

基于改进 SIFT 图像匹配的无人机高精度避障算法设计

肖英楠,孙抒雨

(成都理工大学 工程技术学院,四川 乐山 614000)

摘要:为提高无人机避障能力,提出基于改进 SIFT 图像匹配的无人机高精度避障算法。通过角点匹配和多分辨率模式识别,实现对无人机高精度避障的图像显著特征点检测,通过对比梯度分析和参数融合识别,实现对无人机高精度避障图像信息加权融合处理,采用改进 SIFT 图像匹配方法,匹配无人机高精度避障地理空间网格,实现避障算法的优化设计。仿真结果表明,无人机避障的自适应规划能力和避障精度较高。

关键词:改进 SIFT 图像;角点匹配;无人机避障;自适应控制

中图分类号:TP391 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)01-0237-04

Design of High-precision Obstacle Avoidance Algorithm for UAV Based on Improved SIFT Image Matching

XIAO Yingnan, SUN Shuyu

(College of Engineering and Technical, Chengdu University of Technology, Leshan 614000, China)

Abstract: To improve the obstacle avoidance ability of UAV, a high-precision obstacle avoidance algorithm based on improved SIFT image matching is proposed. By corner matching and multi-resolution pattern recognition, the salient features of UAV high-precision obstacle avoidance image are detected. The weighted fusion processing of UAV high-precision obstacle avoidance image information is achieved by comparing gradient analysis and parameter fusion recognition. The improved SIFT image matching method is used to match UAV high-precision obstacle avoidance geospatial grid, and the optimization design of obstacle avoidance algorithm is realized. The simulation results show that the UAV has high adaptive planning ability and high obstacle avoidance accuracy.

Keywords: improved SIFT image; corner matching; UAV obstacle avoidance; adaptive control

0 引言

随着无人机对智能控制性和稳定性要求越来越高,结合视觉导航和人工智能控制方法,优化无人机避障能力是提高无人机位置的输出稳定性和路径空间规划能力的必经之路^[1],且在无人机的路径空间规划和智能控制等领域具有重要意义。

对无人机高精度避障控制方法主要有无人机编队分组决策与一致性分析方法^[2]、时变通信延迟下的无人机编队鲁棒自适应控制^[3]和无人机三维编队保持的自适应抗扰方法等^[4],通过视觉参数融合和控制算法设计,实现无人机高精度避障,但上述方法对无人机避障的环境适应度水平不高,控制可靠性不好。针对上述问题,本文提出基于改进 SIFT 图像匹配的无人机高精度避障算法,分析无人机避障环境,提取无人机高精度避障地理空间图像的边缘轮廓特征分布集;通过 SIFT 图像配准处理,建立无人机高精度避障地理空间图像的边缘轮廓特征检测模型,引入对比梯度分析和参数融合识别的方法;对无人机高精度避障图像信息加权融合,优化无人机高精度避障地理空间网格匹配。本文方法在提高无人机高精度避障和自适应控制能力等方面的性能优越。

1 无人机高精度避障的视觉图像分析和融合

1.1 无人机高精度避障的视觉图像采集

为实现改进 SIFT 图像匹配的无人机高精度避障和自适应控制,建立无人机避障环境图像模型。

首先,在信息增强技术下进行无人机高精度避障空间视觉信息扫描和自适应控制,根据无人机高精度避障空间视觉增强与自适应控制的方法^[5],无人机高精度避障的空间约束特征量为 $\{q(t), q_i(t), q_x(t)\}$ 。给定无人机高精度避障的路径参数 T_0^0 ,以视觉导航中的无人机高精度避障过程分布融合参数集 $T_0^1, T_0^2, \dots, T_0^{m-1}$,即无人机的飞行过程目标障碍分布点,在机器视觉跟踪识别模型下,进行无人机高精度避障的视觉图像扫描^[6],得到图像特征扫描的自适应规划状态方程为

