

PHƯƠNG PHÁP QUÉT 3D SỬ DỤNG KINECT V1 ĐỂ XÁC ĐỊNH KÍCH CỠ BÀN CHÂN

THE 3D SCANNING METHOD USING KINECT V1 FOR ESTIMATING DIMENSIONS OF FOOT

ThS. Đỗ Thị Thu Thủy
Bộ môn Cơ khí, Trường Đại học Hải Phòng

TÓM TẮT

Trong ngành công nghiệp giày dép, các giải pháp liên quan đến thiết kế sản phẩm được đưa ra để giải quyết các bệnh lý bàn chân hoặc các thay đổi hình thái mà không được quản lý theo thiết bị tiêu chuẩn. Mục đích của nghiên cứu này là đề xuất và đánh giá một phương pháp mới nhằm quét bàn chân dựa trên thiết bị Kinect v1, cho phép quét 3D bàn chân khi chịu trọng lượng cơ thể. Độ chính xác được đánh giá thông qua so sánh kết quả quét bằng Kinect v1 với kết quả của phương pháp đo truyền thống.

Từ khóa: Máy quét 3D; Kinect v1; Kích cỡ bàn chân; Công nghiệp giày dép.

ABSTRACT

In the footwear industry, footwear solutions are often required to address foot pathologies or morphological alterations which cannot be managed with standard devices. The aim of this study was to propose and validate a novel 3D foot scanner based on the Kinect v1 devices, allowing a 3D scan of the plantar shape of the foot to be acquired in weight-bearing. The accuracy was evaluated by comparing the Kinect v1 foot scans with those received with a traditional method used as reference.

Keywords: 3D scanner; Kinect v1; Foot dimensions; Footwear industry.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong ngành công nghiệp giày dép, việc xác định đặc tính hình học của bàn chân là rất quan trọng trong thiết kế sản phẩm để phù hợp với các đối tượng khác nhau, như người lao động khỏe mạnh [1], các vận động viên [2], các bệnh nhân có vấn đề liên quan đến chân như bệnh nhân tiểu đường [3]. Tuy nhiên, phương pháp đo chân truyền thống khó có thể tự động cung cấp hình ảnh bàn chân chịu trọng lượng

và kết quả nhận được cũng ít tin cậy hơn so với phương pháp đo không tiếp xúc bằng máy quét 3D [4].

Máy quét 3D ánh sáng cấu trúc nói riêng và máy quét 3D quang học nói chung là thiết bị lý tưởng để có được hình ảnh bàn chân 3D với độ phân giải cao. Một nhược điểm đáng kể của thiết bị quét 3D quang học có độ chính xác cao là giá thành của thiết bị thường rất đắt. Kinect v1 sử dụng kỹ thuật ánh sáng cấu trúc



để xác định độ sâu của đối tượng được chụp ra đời năm 2010 với giá thành khoảng 150 USD là một nguồn động lực to lớn cho rất nhiều nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực thị giác máy tính nói chung và tái tạo bề mặt số 3D nói riêng. Rất nhiều nghiên cứu liên quan đến thiết bị Kinect trong các ứng dụng khác nhau đã được công bố [5], [6]. Cụ thể hơn, sử dụng Kinect v1 trong việc nhận biết và giám sát lỗi trong lĩnh vực xây dựng [7] đã được giới thiệu.

Chính vì vậy, việc nghiên cứu phương pháp quét 3D sử dụng Kinect v1 để xác định kích cỡ bàn chân sao cho hiệu quả cao về kinh tế và từng bước làm chủ được công nghệ để ứng dụng quá trình này vào lĩnh vực công nghiệp giày dép là rất cần thiết và có ý nghĩa to lớn về mặt học thuật cũng như thực tiễn tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Với thiết kế ban đầu, Kinect v1 sử dụng kỹ thuật ánh sáng cấu trúc để thu thập dữ liệu độ sâu, được phát triển để nhận dạng chuyển động của con người trong các trò chơi nhập vai. Với độ phân giải và tốc độ quét tốt, việc ứng dụng Kinect v1 cho quá trình quét 3D xác định kích cỡ bàn chân cần được thực hiện như dưới đây.

