



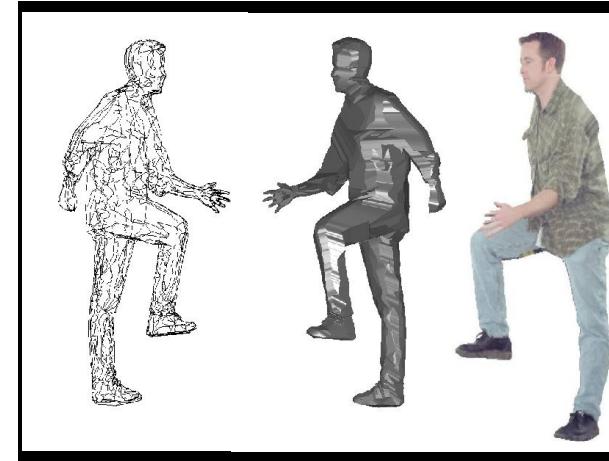
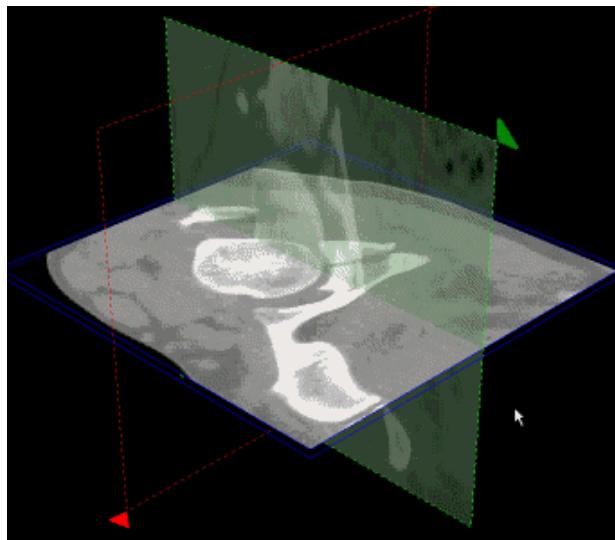
# Tái tạo ảnh 3D

**NHẬP MÔN THỊ GIÁC MÁY TÍNH**

Trình bày: TS Trần Thái Sơn; Email: ttson@fit.hcmus.edu.vn

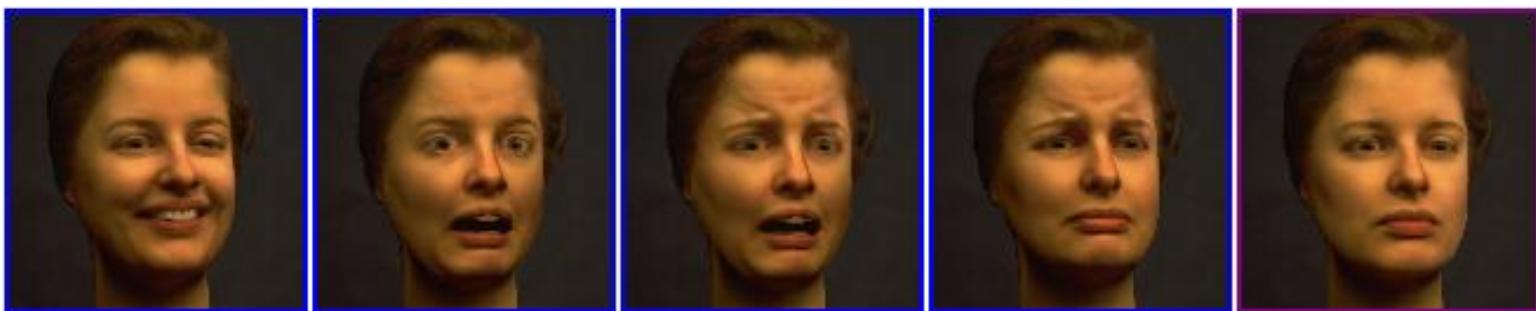
# Giới thiệu

- Biểu diễn số hóa toàn bộ vật thể trên không gian 3 chiều.
  - Được phát triển từ những năm 70 của thế kỷ 20.
  - Ảnh y khoa 3D [Greenleaf 70].



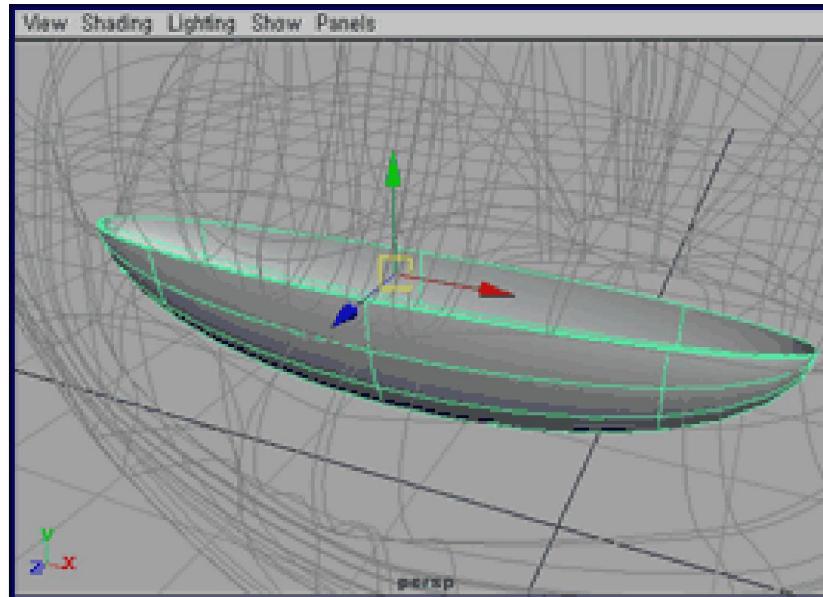
# Giới thiệu

- Các ứng dụng:
  - Tương tác thực tạo ảo (Augmented reality).
  - Tương tác người máy (Human computer interaction).
  - Làm phim hoạt hình, game.
  - Nhận dạng.
  - Dự đoán cảm xúc, tuổi tác.



