

图9 引入  $C, \xi$  的分类模型图

### 4 实验分析

本文使用作者实验室的项目中飞行模拟环境中的采集的手势数据集, 该数据集中所有的数据在室内的自然光下收集, 没有任何特殊光照, 收集的设备是普通摄像机, 一共8种手势(推动油门、手持操作杆、自然状态、基本的指令手势等)。数据集共3200张, 每个手势400张, 共10个人参与, 参与者均是模拟飞行环境中的随机采取手势图片, 每人采集数目不等。同时利用旋转平移等操作对得到的手势库进行扩充。然后对整个手势库中的每张照片中的手势轮廓线计算傅里叶描述子并保存, 保存格式为“x\_i”, 表示手势\_x的第i张图片。训练集与测试集按3:1的比率分配。测试集800张, 训练集2400张。图10经过肤色处理的手势数据集片段; 图11是经过关键特征点的手势数据集片段。

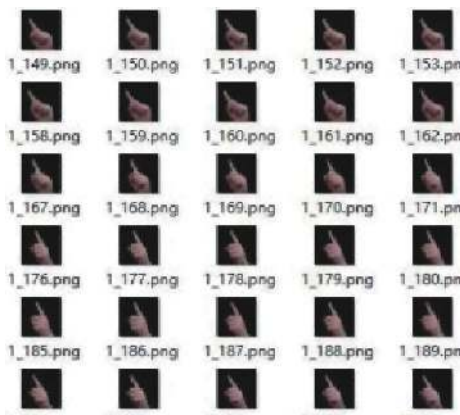


图10 经过肤色处理的手势数据集

本文提出的算法在 Python 中实现, 手势识别准确率在 98%。实验结果见表 1。

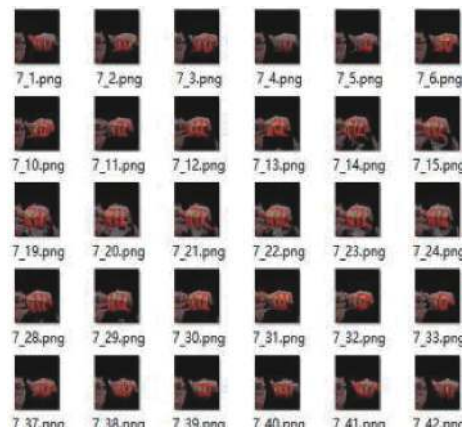


图11 经过关键特征点的手势数据集

表1 手势识别实验结果

测试集(张)	正确识别数	手势(种)	识别率(%)
800	784	8	98

#### 4.1 实验结果对比

表2为使用本文方法与其他文献作对比, 文献[20]提出用 YCbCr 色彩空间检测肤色对输入的图像分割出感兴趣的手势区域, 然后再通过深度学习的方法训练出手势识别的模型。文献[9]从图像的3D数据出发, 以 Kinect 作为输入设备, 提出了一个基于深度图像的3D手势识别系统框架。文献[21]采用表面肌电(sEMG)信号进行手势识别, sEMG采集的趋势之一是带有等距电极的多通道臂带。即通过逐步进行包装器选择特征和减少维数提高sEMG的分类性能。考虑到40个维度, 对于带有高斯核的支持向量机和LMNN技术的结合, 平均精度为94%。而本文采用肤色结合特征点对手部分割、特征提取, 并用SVM向量机针对飞行模拟环境下的手势进行识别, 准确率达到98%。

表2 本文与其他文献对比

方法	识别率(%)
文献[9]	76.6
文献[20]	94.6
文献[21]	94
本文	98

### 5 结论与展望

本文结合现有的美国 CMU Perceptual Computing Lab 开源的手部关键点检测模型, 使用肤色进行二值化处理, 结合手部关键点准确分割手势, 接着对图像进行腐蚀膨胀处理, 在对手势轮廓特征提取的基础上加上

手部关键点特征经过 SVM 训练和测试实验后可知,此算法可以在飞行模拟环境中,面对背景复杂,遮挡影响,光照影响,能够有效地进行特征提取,极大地提高了手势识别效率.对于静态手势识别平均识别率能够达到98%.论文不足点:当面部和手部有重合时,特征提取时有一定的影响.因此本文在手势识别的完善上还有一定的提升空间,接下来将进一步研究.