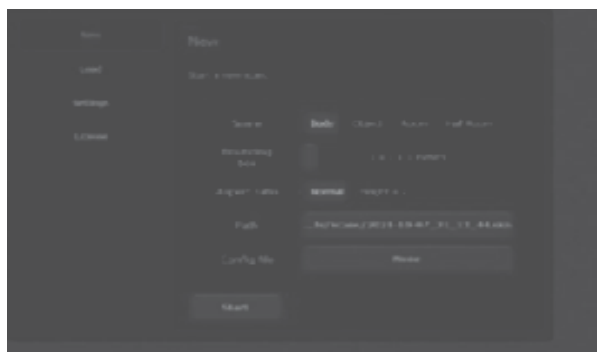
2.1. Thu thập dữ liệu

Thiết bị Kinect v1 bao gồm hai máy ảnh, máy ảnh hồng ngoại (IR) và máy ảnh màu. Trong thiết bị này còn có nguồn laser dùng để phát ánh sáng hồng ngoại. Nguồn laser này phát ra một chùm ánh sáng hồng ngoại đã được mã hóa và sau đó chiếu lên vật thể. Vật thể bị chiếu bởi ánh sáng hồng ngoại sẽ được máy ảnh hồng ngoại chụp và so sánh với mẫu tham chiếu để thu được độ sâu tại vị trí cần xác định. Thông số kỹ thuật của thiết bị được minh họa trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của Kinect [6]

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Độ phân giải máy ảnh màu	640x480	Pixels
Độ phân giải máy ảnh IR	320x240	Pixels
Tỷ lệ khung hình	Đến 30	Hz
Thị trường máy ảnh IR	57x43	Độ
Thị trường máy ảnh màu	60x50	Độ
Phạm vi làm việc	0,4-4	m

Để thu thập dữ liệu, phần mềm Skanect kết hợp với thiết bị Kinect v1 thành một máy quét 3D có thể hoạt động ở tốc độ lên đến 30 khung hình/giây. Với phần mềm này, người dùng có thể xuất các tệp 3D thông dụng có đuôi .obj, .ply, hay .stl; đồng thời mô hình 3D của vật thể cũng được tự động chỉnh sửa một cách chính xác hay đơn giản hóa các thành phần hình học phức tạp.



Hình 1. Thiết lập phần mềm



Hình 2. Thực hiện quét vật thể



Hình 3. Tạo đám mây điểm

Quy trình quét được đề xuất gồm 7 bước như sau:

Bước 1: Khởi động phần mềm Skanect để tạo mô hình 3D và thiết lập các thông số trước khi quét, minh họa trong hình 1.

Bước 2: Quét bằng phần mềm Skanect, kết quả thu được gồm hình bàn chân và không gian xung quanh vật thể, minh họa trong hình 2.

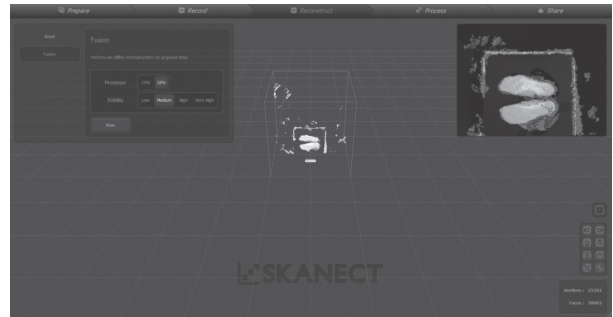
Bước 3: Tạo đám mây điểm của bàn chân, minh họa trong hình 3.

Bước 4: Sau khi thu được đám mây điểm trên phần mềm Skanect, tiến hành thiết lập mô hình 3D, minh họa trong hình 4.

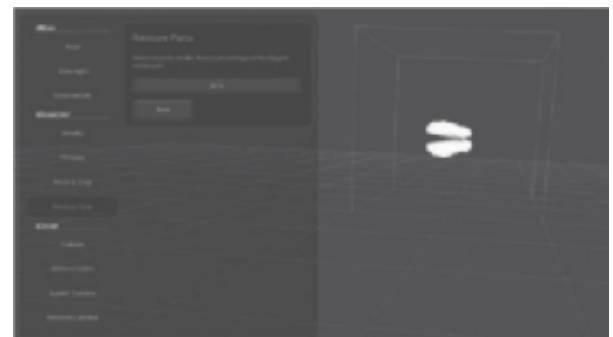
Bước 5: Loại bỏ các điểm ảnh ngoại lai trong mô hình 3D bằng lệnh Remove Parts trong Process, minh họa trong hình 5.