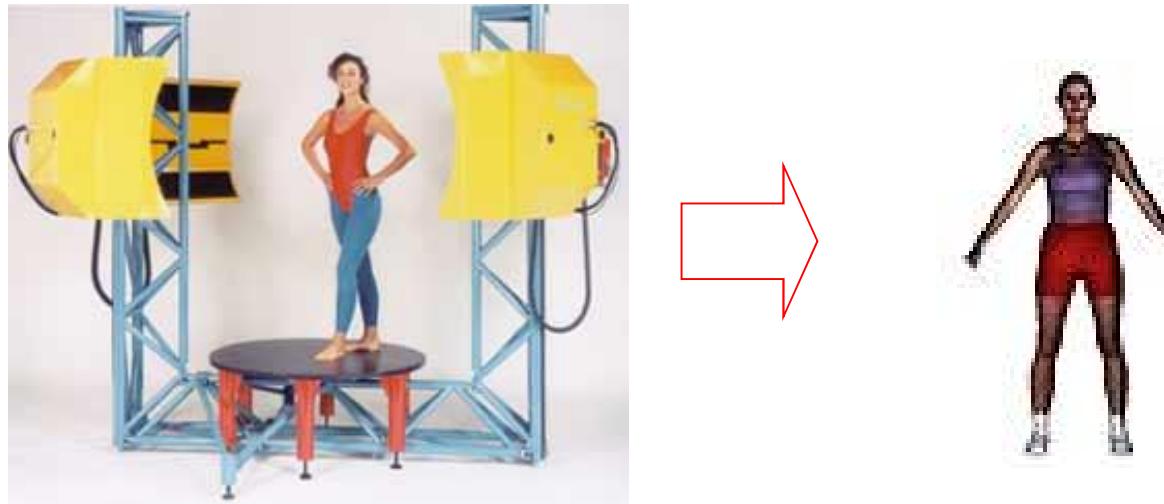
# Các phương pháp

- Thực hiện bằng tay:
  - Các công cụ vẽ 3D: 3DMax, MAYA ...
  - Hạn chế: tốn quá nhiều thời gian, thiếu hấp dẫn.



# Các phương pháp

- Quét bằng tia laser:
  - Ưu điểm: chất lượng ảnh 3D cao và chính xác.
  - Nhược điểm: tốn nhiều chi phí và hệ thống phức tạp.



# Các phương pháp

- Từ hình ảnh 2D của máy ảnh.
  - Ưu điểm: giá cả rẻ, có tính ứng dụng cao.

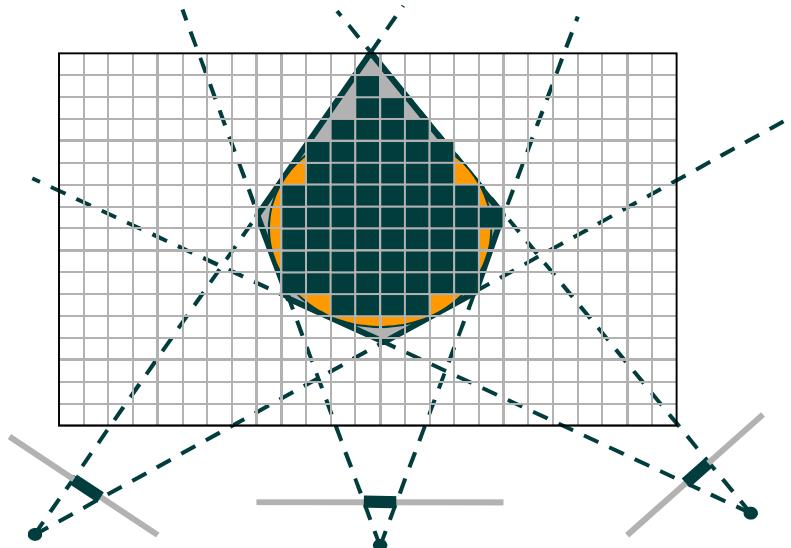


# Tái tạo ảnh 3D từ ảnh 2D

- Các phương pháp:
  - Xây dựng mô hình đối tượng từ phép rọi bóng.
  - Xây dựng mô hình đối tượng từ giá trị màu(hay cường độ)
    - Voxel coloring.
    - Stereo vision.
  - Một số phương pháp stereo gần đây.

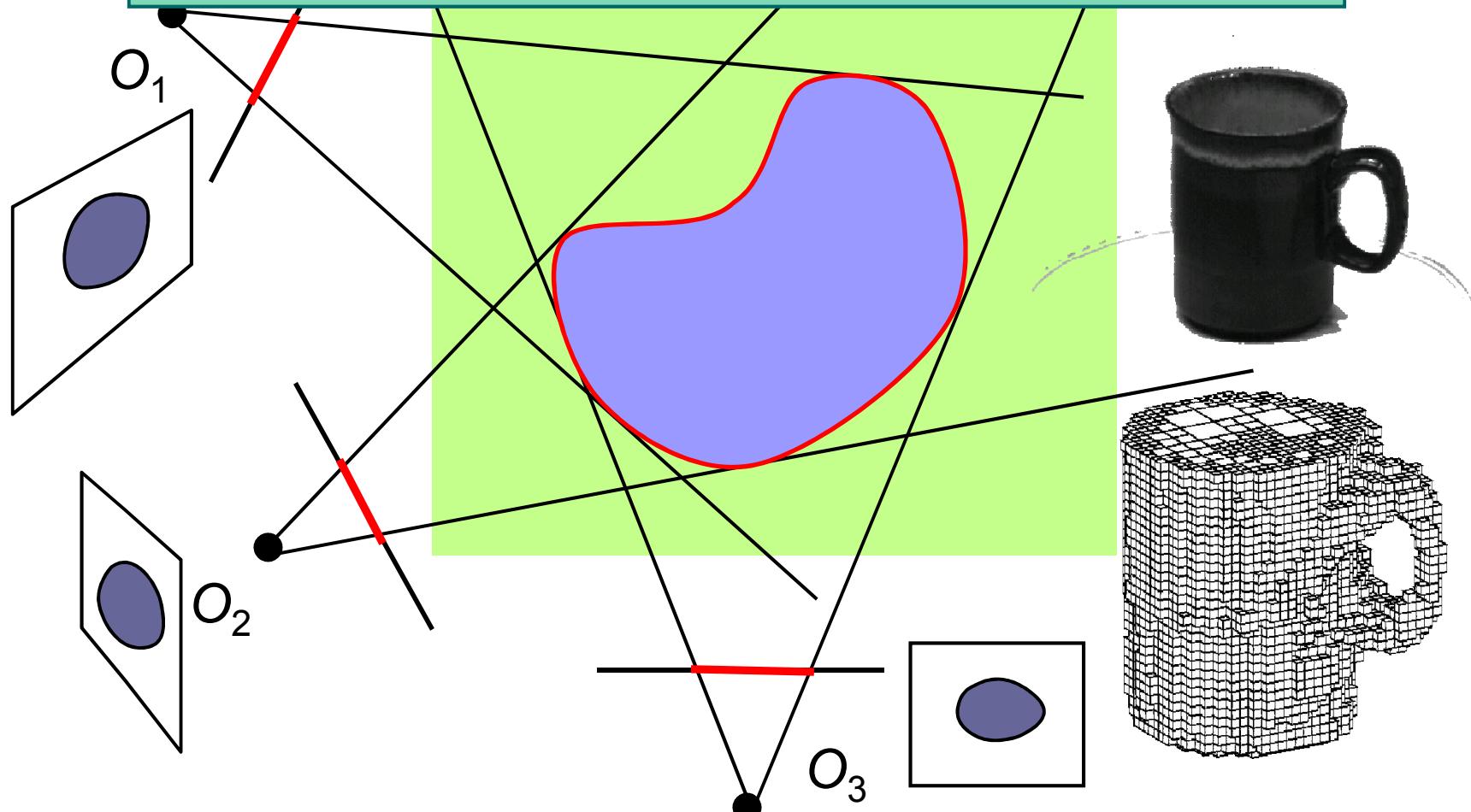
# Xây dựng mô hình đối tượng từ phép rọi bóng

