

基于光学测量的计算机技术在个性化健身训练中的应用研究

佟冉

江苏财会职业学院, 江苏 连云港 222000

[摘要]随着计算机视觉、光学传感和人工智能技术的快速发展,个性化智能健身运动成为当下社会关注的热点,基于光学测量的计算机技术已成为现代个性化健身训练的重要支撑手段。光学测量技术的精度高且具有非接触性,可以根据使用者的实际状况制定个性化的训练计划。在运动分析中,应用了两点正交法来测量运动员的身体参数。这种方法利用相机捕捉到的图像,通过几何关系计算出运动员的关键点位置,从而实现高精度的运动分析。通过图像特征提取和模式识别,增强了运动状态识别效果,随时适应环境的变化,使用户的健身更有针对性,同时可以保证健身安全,提高居家健身运动的乐趣,满足个性化健身训练的需求。

[关键词]计算机技术;光学测量;个性化;健身运动;训练

DOI: 10.33142/jscs.v5i4.17431

中图分类号: G8

文献标识码: A

Research on the Application of Computer Technology Based on Optical Measurement in Personalized Fitness Training

TONG Ran

Jiangsu College of Finance & Accounting, Lianyungang, Jiangsu, 222000, China

Abstract: With the rapid development of computer vision, optical sensing, and artificial intelligence technology, personalized intelligent fitness has become a hot topic of social concern. Computer technology based on optical measurement has become an important supporting means for modern personalized fitness training. Optical measurement technology has high accuracy and non-contact properties, and can develop personalized training plans based on the actual situation of the user. In sports analysis, the two-point orthogonal method is applied to measure the physical parameters of athletes. This method utilizes images captured by a camera to calculate the key point positions of athletes through geometric relationships, thereby achieving high-precision motion analysis. By extracting image features and pattern recognition, the recognition effect of exercise states is enhanced, adapting to changes in the environment at any time, making users' fitness more targeted, while ensuring fitness safety, improving the fun of home fitness exercise, and meeting the needs of personalized fitness training.

Keywords: computer technology; optical measurement; individualization; fitness exercise; training

引言

随着人们健康意识的提高和健身潮流的兴起,个性化训练方案在运动科学与健身领域日益受到重视。每个人的身体状况、运动能力和健身目标的差异性,传统的健身教学大都采用“一刀切”的方式,难以满足个体化需求。而今,智能科技的迅猛发展,尤其是光学测量、数智科技的广泛应用,为健身训练的智能化、个性化提供了可能性。基于光学测量的计算机技术可以实时监测运动者的身体状态,还能够通过数据分析为每位运动者量身定制个性化训练方案。结合现代科技手段的运动实践中,通过无线传感器和光学测量,可以对运动情况进行持续跟踪与实时反馈。这种方法不仅可以提高训练的科学性,降低运动伤害风险,还能够增强运动者的安全性、积极性和乐趣性。

基于光学测量的计算机技术在健身领域的基础研究主要集中于如何利用光学原理和工具对人体运动、形态、生理指标等进行非接触式、高精度的实时监测与分析。现代人慢性病(如肥胖、糖尿病)高发,促使人们从“被动

治疗”转向“主动健康管理”,健身成为重要手段。大众逐渐意识到盲目训练可能无效甚至导致损伤,需要基于个体差异的精准方案。健康需求升级与技术革新的交叉融合——人们不再满足于“一刀切”的健身方式,而是追求数据驱动、实时交互、量身定制的智能方案,这一趋势将持续推动学术研究、产业创新和健康管理的变革。可穿戴设备与数据化健康理念已经融入现代人的日常生活,比如智能手环、健身 APP 等普及,人们会更关注自身生理数据(如心率、步数),助推智能化、个性化健身训练的需求。光学测量与计算机技术的结合正推动个性化健身从经验驱动向数据驱动转变,随着 AI 算法的优化和硬件的小型化,该技术有望在家庭健身、康复医学和竞技体育中发挥更大作用,实现真正意义上的“科学健身”。