### 参考文献

- 1 黄晶,宋宏川,钟明华,等.飞行模拟器最新发展研究.情报交流,2019,(1):69-73.
- 2 罗斌,姚鹏,翁冬冬,等.基于混合现实的新型轻量级飞行模拟器系统.系统仿真学报,2009,21(17):5406-5410.
- 3 周来.面向虚拟现实飞行模拟训练的视觉手交互技术研究[博士学位论文].南京:南京航空航天大学,2012.6.
- 4 周来,郑丹力,顾宏斌,等.虚拟现实飞行模拟训练中的视觉交互技术研究.航空学报,2013,34(10):2391-2401.
- 5 Zhou K, Wan Y, Huang HL. Research on recognition and application of hand gesture based on skin color and SVM. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, 2020, 20(1): 269-278. [doi: 10.3233/JCM-193731]
- 6 陈宁,范英豪,白冰.融合帧间差分法和ViBe的运动目标检测算法.浙江科技学院学报,2020,32(1):32-37.
- 7 常晓锋,冯晓毅.基于背景减法和时空熵的运动目标检测新方法.计算机仿真,2008,25(3):235-238. [doi: 10.3969/j.issn.1006-9348.2008.03.063]
- 8 张圆圆.基于视觉的手势识别技术及其应用研究.计算技术与自动化,2015,34(1):131-135. [doi: 10.3969/j.issn.1003-6199.2015.01.028]
- 9 Le V, 朱煜, Nguyen A. 深度图像手势分割及HOG-SVM手势识别方法研究.计算机应用与软件,2016,33(12):122-126. [doi: 10.3969/j.issn.1000-386x.2016.12.030]
- 10 彭正初.基于傅里叶描述子的物体形状识别的研究[硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- 11 Wang Q, Gao X, Wang F, et al. Feature point matching method based on consistent edge structures for infrared and visible images. Applied Sciences, 2020, 10(7): 2302. [doi: 10.3390/app10072302]
- 12 Tang ZJ, Zhang HY, Pun CM, et al. Robust image hashing with visual attention model and invariant moments. IET Image Processing, 2020, 14(5): 901-908. [doi: 10.1049/iet-ipr.2019.1157]
- 13 张晓燕.基于肤色和模板匹配的静态手势识别.电子世界,2019,(15):202.
- 14 郝禹哲,张玉金,田海越,等.基于卷积神经网络的手势识别方法.传感器与微系统,2020,39(5):48-50.
- 15 丁泽宇,弓伟.基于隐马尔可夫模型的动态手势识别研究.电脑与电信,2019,(5):33-36.
- 16 田英冬,张元,韩燮.基于动态时间规整算法的虚拟沙画手势识别方法.中国科技论文,2017,12(20):2361-2367. [doi: 10.3969/j.issn.2095-2783.2017.20.015]
- 17 梁金明,魏正曦.OSTU算法的改进研究.四川理工学院学报(自然科学版),2010,23(5):543-545.
- 18 AIHGF. OpenPose 基于 OpenCV DNN 的手部关键点检测. <https://www.aiuai.cn/aifarm1111.html>.
- 19 Simon T, Joo H, Matthews I, et al. Hand keypoint detection in single images using multiview bootstrapping. Proceedings of 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Honolulu, HI, USA. 2017. 4645-4653.
- 20 杨洋,郑紫微,孙兹昂,等.基于肤色分割与深度学习的手势识别.数据通信,2019,(5):30-33. [doi: 10.3969/j.issn.1002-5057.2019.05.007]
- 21 Junior JJAM, Freitas MLB, Siqueira HV, et al. Feature selection and dimensionality reduction: An extensive comparison in hand gesture classification by sEMG in eight channels armband approach. Biomedical Signal Processing and Control, 2020, 59: 101920. [doi: 10.1016/j.bspc.2020.101920]