- **Keyword: Shape from Silhouette(SFS)**
- Phương pháp được phát triển đầu tiên.
- Có tính hiệu quả cao.
- Cách thực hiện như việc điêu khắc.



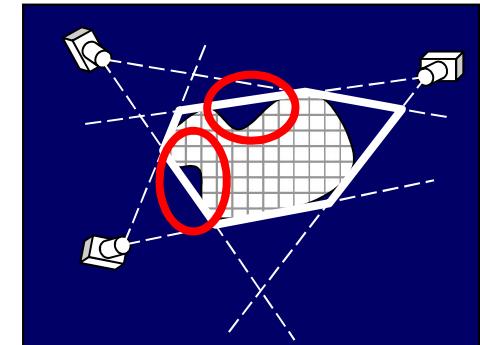
# Xây dựng mô hình đối tượng từ phép roi bóng

- Obtain 3D volumetric data from intersecting back-projected volume



# Xây dựng mô hình đối tượng từ phép rọi bóng

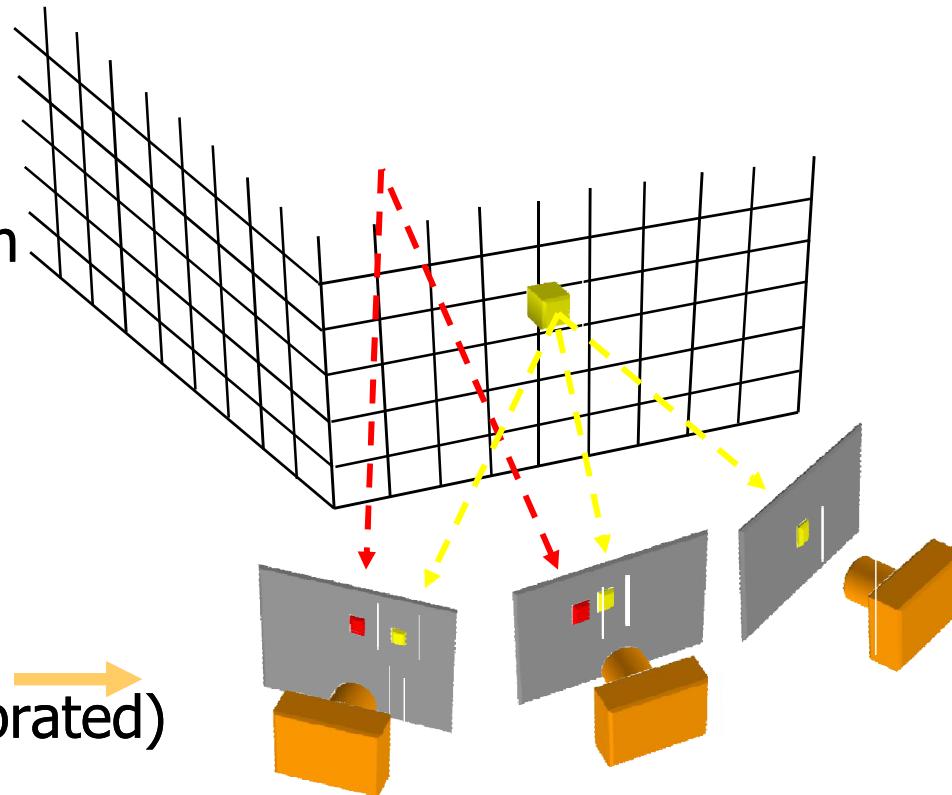
- **Ưu điểm:**
  - Dễ dàng cài đặt và hiệu quả.
  - Thi hành nhanh.
  - Ước lượng gần đúng vật thể, phụ thuộc chủ yếu vào đường biên vật thể được tạo lập ở bước đầu tiên.
- **Nhược điểm:**
  - Chỉ có thể tạo ra đường bao được ra từ những đường thẳng (line hull).
  - Không thể ước lượng được vùng không lõi.
  - Nhạy với các ảnh bị phân đoạn ra các vùng.



# Xây dựng mô hình đối tượng từ giá trị màu

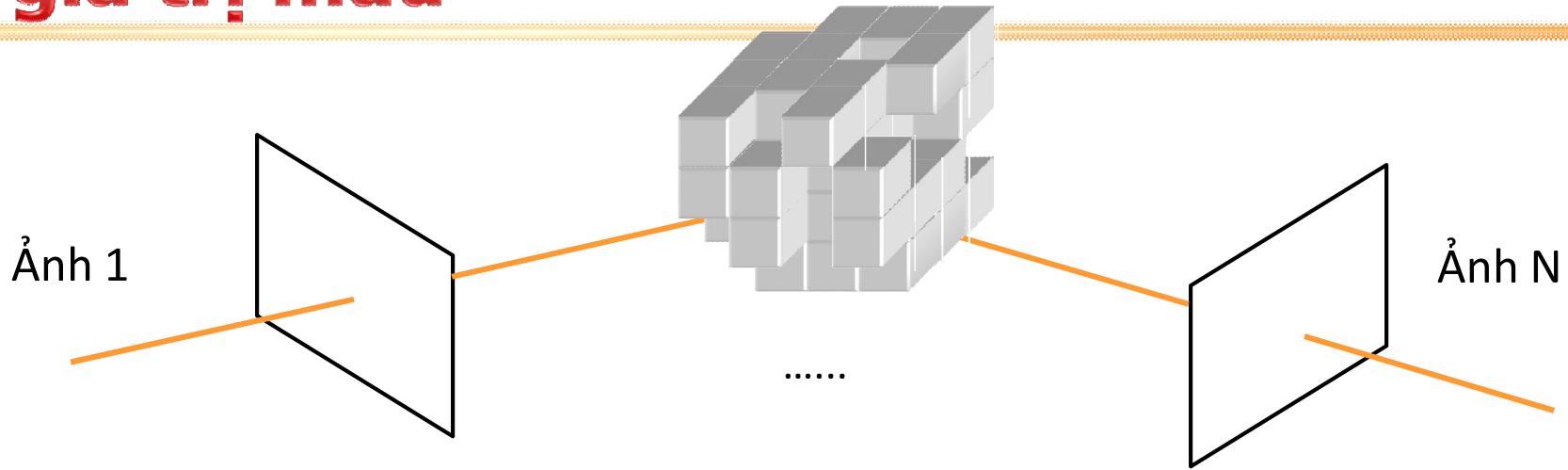
- Keyword: Voxel Coloring.
- Hình ảnh trong mô hình 3D có một số ràng buộc:
  - Một mô hình 3D khi được chiếu lại sẽ tạo ra những ảnh nhân tạo giống như những ảnh thực tế đầu vào.
  - SFS(Shape from Silhouette) + tính nhất quán màu sắc.
- Định nghĩa voxel:
  - Là một điểm ảnh ba chiều trong không gian.
- Mục đích của thuật toán:
  - Gán giá trị RGB vào các voxel trong không gian thể tích vật thể V (volume) mà vẫn đảm bảo tính nhất quán hình ảnh với các ảnh đầu vào (photo-consistency).