$$q(e) = T_0^0 + [q(t) + q_i(t) + q_x(t)] \quad (1)$$

其次,将无人机避障环境图像模型分解为一个二自由度模型,结合空间视觉信息增强的方法,进行无人机高精度避障空间视觉特征检测和视觉图像 RGB 特征分解^[7],

得到无人机高精度避障空间视觉测量值为

$$E_a = [w(t) + d_j] + \sum_{e=1} q(e) \quad (2)$$

式中: $w(t)$ 为增强视觉空间函数; d_j 为无人机高精度避障空间特征参数。在机器视觉跟踪识别模型下,进行无人机高精度避障空间视觉特征点融合和决策控制^[8],由 n 个决策变量的避障控制函数,得到无人机高精度避障的状态特征融合结果为

$$p_j(e) = \frac{s_f + E_a}{r} + d_j \quad (3)$$

式中: r 为无人机避障控制函数; s_f 为在视觉导航下无人机高精度避障的视觉空间导航模糊特征参数。

最后,整合无人机高精度避障空间视觉图像低分辨与高分辨状态特征融合结果,得到无人机高精度避障的测量方程为

$$A(x) = K(x_0, y_0) + p_j(e) + s_f \quad (4)$$

在优化的无人机高精度避障路径下,通过视觉融合和特征辨识,得到无人机高精度避障控制的关联度为 $K(x_0, y_0)$,以 $K(x_0, y_0)$ 为视觉空间导航的坐标原点,即完成了无人机避障环境图像模型的构建。

1.2 无人机高精度避障信息融合

对采集的无人机避障环境图像分布进行模糊特征匹配处理,提取无人机高精度避障地理空间图像的边缘轮廓特征分布集,通过模糊度特征匹配,实现 SIFT 图像参数匹配,在视觉导航下^[9],无人机高精度避障的特征集合表示为

$$H = A(x) + \frac{\tau + d}{f} \quad (5)$$

式中: τ 为无人机高精度避障的障碍物分布位置信息; f 为网格分块匹配区域参数。在大气散射环境下进行无人机高精度避障空间视觉图像的模糊信息融合处理,得到无人机高精度避障空间视觉传递的阵元间距 $d = \lambda_{\min}/4$,采用关联维检测的方法,得到无人机高精度避障空间视觉融合的分块检测结果为

$$u_p = H + (a_2 + c_1) + A \quad (6)$$

式中 a_2 与 c_1 为无人机高精度避障空间视觉导航的边界特征分布参量。采用自适应路径参数匹配,得到无人机高精度避障空间视觉分布 $m \times n$ 维矩阵 A ,采用自适应参数融合方法进行无人机高精度避障空间视觉融合^[10],得到无人机高精度避障的轨迹分布为

$$\Omega = A + u_p + l(b) \quad (7)$$

令 $A \in C^{m \times n}$ ($n \times n$ 维复数空间)为无人机高精度避障的模糊度检测模型,得到无人机高精度避障空间匹配网格区域为 $l(b)$,实现避障信息融合。

2 无人机高精度避障算法优化设计

2.1 无人机高精度避障的 SIFT 角点标注

对采集的无人机避障环境图像分布进行模糊特征匹配处理,提取无人机高精度避障地理空间图像的角点匹配

成功集,通过模糊度特征匹配,实现 SIFT 角点标注^[11]。

首先,构建无人机高精度避障地理空间分布函数,计算视觉导航下无人机高精度避障的空间规划分布矩阵为

$$V_a^* = \Omega + (w(t) + l(b)) \quad (8)$$

采用空间区域重构的方法,进行无人机高精度避障的参数寻优和网格分块区域匹配,无人机高精度避障的模糊参数特征匹配结果为 $w(t)$,设自适应寻优控制的特征分量为

$$d(g) = R_m + V_a^* + w(t) \quad (9)$$

式中 R_m 为无人机高精度避障的图像分块融合模型参数。无人机高精度避障地理空间图像分块特征检测的匹配模型表示为

$$v(j) = \frac{A(t) + \sum_{g=1} d(g)}{c_g} \quad (10)$$

式中: c_g 为无人机高精度避障地理空间图像的分块特征函数; $A(t)$ 为无人机高精度避障地理空间图像的角点信息。

其次,结合对无人机高精度避障地理空间图像的融合解析控制方法,得到无人机高精度避障地理空间图像 SIFT 角点检测输出矩阵表示为

$$\Phi(T) = \frac{\partial v_N(x)}{\partial x_n} + v(j) \quad (11)$$

式中 $\frac{\partial v_N(x)}{\partial x_n}$ 表示无人机高精度避障地理空间图像的网格区域分布特征点。

最后,根据以上角点匹配结果即角点检测输出矩阵,实现对无人机高精度避障地理空间图像的 SIFT 角点标注。

2.2 无人机高精度避障的路径规划

假设无人机高精度避障地理空间图像的角点 T 分布特征量为 T_1, U_1, V_1 。根据 SIFT 角点标注结果进行无人机高精度避障地理空间图像的特征点提取,结合特征标记方法进行无人机高精度避障空间视觉融合,进行相邻节点检测,得到状态参数融合输出为

