

Discussion on the data fusion technology of autopilot and flight management system

HangCheng Zhao

Beijing Aircraft Maintenance Engineering Co., Ltd. Aviation Technology Training Department Chengdu Training Area, Chengdu, Sichuan, 610212, China

Abstract

In order to deeply explore the data fusion technology of autopilot and flight management system, in order to improve the intelligence level of aircraft. In this paper, we analyze the working principle of autopilot and flight management system, combine advanced technologies such as deep learning and multi-source data fusion, build a data fusion model, and conduct simulation experiments on the model. The experimental results show that the integrated system has significantly improved in flight performance, safety and adaptability. It can be seen that the data fusion technology of autopilot and flight management system can effectively improve the intelligence level of aircraft and provide strong support for the future development of aircraft.

Keywords

autopilot; flight management system; data fusion technology

自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合技术探讨

赵航程

北京飞机维修工程有限公司航空技术培训部成都培训区，中国·四川成都 610212

摘要

为深入探讨自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合技术，以提升飞行器的智能化水平。本文对自动驾驶仪与飞行管理系统的工作原理进行分析，结合深度学习、多源数据融合等先进技术，构建数据融合模型，并对模型进行仿真实验。实验结果表明，融合后的系统在飞行性能、安全性及适应性等方面均有显著提升。由此可见，自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合技术能够有效提高飞行器的智能化水平，为未来航空器的发展提供有力支持。

关键词

自动驾驶仪；飞行管理系统；数据融合技术

1 引言

随着科技的发展，无人机和自动驾驶车辆等智能交通工具的应用越来越广泛。这些交通工具的自动驾驶系统（Autonomous Vehicle Systems, AVS）和飞行管理系统（Flight Management Systems, FMS）在实现自主操作和安全运行中扮演着关键角色。自动驾驶仪和飞行管理系统都需要通过融合来自多种传感器的数据来提高其决策的准确性和实时性。然而，这些系统在数据融合技术方面存在一定的挑战，如数据类型多样、数据量巨大、数据质量参差不齐等。因此，研究自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合技术，对于提高智能交通工具的性能和安全性具有重要意义。

2 自动驾驶仪与飞行管理系统概述

2.1 自动驾驶仪的功能与工作原理

2.1.1 姿态控制

自动驾驶仪的首要功能是姿态控制，通过调整飞机的俯仰、横滚和偏航角度，确保飞机在飞行过程中保持稳定的姿态。姿态控制系统通常包括以下几个部分：（1）姿态传感器：如陀螺仪、加速度计等，用于实时测量飞机的姿态变化。（2）控制计算机：根据姿态传感器提供的实时数据，计算出控制指令，通过执行机构调整飞机姿态。（3）执行机构：如舵面、升降舵等，根据控制指令调整飞机的姿态。

2.1.2 导航控制

导航控制是自动驾驶仪的另一个重要功能。它负责引导飞机按照预定的航线和高度飞行。导航控制系统主要包括导航设备、导航计算机及飞行管理系统等部分。导航设备包括全球定位系统（GPS）、惯性导航系统（INS）等，用于获取飞机的实时位置信息。导航计算机是根据导航设备提供的实时位置信息，计算出飞机的飞行路径和高度^[1]。

【作者简介】赵航程，（1973-），男，中国四川安县人，本科，工程师，从事航空电子研究。

2.1.3 飞行轨迹控制

飞行轨迹控制是自动驾驶仪的高级功能，它能够根据飞行计划和实时环境变化，自动调整飞机的飞行轨迹。飞行轨迹控制系统主要包括飞行计划、飞行管理系统及执行机构。飞行计划包括预定的航线、高度、速度等信息。飞行管理系统是根据飞行计划和实时环境变化，计算出飞机的最佳飞行轨迹。执行机构是根据飞行管理系统的指令，调整飞机的飞行轨迹，确保飞机按照最佳轨迹飞行。