1 基于光学测量的计算机技术理论基础研究

1.1 相关技术概念及应用现况

1.1.1 光学运动捕捉

多视角几何与三维重建: 基于多个红外或 RGB 摄像

头的光学系统，通过三角测量计算关节三维坐标，建立人体运动模型。

无标记运动分析：深度学习算法从 2D 视频中估计人体姿态，降低硬件依赖。动态时间规整 (DTW)：用于比较用户动作与标准动作的相似性，量化动作偏差。

1.1.2 生理参数光学测量

光电容积描记术 (PPG)：基于朗伯-比尔定律，通过皮肤反射光强变化监测心率、血氧。近红外光谱 (NIRS)：利用不同波长光的吸收特性，测量肌肉氧合状态。

1.1.3 体成分与形态分析

结构光三维扫描：通过相位偏移或激光三角测量重建人体表面，计算体脂分布、肌肉体积。多光谱成像：结合不同波长光的反射特性，估计皮下脂肪厚度。

1.2 计算机技术在健身训练中的应用综述

(1) 运动分析与纠正

实时姿态估计：基于卷积神经网络 (CNN) 的算法，检测关节角度，评估深蹲、硬拉等动作的规范性。

(2) 运动损伤预警：通过光学数据建立生物力学模型，预测关节负荷过载风险。

(3) 个性化训练计划生成：数据驱动建模：结合历史运动数据 (如动作幅度、速度) 和生理指标 (如心率恢复率)，利用强化学习 (RL) 优化训练方案。自适应反馈系统：基于光学测量的实时数据调整训练难度，如 VR 健身游戏动态调节阻力。

(4) 体态与健康评估

三维体态分析：通过 3D 扫描检测脊柱侧弯、骨盆倾斜，制定矫正训练。代谢监测：结合 PPG 和 NIRS 估算运动能耗，优化减脂/增肌计划。

1.3 技术壁垒与未来趋势

1.3.1 技术壁垒

(1) 环境依赖性：光照变化、遮挡影响光学测量精度。

(2) 计算复杂度：实时 3D 重建与深度学习模型需要高性能硬件。

(3) 数据隐私：用户生物特征数据的安全存储与使用。

1.3.2 未来趋势

边缘计算与轻量化模型：部署 TinyML 等算法，实现低延迟移动端分析。多模态传感器融合：结合 IMU、压力传感器提升鲁棒性，基于光学动捕的虚拟教练与社交健身场景。

2 光学测量关键技术的分析与讨论

2.1 光学测量技术的工作原理

有源光学测量技术包含很多内容，光学测量系统也是其中之一。与非主动光学测量技术相比，光学测量系统的稳定性更高，在特征匹配时也更容易获得特征。基于光学测量的计算机系统过程框架图见图 1。

如果光音讯在测量过程中对通道或设备产生了一定的影响，那么在获取最终图像时，这种影响也可以看作是调制过程中的一个步骤，获取信号数据，进而进行计算机三维信息解压分析。

2.2 两点正交法

两点正交法是光学测量中常用的解决平边交叉问题的重要方法，此方法可以保证测量精度，在健身软件光音讯采集和分析过程中最为常见，可以有效评价健身运动的质量。图 1 表示了两点正交法的使用原理。图 A1 和 A2 为测量点与运动点之间的观测角，x 和 y 为坐标系重点的横坐标和纵坐标数据，Z 为测量仰角。

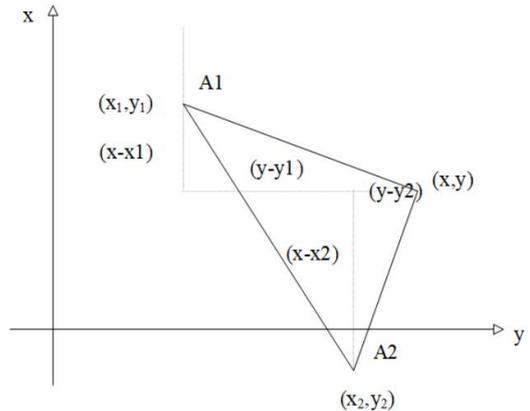


图 2 “两点正交法”确定平面交点的原理示意图



图 1 基于光学测量的计算机技术的系统过程框架图

两点正交法的计算公式 (1) 和 (2) 所示：

$$\begin{cases} x = x1 + [(x1 - x2)\tan A2 + y2 - y1] / \tan A1 - \tan A2 & (1) \\ y = y1 + [(x1 - x2)\tan A2 + y2 - y1] \tan A1 / \tan A1 - \tan A2 & (2) \end{cases}$$

