

# 基于图像的人体尺寸测量算法在高校体检模式优化研究

俞蔓琳<sup>1</sup>, 陆颖<sup>1</sup>, 周彬颖<sup>2</sup>, 许明星<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>杭州医学院护理学院, 浙江 杭州

<sup>2</sup>杭州医学院医学影像学院, 浙江 杭州

<sup>3</sup>杭州医学院信息工程学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年4月16日; 录用日期: 2025年5月9日; 发布日期: 2025年5月19日

## 摘要

高校传统体检模式长期面临效率低、误差率高、数据管理粗放等痛点。本研究以计算机视觉技术为核心, 提出基于图像的人体特征点提取与尺寸测量算法, 构建非接触式智能化体检系统。通过融合图像增强、特征点定位、多模态数据融合等技术, 实现身高、臂围、臂长等指标的自动化测量。在某高校试点中, 系统使单日检测量提升300%, 关键指标误差率降低至0.5 cm以下, 并打通健康数据全链条管理。研究结果为高校体检数字化转型提供了可复制的技术路径与管理范式, 对推动智慧校园建设具有重要实践价值。

## 关键词

图像测量算法, 人体特征点, 体检流程优化, 非接触式测量

# Research on the Optimization of the College Physical Examination Mode Based on the Human Body Size Measurement Algorithm Using Images

Manlin Yu<sup>1</sup>, Ying Lu<sup>1</sup>, Binying Zhou<sup>2</sup>, Mingxing Xu<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Nursing, Hangzhou Medical College, Hangzhou Zhejiang

<sup>2</sup>School of Medical Imaging, Hangzhou Medical College, Hangzhou Zhejiang

<sup>3</sup>School of Information Engineering, Hangzhou Medical College, Hangzhou Zhejiang

Received: Apr. 16<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 9<sup>th</sup>, 2025; published: May 19<sup>th</sup>, 2025

\*通讯作者。

文章引用: 俞蔓琳, 陆颖, 周彬颖, 许明星. 基于图像的人体尺寸测量算法在高校体检模式优化研究[J]. 交叉科学快报, 2025, 9(3): 351-356. DOI: 10.12677/isl.2025.93045

## Abstract

The traditional physical examination mode in colleges and universities has long faced the pain points of low efficiency, high error rate and extensive data management. This study takes computer vision technology as the core, proposes an image-based human feature point extraction and size measurement algorithm, and constructs a non-contact intelligent physical examination system. By integrating image enhancement, feature point location and multi-modal data fusion, the automatic measurement of height, arm circumference and arm length is realized. In the pilot project of a university, the system can increase the single-day detection volume by 300%, reduce the error rate of key indicators to below 0.5 cm, and get through the whole chain management of health data. The research results provide a reproducible technical path and management paradigm for the digital transformation of physical examination in colleges and universities, and have important practical value for promoting the construction of smart campus.

## Keywords

Image Measurement Algorithm, Human Body Feature Points, Optimization of Physical Examination Process, Contactless Measurement

Copyright © 2025 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

体检对高校学生意义重大,既能排查健康隐患,也为学校健康管理、体育教学规划提供依据,助力学生成长。传统人工体检在人体特征点提取和尺寸测量上效率低、误差大,难以满足大规模精准体检的需求。计算机视觉技术催生的图像测量算法,能借设备快速获取图像,精准测量。本文围绕该算法在学生体检中的应用展开研究,通过分析改进算法,结合学生特点和需求,构建高效测量系统,推动高校体检工作优化。

