

基于高清贴图与高精度 3D 人脸模型并结合 AI 技术实现皮肤空间位置的无标记追踪

余旭光 郑炜钢 (通讯作者)

杭州小肤科技有限公司 浙江杭州 310000

【摘要】计算机视觉及图形学范畴里,无标记追踪皮肤空间位置意义重大,在医疗美容、虚拟现实、影视特效等行业应用广泛。本文给出一种借助高清贴图、高精度 3D 人脸模型,融合 AI 技术达成皮肤空间位置无标记追踪的办法。获取高清人脸贴图,构建高精度 3D 人脸模型,运用 AI 算法深入剖析图像数据,以此实时且精准追踪皮肤空间位置。文中会阐述该方法原理、实施流程、应用场景,以及面临的难题和应对策略,给相关领域提供新的技术思路与解决方案,助力无标记皮肤追踪技术发展。

【关键词】高清贴图;高精度 3D 人脸模型;AI 技术;皮肤空间位置;无标记追踪

The skin spatial position is tracked without label by using high-definition texture and high-precision 3D face model combined with AI technology

Yu Xuguang Zheng Weigang (corresponding author)

Hangzhou Xiaofu Technology Co., LTD. Hangzhou, Zhejiang 310000

【Abstract】In the field of computer vision and graphics, unmarked tracking of skin spatial positions is of great significance, with widespread applications in industries such as medical aesthetics, virtual reality, and film special effects. This paper presents a method that leverages high-definition textures, high-precision 3D face models, and AI technology to achieve unmarked tracking of skin spatial positions. The method involves obtaining high-definition face textures, constructing high-precision 3D face models, and using AI algorithms to deeply analyze image data, thereby enabling real-time and precise tracking of skin spatial positions. The paper will explain the principles, implementation process, application scenarios, challenges, and strategies for this method, providing new technical ideas and solutions for related fields, and promoting the development of unmarked skin tracking technology.

【Key words】HD mapping; high precision 3D face model; AI technology; skin spatial position; unmarked tracking

引言

科技持续发展,追踪人体皮肤空间位置的需求愈发强烈。医疗美容里,医生要确切知晓治疗前后皮肤变化来评判疗效;虚拟现实与影视特效行业中,真实的皮肤运动模拟可增强用户体验、提升作品品质。以往粘贴标记点的标记追踪方式,既不美观,或许还会损伤皮肤,复杂环境下追踪精度也不够。那种基于高清贴图、高精度 3D 人脸模型,融合 AI 技术的无标记追踪手段,则能弥补传统方法的缺陷,达成对皮肤空间位置自然且精准的追踪。探究此项技术,对推进相关行业、提升对应领域技术水准,有着重要的现实意义。

一、技术原理与模型构建

(一) 高清贴图与 3D 人脸模型基础

借助高分辨率相机设备,于充足且均匀的光照环境中采

集人脸图像。为防止阴影和反光干扰图像质量,运用多角度拍摄技术,从各个方位捕捉人脸信息,而后通过图像融合算法把多幅图像合成一张完整且清晰的高清人脸贴图。采集时,采用色彩校准技术,保证图像色彩还原度良好,为后续精确呈现皮肤特征做好铺垫。实际操作中会使用专业的多镜头相机阵列,同时从正面、侧面等多个方位拍摄人脸,利用图像融合算法对这些图像无缝拼接,进而获得细节丰富、色彩精准的高清人脸贴图。

构建高精度 3D 人脸模型,可借助结构光 3D 扫描技术,也能运用基于多视角图像的重建方式。结构光 3D 扫描向人脸投射特定图案光线,依据反射光的形变算出人脸表面三维坐标,由此获取高精度的人脸几何形状数据。基于多视角图像的重建办法,是运用多台相机同步拍摄人脸,依据特征匹配和三角测量原理,重建出 3D 人脸模型。构建时,对模型实施细分操作,增添模型细节,让其更精准契合人脸实际形状,为精确表示皮肤空间位置提供支持。就拿基于多视角图

像的重建方法来说,在实验室里,围绕被拍摄者布置多个高清相机,同时拍摄多组人脸图像。借助先进的特征匹配算法,找出不同图像里相同特征点的对应联系,再运用三角测量原理算出这些特征点的三维坐标,一步步构建出完整的3D人脸模型。

(二) AI 技术在追踪中的关键作用

AI 技术领域内,卷积神经网络(CNN)在图像特征提取方面展现出卓越能力。把高清人脸贴图送入已预训练的CNN模型,此模型可自行学习人脸皮肤的纹理、色泽、形态等特征。借由不同层级的卷积层和池化层,能够提取出从浅层次的边缘、角点特征,一直到深层次的语义特征。这些特征会应用于后续的追踪步骤,成为识别与定位皮肤空间位置改变的关键凭借。实际应用场景中,运用经过大量人脸图像训练的VGGNet模型,将高清人脸贴图输入其中,经过多个卷积层与池化层的运算处理后,该模型便能够提取出多样丰富的人脸皮肤特征,涵盖皮肤的纹理细微之处、颜色的分布状况以及面部的轮廓特征等。