Rời rạc hóa  
không gian thể tích  
của ảnh V



Các ảnh đầu vào  
đã được cân chỉnh(Calibrated)

# Xây dựng mô hình đối tượng từ giá trị màu



## Thuật toán Space Carving:

- Khởi tạo không gian  $V$  chứa không gian thể tích vật thể.
- Chọn 1 voxel ở phía ngoài  $V$ .
- Chiếu đến một điểm ở các ảnh đầu vào.
- Loại bỏ voxel đó nếu không thoả điều kiện nhất quán ảnh.
- Lặp cho đến khi thuật toán hội tụ.

K. N. Kutulakos and S. M. Seitz, [A Theory of Shape by Space Carving](#), ICCV 1999

# Xây dựng mô hình đối tượng từ giá trị màu

- **Ưu điểm:**
  - Dễ dàng cài đặt và đủ mạnh.
- **Hạn chế:**
  - Hiệu suất phụ thuộc vào độ phân giải của voxel và ảnh.
    - Tái tạo đối tượng trong khu vực nhỏ.
    - Chi phí tính toán cao.
  - Bị các vân đẽ vẽ che khuất và chiếu sáng.



45x30x50



90x60x100



180x120x200



270x180x300



# Các kết quả: African Violet



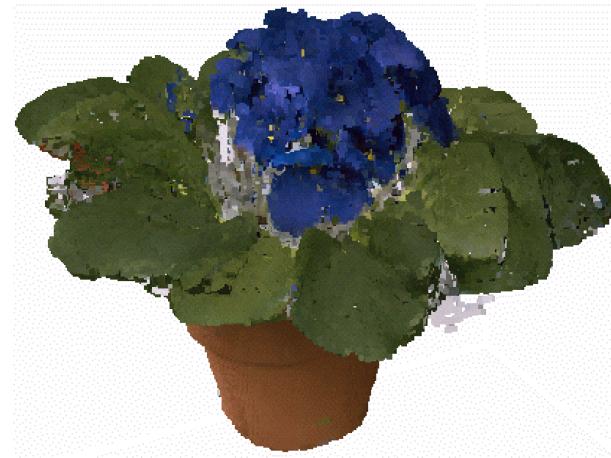
Ảnh đầu vào (1 trên 45 ảnh)



Tái tạo 3D



Tái tạo 3D



Tái tạo 3D

Source: S. Seitz

# Các kết quả: Hand

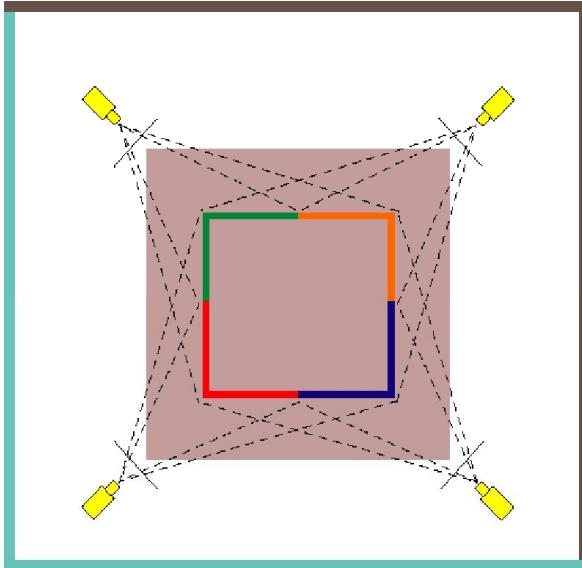


Ảnh đầu vào (1 trên 100 ảnh)



Ảnh được tái tạo

# So sánh



True Scene

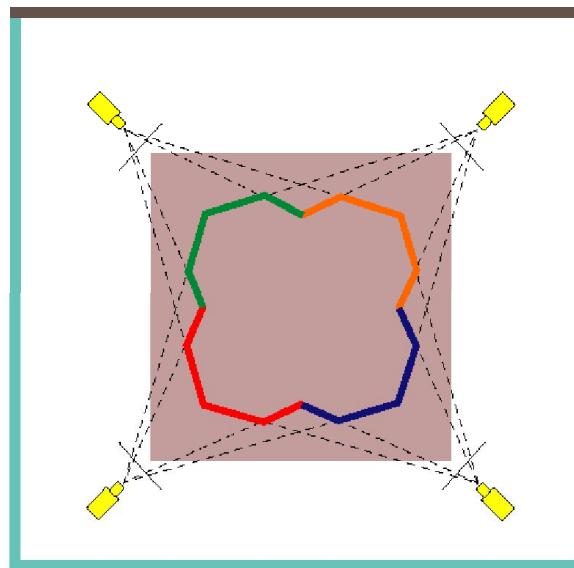
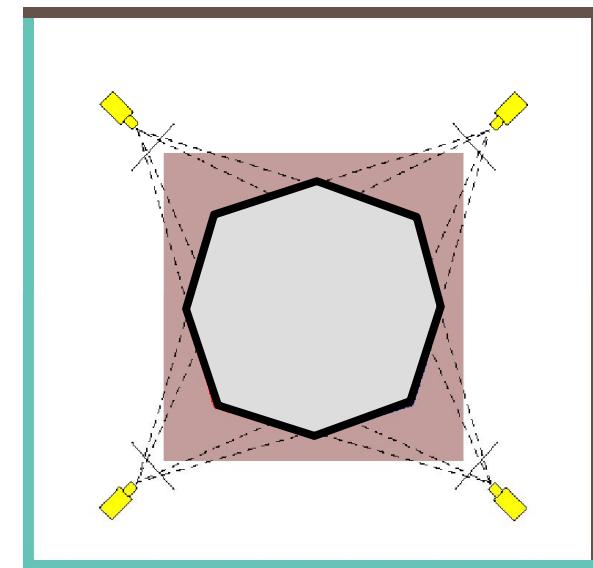