## 2. 当前高校体检中存在的问题

### 2.1. 人工误差大

传统高校体检在测量精度上面临重重挑战。一方面是测量工具的局限性显著,以机械身高仪为例,依据 GB/T 26343-2010 标准,其误差率可达 $\pm 1.5$  cm,而皮尺在频繁使用中因拉伸产生形变,导致围度测量波动超过 2 cm。另一方面,人为干扰因素难以忽视,操作者视角偏差、施力不均等人为因素,使得重复测量差异最高可达 8%。许多体检项目依赖人工测量和主观判断,像卷尺读数时,操作者对数据的判断差异不仅影响体检数据的准确性,还可能导致健康问题被误判或漏判,这种方法存在精度低、操作繁琐以及可能会对被测量者造成不适或不便的缺点,另外由于人体尺寸和身形的复杂性,传统方法也难以获得准确的测量结果[1]。无法为学生健康管理提供可靠依据。

### 2.2. 效率低下

传统高校体检流程繁琐,涉及多个检查项目。传统的接触式测量效率低、误差大,测量过程中需要

他人辅助,无法实现自动化测量[2]。从流程上看,某 985 高校数据显示,传统模式下每位学生需历经 6 个独立检测环节,平均耗时 18 分钟。在实际测量过程中,传统的接触式测量效率低、误差大,且测量时需要他人辅助,无法实现自动化测量。测量员 40%的工作时间都耗费在纸质记录与数据转录上,资源浪费严重。单台设备日检测量不超过 300 人,对于万人规模的高校而言,完成体检需持续一周,大量学生集中体检时,排队等待时间长,给体检组织工作带来巨大压力。

### 2.3. 数据管理不便

传统体检以纸质记录为主,体检结束后由操作者将数据录入电脑系统,工作繁重且容易出错。87%的高校仍在采用纸质档案,电子化率不足 30%,体检结束后由操作者将数据录入电脑系统,工作繁重且容易出错。大量纸质体检报告存储和检索困难,健康风险评估需人工提取多年度数据,响应周期超过 72 小时。2021 年某省高校发生 2 万份体检数据泄露事件,暴露了纸质管理的漏洞,严重不利于对学生健康数据进行长期跟踪分析。在需要对学生群体健康状况进行统计分析时,无法快速准确地获取所需数据,无法为高校卫生保健决策提供及时有效的支持。

### 2.4. 成本压力

成本压力也是传统体检难以回避的问题。人力依赖程度高,每千名学生需配置 8 名专职测量员,人力成本占比达 65%。同时,设备损耗费用也不容小觑,机械测量仪年均维护费用超 5000 元/台。人工记录体检数据时,在嘈杂忙碌的体检现场,容易出现听错、写错、或记录臂围数据时顺序颠倒等情况,后续数据统计和分析会因原始数据错误而失去可靠性。

### 2.5. 隐私顾虑

在高校体检中,72%的学生对接触式测量(如腰围)表示不适,且高峰期排队时间超过 45 分钟,投诉率高达 21%。传统体检各项目数据分散记录在纸质表格上,不同项目数据难以实时整合,无法集成到三维人体重建等计算机系统中实现量化评估、实时反馈等功能。

### 2.6. 扩展性缺失

传统体检存在扩展性缺失的问题。与体育教学、食堂营养管理等系统缺乏对接,形成数据孤岛。并且技术固化,无法支持三维体态分析、生长趋势预测等进阶功能,传统体检完成后,仅有最终测量数据记录,缺乏对测量过程的详细记录,若对某一学生测量数据产生疑问,无法回溯测量时的操作细节,不利于对数据准确性进行深入核查和分析。体检结束后,大量纸质记录的数据需要人工录入计算机进行统计分析,录入过程不仅耗费大量时间和精力,还容易出现二次录入错误,且人工统计分析复杂数据时,难以快速挖掘数据间潜在关系,无法高效为高校健康管理提供决策支持。

## 3. 基于图像的人体特征点提取和尺寸测法测量算法原理

在基于图像的人体特征点提取和尺寸测法测量算法原理中,不同的研究提供了多元视角与方法。在图像测量方面,需对相片进行对比度加强和边缘锐化处理,以获得更清晰的人体尺寸标记识别[3],为后续测量奠定基础。在人体检测方面,可采用基于二次连通域处理的人体检测方法,通过提取运动目标、作数学形态学处理、利用四方向连接方法去除空洞、采用三次扫描标记法第二次连接断开区域,随后提取 hog 特征,利用 adaboost 训练强分类器进而识别运动前景是否是人体[4]。