空间两点的前向交点可以用公式 (3) 和 (4) 计算。

$$\begin{cases} (y - y1) = (x - x1)\tan A1; (y - y2) = (x - x2)\tan A2 & (3) \\ (z - z1) = (x - x1)^2 + (y - y1)^2 \tan^2 A1; (z - z2) = (x - x2)^2 + (y - y2)^2 \tan^2 A2 & (4) \end{cases}$$

2.3 光学测量计算原理

根据光学测量技术,数字图像相关法可以获得平面位移。首先,在待测样品表面涂抹斑点,根据相机变形前后的对比,获得包含平面位移信息的数字图像。对数字图像进行处理,得到平面全场的变化,最后计算出平面位移。变形的物理量为平面位移 d 以及 x 和 y 方向上的旋转角 α 和 β 。

结合转角 α 和 β 的数值可以得出原始尺寸与变形物体图像尺寸之间的关系。给定结构表面 x 和 y 方向上的应变和旋转角度,就可以通过变形应变计算出平面位移计算得出结果。

3 基于光学测量的计算机技术在智能健身和个性化训练设计中的应用

传统的智能健身计划过于死板,缺乏个性化和有效反馈,实际效果欠缺。基于光学测量的新型智能健身系统可以利用光学测量技术分析用户数据,还可以根据数据处理结果为用户创建个性化模型,方便用户观察自己的健身效果。如果要对用户健身数据进行分类,就需要使用姿势分类识别方法。姿势分类识别方法可以对系统获取的健身数据进行分类分析,还可以推断特征数据的结果。与用户评价模型类似,利用已知数据对用户进行建模。因此,智能健身系统需要在身体各部位设置传感器,根据传感器整理用户的运动姿势和外部姿势特征,并手动输入运动结果类型。

随着居家健身需求爆发式增长,传统私教模式在可及性与成本上的局限日益凸显,推动了智能健身系统的快速发展。其中,基于光学测量的计算机技术正成为实现高效、精准、个性化家庭健身的核心驱动力,深刻重塑着训练设计与反馈方式。为了更准确地预测用户运动结果,使用机器进行模型学习。即使用户的体形、体能、年龄等外部条件不同,智能健身系统也能针对不同用户做出相应的推断和判断。针对关键数据不足,无法支持系统做出更严谨的推测,而且系统的技术还不够成熟。在数据不足的情况下,技术无法投入使用,导致系统的整体进度滞后。同时还需要对仅有的数据进行分析 and 计算,这在很大程度上限制了智能健身系统生产过程中对用户的实际模拟,也影响实际效果。

3.1 光学测量的技术解析

光学测量技术:深度传感摄像头、RGB-D 传感器等多模态测量工具具备非接触、高精度、实时性强的优势,成为现代智能软件感知运动的核心手段。

动作捕捉与重建:通过捕捉身体关键点位移与空间位置,系统能实时构建用户动作的精确三维模型,为后续分析奠定数据基础。

运动轨迹量化:精确记录动作路径、速度、幅度等时空特征,超越主观感受,提供客观量化指标。

姿态特征提取:结合计算机视觉算法(如 OpenPose、MediaPipe),自动识别并提取身体各部位角度、关节对齐

度等关键姿态特征。

3.2 数智化健身训练方案的变革

光学测量可以获取海量、高维运动数据,为智能生成个性化健身训练计划和方案提供了可能:

(1) 精准姿势分类与评估:利用机器学习对光学数据进行实时分类识别,判断动作是否符合标准(如深蹲深度、俯卧撑姿态),或识别特定错误模式(如膝内扣、弓背)。这是纠正错误、预防损伤的关键。

