

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



BÁO CÁO HÀNG TUẦN
HỌC PHẦN: THỰC TẬP CƠ SỞ

ĐỀ TÀI:
NGHIÊN CỨU ƯỚC LƯỢNG KHOẢNG CÁCH
BẰNG CAMERA 2D

Giảng viên hướng dẫn: TS. Kim Ngọc Bách

Sinh viên thực hiện:

B22DCCN634

Trần Hữu Phúc

12/04-19/04/2025

A. BÁO CÁO TIỀN ĐỘ

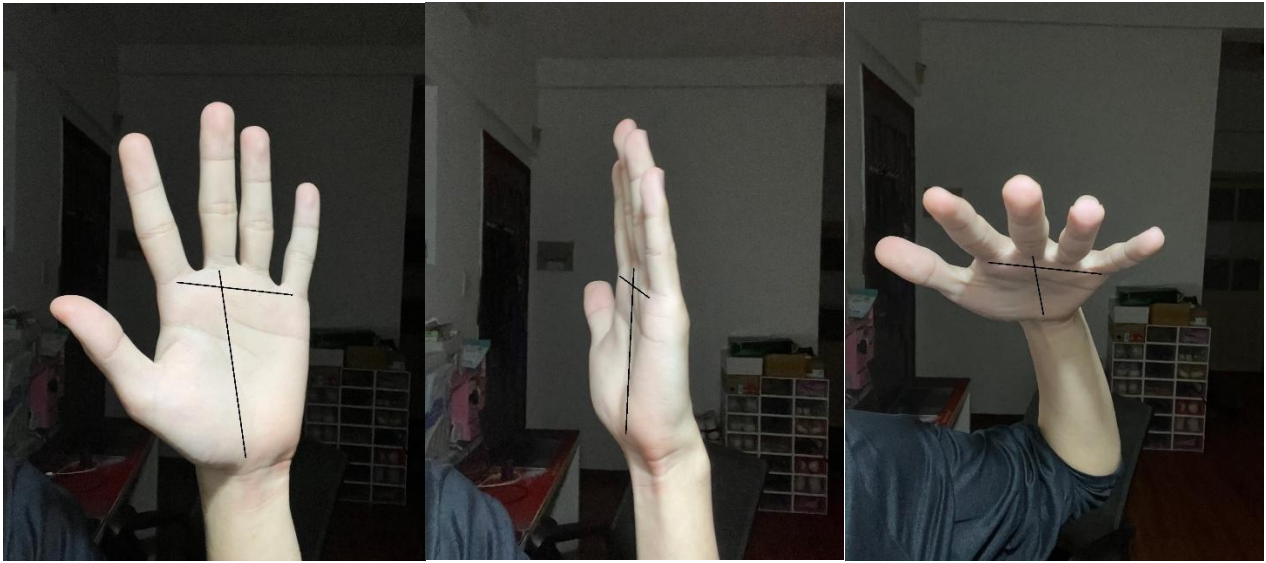
1.1. Ứng dụng mô hình bình phương của hồi quy phi tuyến tính vào ước lượng khoảng cách từ bàn tay đến camera 2D

1.1.1. Ứng dụng mô hình bình phương vào ước lượng khoảng cách

Trong nghiên cứu này, em đã tiến hành phân tích sự thay đổi của khoảng cách giữa các điểm mốc trên bàn tay khi vị trí của bàn tay thay đổi so với camera. Mục tiêu của việc phân tích là tìm ra một mô hình phù hợp để ước lượng khoảng cách thực tế giữa bàn tay và camera dựa trên thông tin thu được từ hình ảnh 2D. Sau quá trình phân tích và thử nghiệm, em quyết định sử dụng mô hình bình phương của hồi quy phi tuyến, với các lý do chính như sau:

Em lựa chọn cặp điểm mốc số 5 và 17 dựa trên tính chất ổn định của khoảng cách giữa chúng trong các chuyển động phức tạp của bàn tay, chẳng hạn như động tác nắm hoặc xòe bàn tay. Tuy nhiên, khi bàn tay thực hiện các động tác xoay cổ tay, em nhận thấy khoảng cách giữa hai điểm này có sự thay đổi đáng kể, gây ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo.

