

面向智能城市的多模态数据融合技术研究

罗秉峰

兰州大方电子有限责任公司, 甘肃省兰州市, 730000;

摘要: 智能城市是未来城市的发展方向, 而实现这一目标的前提条件是对大量智能感知数据进行高效、高质量地融合。本文基于多模态数据融合技术, 分析了智能城市中多模态数据的特征, 设计了多源感知与实时数据融合框架, 并分析了关键技术; 然后以交通管理为例, 介绍了基于多模态数据融合的智能交通管理应用; 最后指出智能城市多模态数据融合面临的挑战, 包括数据隐私与安全保护、数据标准化与互操作性、大规模数据计算与存储压力、多源感知与实时数据融合等。

关键词: 智能城市; 多模态数据; 融合技术

DOI: 10.64216/3080-1508.25.10.063

引言

当前, 信息技术的快速发展对城市生活产生了深远影响, 各种城市数据在不断产生和增长, 如何对这些海量数据进行有效分析处理, 为城市管理者提供决策支持, 是未来城市发展的重要方向之一。传统的数据融合技术主要基于人工提取特征, 建立特征与数据之间的映射关系, 再将其应用到大数据分析中。随着深度学习和计算机视觉技术的不断发展, 一些新的融合方法应运而生。

1 智能城市的定义与发展现状

智能城市 (Intelligent City) 是指将物联网、云计算、大数据等新一代信息技术应用于城市建设和管理, 利用先进的网络技术, 整合各类信息资源, 提高城市运行效率、管理水平和服务质量, 为市民提供优质、便捷的服务, 实现城市可持续发展。目前, 我国智能城市建设已取得长足发展, 以北京、上海为代表的大城市和以重庆为代表的直辖市率先建设智能城市^[1]。

2 多模态数据融合的基本原理

多模态数据融合是指利用多个传感器对数据源的信息进行综合处理, 从而得到完整、准确的信息。其中, 传感器是多模态数据融合中最关键的组成部分。在一般情况下, 传感器获取数据时往往会受到噪声、干扰等因素的影响, 这些干扰会对数据的质量和可靠性产生负面影响, 从而使融合结果的准确性和可靠性降低。因此, 多模态数据融合需要对传感器所采集的原始数据进行必要的去噪、清洗和特征提取等预处理工作^[2]。

3 智能城市多模态数据特征分析

多模态数据是指由不同类型的传感器产生的数据, 通常包括文本、图像、视频、音频、地理位置等多种类型的数据。多模态数据融合是在不改变原始数据结构的

情况下, 从不同类型的数据中提取有价值的信息。多模态数据融合技术是指通过将具有不同结构和功能的多个传感器采集到的同一时间域或空间域上的数据进行融合处理, 以提高整体性能或增加系统可靠性。不同传感器所采集到的信息往往具有不同特点, 这就需要采用适当的方法将这些信息进行整合和融合, 从而获得对城市运行状态更全面、更准确、更可信地描述^[3]。

4 多模态数据融合关键技术

4.1 传统数据融合方法

多传感器数据融合的主要目的是对同一空间、同一时间不同来源的数据进行分析, 生成更准确、可靠和完整的数据, 为决策提供更可靠的依据。多传感器数据融合主要涉及传感器、数据采集、数据预处理、信息提取以及信息融合等环节。在信息提取阶段, 通常需要对传感器的信息进行提取和转化, 将其转换成可以被计算机处理的数字特征, 实现对目标对象的准确描述。在信息融合阶段, 需要将来自不同传感器的信息进行整合, 形成统一、完整的数据集合^[4]。由于每个传感器都有自己独特的信息优势, 因此需要根据目标对象特点进行差异性融合处理。

4.2 机器学习与深度学习融合算法

随着深度学习技术的不断发展, 人工智能技术在图像和视频领域的应用取得了显著进展。机器学习与深度学习的融合算法可以有效提高目标检测和分类的准确率。机器学习是一种基于数据驱动的学习算法, 可以利用大量数据和强大的计算能力自动识别模式, 在训练过程中自动提取特征。深度学习是一种基于人工神经网络的学习算法, 可以通过监督或非监督学习来自动提取特征。两者都能解决目标检测和分类问题, 但由于两者的

不同特点,需要结合起来使用才能取得更好的效果^[5]。

4.3 特征层、决策层与数据层融合技术对比

针对多模态数据融合,可以通过对特征层、决策层和数据层的融合技术进行对比来分析。首先,对特征层的融合技术进行对比,主要分析对比不同融合方法的优缺点。例如,深度神经网络融合方法利用深度神经网络模型和多个 CNN 网络相结合,实现了对图像的分类与目标检测;卷积神经网络融合方法将多个卷积神经网络进行有机组合,在处理视频图像方面效果明显;基于图神经网络的方法可以有效处理视频序列中目标和背景之间的特征差异。例如,决策层与神经网络融合方法在分类准确率上表现较好。