(2) 个性化模型构建:结合用户注册信息(年龄、体能基础、目标)及持续的光学测量数据流,系统能构建动态更新的用户能力模型。此模型反映个体在力量、柔性、协调性、疲劳恢复等方面的独特性。

(3) 智能计划生成与动态调整:基于用户模型与目标(增肌、减脂、塑形),AI 算法可生成高度定制化的训练计划(动作选择、组数次数、强度、休息时间)。更重要的是,系统能根据实时光学反馈(如动作完成质量、疲劳表现)动态调整后续计划,确保训练始终处于“有效挑战区”,避免无效或过度训练。

(4) 客观效果追踪:通过持续的光学数据对比,用户可直观可视化自身在动作规范性、完成度、运动范围等方面的进步,形成强大激励闭环。

3.3 实时交互与沉浸式健身体验

光学测量结合计算机技术,极大提升了健身运动的互动性与指导性:

(1) 即时动作纠正反馈:系统可实时分析用户姿态,通过屏幕提示、语音指导或虚拟教练示范,在动作发生偏差时即刻提醒纠正,充当“永不疲倦的 AI 私教”。

(2) 增强现实(AR)集成:将标准动作路径、目标姿态或虚拟教练叠加到用户实时画面中,创造沉浸式训练环境,降低学习门槛,提升趣味性。

(3) 游戏化体验:利用动作识别技术将健身动作转化为游戏交互(如击打虚拟目标、跟随节奏光点),显著提升用户粘性与运动乐趣。

综上所述,结合光学测量技术,可以更全面地捕捉用户的运动轨迹和姿势,进一步提高数据的准确性和可靠性,有望实现个性化训练设计的精准化、安全化与普适化,为解决传统健身计划的僵化性、指导缺失和安全隐患提供了技术基石。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 基于光学测量的计算机技术正深刻变革智能健身领域,通过精准感知、智能分析、实时交互,将专业级的个性化训练指导与安全保障真正普及运用到人民大众。然而,其数据瓶颈、模型泛化能力、复杂动作理解以及深度个性化等问题依然显著。

(2) 构建个性化的健身模型需要海量且多样化的标

注数据（不同体型、环境、动作变体），数据稀缺且关键数据不足，限制了健身训练模型的准确性和泛化能力，尤其对特殊体型或复杂动作，必须首先解决小样本及更高效的数据采集和标注问题。

（3）光学测量易受光照变化、空间限制、遮挡物干扰，虽然借助多模态传感器融合深度，但如何深度有效融合光学数据和惯性传感信息，以更全面评估运动负荷、肌肉激活状态、疲劳程度，仍需突破。此外，“以人为本”的隐私保护和严格的数据规范不可或缺。

4.2 建议

（1）基于光学测量的计算机技术急需进一步开发更轻量的实时算法，以此适应现代复杂的家庭环境，建议利用生成式 AI 创造个性化虚拟指令并匹配有效训练内容。

（2）基于光学测量的计算机技术应当结合生物力学仿真模型预测动作风险与优化，以此构建更加安全、合规的大规模协作数据库和更强大的训练计划和方案模库。

[参考文献]

- [1] 韦争亮, 钟约先, 袁朝龙. 结构光三维测量系统中投影仪标定技术研究[J]. 光学技术, 2009(2): 256-264.
 - [2] 李仁举, 钟约先, 由志福, 等. 三维测量系统中摄像机定标技术[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2002(4): 484-483.
 - [3] 沈建华. 学校、家庭、社区一体化体育发展的目标、原则与网络[J]. 上海体育学院学报, 2001(4): 70-73.
 - [4] 于红霞. 网络环境下体育信息资源的开发[J]. 体育学刊, 2001(3): 126-128.
 - [5] 吴义, 徐春华, 沈达政, 等. 大学体育网络信息管理系统的研究[J]. 浙江体育科学, 2001(6): 36-38.
 - [6] 吴娱, 杨丽. 虚拟现实技术在老年群体健身领域的应用研究[J]. 数字艺术, 2020(10): 101-103.
- 作者简介: 佟冉(1985—), 女, 汉族, 江苏省连云港市, 本科硕士, 江苏财会职业学院, 研究方向: 计算机科学与技术。