Bài viết;<https://en.wikipedia.org/wiki/3D_reconstruction_from_multiple_images>

link youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=hUVyDabn1Mg>

mp tiêu điểm: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cardinal_point_(optics)#Focal_planes>

**Có hai cách cơ bản để tìm sự tương ứng giữa hai hình ảnh**.

Dựa trên tương quan - kiểm tra xem một vị trí trong một hình ảnh có giống / có vẻ giống một vị trí khác trong một hình ảnh khác hay không.

Dựa trên đối tượng địa lý - tìm các đối tượng địa lý trong hình ảnh và xem bố cục của một tập hợp con các đối tượng địa lý có giống nhau trong hai ảnh hay không. Để tránh [vấn đề về khẩu độ](https://en.wikipedia.org/wiki/Aperture_problem) , một tính năng tốt phải có sự thay đổi cục bộ theo hai hướng.

**Nhiệm vụ chuyển đổi nhiều hình ảnh 2D thành mô hình 3D bao gồm một loạt các bước xử lý:**

[Hiệu chuẩn máy ảnh](https://en.wikipedia.org/wiki/Camera_resectioning) bao gồm các thông số bên trong và bên ngoài, nếu không có các thông số này ở một mức độ nào đó, không một thuật toán nào có thể hoạt động được. Đường chấm giữa Hiệu chuẩn và Xác định độ sâu thể hiện rằng hiệu chuẩn máy ảnh thường được yêu cầu để xác định độ sâu.

**Xác định độ sâu** đóng vai trò là phần thách thức nhất trong toàn bộ quá trình, vì nó tính toán thành phần 3D bị thiếu trong bất kỳ độ sâu hình ảnh nhất định nào. Vấn [đề tương ứng](https://en.wikipedia.org/wiki/Correspondence_problem) , tìm kiếm sự phù hợp giữa hai hình ảnh để vị trí của các phần tử phù hợp sau đó có thể được tam giác hóa trong không gian 3D là vấn đề mấu chốt ở đây.

Khi bạn đã có nhiều [bản đồ độ sâu](https://en.wikipedia.org/wiki/Depth_map) , bạn phải kết hợp chúng để tạo ra một lưới cuối cùng bằng cách tính toán độ sâu và chiếu ra khỏi máy ảnh - [**đăng ký**](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_registration) . Hiệu chuẩn máy ảnh sẽ được sử dụng để xác định nơi có thể kết hợp nhiều mắt lưới được tạo bởi bản đồ độ sâu để phát triển một mắt lưới lớn hơn, cung cấp nhiều hơn một góc nhìn để quan sát.

Đến giai đoạn **Ứng dụng Vật liệu** , bạn có một lưới 3D hoàn chỉnh, đây có thể là mục tiêu cuối cùng, nhưng thông thường bạn sẽ muốn áp dụng màu từ các bức ảnh gốc vào lưới. Điều này có thể bao gồm từ việc chiếu các hình ảnh lên lưới một cách ngẫu nhiên, thông qua các phương pháp kết hợp các kết cấu để có độ phân giải siêu cao và cuối cùng là phân đoạn lưới theo vật liệu, chẳng hạn như các đặc tính đặc trưng và khuếch tán.

github: <https://github.com/HarendraKumarSingh/stereo-images-to-3D-model-generation>

stackoverflow: <https://stackoverflow.com/questions/7705377/3d-reconstruction-how-to-create-3d-model-from-2d-image>

other code:

<https://github.com/youngseok-seo/stereo-vision>

<https://github.com/ArtyZiff35/3D_Reconstruction_From_Stereo_Images>

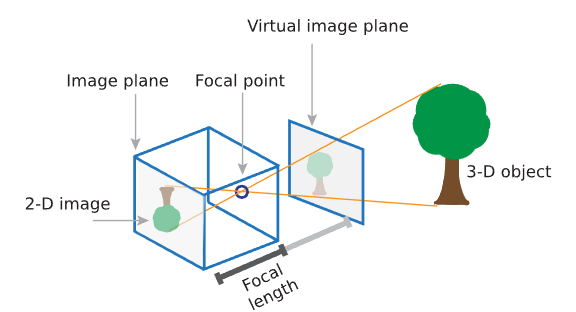
<https://stackoverflow.com/questions/31671390/reconstructing-3d-image-from-2d-image-algorithm>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231221011711>

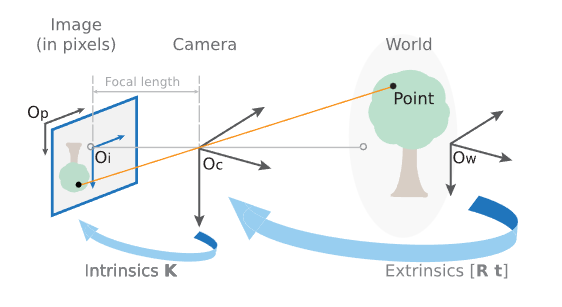
<https://github.com/ranahanocka/point2mesh>

**Pinhole Camera Model**

A pinhole camera is a simple camera without a lens and with a single small aperture. Light rays pass through the aperture and project an inverted image on the opposite side of the camera. Think of the virtual image plane as being in front of the camera and containing the upright image of the scene.



The pinhole camera parameters are represented in a 3-by-4 matrix called the camera matrix. This matrix maps the 3-D world scene into the image plane. The calibration algorithm calculates the camera matrix using the extrinsic and intrinsic parameters. The extrinsic parameters represent the location of the camera in the 3-D scene. The intrinsic parameters represent the optical center and focal length of the camera.



https://www.mathworks.com/help/vision/ug/camera-calibration.html

mapping:

<https://www.youtube.com/watch?v=5E5mVVsrwZw>

độ sâu ảnh<https://github.com/andrewrgarcia/3Dmapping-algorithm/blob/master/3dmapped.py>

cấu trúc của thuật toán:

<https://docs.opencv.org/3.4/d9/d07/classcv_1_1stereo_1_1StereoMatcher.html>

<https://docs.opencv.org/3.4/d2/d6e/classcv_1_1StereoMatcher.html>

struct pdf: <https://www.researchgate.net/publication/342678244_Experiment_of_Stereo_Matching_Algorithm_Based_on_Binocular_Vision>

learn stereo open cv: <https://learnopencv.com/depth-perception-using-stereo-camera-python-c/>

deth map: <https://vn.video.search.yahoo.com/search/video;_ylt=AwrPo5ZrWXZjsasP4yRrUwx.;_ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=using+module+stereo+cam+with+python&fr2=piv-web&type=E210VN105G0&fr=mcafee#id=48&vid=6489d6b5ae71266c076f352a56a390b4&action=view>

calibration cam: <https://vn.video.search.yahoo.com/video/play;_ylt=AwrKC_lyWXZjuzw5PgWWUwx.;_ylu=c2VjA3NyBHNsawN2aWQEZ3BvcwMxMQ--?p=using+module+stereo+cam+with+python&vid=a58d589b97b25d9a3e7276c11412d8d9&turl=https%3A%2F%2Ftse3.mm.bing.net%2Fth%3Fid%3DOVP.sURfsU7uBfFbgTNO9JPcPQHgFo%26pid%3DApi%26h%3D360%26w%3D480%26c%3D7%26rs%3D1&rurl=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D3h7wgR5fYik&tit=Camera+Calibration+in+%3Cb%3EPython%3C%2Fb%3E+%3Cb%3Ewith%3C%2Fb%3E+OpenCV+-+%3Cb%3EPython%3C%2Fb%3E+Script+%3Cb%3Ewith%3C%2Fb%3E+Images&c=10&sigr=prKosCB6oNb9&sigt=CRKxRUD5qaqx&sigi=QzlUkE1.nihj&fr=p%3As%2Cv%3Av&h=360&w=480&l=1729&age=1616925601&fr=mcafee&type=E210VN105G0&tt=b>