4.4 融合过程中常见问题及解决策略

(1) 图像和视频的特征提取方法选择不合理,导致融合结果存在误差,难以达到预期的融合效果。因此在选择特征提取方法时,应综合考虑系统的性能、成本、计算效率和数据规模等因素,同时,针对图像和视频中的视觉信息,应重点考虑特征的可区分性和可理解性。

(2) 数据源的复杂性导致融合结果存在偏差。因此在融合过程中应尽量选取具有代表性、高质量的数据源进行数据融合,以确保融合结果的准确性。(3) 对目标信息处理不充分导致融合结果不准确。在对目标进行分析时,应充分利用已有的相关信息,根据其对目标识别效果的影响程度确定是否需要进一步分析。

4.5 多源感知与实时数据融合技术

利用多源感知技术进行智能交通管理,重点解决城市交通流检测与异常行为识别的问题,实现交通流量、车辆速度、事件信息的实时监控。利用多源感知技术进行城市交通流检测与异常行为识别,主要解决以下问题:1) 如何融合多源感知数据(视频、雷达等)进行城市交通流检测;2) 如何根据多源数据对目标进行精确定位和跟踪;3) 如何利用多源数据对交通异常行为进行检测,并与车辆历史轨迹进行关联。在实时监控交通流量的基础上,可以实现对城市交通状况的全面分析和评估,从而有效改善城市的道路通行效率,提高城市道路的管理水平^[6]。

5 多模态数据融合在智能城市中的典型应用

5.1 智能交通管理

以智慧城市为基础,利用大数据、云计算、物联网等新一代信息技术,提升城市交通管理效率,从而减少

城市交通拥堵的发生。通过智能交通感知技术,采集城市道路交通、公共设施运行、机动车管理等信息,应用多模态数据融合技术将多源数据进行关联分析,包括车辆定位、行人定位、智能信号灯控制等,从而实现交通流的实时监测和智能控制。在智能交通管理中,通过构建多源异构数据融合平台,实现多源数据的统一存储和管理,可以实现对城市交通状态的实时感知、实时分析、实时控制等功能。

5.2 智慧安防与公共安全

在智慧安防和公共安全领域,基于视频图像、红外图像、可见光图像的多模态融合技术可有效提升对监控区域内目标的识别率。同时,在视频监控领域,融合了多模态信息的视频监控系统可实时监控目标区域内人员活动情况,及时发现异常情况,提高公安部门对突发事件的快速反应能力。在智慧城市安全管理领域,融合了视频、红外、可见光等多种模态信息的视频监控系统可对事件进行及时预警和防范,大幅提升了城市安全管理效率。此外,通过多模态融合技术可有效提升视频图像、红外图像等数据的应用价值,对公共安全预警与应急救援起到关键作用^[7]。

5.3 城市环境监测与管理

多传感器数据融合可实现城市环境监测。通过融合红外图像、可见光图像、激光雷达等传感器数据,对城市污染进行检测和监控。该系统可以实时监控和分析城市空气质量,并根据空气质量实时显示 PM2.5 指数、PM10 指数、NO2 指数、SO2 指数等;针对大气污染,可实现多源传感器数据融合,进行污染的检测、识别和分析,并将数据与地图进行联动。在此基础上,可针对不同的污染物及污染区域进行精准地监测和预测预警。此外,该系统还可实现大气中二氧化硫、氮氧化物等主要污染物的监测。通过数据融合可准确地计算大气中的污染物浓度,实现空气质量的监测和预测预警。

5.4 智能医疗与健康服务

将多模态数据融合技术应用于健康服务中,能够使医疗服务更加智能化、个性化。在医疗领域,通过对人体生理信号和医学影像数据的融合分析,实现对疾病的早期诊断、智能辅助诊疗、健康管理及监控,从而有效提高医疗服务效率。在智能城市领域,通过对城市居民生活习惯的多模态数据分析,实现对居民健康状况的全面监测和智能管理,并结合云计算、大数据等技术为居民提供远程健康管理服务。同时,在智能城市建设中,