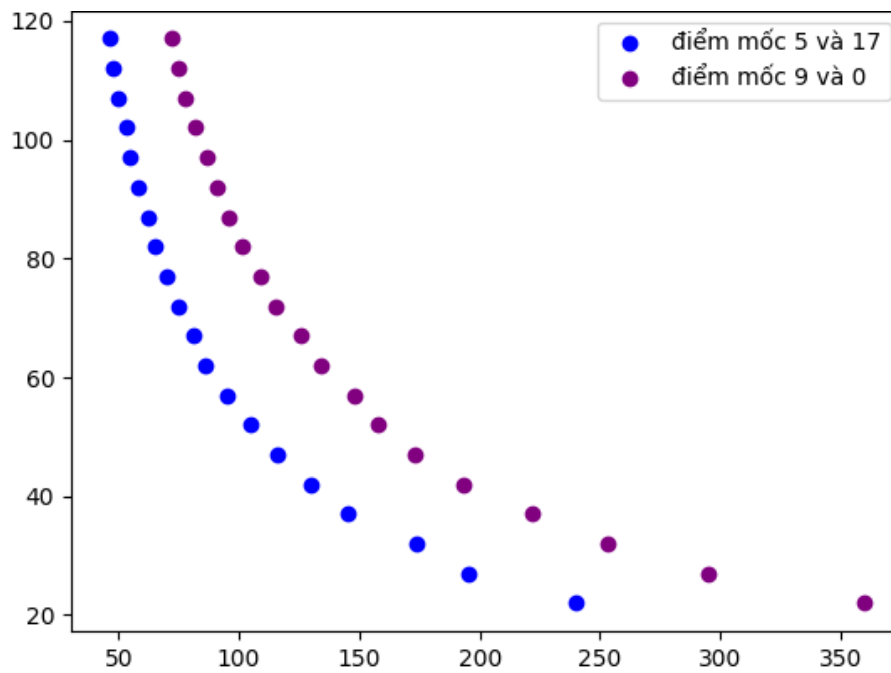
Để khắc phục vấn đề này, em đã bổ sung thêm cặp điểm mốc số 9 và 0, với mục tiêu sử dụng cặp điểm 5 và 17 làm trục ngang, và cặp điểm 9 và 0 làm trục dọc của bàn tay. Sau khi phân tích dữ liệu, khoảng cách giữa các cặp điểm này chứng minh được tính ổn định cao ngay cả khi bàn tay thực hiện nhiều chuyển động linh hoạt. Nhờ đó, chúng trở thành các chỉ báo cố định và đáng tin cậy để ước tính khoảng cách từ bàn tay đến camera.



Một phát hiện quan trọng là hiệu ứng phối cảnh có tác động lớn đến việc đo đặc khoảng cách trong hình ảnh 2D. Khi bàn tay di chuyển gần camera, khoảng cách giữa các điểm mốc trên bàn tay (được tính theo tọa độ 2D) có xu hướng tăng lên. Ngược lại, khi bàn tay di chuyển xa camera, khoảng cách này giảm đi. Đây là đặc điểm chính giúp em xác định được mối quan hệ phi tuyến giữa khoảng cách từ bàn tay đến camera và khoảng cách giữa các điểm mốc.

Qua phân tích thực nghiệm, em nhận thấy rằng mối quan hệ giữa khoảng cách từ tay đến camera và khoảng cách giữa các điểm mốc trên bàn tay có dạng tương tự một phần của đồ thị hàm số bậc hai (nửa trái của hình parabol với hệ số $a > 0$). Đặc điểm này xuất hiện rõ ràng khi bàn tay ở các vị trí gần hoặc xa camera, giúp em dễ dàng xây dựng một mô hình dự đoán chính xác dựa trên dạng quan hệ này.

Dựa trên các lý do nêu trên, việc áp dụng mô hình hồi quy bậc hai là một lựa chọn hợp lý và khoa học để ước lượng khoảng cách thực tế từ bàn tay đến camera.