$$z_h(w) = (T_1 + U_1 + V_1) + \int_{T=1} \Phi(T) dT \quad (12)$$

进行参量自适应调节,得到无人机高精度避障的参数以及地理空间分布的相位角 $x_i, y_i, z_i, T_i, U_i, V_i (i=1, 2, \dots, 6)$ 。根据避障算法,无人机高精度避障方程为

$$\Delta n = z_h(w) + \frac{c + f(u)}{s^*} \quad (13)$$

式中: s^* 为无人机轨迹定位误差; c 为无人机避障参数融合分布集,构建无人机高精度避障地理空间位置参数分析模型^[12]; $f(u)$ 为无人机高精度避障地理空间融合的统计特征量。

根据上述分析,结合无人机高精度避障空间位置参数分析模型,得到显著性特征点 j 处的信息素强度,以此为模糊信息融合聚类最优判断参数,得到无人机高精度避障地理空间图像的边缘像素集为

$$B = J^* + \Omega(X) + \Delta n \quad (14)$$

式中: J^* 为无人机高精度避障地理空间图像相似度特征

量; $\Omega(x)$ 是邻域大小。对不同地理网格空间分布的无人机高精度避障空间视觉图像进行边缘轮廓特征检测,得到检测分布为

$$x(u) = B + [J(x) + I(x)] \quad (15)$$

式中: $J(x)$ 为无人机高精度避障地理空间图像的灰色信息特征值; $I(x)$ 为无人机高精度避障的融合边缘特征量。以此进行显著性检测,无人机高精度避障的像素特征点分布为

$$k_a = \frac{x(u) + I(x)}{a} \quad (16)$$

式中 a 表示无人机高精度避障形态分离的维度参数。无人机高精度避障的路径规划显著图分布为

$$U_a(l) = \frac{\Delta y + d_i}{\Delta x} + [d(x), t(x)] \quad (17)$$

式中: Δx 表示无人机高精度避障路径分布的差异度融合特征量; Δy 表示无人机高精度避障地理空间图像重建的灰色特征量; d_i 表示无人机高精度避障地理空间图像重建的检测统计特征量,得到差异度信息分量为 $d(x)$ 、 $t(x)$ 。由此构建无人机高精度避障地理空间图像重建模型,通过对比梯度分析和参数融合识别的方法,实现对无人机高精度避障图像信息加权融合处理,采用改进 SIFT 图像匹配方法,实现路径规划,得到无人机高精度避障的路径规划的迭代式为

$$M = c_0 + U_a(l) + c_{N-1} \quad (18)$$

式中: c_0 表示无人机高精度避障空间信息分布的拉普拉斯算子; c_{N-1} 表示模板匹配函数。

根据上述算法设计,实现无人机高精度避障空间规划和避障算法的优化设计。算法的实现流程如图 1 所示。

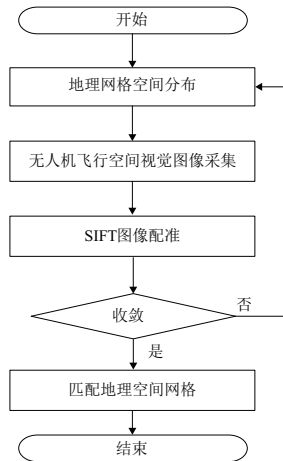


图 1 无人机高精度避障算法的实现流程

3 仿真实验与结果分析

为了验证本文方法在实现无人机高精度避障和路径规划中的应用性能,进行仿真测试分析。以某精灵 4pV2.0 系无人机为例,其前后视的双目视觉、下视双目+超声波和左右红外避障共同构成了避障系统(系统参数来源:<https://www.81uav.cn/tech/201808/27/846.html>),设定其无人机路径参数分布为空间维度为 24,网格分布