Photo Hull  
Voxel Coloring  
Phép hội (UNION)

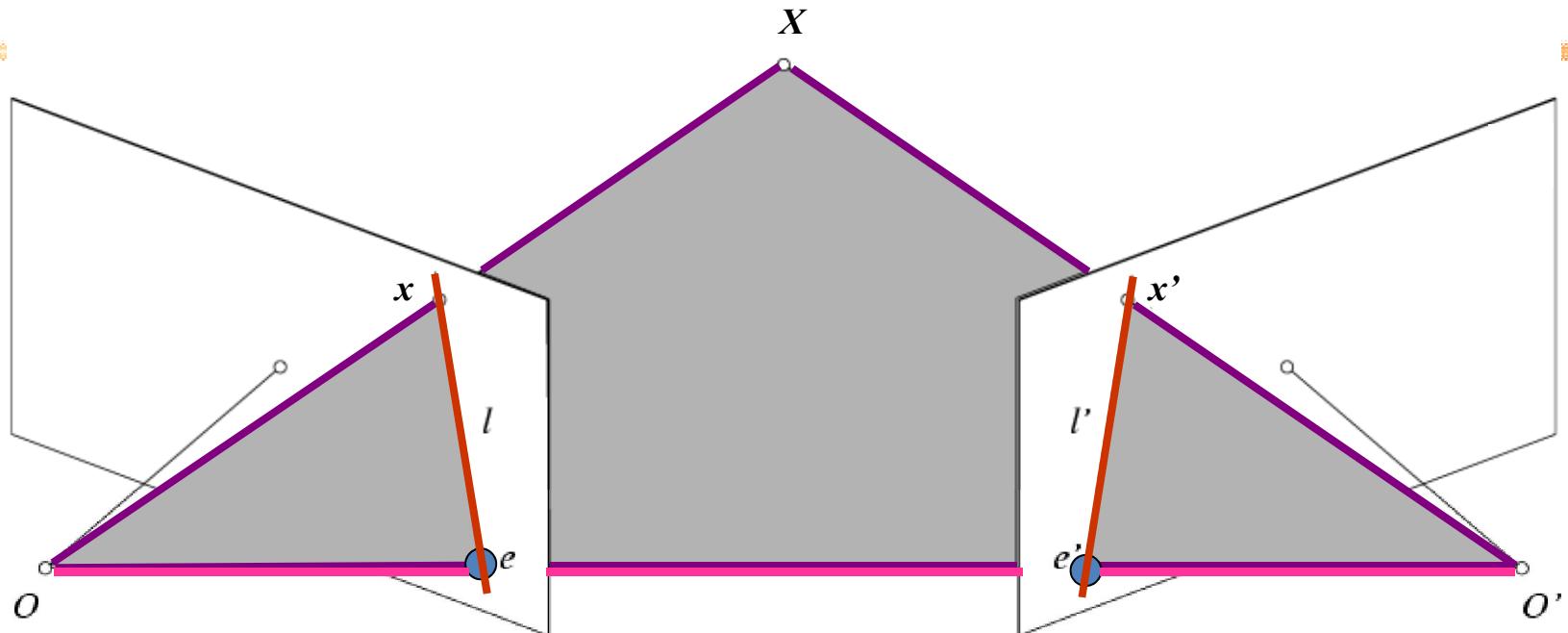


Visual Hull  
Shape from Silhouette  
Phép chiếu

# Xây dựng mô hình đối tượng từ giá trị màu

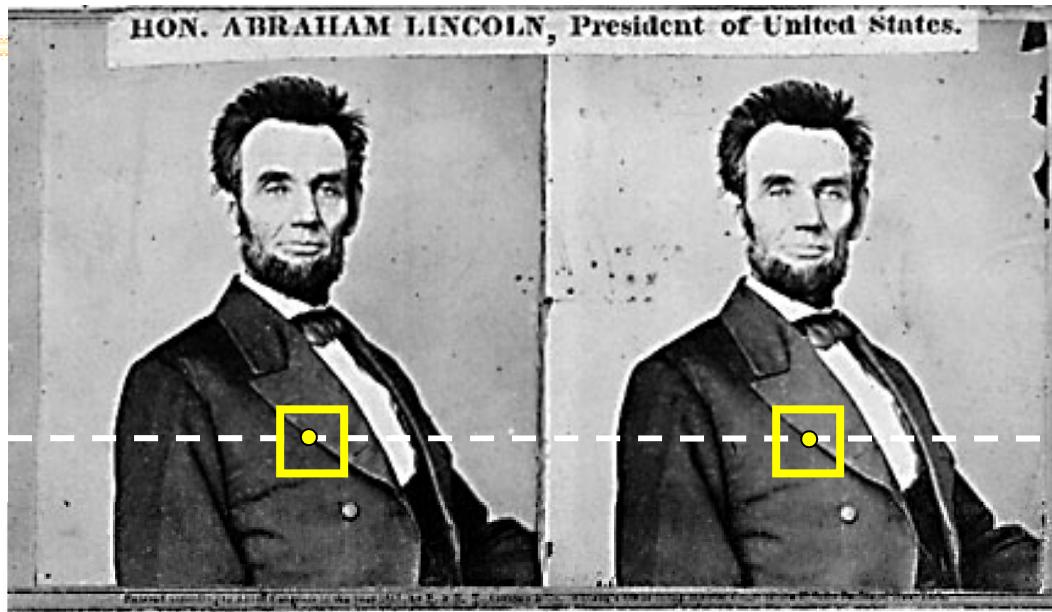
- Keyword: Stereo vison.
- Phương pháp phổ biến hiện nay.
- Dựa trên giá trị màu của điểm ảnh.
- Ý tưởng dựa trên đặc điểm quan sát của con người.
- Áp dụng kỹ thuật so khớp đặc trưng.

