

面向多源数据集的人脸老化研究

周栩妃, 李逸峰, 王子橙, 何雯桐, 夏靖益

江苏警官学院刑事科学技术系, 江苏 南京

收稿日期: 2026年4月11日; 录用日期: 2026年5月11日; 发布日期: 2026年5月22日

摘要

针对公安跨年龄人脸识别中图像老化失真、模型泛化差、身份特征易丢失的问题, 研究基于StyleGAN2与开源代码, 整合三大公开数据集, 通过标准化预处理优化数据质量, 改进生成器与判别器, 加入身份与性别约束, 构建复合损失函数提升模型性能。实验表明, 所提方法在受控数据集上生成图像保真度较高, 为公安跨年龄人脸识别实战提供了有益探索与实验支撑。

关键词

多源数据集, 人脸老化, 跨年龄人脸识别, 公安实战

Research on Face Aging Based on Multi-Source Datasets

Xufei Zhou, Yifeng Li, Zicheng Wang, Wentong He, Jingyi Xia

College of Criminal Science and Technology, Jiangsu Police Institute, Nanjing Jiangsu

Received: April 11, 2026; accepted: May 11, 2026; published: May 22, 2026

Abstract

Aiming at the problems of image aging distortion, poor model generalization, and easy loss of identity features in cross-age face recognition for public security practice, this study integrates three public datasets based on StyleGAN2 and open-source codes, optimizes data quality through standardized preprocessing, improves the generator and discriminator, adds identity and gender constraints, and constructs a composite loss function to enhance the model performance. Experiments show that the proposed method has high fidelity of generated images on controlled datasets, providing useful exploration and experimental support for public security cross-age face recognition practice.

Keywords

Multi-Source Datasets, Face Aging, Cross-Age Face Recognition, Public Security Practice

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着智慧警务建设的深入推进,人脸识别技术凭借非接触、高效、精准的特点,成为刑侦追逃、身份核验等公安实战的关键手段。但在实际办案中,涉案人员面部会随年龄增长而皮肤松弛、皱纹增加,这些衰老特征使得传统算法难以提取稳定身份信息,跨年龄人脸匹配准确率大幅下降,成为案件侦破的技术瓶颈。

基于生成对抗网络的人脸老化算法[1]能生成高真实性年龄模拟图像,因而成为跨年龄人脸识别领域的研究热点。但现有研究仍存在诸多不足:其一,多数算法依赖单一数据集训练,模型泛化能力弱。其二,主流公开数据集各有缺陷,多源数据集融合研究欠缺。其三,开源代码大多针对单一数据集设计,易出现身份丢失、性别失真等问题,难以适配公安实战需求。

为此,本研究以 GAN 为核心、开源代码为基础,开展多源数据集融合与人脸老化模型优化研究,设计标准化数据预处理流程,优化模型结构与损失函数,提升模型对多源数据的适应能力,研发适用于公安实战的人脸老化方案,为公安跨年龄人脸识别提供技术参考[2]。

与现有工作相比,本研究的主要贡献体现在三方面:1) 构建了包含 FG-NET 等数据集的多源融合数据集,设计标准化预处理流程以提升数据质量与模型泛化能力;2) 在 StyleGAN2 基线模型基础上,新增身份保持模块与性别约束分支,有效减少年龄转换过程中的身份丢失与属性失真问题;3) 构建复合损失函数,通过消融实验系统验证了超参数组合的合理性,为工程化应用提供可参考的参数配置方案。

2. 人脸老化模型实现流程

本研究构建的人脸老化模型,整体实现流程分为三步:首先是对多源人脸数据集进行标准化预处理,缓解数据分布不均、标签噪声问题,其次基于 StyleGAN2 开源 GAN 模型(具体架构如图 1 所示)优化生成器与判别器结构,新增特征约束模块以强化身份与性别保持能力,最后构建复合损失函数,搭配适配的训练策略开展模型训练,实现高保真人脸老化图像生成,为公安实战技术需求提供实验依据。

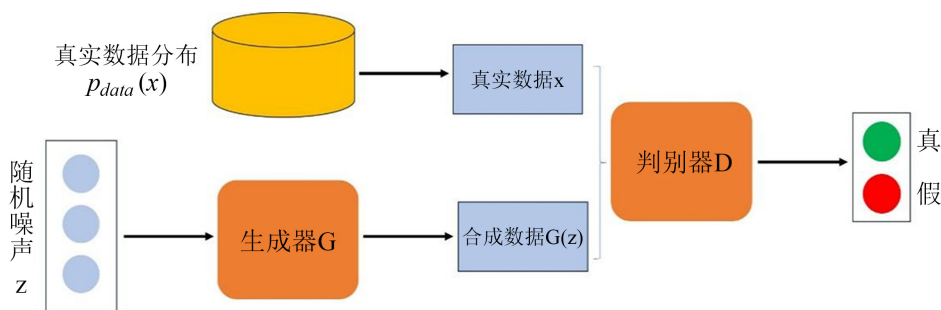


Figure 1. Basic architecture of generative adversarial network (GAN)