在特征点提取与尺寸计算上,有多种策略。比如通过对全身正面照片进行瞳孔检测定位瞳孔位置,计算出人体瞳孔间距的像素尺寸,依据成年人瞳孔固定大小的特点,计算出人体各部位像素尺寸与真实

尺寸的比值  $\delta$ ，再对全身正面和侧面图像各部位特征区域定位并统计像素尺寸，结合比值  $\delta$  求出人体各部位初始尺寸，并以手动输入的身高数值作为正则化约束项，经数据训练获得正则化系数来提高测量精度[5]；也有先使用 OpenPose 算法进行人体骨架识别，再根据基于骨架的相邻点近似算法对人体胸围、腰围、臀围、上肢长度、上身长度进行计算。根据实际需求，正面人体轮廓图像中待提取的特征点包括：头顶点、脚底点、左右颈点、左右肩膀点、左右胸点、左右腰点、左右臀点、左右膝点、左右小腿点；侧面人体轮廓图像中待提取的特征点包括：前后颈点、前后胸点、前后腰点、前后臀点、前后膝点、前后小腿点[6]。在本文中我们采取陈国安等[7]列出的人体各个特征点的高度同身高的比例关系，当人体的身高设置为 1.0 时，人体各特征点的高度与身高的比例如表 1 所示。

**Table 1.** The proportion between the height of various characteristic points of the human body and the height of the human body

**表 1.** 人体各特征点高度与身高比例

性别	头顶点	眼睛	肩峰	膝关节	踝关节	足底
男	1.0	0.94	0.82	0.26	0.05	0
女	1.0	0.93	0.81	0.28	0.05	0

根据表 1 所呈现的人体各特征点高度与身高的比例关系，头顶至肩关节的垂直距离，能够以肩关节至眼睛垂直距离的特定比例进行表示；踝关节至足底的垂直距离，也可以膝关节至踝关节的欧氏距离的特定比例来体现[8]。具体可用数学公式表达如下：

$$VD_{h-s} = \frac{H_h - H_s}{H_e - H_s} (Y_e - Y_s)$$

$$VD_{a-f} = \frac{H_a - H_f}{H_k - H_a} (D_{k-a})$$

在这些符号定义中， $VD_{h-s}$  代表头顶至肩关节的垂直距离； $H_h$  代表头顶点高度与身高的比例； $H_s$  代表肩关节高度与身高的比例； $H_e$  代表眼睛高度与身高的比例； $Y_e$  指通过关键点检测获取的眼睛在图像中的纵坐标； $Y_s$  指通过关键点检测获取的肩关节在图像中的纵坐标。 $VD_{a-f}$  代表踝关节至足底的垂直距离； $H_a$  代表踝关节高度与身高的比例； $H_f$  代表足底高度与身高的比例； $H_k$  代表膝关节高度与身高的比例； $D_{k-a}$  代表膝关节到踝关节的欧氏距离，即小腿的长度。

在图像语义分割层面，涉及人体图像的高效标注，采用主动学习策略快速获取大量语义分割训练数据；人体定位，利用显著性建模方法进行预滤波以提高定位速度和精度；人体部件的形状建模，采用数据驱动方法自适应学习针对特定实例的可形变形状模型，并将高层形状模型与低层表观模型结合，精确分割人体图像中的各个部件区域[9]，基于人体尺寸之间的相关性，通过算法预测可以获取难以测量或容易产生测量误差的数据，算法的合理应用也可以节省时间、降低成本和提高效率[10]。