基于深度学习的目标跟踪算法里,像Siamese网络,可在连续图像帧中对皮肤区域展开跟踪。Siamese网络通过比对当前帧与前一帧里皮肤区域的特征相似程度,来预估皮肤的运动轨迹^[1]。与光流法相结合,进一步算出皮肤像素的运动向量,以此达成对皮肤空间位置的动态跟踪。利用循环神经网络(RNN)处理时间序列数据,考量皮肤运动的时间连贯性,提升跟踪的稳定性与精准度。实验时,运用Siamese网络搭配光流法对一段人脸视频实施皮肤跟踪, Siamese网络经计算前后两帧皮肤区域的特征相似度,预测皮肤大致运动走向,光流法再进一步精准算出每个像素的运动向量, RNN对这些时间序列数据加以处理,让跟踪结果更稳定,有效防止了跟踪过程中出现的抖动和漂移情况。

二、无标记追踪的实现过程

(一) 数据采集与预处理

除前文提到的高清人脸图像和3D人脸模型数据,还能借助深度相机获取人脸深度信息,完善几何形状的细节。记录环境光照条件、拍摄角度等参数,为后续数据处理做参考。实际采集时,让深度相机与普通高清相机协同工作,同时记录环境光照强度、光源方向以及相机拍摄角度等信息,给后续数据处理和分析提供丰富的数据支撑。对采集所得数据进行预处理,涵盖图像去噪、灰度化、归一化等操作。采用高斯滤波等算法进行图像去噪,消除图像中的噪声干扰;灰度化是把彩色图像转化为灰度图像,简化计算流程;归一化处理则将图像像素值映射到统一范围,增强数据稳定性与可比性,为后续特征提取和模型训练提供高质量数据。具体操作

中,用高斯滤波对采集到的图像实施去噪处理,依据图像噪声特征挑选适宜的高斯核参数。接着,把彩色图像转为灰度图像,降低数据维度。再通过归一化处理,将图像像素值映射到[0, 1]区间内,提升数据的稳定性与可比性。

(二) 模型训练与追踪执行

采用海量带有标注的人脸图像数据用于AI模型训练。标注数据涵盖皮肤空间位置真实坐标信息,借监督学习之法,使模型习得图像特征至皮肤空间位置的映射联系。训练之际,选用小批量梯度下降等优化算法,调校模型参数,令模型预测结果与真实标注误差最小^[2]。采用旋转、缩放、平移图像等数据增强手段,扩充训练数据,提升模型泛化能力。训练过程中,收集数千张不同个体、表情各异的人脸图像,为每张图像中皮肤空间位置精准标注。用小批量梯度下降算法训练模型,每次选一小批图像计算并更新参数。利用旋转、缩放、平移等数据增强技术,拓展训练数据规模,使模型能学习更多不同情形下的人脸特征,增强模型泛化能力。

实时追踪时,把新采集的图像输入已训练好的模型。模型提取图像特征,依据学到的映射关系,预测皮肤空间位置。跟前一帧追踪结果比对、融合,借助运动预测算法,实现皮肤空间位置实时更新与追踪。以可视化形式呈现追踪结果,像在3D人脸模型上实时标记皮肤位置变动,方便用户直观查看。于虚拟现实交互这类实际场景里,用户做表情变化,系统实时采集人脸图像,输入训练好的模型。模型迅速提取图像特征,预测皮肤空间位置改变,与前一帧追踪结果融合,利用运动预测算法完成皮肤位置实时更新。最终将追踪结果可视化展示在3D虚拟角色脸部,达成逼真的表情模拟。

三、应用场景与实际价值

(一) 医疗美容领域的应用

医疗美容治疗时,像激光祛斑、皮肤紧致治疗等,运用这项技术在治疗前后追踪患者皮肤空间位置。对比治疗前后皮肤纹理、皱纹变化和面部轮廓调整状况,医生能定量评估治疗效果,为后续治疗方案制定提供科学依据,提升治疗精准度与有效性^[3]。激光祛斑治疗中,治疗前借助该技术获取患者面部皮肤高清贴图和3D模型,记录斑点位置、大小及皮肤纹理特征。治疗后再次采集分析,对比治疗前后皮肤空间位置变化,医生可准确评估祛斑效果,判断是否需进一步治疗。面部整形手术前,医生能用患者高清贴图和3D人脸模型,结合无标记追踪技术模拟手术中皮肤变形、移动情形。这利于医生提前规划手术方案,预测手术效果,降低手术风险,提高手术成功率。隆鼻手术前,医生依据患者3D人脸模型,结合无标记追踪技术模拟隆鼻手术里皮肤拉伸、变形状况,提前评估手术效果,调整手术方案,降低手术风险,