Bước 6: Tiến hành lấp đầy các khoảng trống trong mô hình 3D bằng Fill Holes trong Process, minh họa trong hình 6.

Bước 7: Lưu mô hình 3D hoàn thiện, tiến hành xuất file để sử dụng cho các bước tiếp theo, minh họa trong hình 7.



Hình 4. Tạo mô hình 3D



Hình 5. Loại bỏ điểm ngoại lai



Hình 6. Hoàn chỉnh mô hình 3D



Hình 7. Lưu mô hình 3D



2.2. Xử lý dữ liệu

Skanect không có tính năng đo kích thước, nên dữ liệu 3D được xuất dưới dạng file có đuôi .PLY. Vì vậy, phần mềm Geomagic Design X được sử dụng như là một giải pháp mới áp dụng cho một quy trình đo kích thước bàn chân trên dữ liệu 3D. Đặc biệt, giao diện và quy trình thiết kế của phần mềm Geomagic Design X khá quen thuộc và gần với các phần mềm CAD/CAM. Quy trình xử lý dữ liệu được thực hiện theo bốn 4 bước dưới đây.

Bước 1: Khởi động phần mềm Geomagic Design X, minh họa trong hình 8.

Bước 2: Chọn Import để mở file cần đo, minh họa trong hình 9.

Bước 3: Chọn lệnh Measure Distance, sau đó nhập 2 điểm ở mũi và gót bàn chân để xác định khoảng cách, minh họa trong hình 10.

Bước 4: Đọc thông số hiển thị.



Hình 8. Phần mềm Geomagic Design X



Hình 9. Mở file dữ liệu



Hình 10. Đo kích thước

3. THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH KÍCH CỠ BÀN CHÂN

Mục đích của việc thực nghiệm là nhằm khảo sát khả năng của phương pháp quét 3D sử dụng Kinect v1 so với phương pháp đo truyền thống. Kết quả của việc thực nghiệm cũng sẽ được đánh giá trên yếu tố ảnh hưởng của khối lượng đến quá trình quét.

3.1. Mô tả thí nghiệm



Hình 11. Hệ thống hỗ trợ quét

Quá trình nghiên cứu thực nghiệm xác định kích cỡ bàn chân sử dụng thiết bị Kinect v1, phần mềm Skanect và Geomagic Design X được cài đặt trên máy tính cá nhân có cấu hình cụ thể như sau: bộ vi xử lý Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1505M v5 @ 2.80GHz 2.81 GHz; bộ nhớ đệm 32GB; card hình Quadro M1000M. Hệ thống hỗ trợ gồm có khung gỗ được bịt kín xung quanh tránh phản xạ ánh sáng trong quá trình quét, có cánh cửa và giá đỡ kích thước 430x430x700 mm, thiết bị Kinect v1 được lắp dưới đáy, khoảng cách giữa thiết bị và mặt kính cường lực đặt bàn chân là 0,55 m như hình 11.

Nghiên cứu đã triển khai thực nghiệm trên 20 cán bộ và sinh viên Trường Đại học Hải Phòng khỏe mạnh có độ tuổi từ 21 đến 61, đồng

thời không có tiền sử về các bệnh hay phẫu thuật liên quan đến bàn chân và chi dưới.

Sau khi hoàn thành quá trình cài đặt hệ thống thiết bị, tác giả đã tiến hành thu thập và xử lý dữ liệu theo phương pháp đã đề xuất trong mục 2.

3.2. Kết quả thực nghiệm

Quá trình thực nghiệm được tiến hành trong 01 tuần. Sau khi tiến hành quét và xử lý số liệu từ mô hình 3D thu được của 20 đối tượng đã giới thiệu ở trên, ta thu được bảng số liệu sau:

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm

STT	Truyền thống (cm)	3D (cm)	STT	Truyền thống (cm)	3D (cm)
1	25,4	26	11	24,3	25,3
2	22,1	23,5	12	24,9	26,4
3	22,0	24,2	13	25,3	27,9
4	25,8	26,7	14	24,0	25,6
5	27,4	29,2	15	25,0	26,7
6	25,3	25,5	16	25,0	25,6
7	23,7	25,6	17	26,3	28,1
8	24,6	26,6	18	26,1	27
9	23,1	25,1	19	24,6	25,2
10	23,6	26,3	20	24,6	24,9

3.3. Nhận xét

Sau khi quét thử nghiệm để kiểm tra sai số giữa hai phương pháp đo, từ kết quả bảng cho thấy chênh lệch số liệu nằm trong khoảng 0,3 cm – 2,2 cm. Chỉ số trung bình cộng RMSE trong mô hình 3D của toàn bộ bề mặt khoảng 3 mm, phù hợp với sai số giữa chân trái và chân phải.