图 1. 生成对抗网络(GAN)的基本架构

3. 多源数据集预处理

目前主流公开数据集各有缺陷, 如 FG-NET [3] 年龄跨度大但数据量小, MORPH [4] 图像质量高但低龄、高龄样本稀缺, CACD [5] 样本量大但标签噪声明显等。常见人脸数据集及标签如表 1 所示。

Table 1. Content and labels of common cross-age face datasets

表 1. 常用跨年龄人脸数据集内容及标签

数据集	数据量	年龄范围	主要标签	特点
UTKFace	20,000+	0~116	年龄、性别、种族	多样性高、对齐人脸
CACD	163,446	16~62	身份、估算年龄	名人数据、时间跨度大
MORPH	55,000+	16~77	年龄、性别、身份、种族	高质量、需申请访问
FG-NET	1002	0~69	年龄、身份、关键点	长期跨度、小规模
AFAD	164,432	15~40	年龄、性别	亚洲人种、日常场景

针对 FG-NET、MORPH、CACD 三大数据集的固有缺陷, 设计“识别 - 清洗 - 融合 - 对齐”标准化预处理流程。

先按年龄段互补性筛选数据, 补充低龄、高龄稀缺样本, 再剔除低质量样本, 修正标签、删除重复样本并划分年龄段, 随后整合构建高质量融合数据集, 平衡各年龄段分布, 最后完成人脸对齐、分辨率统一与像素归一化, 按 7:1:2 划分训练、验证、测试集。

4. 人脸老化模型结构优化

以 StyleGAN2 模型为基础, 保留卷积、反卷积等验证有效的核心模块, 结合公安实战需求优化生成器与判别器。

4.1. 生成器结构

生成器采用编码器 - 解码器架构, 输入维度为 $512 \times 512 \times 3$, 编码器包含 8 层卷积层, 卷积核尺寸 3×3 , 通道数由 64 递增至 512, 解码器则包含 8 层反卷积层, 通道数由 512 递减至 3。同时还新增了身份保持模块, 采用预训练 FaceNet 提取身份特征向量, 通过余弦相似度计算身份损失, 约束生成图像与源图像身份特征差异小于 0.1。另外, 引入了性别分类分支与年龄分类分支, 通过梯度反馈修正生成图像属性偏差, 提升特征一致性[6]。

4.2. 判别器结构

判别器保留真假判别核心功能, 输入为 $512 \times 512 \times 3$ 人脸图像, 包含 7 层卷积层与全局平均池化层。新增性别、年龄分类分支, 实现“真假判别 + 性别分类 + 年龄估计”三任务协同处理, 强化对生成图像属性真实性的约束。在训练过程中, 判别器不仅判断图像真伪, 同时对性别与年龄进行精准预测, 通过多任务联合监督强化对生成图像属性真实性、年龄合理性、性别一致性的约束, 从源头提升老化图像的生成质量。

5. 损失函数与训练策略

针对开源代码单一对抗损失的局限性, 构建融合对抗、身份保持、性别保留、年龄平衡的复合损失函数, 多维度约束生成图像效果, 经实验确定最优权重系数。采用公式见下方:

$$L = L_{adv} + \lambda_1 L_{id} + \lambda_2 L_{gender} + \lambda_3 L_{bal}$$

5.1. 超参数选择与消融实验

通过消融实验确定最优权重系数, 结果见表 2。可见当 $\lambda_1 = 0.8$ 、 $\lambda_2 = 0.05$ 、 $\lambda_3 = 1.0$ 时, 生成图像 SSIM 最高、身份一致性最优, 故采用该组参数。

Table 2. Ablation experimental results of hyperparameters in loss function
表 2. 损失函数超参数消融实验结果

λ_1	λ_2	λ_3	SSIM	身份相似度	主观评分
0.5	0.05	1.0	0.76	0.82	6.8
0.8	0.05	1.0	0.82	0.91	7.6
1.0	0.05	1.0	0.79	0.88	7.2
0.8	0.1	1.0	0.78	0.90	7.0

5.2. 训练设置

训练选用 Adam 优化器, 设置适配大样本的 Batch Size, 复用 Dropout 层与批量归一化模块, 避免过分拟合的结果出现, 引入总变分损失平滑图像像素, 减少伪影、模糊等问题, 最终得到的效果如图 2 所示, 数据集部分训练成果如图 3 所示。