# Hình học epipolar



- **Baseline** – đường nối giữa 2 tâm chiếu O của 2 camera
- **Epipolar Plane** – mặt phẳng chứa đường baseline
- **Epipoles**
  - = điểm giao nhau của baseline với image planes.
  - = kết quả phép chiếu của những tâm chiếu.
- **Epipolar Lines** – đường giao giữa Epipolar plane với mặt phẳng hình ảnh (luôn tồn tại một cặp tương ứng)

# Thuật toán stereo cơ bản



Với mỗi epipolar line

Với mỗi pixel ở ảnh bên trái

- So sánh tất cả các pixel ở epipolar line tương ứng ở bên phải.
- Chọn pixel với độ tương đồng lớn nhất.

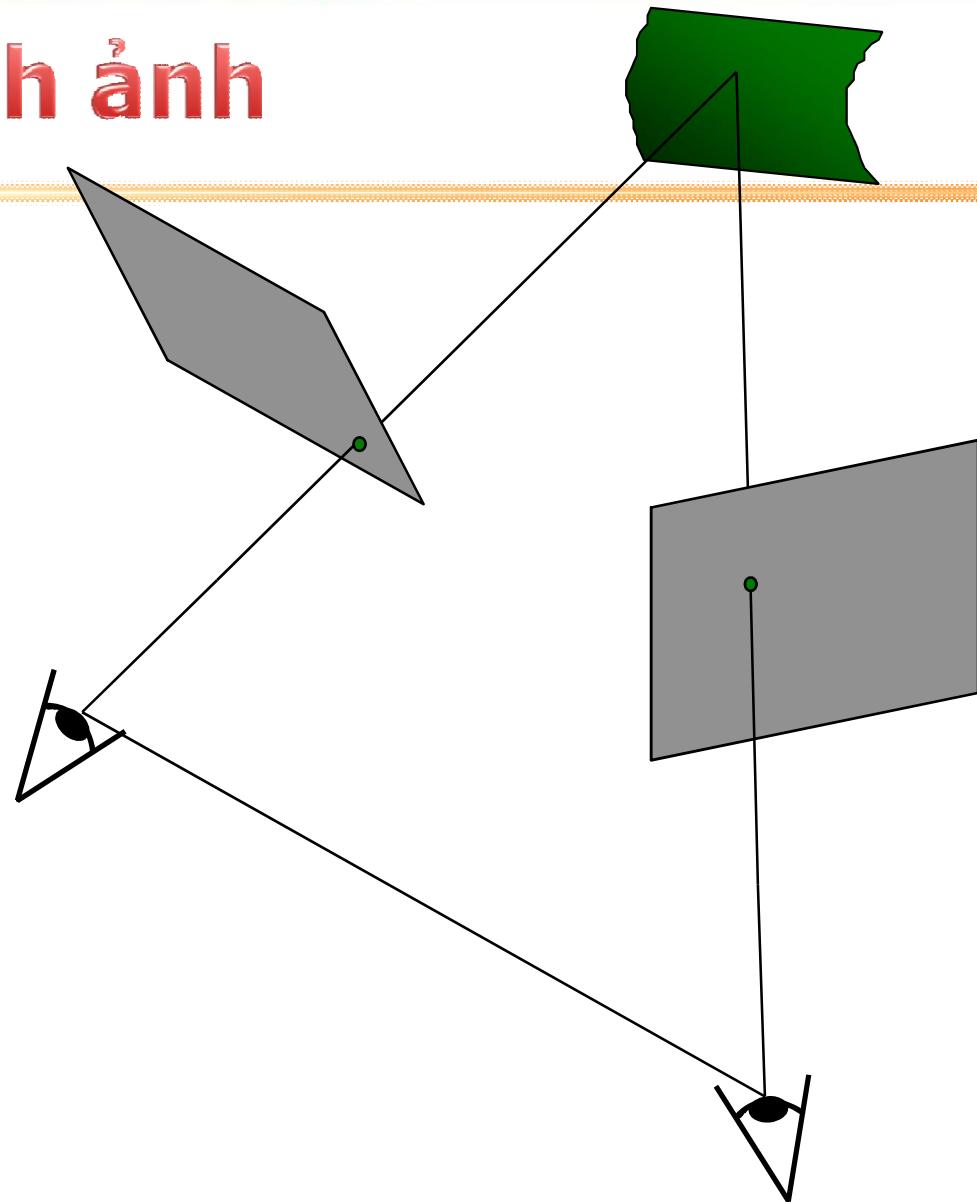
Cải tiến: so khớp trên cả vùng cửa sổ (windows matching).

Vấn đề: các đường epipolar tương ứng thực tế không lúc nào cũng lý tưởng.