提高手术成功率与患者满意度。

(二) 虚拟现实与影视特效的应用

在虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 场景中, 通过对用户皮肤空间位置的追踪, 实现更真实的面部表情模拟和交互效果。例如, 在 VR 社交应用中, 用户的面部表情能够实时同步到虚拟角色上, 增强虚拟社交的沉浸感和互动性。在一款 VR 社交游戏中, 玩家的面部皮肤运动通过无标记追踪技术被精确捕捉, 实时同步到虚拟角色上, 使虚拟角色的表情更加生动自然, 增强了玩家之间的互动体验和沉浸感。在影视特效制作中, 该技术可用于演员面部皮肤的精确追踪, 为数字角色的创建和特效合成提供准确的数据。通过对演员皮肤运动的捕捉和模拟, 制作出更加逼真的特效场景, 提升影视作品的视觉效果和质量。在一部科幻电影的特效制作中, 利用无标记追踪技术对演员面部皮肤的运动进行精确捕捉, 为数字外星生物角色的创建提供了准确的数据, 使数字角色的表情和动作更加逼真, 提升了电影的视觉效果和观众的观影体验。

四、技术挑战与应对策略

(一) 面临的技术挑战

光照变化或许致使图像特征改变, 让模型难以精准识别皮肤区域; 遮挡会造成部分皮肤区域信息缺失, 干扰追踪算法的正常运作; 面部表情剧烈变动时, 皮肤变形和拉伸情况复杂, 增大了追踪难度。户外拍摄场景中, 光照强度与方向随时间和天气变化而改变, 可能使采集的人脸图像出现阴影和反光, 影响模型提取皮肤特征及追踪精度。人脸部分被头发、眼镜等物体遮挡时, 追踪算法可能做出错误判断, 导致追踪不准确。实现高精度的皮肤空间位置追踪, 需强大计算资源支撑, 特别是处理高清图像和复杂 AI 模型时。在 VR 和影视拍摄现场等实时应用场景中, 对计算资源限制较大, 需在保证追踪精度的同时, 提升算法运行速度, 达成计算资源与实时性的平衡。VR 设备中, 因设备计算能力有限, 且无标记追踪算法要处理大量图像数据和复杂模型计算, 这便要求在保证追踪精度的前提下, 尽可能优化算法, 降低计算

资源消耗, 提高算法运行速度, 从而实现实时追踪效果。

(二) 应对策略探讨

应对复杂环境下追踪精度难题, 开展自适应特征提取算法研究。此算法可依据光照变化, 自动调节特征提取方式与参数, 增强对光照变化的稳健性。同时采用多模态数据融合技术, 整合深度信息、红外图像等多类数据, 减轻遮挡对追踪的干扰。针对面部表情剧烈变化情形, 引入更复杂形变模型, 对皮肤变形进行更精准建模与预测。实际研究中, 研发一种自适应卷积神经网络, 该网络能根据光照强度和色彩变化, 自动调整卷积核参数, 提升对光照变化的适应能力。同时融合深度相机与红外相机数据, 出现遮挡时, 借助深度信息和红外图像补充缺失的皮肤信息, 提升追踪的精准度。

处理计算资源与实时性的平衡问题, 从两方面着手。一是利用高性能图形处理单元 (GPU) 以及专用人工智能芯片, 以此提升硬件计算能力。另一个方向是优化 AI 算法, 采用轻量级神经网络架构, 削减模型参数与计算量。同时运用像剪枝、量化之类的模型压缩技术, 在不损害模型精度的情况下, 降低模型存储需求和计算量, 提升算法运行速度。在实际运用中, 借助 NVIDIA 的高性能 GPU 来加速计算, 同时选用 MobileNet 等轻量级神经网络架构, 减少模型参数与计算量。再通过模型剪枝和量化技术, 进一步降低模型存储需求和计算复杂度, 提高算法运行速度, 达成计算资源与实时性的平衡。

结语

依托高清贴图、高精度 3D 人脸模型, 融合 AI 技术达成皮肤空间位置的无标记追踪, 给诸多领域带来创新技术手段。经对技术原理深入探究、对实现过程加以优化, 这项技术在医疗美容、虚拟现实、影视特效等领域彰显出极大应用价值。虽说当下存在复杂环境追踪精度, 以及计算资源与实时性平衡等难题, 可随着持续优化算法、提升硬件性能, 这些问题会逐步攻克。伴随技术进一步发展, 该技术有希望在更多领域得以应用、拓展, 为相关行业发展给予更强有力的技术支撑, 助力各领域朝着更高水平前行。

参考文献

- [1]屈姝杉.基于三维可变形模型的高精度人脸重建算法研究[D].北京邮电大学, 2024.
- [2]林佳.基于 GAN 的大角度单图重建高清 3D 人脸算法[D].华东师范大学, 2022.
- [3]姚汉群, 刘广文, 王超, 等.基于 3D 先验特征的人脸超分辨率重建算法[J].吉林大学学报(理学版), 2024, 62(04): 895-904.
- [4]陈诗浩.针对人脸识别模型的对抗样本生成技术研究[D].广州大学, 2024.
- [5]李明.基于三维人脸模型重构的虚拟试戴技术研究[D].广东工业大学, 2020.