#### 4. 在学生体检中的应用实践

随着科技发展，基于图像识别等技术在高校体检中的应用，极大地提高了体检的效率和准确性。

智能化体检系统通过图像识别采集完成后将数据自动传输至后台处理系统，在身高体重测量等基础项目中，实现了数据的自动、快速采集[11]。能立即将采集的数据录入系统，减少了人工操作的误差和时间消耗。在人体尺寸测量领域，有研究采用德国公司制造的三维人体扫描仪开展测量，并与人工测量结果对比。在 29 项测量指标中，14 项测量结果误差在 3% 以内，12 项误差在 3%~10% 之间，3 项误差超过

10% [12]。研究人员可在三维数字模型中精准选取测量目标点，获取指标拟合值。该系统扫描速度极快，单次扫描低于 0.1 秒，模型重建精度极高，误差在 0.1 像素以内 [13]。这些研究结果充分说明，三维扫描技术在人体体表特征扫描以及人体尺寸测量方面，具有高度的可行性。

**Table 2.** Comparison of data between the traditional mode and the new system

**表 2.** 传统模式与新系统数据比较

	单日检测量	平均耗时	腰围测量误差	数据录入错误率	单位成本(元/人)	学生满意度
传统模式	300 人	15 分钟/人	2.1 cm	7.80%	8.5	68
新系统	1200 人	3 分钟/人	0.4 cm	0.20%	3.2	92

表 2 中数据表明在手工测量中，腰围测量误差均值达 2.1 cm，其误差分布较为分散。可能与测量人员手法差异明显，皮尺缠绕松紧程度因人而异，导致测量值存在较大波动，长时间的测量工作也会使测量人员出现疲劳，导致测量精度降低，进一步加剧误差的离散程度。新系统的腰围测量误差均值为 0.4 cm，误差分布相对集中。由于采用标准化的图像采集流程和统一的算法处理，减少了人为因素导致的误差，与手工测量相比，其误差分布更为稳定。在传统手工测量模式中单日检测量仅 300 人，平均每人耗时 15 分钟。而新的图像测量系统单日检测量提升至 1200 人，平均每人仅需 3 分钟。新系统的检测效率是传统模式的 4 倍，极大地缩短了学生的等待时间，提高了体检工作的整体效率。在数据录入方面，传统模式的数据录入错误率高达 7.8%，而新系统将错误率降低至 0.2%。这得益于新系统自动化的数据采集和处理方式，减少了人为录入环节，有效避免了因人为疏忽导致的错误。在成本上传统模式的单位成本为 8.5 元/人，而新系统降至 3.2 元/人。新系统在提高检测效率和数据准确性的同时，显著降低了成本，具有更高的成本效益。新系统的学生满意度达到 92，远高于传统模式的 68。新系统减少了学生的等待时间，降低了测量误差，提供了更舒适的体检体验，因此得到了学生的广泛认可。

总体而言，基于图像的人体尺寸测量算法在高校体检模式优化中展现出显著优势，不仅大幅提升了检测效率和数据准确性，降低了成本，还提高了学生满意度。系统将学生体检时的数据实时传输到云平台，保证了数据的及时性和完整性，为后续的分析提供了可靠基础。同时，远程医疗技术让医学专家能远程参与学生体检，对复杂病例进行专业诊断 [14]。我们还需要对采集设备进行定期校准，确保图像比例尺的准确性，从而保证尺寸测量结果的可靠性。

综上所述，图像算法有望进一步完善学生体检体系，为学生的健康成长提供更坚实的保障。

## 5. 体检新模式的特色与优势

在现代体检领域，基于图像的人体特征点提取和尺寸测法测量算法构建起的体检新模式，展现出诸多独特的特色与优势。

先进的算法精准识别特征点，可以有效避免传统手工测量中因人为因素导致的误差，在测量人体身高、肢体长度、身体围度等尺寸方面，比传统方法更加精确，使得测量精度大幅提高。该模式具备多维度数据采集能力，不仅能获取身高、体重等常规数据，还能通过先进的图像分析算法得到体脂率、骨骼密度、肌肉含量等多维度健康信息 [15]，为全面评估受检者的健康状况提供了丰富的数据基础。