calibration stereo cam: <https://vn.video.search.yahoo.com/video/play;_ylt=AwrKC_lyWXZjuzw5MAWWUwx.;_ylu=c2VjA3NyBHNsawN2aWQEZ3BvcwMy?p=using+module+stereo+cam+with+python&vid=0edd2f7074883a37963cd32afca6a80b&turl=https%3A%2F%2Ftse3.mm.bing.net%2Fth%3Fid%3DOVP.7NSKgllGfMCKdiuOOskAKwHgFo%26pid%3DApi%26h%3D360%26w%3D480%26c%3D7%26rs%3D1&rurl=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DyKypaVl6qQo&tit=%3Cb%3EStereo%3C%2Fb%3E+Vision+Camera+Calibration+in+%3Cb%3EPython%3C%2Fb%3E+%3Cb%3Ewith%3C%2Fb%3E+OpenCV+-+%3Cb%3EPython%3C%2Fb%3E+Script+%3Cb%3Ewith%3C%2Fb%3E+Images&c=1&sigr=vMaZKHtTWpUA&sigt=pMm9J.FOoa8y&sigi=NcLHJ5v9RZ.m&fr=p%3As%2Cv%3Av&h=360&w=480&l=1631&age=1624624803&fr=mcafee&type=E210VN105G0&tt=b>

stereo vision: <https://vn.video.search.yahoo.com/search/video;_ylt=AwrPo5ZrWXZjsasP4yRrUwx.;_ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=using+module+stereo+cam+with+python&fr2=piv-web&type=E210VN105G0&fr=mcafee#id=43&vid=a6c88dca9f5a15aa2767b21f7d44e471&action=view>

thư viện open3D trong python-> hệ thống mô hình hóa 3D bằng các cloud point

Depth map

Chart

Description automatically generated

**Hiệu chỉnh máy ảnh calibration**

Hiệu chỉnh máy ảnh là quá trình tính toán các thông số của máy ảnh, thông thường các tham số sẽ được tính như sau:

1. Các thông số bên trong của máy ảnh/ ống kính như tiêu cự, quang tâm, hệ số méo xuyên tâm của thấu kính.
2. Thông số bên ngoài: hướng xoay của máy ảnh đôi với hệ tọa độ của thế giới.

Để hiểu quy trình hiệu trình chúng ta cần hiểu [cấu trúc hình học của sự hình thành ảnh](https://learnopencv.com/geometry-of-image-formation/).

Chart, radar chart, line chart

Description automatically generated

Hình ảnh trên có 2 hệ tọa độ và một điểm P theo không gian 3 chiều

1. **Hệ tọa độ thế giới (world coordinate system)**

Hệ tọa độ thế giới có 3 chiều được ký hiệu là Xw,Yw,Zw và gốc tọa độ là O(0,0,0). Ví dụ nếu tưởng tượng gốc tọa độ của hệ tọa độ thế giới được gắn vào góc căn phòng bạn đang ngồi thì bất kì một điểm 3D nào trong căn phòng của bạn cũng có thế xác định được qua khoảng cách tới gốc tọa độ này theo 3 trục

1. **Liên hệ tọa độ máy ảnh (camera coodinate system) và hệ tọa độ toàn cầu**

Nếu đặt camera trong căn phòng bên trên sau đó chụp ảnh, nếu ta đặt hệ tọa độ 3D của camera gắn với gôc của hệ tọa độ thế giới và các trục X,Y,Z trung nhau thì ta được hệ tọa độ của camera trùng khớp với hệ tọa tọa độ thế giới. Tuy nhiên điều này là vô lý và không khả thi vì ta có thể chụp ảnh ở bất kì đâu trong phòng. Vì vậy chúng ta cần tìm mối tương quan giữ hệ tọa độ toàn cầu và hệ tọa độ camera. Và mối tương quan này được biểu thi bằng một phép xoay ma trận R với 3 tham số yaw,pitch và roll và một phép dịch 3 phần tử “t”.