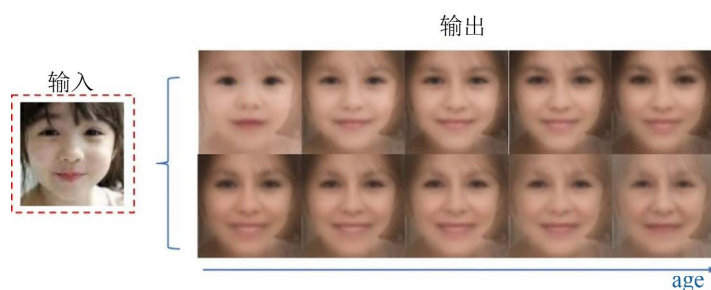


Figure 2. Comparison of input and output images
图 2. 输入与输出图像比对

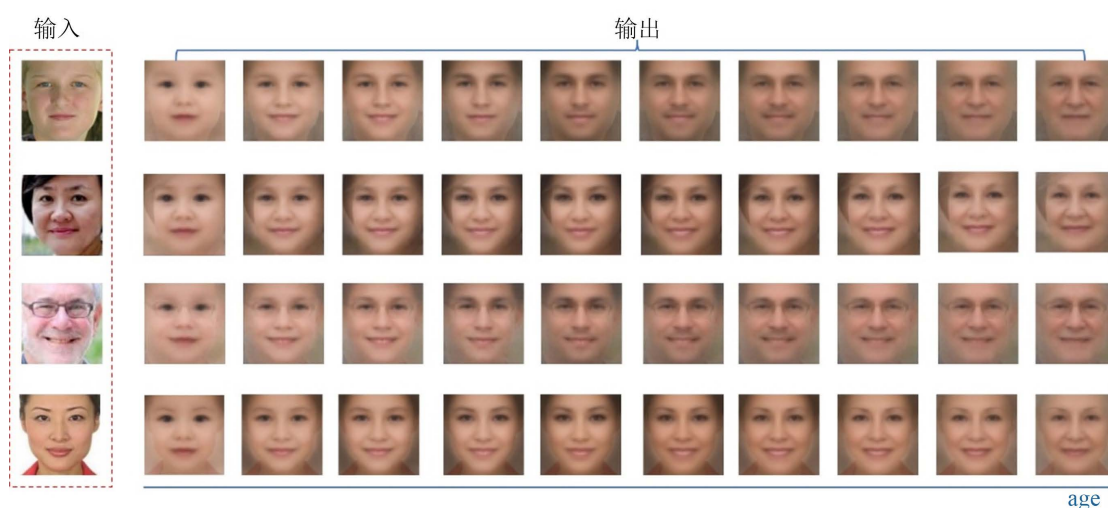


Figure 3. Partial results of model training
图 3. 训练部分结果

6. 实验结果与分析

基于指定软硬件环境开展实验，从基础功能、客观量化、主观评价三类指标验证模型性能。结果显示，融合数据集适配率达 86.8%，标准化预处理流程可显著提升数据可用性；模型人脸检测成功率为 98.7%、特征点提取准确率为 97.2%，核心模块运行稳定可靠；生成图像与源图像平均 SSIM 达 0.82，主观综合评分 7.6 分，可有效保留身份特征，初步实现人脸老化生成，各项指标符合阶段性预期。

但是本实验所用数据均为可控环境下采集的清晰正面图像，未包含真实公安场景中常见的模糊、遮挡、低光照、多姿态等复杂样本，因此模型在实际应用场景中的适用性仍需进一步验证。这也是本研究与实际公安实战需求之间的主要差距。

7. 结语

本研究围绕公安实战跨年龄人脸识别需求，开展多源数据集人脸老化技术研究，通过整合三大主流数据集，设计标准化预处理流程，有效缓解了单一数据集分布不均等问题，显著提升了模型泛化能力。基于 StyleGAN2 开源代码优化模型结构，新增身份保持与性别约束机制，结合复合损失函数与适配训练策略，显著降低年龄变换过程中的身份丢失、性别失真、图像伪影等问题，生成图像在保真度、一致性与真实感上均有明显提升。

后续研究将结合公安实战场景，引入模型轻量化与量化技术，降低计算资源消耗，提升边缘端部署能力，加入小样本学习与低质量图像增强模块，提升模糊、遮挡、低光照条件下的生成稳定性，同时优化网络结构实现连续、平滑的年龄序列生成，改进人脸对齐与训练策略，进一步提高生成图像真实度与身份保留能力，推动人脸老化技术在刑侦追逃、失踪人口查找、身份核验等实战场景中落地应用。

基金项目

江苏省高等学校大学生创新创业训练计划项目(XJ202510329070)。

参考文献

- [1] 于海波. 基于生成对抗网络的人脸老化算法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2021.
- [2] 封顺. 人脸年龄合成技术在公安实战中的应用研究[J]. 江西警察学院学报, 2022(3): 44-49.
- [3] Lanitis, A., Taylor, C.J. and Cootes, T.F. (2002) Toward Automatic Simulation of Aging Effects on Face Images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, **24**, 442-455. <https://doi.org/10.1109/34.993553>
- [4] Ricanek, K. and Tesafaye, T. (2006) MORPH: A Longitudinal Image Database of Normal Adult Age-Progression. *7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR06)*, Southampton, 10-12 April 2006, 341-345. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1613043>
- [5] Chen, B.C., Chen, C.S. and Hsu, W.H. (2014) Cross-Age Reference Coding for Age-Invariant Face Recognition and Retrieval. *Proceedings of 13th European Conference on Computer Vision*, Zurich, 6-12 September 2014, 768-783. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10599-4_49
- [6] Li, S. and Lee, H.J. (2023) GFAM: A Gender-Preserving Face Aging Model for Age Imbalance Data. *Electronics*, **12**, Article 2369. <https://doi.org/10.3390/electronics12112369>