区域为 25×25 ,无人机高精度避障的图像灰度像素强度为 15 dB,避障路径规划的搜索步长为 12 m。根据上述参数设定,得到无人机避障的初始路径分布如图 2 所示。

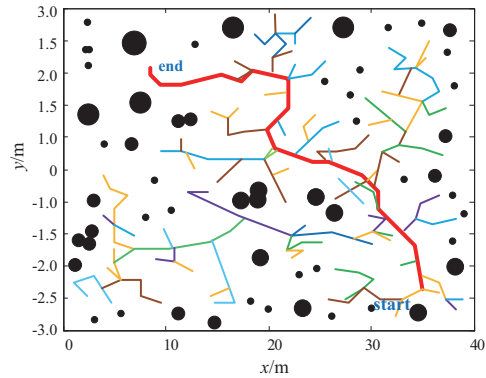


图 2 无人机避障的初始路径分布

根据图 2 的路径分布,进行无人机高精度避障地理空间图像分析,对无人机避障的避障路径规划,得到避障路径分布如图 3 所示。

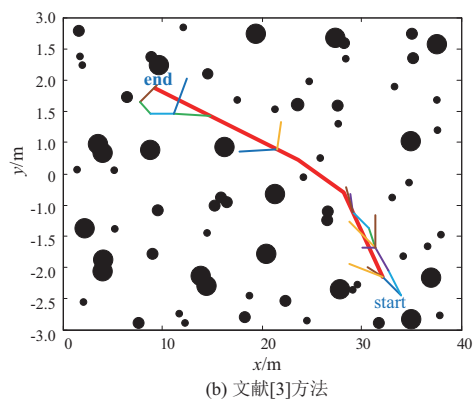
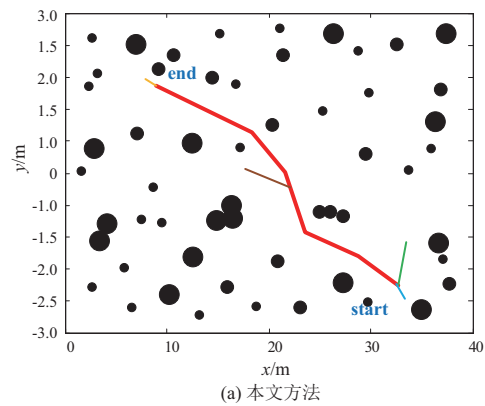


图 3 无人机避障路径分布

分析图 3 得知,本文方法支路较少,且整体方向较为统一,说明其进行无人机避障的路径规划能力较好,这是因为本文方法在信息增强技术下,通过模糊度特征匹配,进行无人机高精度避障空间视觉信息扫描和自适应控制,实现 SIFT 图像参数匹配,优化避障过程。

通过对避障精度的分析,得到对比结果如表 1 所示。

表 1 无人机避障精度测试结果

迭代次数	本文方法	文献[4]方法	文献[6]方法	文献[8]方法
100	0.923	0.844	0.866	0.871
200	0.974	0.892	0.871	0.893
300	0.991	0.901	0.891	0.913
400	1.000	0.913	0.913	0.922

分析表 1 得知,本文方法进行无人机避障的精度较高,因为本文在视觉导航下,采用改进 SIFT 图像匹配方法,构建了无人机高精度避障空间位置参数分析模型,实现了路径规划和高精度避障设计。

4 结语

为了优化无人机高精度避障控制方法,结合视觉导航和人工智能控制方法,本文提出基于改进 SIFT 图像匹配的无人机高精度避障算法,提高无人机高精度避障的输出稳定性和路径空间规划能力,其高精度避障控制的路径规划能力和避障精度得到保证。

参考文献:

- [1] 张果,曹立佳,卢天秀,等. 基于收缩理论的多无人机姿态自适应同步控制[J]. 信息与控制,2020,49(2):170-176,187.
- [2] 李聪,王勇,周欢,等. 多无人机编队分组决策与一致性[J]. 电光与控制,2017,24(10):12-16.
- [3] 郑重,熊朝华,党宏涛,等. 时变通信延迟下的无人机编队鲁

棒自适应控制[J]. 中国惯性技术学报,2016,24(1):108-113.

