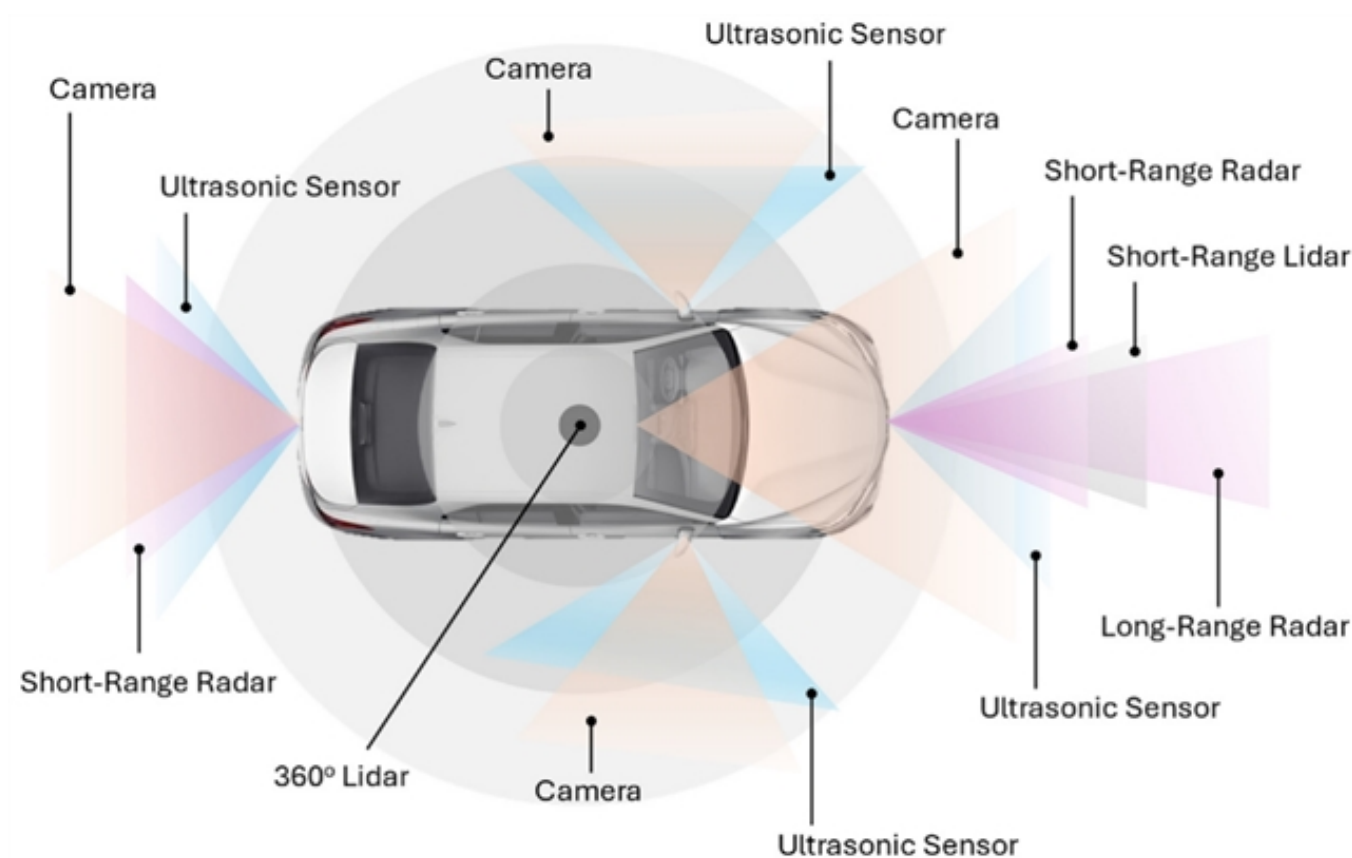


图1. 在道路自动驾驶系统中用于环境感知的典型传感器配置示意图

2. 可解释人工智能 (XAI) 技术

可解释人工智能在提升透明度、信任、问责制和安全性方面至关重要，特别是在自动驾驶等安全关键应用中。可解释人工智能强调五个核心原则，作为确保系统符合透明度、问责制和用户信任标准的基础支柱。这五项原则分别是：可解释性、可说明性、合理性、可追溯性和透明度。

XAI Core Principles



图2. 可解释人工智能核心原则示意图

三、研究总结

本文系统梳理了多传感器融合与可解释人工智能在自动驾驶领域的交叉应用。研究表明，多传感器融合显著提升了自动驾驶车辆的环境感知能力，但黑箱模型的不可解释性仍是阻碍其大规模部署的关键瓶颈。可解释人工智能通过提供可理解的决策理由，在增强用户信任、辅助事故追责、促进法规合规方面具有不可替代的价值。未来核心研究方向聚焦于三点：

(1) 实时可解释性技术

在紧急避障等时间敏感场景中，解释生成不能引入显著延迟。需要开发计算效率更高、轻量级的可解释人工智能方法，或利用硬件加速器实现实时解释。

(2) 因果推断与知识融合

当前多数可解释人工智能方法仅提供特征关联性，而非因果性。将因果图、反事实推理融入可解释人工智能，提供更本质的解释。

(3) 大语言模型辅助与统一评估框架

利用大语言模型生成自然语言描述，满足不同利益相关者的差异化需求。同时，建立跨场景、跨方法的可解释人工智能评价标准，便于横向比较与选型。

Sensors 期刊介绍

主编：Vittorio M. N. Passaro, Politecnico di Bari, Italy

期刊涵盖所有传感器科学和技术研究领域，例如物理传感器、智能传感器、传感网络、生物传感器、化学传感器、雷达、可穿戴电子设备和先进的传感材料及其在物联网、工业、农业、环境、遥感、导航、通信、车辆、成像、生物医药等领域的应用。目前期刊已被SCIE (Web of Science)、PubMed、EI Compendex、Scopus等数据库收录。

2025 Impact Factor 4.0 2025 CiteScore 9.4 Time to First Decision 17.8 Days Acceptance to Publication 2.8 Days
来源：Sensors

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发