**Phương trình liên hệ như sau:**

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hoặc có thể biểu diễn như sau:

Text

Description automatically generatedDiagram

Description automatically generated

Và là để biểu diễn cho hệ tọa độ đồng nhất.

1. **Liên hệ giữa Hệ tọa độ hình ảnh và hệ tọa độ camera**

Sau khi đã hiểu 2 hệ tọa độ trên ta sẽ tìm hiểu về hệ toạn độ hình ảnh

Chart

Description automatically generated

Thông thường ảnh được chụp sẽ ngược chiều với vật tuy nhiên hệ tọa độ có thể xoay 180 độ nên mô phỏng ảnh cùng chiều như trên sẽ dễ cho việc tính toán hơn.Mặt phẳng ảnh được đặt ở tiêu cự và giả sử quang tâm trùng với các tâm của ống kính. Nếu sử dụng công thức tam giác đồng dạng ta có được ct sau:

A picture containing diagram

Description automatically generated

Với x,y là toạ độ của điểm ảnh tên mp ảnh 2D và Xc,Yc,Zc là tọa độ điểm trên mp 3D. Từ 2 phưởng trình trên ta có ct dưới dạng ma trận như sau:

A picture containing text, clock

Description automatically generated

Ma trận K bên dưới được gọi là ma trận nội tại của máy ảnh

A picture containing text, clock

Description automatically generated

Tuy nhiên tiêu cự của máy ảnh vẫn có độ sai số nhỏ nên ta sẽ có 2 tiêu cự là fx và fy

Và quang tâm có thể không trùng với tâm của hệ tọa độ ảnh nên sẽ có tọa độ (cx,cy). Ngoài ra có thể có độ lệch nhỏ giữa các trục x và y của cảm biến máy ảnh. Vì thế ma trận K sẽ trở thành.

A picture containing text, clock

Description automatically generated

Tuy nhiên khi làm việc với ảnh gốc tọa độ của ảnh sẽ ko nằm ở tâm của hình ảnh mà sẽ nằm ở góc trái trên cùng của ảnh nên ta sẽ có cthuc như sau:

A picture containing text, clock

Description automatically generated A picture containing calendar

Description automatically generated

Trong đó u,v là khoảng cách của điểm ảnh đến góc trên bên trái của ảnh.

Vây từ công thức tính hệ tọa độ **camera theo hệ tọa độ thế giới** và cthuc tính **hệ tọa độ hình ảnh theo hệ hệ tọa độ camera** thì ta có ct liên hệ giữa hệ tọa độ ảnh và hệ tọa độ thế giới

A picture containing text, clock

Description automatically generated A picture containing text

Description automatically generated

Z’

Z’

Với P tính bằng cthuc sau:

Text

Description automatically generated with low confidence

**Mục tiêu của hiệu chỉnh máy ảnh ->** tìm đc ma trận K, ma trận xoay R, vector tịnh tiến t với dữ liệu cho trước là 1 tập hợp các điểm 3D(Xw,Yw,Zw) và tọa độ ảnh tương ứng của chúng (u,v).

Tóm lại như sau:

Input: Tập hợp các điểm ảnh trên hệ 2D và hệ toàn cầu 3D.

Output: ma trận K, R, t.

Trong opencv ma trận nội tại của máy ảnh không có tham số nghiêng. Vậy ma trận có dạng.

**A picture containing text, clock

Description automatically generated**

[**Hiệu chỉnh máy ảnh**](https://learnopencv.com/camera-calibration-using-opencv/)

[**Bài báo liên quan đến cách tính calibration trong thư viện open cv**](tài%20liệu.docx)