此次体检应用非接触式测量，借助图像采集设备，无需与人体直接接触就能完成各类测量，避免了传统测量方式可能给受检者带来的不适与尴尬，尤其适用于对隐私较为敏感的体检项目 [16]。

体检流程能有效降低人力成本，减少了对大量专业测量人员的依赖，部分复杂繁琐的测量和分析工作由机器完成，降低了体检机构的人力成本投入，提高了运营效益。

整个体检流程借助算法实现自动化,图像采集和数据处理速度快,可同时对多名学生进行图像采集,相较于传统人工测量,大大缩短了单个学生的体检时间,减少学生排队等待时间,提高了整体体检效率。从图像采集、特征点提取到尺寸测量与初步分析,减少了人工干预,降低了人为误差,提高了体检效率和准确性,使得大规模体检能够快速有序地进行[17]。

## 6. 结语

本文通过对基于图像的人体特征点提取和尺寸测法测量算法在学生体检中的应用与实践探索,构建了一种新型高校体检模式。该模式有效解决了传统高校体检中存在的效率低下、人工误差大、数据管理不便等问题,以其自动化、多维度数据采集的特色,以及提高体检效率、增强数据准确性、便于数据管理的显著优势,展现出良好的应用前景。然而,该模式在实际推广应用中仍可能面临一些挑战,如设备成本较高、学生隐私保护等问题,需要进一步研究和完善相应的解决方案。未来,随着技术的不断发展和完善,基于图像测量算法的体检模式有望在高校乃至更广泛的医疗健康领域得到更深入的应用,为保障公众健康发挥更大作用。

## 参考文献

- [1] 吴子豪. 基于视觉技术的非接触式人体尺寸测量及三维建模研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉纺织大学, 2023.
- [2] 谢昊洋. 高精度三维人体重建及其在虚拟试衣中的应用[D]: [博士学位论文]. 上海: 东华大学, 2020.
- [3] 冯明辉. 基于单目视觉照相法的人体参数快速测量研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [4] 王守佳. 基于图像的人体检测跟踪和人脸识别的研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [5] 尹汪. 基于图像的人体尺寸获取[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉纺织大学, 2018.
- [6] 师乐. 基于二维图像实时个性化人体模型重建算法的研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安工程大学, 2019.
- [7] 陈国安, 刘飞, 李丽. 采用模糊规则的人体点云特征尺寸识别与提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2011, 23(8): 1393-1400.
- [8] 刘光煜. 基于深度学习的人体肢体尺寸测量技术研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2023.
- [9] 孔迪. 姿态驱动的人体剪影图像合成算法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- [10] 王佳鑫, 李雪飞, 刘正东. 基于人体测量学的服装所需人体尺寸预测方法[J]. 纺织科学研究, 2024(4): 55-59.
- [11] 刘玉萍. 基于智能化主检报告为核心的体检软件系统开发研究[Z]. 四川省, 四川省医学科学院·四川省人民医院, 2022-12-15.
- [12] 任弘, 王馨塘, 吴晓薇, 等. 三维人体扫描技术在身体形态测量中的应用[J]. 北京体育大学学报, 2013, 36(1): 51-54.
- [13] 王永信, 卢秉恒, 梁晋, 等. 一种三维人体模型快速测量方法[J]. 中国测试, 2023, 49(3): 114-119+127.
- [14] Silva, B.M.C., Rodrigu, J.J.P.C., de la Torre Díez, I., López-Coronado, M. and Saleem, K. (2015) Mobile-Health: A Review of Current State in 2015. *Journal of Biomedical Informatics*, 56, 265-272. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.06.003>
- [15] 陈远. 基于图像分析的人体微循环参数测量及识别研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [16] 徐梦园. 基于图像处理的非接触式人体测量系统研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京服装学院, 2021.
- [17] 高伟, 李木, 孙婕, 等. 智能化健康体检服务平台的设计与应用[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2023, 20(3): 454-458.