- [4] 魏扬,徐浩军,薛源. 无人机三维编队保持的自适应抗扰控制器设计[J]. 系统工程与电子技术,2018,40(12):2758-2765.
- [5] FAIÇAL B S, FREITAS H, GOMES P H, et al. An adaptive approach for UAV - based pesticide spraying in dynamic environments[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2017,138:210-223.
- [6] 马思迁,董朝阳,马鸣宇,等. 基于自适应通信拓扑四旋翼无人机编队重构控制[J]. 北京航空航天大学学报,2018,44(4):841-850.
- [7] 刘帆,刘鹏远,张峻宁,等. 基于稀疏原子融合的 RGB-D 场景图像融合算法[J]. 光学学报,2018,38(1):0115003.
- [8] 张国山,郝婧漩. 基于位置修正机制和模型更新策略的跟踪算法[J]. 信息与控制,2020,49(2):177-187.
- [9] 林彬,李映. 基于高置信度更新策略的高速相关滤波跟踪算法[J]. 光学学报,2019,39(4):266-277.
- [10] 苏耀伦,施惠元,苏成利,等. 基于 DOB 的多变量非最小状态空间预测控制[J]. 信息与控制,2020,49(3):356-364.
- [11] 魏新江,张林青. 一类随机系统基于干扰观测器的抗干扰控制[J]. 控制与决策,2017,32(5):939-942.
- [12] SHI H Y, SU C L, CAO J T, et al. Nonlinear adaptive predictive functional control based on the Takagi-sugeno model for average cracking outlet temperature of the ethylene cracking furnace [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2015,54(6):1849-1860.

收稿日期:2020-12-09

(上接第 236 页)

设备在使用过程中应进行的检查与维护的基本要求,并对机械式停车设备日常检查和定期检查项目、方法、内容提出了要求。但是国家标准中所提出的机械式停车设备日常检查和定期检查项目、方法、内容都是针对机械式停车设备零部件和电控系统的。而充电设备怎么进行维护保养,需不需要日常检查和定期检查还没有标准规范。因此,使用过程中极有可能出现检查与维护不到位导致车库充电设备出现问题。

3 结语

电动汽车是发展趋势,机械式停车设备的市场需求很大,这两方面因素必然带来充电式机械式停车设备市场的扩大,可以看好充电式机械式停车设备的市场前景。但是在实际项目落地过程中,一般都是在平面车位上设置充电桩,这是充电式机械式停车设备的验收和检验还缺乏相应的规范导致这一现象的直接原因。

机械式停车设备属于起重机械,也是特种设备,由国家市场监督管理总局特种设备安全监察局管理,需要特检验收。电动汽车充电为国家发改委牵头多部门管理,不存在专项验收问题。两种设备在技术规范上没有交集。往往客户要求机械式停车设备能够实现充电功能,设备验收时

又要求把充电设施撤掉才能验收,这让机械式停车设备厂家无所适从。

目前市场上基本上都是充电桩充电的机械式停车设备,其他形式的取电器结构由于没有相应的标准规范,在使用中会受到一定的限制。电动汽车发生过多起自燃事故,确实存在安全隐患,现阶段推荐将充电桩设置在平面车位,既可以满足规划需求,相对来说安全风险小一些。

尽管充电式机械式停车设备处于初期阶段,存在不确定的安全风险,但随着技术的进步,国家的重视,标准和规范落后的跟进,机械立体车库充电系统的应用会更加规范,更加安全。

参考文献:

- [1] 徐东升. 从停车博览会解读机械车库行业热点[J]. 城市停车,2020(5):96.
- [2] 中国重型机械工业协会停车设备管理委员会. 机械式立体车库[M]. 北京:海洋出版社,2001.
- [3] 王景良,韩赞,王海波,等. 基于物联网的立体车库远程监控系统设计[J]. 起重运输机械,2017(增刊):155-156.
- [4] GB/T 20234. 1-2015 电动汽车传导充电用连接装置 第 1 部分:通用要求[S].
- [5] GB/T 18487. 1-2015 电动汽车传导充电系统 第 1 部分:通用要求[S].

收稿日期:2021-01-15