# Hiệu chỉnh hình ảnh

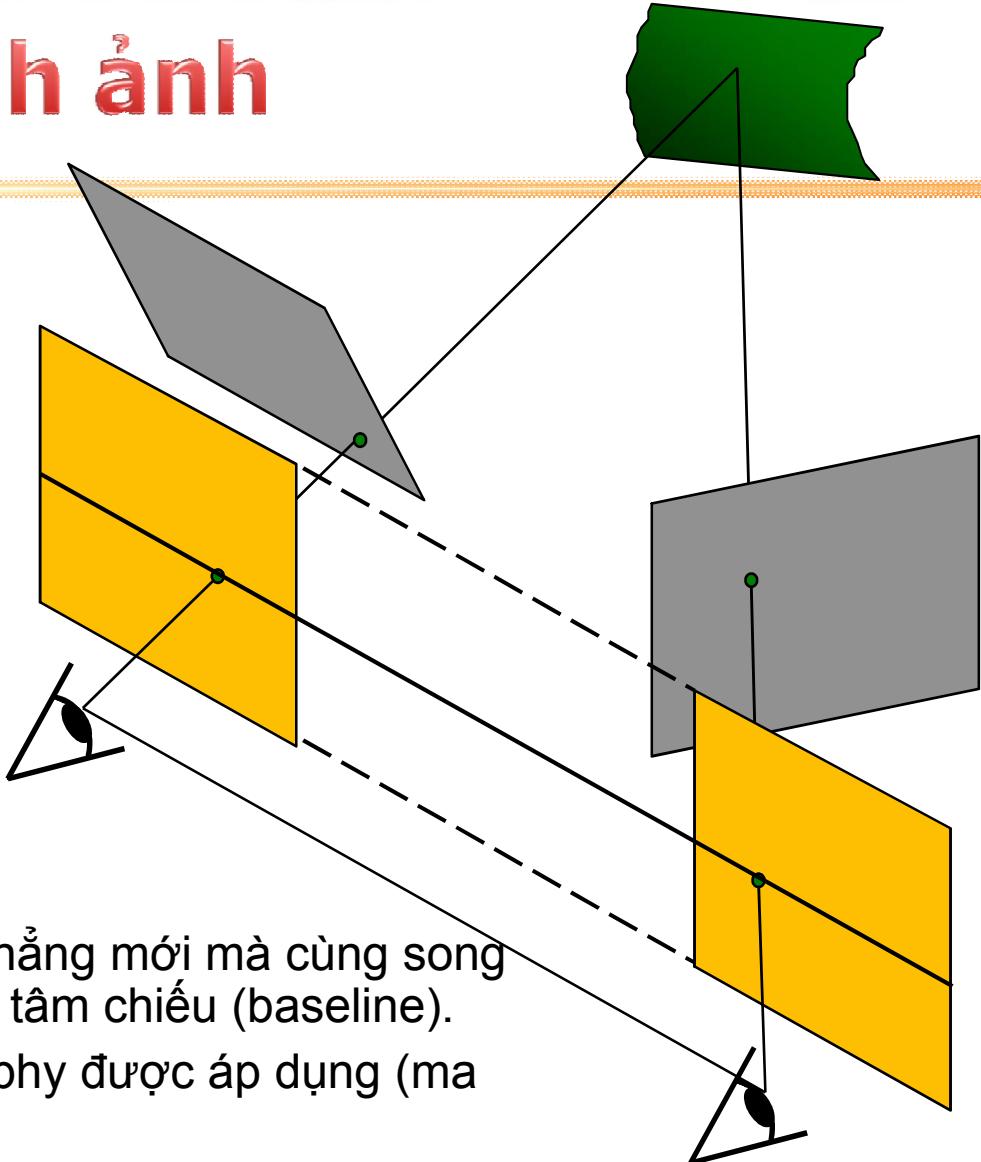
Keyword: Image Retification

- Các mặt phẳng ảnh của camera song song với nhau và song song với baseline
- Các thông số và chiều cao tâm ảnh và tiêu cự giống nhau.
- Các đường epipolar line đều nằm trên các scanline nằm ngang theo ảnh.



# Hiệu chỉnh hình ảnh

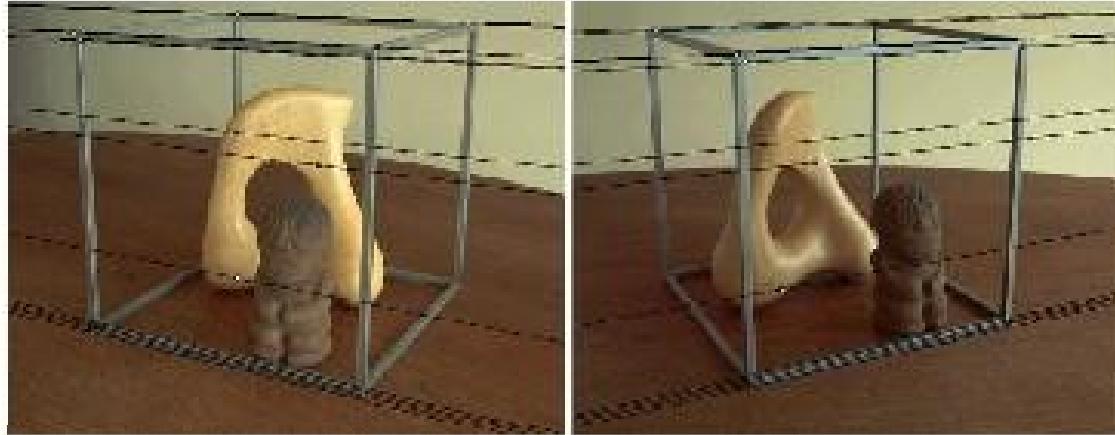
Keyword: Image Retification



## Image Reprojection

- Chiếu lại ảnh lên một mặt phẳng mới mà cùng song song với đường thẳng nối 2 tâm chiếu (baseline).
- Một phép biến đổi homography được áp dụng (ma trận  $3 \times 3$ )
- C. Loop and Z. Zhang. [Computing Rectifying Homographies for Stereo Vision](#). IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, 1999.

# Ví dụ

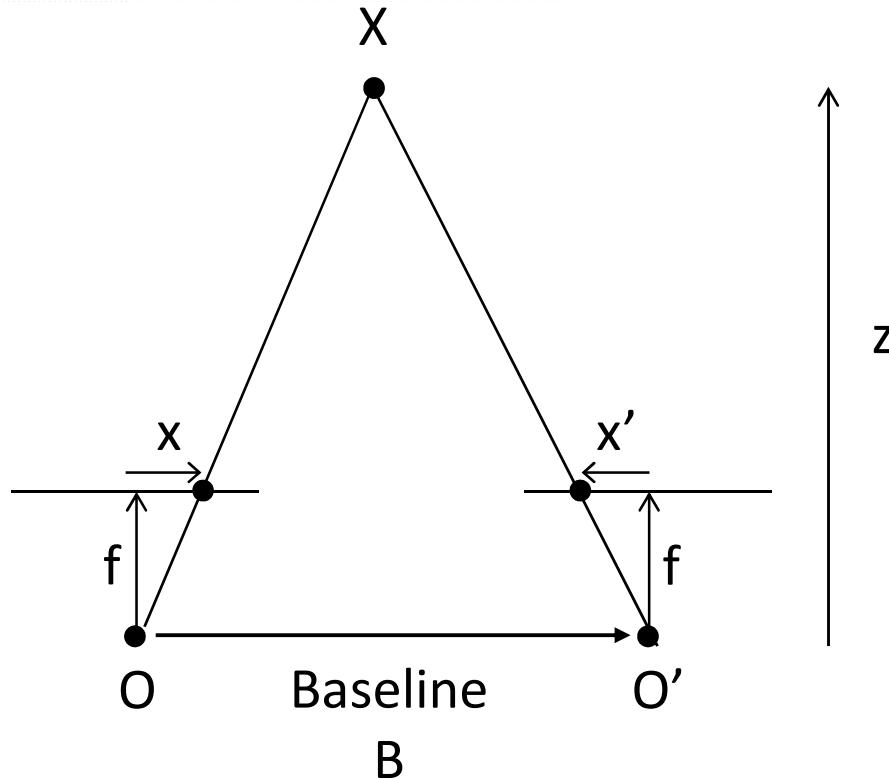


# Tính ảnh độ sâu

Độ sâu Z của một điểm X được tính theo công thức dựa vào độ chênh lệch của  $x$  và  $x'$  là vị trí của điểm X khi được chiếu qua 2 tâm chiếu O và  $O'$  lên 2 ảnh và độ lớn baseline B. Công thức dưới đây được gọi là tỉ lệ thức tam giác