2.2 飞行管理系统的组成与功能

2.2.1 飞行计划制定

飞行计划的制定是飞行管理的核心功能，系统通过对飞行任务、天气状况、机场运行规则等因素的综合分析，为飞行员提供合理的飞行路线和时间表。系统根据航班的目的地、起飞机场和降落机场的具体情况，系统会自动选择最佳起飞和降落点。根据飞行计划和天气条件，系统会计算出最佳飞行高度和速度，以确保航班的安全和效率。系统会根据飞行计划和机场运行规则，规划出一条最优的飞行航线，以减少飞行时间和燃油消耗。

2.2.2 性能计算

飞行管理系统负责对飞机的性能进行实时监控和计算，以确保飞行过程中的各项指标符合规定。系统会根据飞行高度、速度和飞行时间等因素，实时计算燃油消耗情况，以便飞行员及时调整飞行策略^[2]。系统会根据飞机的性能参数，计算爬升和下降所需的时间和燃油消耗，确保飞行过程平稳、高效。系统会实时监控飞机的导航系统，确保导航精度和可靠性。

2.2.3 导航管理

飞行管理系统负责管理飞机的导航过程，系统会根据飞行计划和导航数据，实时调整飞机的航向，确保飞机按照预定航线飞行。系统会根据飞行计划和高度限制，实时调整飞机的高度，确保飞行高度符合规定。系统会根据飞行计划和速度限制，实时调整飞机的速度，确保飞行速度符合规定。

3 自动驾驶仪与飞行管理系统的融合方法

3.1 数据采集与预处理

3.1.1 传感器数据的采集与校准

根据飞行器的性能需求和环境特点，选择合适的传感器，如GPS、惯性导航系统（INS）、雷达、激光雷达等。将传感器合理安装在飞行器上，确保传感器能够准确采集飞行过程中的各种数据。对传感器进行校准，消除系统误差，提高数据采集的准确性。校准方法包括：（1）实验室校准：在实验室环境下，使用标准设备对传感器进行校准。（2）现场校准：在飞行过程中，通过对比地面基准数据对传感器进行校准。

3.1.2 数据清洗与筛选

对采集到的原始数据进行处理，消除噪声、异常值等，提高数据质量。数据清洗方法包括：检测并删除重复的数据记录，根据数据规律，对缺失数据进行估计或插值。对数据

进行滤波处理，消除噪声。根据飞行任务需求，对数据进行分析，筛选出对自动驾驶仪与飞行管理系统有用的数据。筛选方法包括：（1）阈值筛选：根据设定的阈值，筛选出符合条件的数据。（2）特征提取：提取数据中的关键特征，用于后续的数据融合。（3）关联规则挖掘：挖掘数据之间的关联规则，为数据融合提供依据。

3.2 数据融合模型与算法

3.2.1 基于卡尔曼滤波的数据融合

卡尔曼滤波是一种广泛应用于信号处理和系统估计的算法，具有较好的滤波效果和实时性。在自动驾驶仪与飞行管理系统数据融合中，卡尔曼滤波器可以将多个传感器数据融合，提高估计精度。具体步骤如下：建立系统模型，包括状态方程和观测方程。根据实际应用场景，选择合适的卡尔曼滤波器类型，如线性卡尔曼滤波器或非线性卡尔曼滤波器^[3]。初始化卡尔曼滤波器，包括状态向量、协方差矩阵和过程噪声、观测噪声等。根据传感器数据，进行状态估计和误差估计。更新状态估计和协方差矩阵，提高估计精度。

3.2.2 基于模糊逻辑的数据融合

模糊逻辑是一种处理不确定性和模糊信息的数学方法，具有较强的适应性和鲁棒性。在自动驾驶仪与飞行管理系统数据融合中，模糊逻辑可以处理传感器数据的不确定性和模糊性，提高系统性能。具体步骤如下：建立模糊逻辑模型，包括输入变量、输出变量和规则库。根据实际应用场景，设计模糊规则，如模糊规则推理和模糊推理算法。对传感器数据进行模糊化处理，将输入变量转换为模糊集。根据模糊规则进行推理，得到输出变量的模糊集^[4]。对输出变量的模糊集进行解模糊化处理，得到精确的输出结果。