Các kết quả khi quét bàn chân bằng Kinect v1 phù hợp với bàn chân thực tế và có thể làm một công cụ hữu ích để đánh giá trọng lượng cơ thể, ngoài việc xác định kích cỡ bàn chân. Từ góc độ kinh tế, tổng chi phí của máy quét 3D hiện tại là 200-300 USD, đây là mức giá tối thiểu của một máy quét 3D thương mại. Điều này cho phép các phòng khám hay các nhóm nghiên cứu có nguồn lực tài chính hạn chế có thể quét chân để hỗ trợ chẩn đoán các bệnh lý bàn chân.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã chỉ ra độ chính xác của thiết bị Kinect v1 trong thí nghiệm có thể so sánh với thiết bị đo truyền thống. Do đó, thiết bị này có thể được sử dụng hợp lý để có được bề mặt bàn chân 3D phù hợp với ứng dụng thực tế và cơ sinh học khác nhau.

Chi phí thấp cho máy quét chân có thể thay thế cho máy quét đắt tiền, phù hợp với hỗ trợ thiết kế và chỉnh hình. Mô hình 3D nhận được có thể được phân tích bằng các ứng dụng phần mềm cụ thể như đã nêu ở trên. Mô hình 3D của bàn chân quét bởi Kinect v1 và các số liệu phân tích liên quan có thể sử dụng cho bác sĩ chuyên khoa hoặc bác sĩ lâm sàng để phân loại, chẩn đoán kiểu bàn chân và thay đổi hình thái của bàn chân.

Trong nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ tập trung nghiên cứu quét 3D toàn bộ hình dạng

của bàn chân để cung cấp dữ liệu hoàn thiện cho quá trình sản xuất giày dép cũng như các ứng dụng trong lĩnh vực y tế. ❖

Ngày nhận bài: **06/6/2022**

Ngày phản biện: **17/6/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. S. Shabat, T. Gefen, M. Nyska, Y. Folman, and R. Gepstein; “*The effect of insoles on the incidence and severity of low back pain among workers whose job involves long-distance walking*”. Eur. Spine J., vol. 14, no. 6, pp. 546–550, 2005.
- [2]. A. Mündermann, B. M. Nigg, R. Neil Humble, and D. J. Stefanyshyn; “*Foot orthotics affect lower extremity kinematics and kinetics during running*”. Clin. Biomech., vol. 18, no. 3, pp. 254–262 2003.
- [3]. J. S. Paton, E. A. Stenhouse, G. Bruce, D. Zahra, and R. B. Jones; “*A comparison of customised and prefabricated insoles to reduce risk factors for neuropathic diabetic foot ulceration: a participant-blinded randomised controlled trial*”. J. Foot Ankle Res., vol. 5, p. 31, 2012.
- [4]. M. Carroll, M.-E. Annabell, and K. Rome; “*Reliability of capturing foot parameters using digital scanning and the neutral suspension casting technique*”. J. Foot Ankle Res., vol. 4, no. 1, p. 9, 2011.
- [5]. E. Lachat, H. Macher, T. Landes, and P. Grussenmeyer; “*Assessment of the accuracy of 3D models obtained with DSLR camera and Kinect v2*”. Videometrics, Range Imaging, Appl. XIII, vol. 9528, p. 95280G, 2015.
- [6]. K. Khoshelham and S. O. Elberink; “*Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications*”. Sensors, vol. 12, no. 2, pp. 1437–1454, Feb. 2012.
- [7]. X. Qi, D. Lichti, M. El-Badry, J. Chow, and K. Ang; “*Vertical dynamic deflection measurement in concrete beams with the Microsoft Kinect*”. Sensors (Switzerland), vol. 14, no. 2, pp. 3293–3307, 2014.