将多模态数据融合技术应用于公共卫生领域中,实现对传染病的全面监控和及时预警,从而有效降低传染病疫情的发生率。

5.5 城市应急响应与决策支持

随着城市规模的不断扩大,城市应急事件的发生频率也逐渐提高。传统的应急管理系统多基于人工经验和技术手段对突发事件进行分析和处理,具有较强的主观性和经验性。随着社会信息化程度不断提高,大数据技术已经广泛应用于城市应急管理工作中,利用大数据、云计算等技术进行数据融合,可以为突发事件应急管理提供更加科学、可靠、准确的决策支持。例如,基于交通大数据对城市道路拥堵状况进行分析,可以帮助政府管理者发现城市中存在的交通拥堵问题;利用无人机搭载高清摄像机对城市进行全景拍摄,可以帮助政府管理者进行应急事件响应和处置^[8]。

6 智能城市多模态数据融合面临的挑战

6.1 数据隐私与安全保障

智能城市中的多模态数据融合需要从城市的各个角落收集并处理各类数据,包括视频、图像、文字、语音等。这些数据不仅可以为城市管理者提供决策依据,也为市民提供了便捷的服务,具有巨大的社会价值。然而,如何有效地保护这些数据的隐私和安全是多模态数据融合面临的挑战。一方面,由于缺乏统一的隐私保护标准,多模态数据融合的过程中可能会泄露相关数据。另一方面,多模态数据融合的过程中可能会收集大量敏感信息。如果这些敏感信息被泄露出去,会对个人隐私造成威胁。因此,在实际应用中需要根据实际情况制定隐私保护标准和方法,对不同应用场景中的敏感信息进行分类保护。

6.2 数据标准化与互操作性

基于不同传感器,不同领域的数据采集技术不同,导致了数据采集标准不一致,使得不同模态数据难以实现互操作,限制了数据融合的效率 and 效果。目前,智能城市领域存在大量异构的传感器设备,如摄像头、雷达等,这使得数据的标准化和互操作性成为一个亟待解决的问题。对于传感器设备的标准化和互操作性问题,可通过设计标准化的接口协议、制定相应的技术规范等方法来解决。此外,通过建立统一的标准规范,可以提高城市数据采集过程中数据标准化和互操作性方面的工作效率,推动智能城市中不同领域数据融合技术之间的交流与合作。

6.3 融合算法的可扩展性与实时性

智能城市中的数据融合不仅需要考虑数据本身的价值,还需要考虑不同类型数据之间的关系。例如,当城市管理者希望监测车辆交通状态时,可以同时监测车辆的速度、方向和位置等信息,以便于更好地掌握交通信息,减少交通事故的发生。但这需要考虑如何将这信息更好地融合在一起。同时,在实际应用中,由于传感器、环境等因素的影响,不同类型数据之间存在一定的相关性。例如,当监测到机动车数量快速增长时,可能会导致车辆之间发生碰撞;但当监测到车辆速度减慢或出现违章停车时,可能会导致车辆之间发生碰撞。这些相关性需要在融合算法中进行建模和处理。

7 结语

随着城市规模的不断扩大,智能城市建设的重要性日益凸显。面向智能城市建设的多模态数据融合技术,可以将多种不同类型的数据进行统一管理、融合、分析与处理,为城市管理者提供更加科学、可靠、准确的决策依据。本文在分析智能城市发展现状及数据融合技术需求的基础上,针对当前智能城市多模态数据融合所面临的挑战,提出了一种面向智能城市的多模态数据融合框架,包括数据采集、特征提取、数据预处理、数据融合和评估反馈等环节。该框架可以为未来智慧城市建设中多模态数据融合技术发展提供理论基础和技术支持。

参考文献

- [1] 刘霞. AI 助力奏响绿色智能城市乐章[N]. 科技日报, 2025-08-06(004).
- [2] 王星. 智慧人居理论下的城市规划技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (22): 19-21.
- [3] 李靖恬. 驱动产业变革优化城市管理惠及市民生活[N]. 河北日报, 2025-08-01(012).
- [4] 梁晓玲. 智能城市通信工程中大数据传输技术研究[J]. 数字通信世界, 2025, (07): 51-52+109.
- [5] 奥尔罕·埃尔詹. 智能城市与三维地籍管理[J]. 上海国土资源, 2025, 46(02): 211-215.
- [6] 许广伟, 张伯阳. 基于强化学习的智能城市交通调度系统优化[J]. 中国设备工程, 2025, (12): 37-39.
- [7] 许凯. 我市人工智能核心产业规模达 482 亿元[N]. 济南日报, 2025-06-07(001).
- [8] 刘国巍, 邵云飞. 数字创新生态系统结构、特征与演化机制——自生系统理论视角[J/OL]. 科技进步与对策, 1-9[2025-08-20].