3.2.3 基于神经网络的数据融合

神经网络是一种模拟人脑神经元结构的计算模型，具有较强的非线性映射能力和学习能力。在自动驾驶仪与飞行管理系统数据融合中，神经网络可以处理复杂的数据关系，提高估计精度和系统性能。具体步骤如下：选择合适的神经网络结构，如前馈神经网络、卷积神经网络或循环神经网络等。收集和预处理传感器数据，包括数据清洗、特征提取等。将预处理后的数据输入神经网络进行训练，调整网络参数。使用训练好的神经网络进行状态估计，提高估计精度。根据实际应用需求，对神经网络进行优化和改进。

3.3 融合结果的评估与验证

3.3.1 准确性评估指标

计算融合前后系统输出值与真实值之间的平均误差（Mean Error, ME），公式如下： $ME = (1/N) * \sum (|X_f - X_t|)$ ，其中，N为数据样本数量， X_f 为融合后的系统输出值， X_t 为真实值。计算融合前后系统输出值与真实值之间的标准差（Standard Deviation, SD），公式如下： $SD = \sqrt{[(1/N) * \sum (X_f - X_t)^2]}$ ；评估融合后系统在决策过程中的决策一致性（Consistency of Decision, CD），公式如下： $CD = (1 - (\text{错误决策次数} / \text{总决策次数}))$ ；评估融合后系统的预测准确率（Accuracy of Prediction, AP），公式如下： $AP = (\text{正}$

确预测次数 / 总预测次数) * 100%; 融合效果指数 (Fusion Effectiveness Index, FEI) 综合考虑融合前后系统性能的变化, 公式如下: $FEI = (1 - (ME_{fusion} / ME_{original})) * (1 - (SD_{fusion} / SD_{original}))$, 其中, ME_{fusion} 为融合后的平均误差, $ME_{original}$ 为融合前的平均误差, SD_{fusion} 为融合后的标准差, $SD_{original}$ 为融合前的标准差。

3.3.2 可靠性验证方法

从原始数据中随机抽取一定数量的样本, 对融合后的系统进行测试, 验证其可靠性。针对数据集中极端值较多的样本, 对融合后的系统进行测试, 验证其在极端情况下的可靠性。将数据集分为训练集和测试集, 对融合后的系统在训练集上进行训练, 在测试集上进行测试, 验证其泛化能力。在真实飞行场景中, 对融合后的系统进行测试, 验证其在实际应用中的可靠性。对融合后的系统进行长时间运行测试, 观察其性能变化, 验证其稳定性。模拟系统故障, 验证融合后的系统在故障情况下的可靠性。

4 自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合仿真实验

4.1 飞行任务中的应用情况

4.1.1 自动起飞和降落

自动起飞和降落是飞行任务中最为关键的环节, 其安全性直接影响整个飞行过程。通过数据融合仿真实验, 可以研究自动驾驶仪与飞行管理系统在自动起飞和降落过程中的应用效果。设置仿真环境, 包括飞机、气象条件、飞行航线等。启动自动驾驶仪, 飞机开始加速, 当达到规定速度后, 自动驾驶仪接管飞机, 进行爬升。飞机进入巡航阶段, 自动驾驶仪保持飞机在预定的航线上飞行^[9]。

4.1.2 自动巡航

自动巡航是飞行任务中的核心环节, 通过数据融合仿真实验, 可以研究自动驾驶仪与飞行管理系统在自动巡航过程中的应用效果。飞机进入巡航阶段, 自动驾驶仪保持飞机在预定的航线上飞行, 并根据实时气象条件自动调整飞行高度和速度。通过仿真实验, 对比分析自动巡航过程中的飞机性能、燃油消耗、安全性等指标。