1.1.2. Mô hình ước lượng được đề xuất

Trong nghiên cứu này, em đã xác định sử dụng mô hình hồi quy phi tuyến tính bậc hai làm cơ sở để ước lượng khoảng cách từ bàn tay đến màn hình camera. Đây là một lựa chọn được cân nhắc kỹ lưỡng sau khi phân tích thực nghiệm về sự thay đổi của khoảng cách giữa các điểm mốc trên bàn tay khi bàn tay di chuyển trong không gian 3D so với vị trí của camera. Cụ thể, mô hình được đề xuất có dạng phương trình bậc hai như sau:

$$y = ax^2 + bx + c + \epsilon$$

Trong đó:

y : khoảng cách thực tế từ bàn tay đến camera cần được ước lượng.

x : là khoảng các pixel giữa các cặp điểm mốc 5 – 17 và 9 – 0.

a, b, c : là hệ số của hàm bậc hai

ϵ : là sai số ngẫu nhiên

Khoảng cách pixel giữa các cặp điểm mốc 5 – 17 và 9 – 0 được tính toán dựa trên công thức Euclid:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Trong đó:

x_1, x_2 : là tọa độ của điểm mốc thứ nhất

y_1, y_2 : là tọa độ của điểm mốc thứ hai

Phương pháp này cho phép tính toán khoảng cách pixel giữa các điểm mốc trên hình ảnh 2D, tạo tiền đề cho việc áp dụng mô hình phi tuyến tính bậc hai để ước lượng khoảng cách thực tế.

Để xác định các hệ số a, b, c em sử dụng hàm polyfit của thư viện Python numpy. Hàm này áp dụng phương pháp bình phương tối thiểu (least squares) để tối ưu hóa các hệ số sao cho tổng bình phương sai số giữa các giá trị thực tế và giá trị dự đoán là nhỏ nhất. Cụ thể, quá trình thực hiện bao gồm các bước sau:

Bước 1: Thu thập dữ liệu thực nghiệm, bao gồm cặp giá trị:

- Khoảng cách thực tế từ bàn tay đến camera (y) được đo bằng thước dây.
- Khoảng cách pixel giữa các điểm mốc trên hình ảnh 2D (x) được tính toán từ tọa độ các điểm mốc nhận dạng được qua ảnh.

Bước 2: Áp dụng hàm polyfit để xác định các hệ số a, b, c đảm bảo rằng mô hình phù hợp tốt nhất với dữ liệu thực nghiệm.

Bước 3: Kiểm tra tính chính xác của mô hình bằng cách so sánh giá trị dự đoán với giá trị thực tế trên một tập dữ liệu kiểm tra riêng biệt, nhằm đảm bảo khả năng tổng quát hóa của mô hình.

Trong quá trình ước lượng khoảng cách, em tính toán khoảng cách pixel giữa các cặp điểm mốc tại mỗi khung hình và áp dụng vào mô hình bậc hai để ước lượng khoảng cách thực tế. Kết quả cuối cùng được xác định bằng cách lấy giá trị nhỏ nhất trong hai dự đoán từ hai cặp điểm:

$$D_{final} = \min(D_{5-17}, D_{9-0})$$

Cách tiếp cận này giúp giảm thiểu sai số do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh như nhiễu trong quá trình nhận dạng điểm mốc hoặc sự thay đổi góc xoay của bàn tay.

Việc sử dụng mô hình hồi quy bậc hai không chỉ mang lại khả năng ước lượng chính xác mà còn đảm bảo tính hiệu quả trong triển khai thực tế. Với dạng quan hệ phi tuyến tương tự một phần của đồ thị parabol, mô hình đã tận dụng được đặc điểm phối cảnh tự nhiên của hình ảnh 2D khi bàn tay di chuyển xa hoặc gần camera. Sự đơn giản trong cấu trúc toán học nhưng hiệu quả trong dự đoán của mô hình này làm cho nó trở thành một công cụ đáng tin cậy trong các ứng dụng yêu cầu ước lượng khoảng cách từ hình ảnh 2D.