4.1.3 飞行计划管理

通过仿真实验, 验证自动驾驶仪与飞行管理系统在飞行计划管理中的应用效果, 包括飞行路径规划、起降时间优化等。根据实际飞行需求, 设置仿真实验场景, 包括起降机场、飞行高度、速度、航线等参数; 利用飞行管理系统进行航线规划, 包括避开空中障碍物、合理分配飞行高度和速度等; 仿真实验中, 自动驾驶仪根据飞行管理系统提供的航线数据, 自动调整飞行姿态和速度, 实现飞行任务; 对飞行计划管理过程进行实时监控, 确保飞行任务顺利进行。

4.1.4 飞行性能监控

通过仿真实验, 验证自动驾驶仪与飞行管理系统在飞行性能监控中的应用效果, 包括飞行高度、速度、燃油消耗等参数的实时监测。设置仿真实验场景, 包括起降机场、飞行高度、速度、航线等参数; 利用飞行管理系统实时监控飞

行高度、速度、燃油消耗等参数; 自动驾驶仪根据飞行管理系统提供的飞行性能数据, 调整飞行姿态和速度, 实现最优飞行性能; 对飞行性能监控过程进行实时分析, 确保飞行任务顺利完成。通过仿真实验, 验证自动驾驶仪与飞行管理系统在飞行性能监控中的应用效果, 提高飞行安全性、降低燃油消耗。

4.2 应用效果分析

4.2.1 对飞行安全性的提升

自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合仿真实验表明, 通过将多种数据源进行综合分析, 能够显著提高飞行安全性。数据融合系统能够实时监测飞行过程中的各种参数, 如风速、气压、油量等, 一旦发现异常情况, 立即发出预警, 确保飞行员能够及时采取措施。系统可以分析周围环境, 包括地形、天气等因素, 为自动驾驶仪提供准确的避障信息, 降低飞行风险。数据融合系统能够根据实时数据优化航线规划, 减少飞行距离, 降低风险。

4.2.2 对燃油效率的影响

系统根据实时数据调整飞行路径, 减少不必要的飞行距离, 降低燃油消耗。通过对飞行过程中各种参数的分析, 系统可自动调整发动机功率, 实现燃油的最优消耗。系统可根据历史数据和实时信息预测未来燃油需求, 提前做好燃油储备, 避免因燃油不足而影响飞行。

5 结论

自动驾驶仪与飞行管理系统的数据融合技术是提高智能交通工具性能和安全性的一项重要技术。通过将来自不同传感器的数据进行融合, 以提高系统对环境信息的准确感知。对传感器数据进行特征提取和选择, 以减少数据冗余和提高处理效率。确保不同传感器数据的同步性和时间戳的准确性。采用滤波和估计方法, 如卡尔曼滤波、粒子滤波等, 对数据进行处理和优化。通过仿真和实验验证, 数据融合技术能够显著提高自动驾驶仪和飞行管理系统的性能。多传感器数据融合能够提供更全面的环境信息, 有助于提高决策的准确性和安全性。数据融合算法的设计和实现需要考虑实时性、可靠性和鲁棒性等因素。随着相关技术的不断发展和完善, 未来自动驾驶和飞行管理系统将更加智能化、高效和安全。

参考文献

- [1] 胡珉, 裴烈烽, 吴秉键, 等. 盾构自动驾驶技术现状与展望[J]. 隧道建设(中英文), 2023, 43(03): 383-391.
- [2] 孙闻. 通用飞机自动驾驶仪. 安徽省, 安徽华明航空电子系统有限公司, 2022-03-15.
- [3] 华厚强, 杜卓然. 基于MATLAB/Simulink的飞机自动驾驶仪俯仰通道控制优化[J]. 电子测量技术, 2022, 45(02): 55-64.
- [4] 许红娟, 杨婧, 封素敏. 基于无源性自动驾驶仪的控制设计及稳定性标准分析[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(24): 25-27.
- [5] 杨建营. 典型飞机自动驾驶系统工作模式管理与控制[J]. 设备管理与维修, 2021, (21): 136-137.