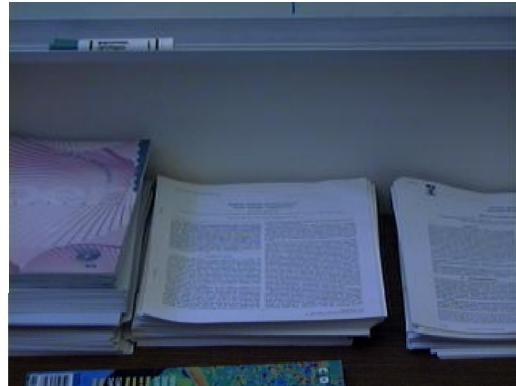
Nhận xét:

Độ chênh lệch tỉ lệ nghịch với chiều sâu.



$$disparity = x - x' = \frac{B \cdot f}{z}$$

# Kết quả



input image (1 of 2)



depth map  
[Szeliski & Kang '95]



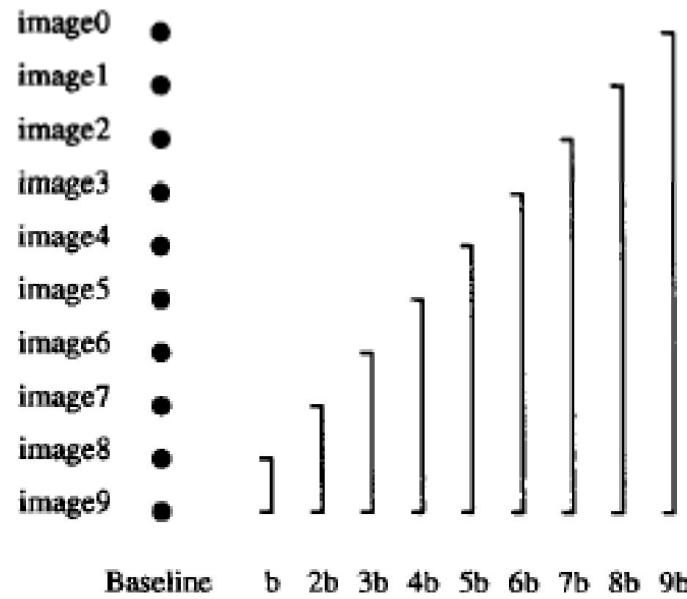
3D rendering

# Multiple-baseline stereo

- Lấy một ảnh tham chiếu, di chuyển các cửa sổ so khớp chạy trên các epipoline trên toàn bộ các ảnh còn lại, sử dụng **inverse depth** của ảnh thứ nhất để tìm các tham số.



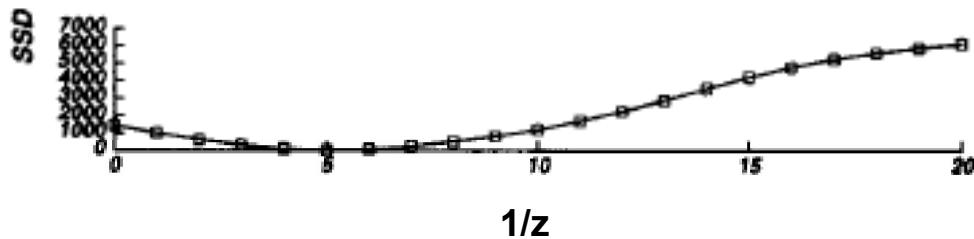
Figure 2: An example scene. The grid pattern in the background has ambiguity of matching.



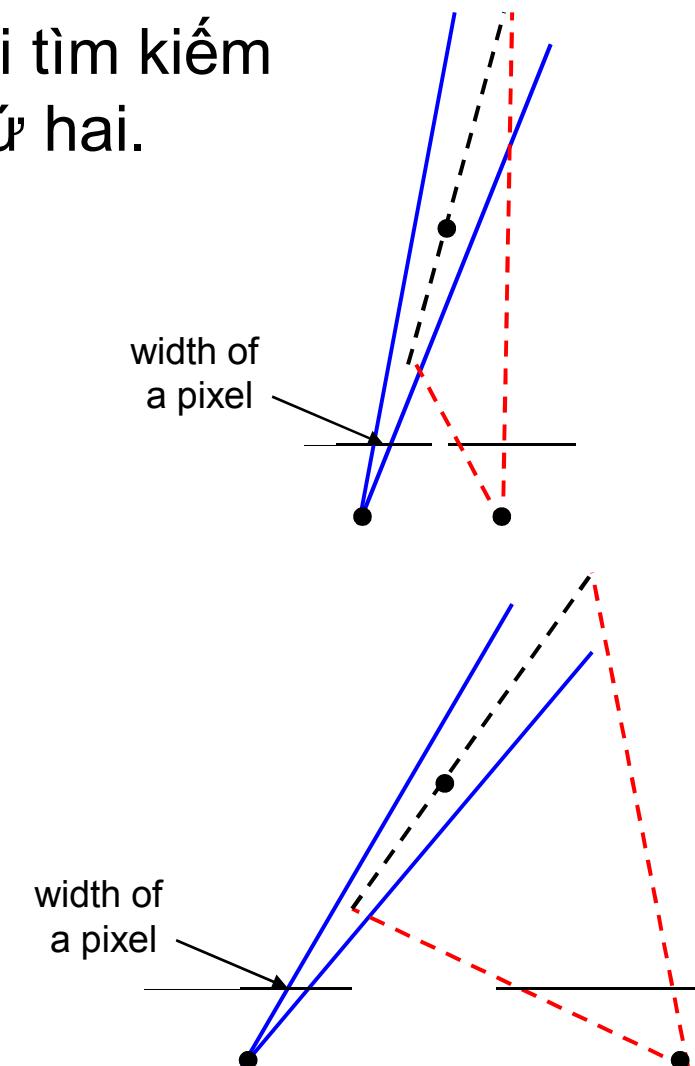
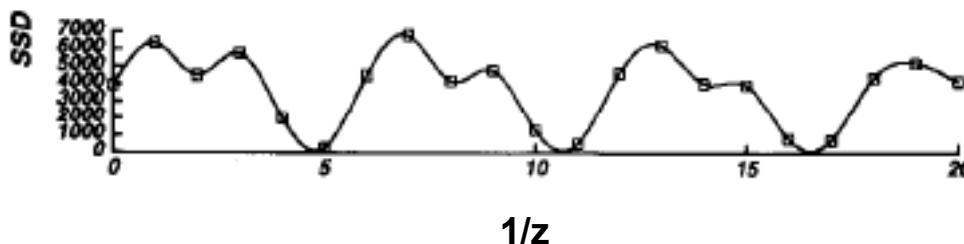
M. Okutomi and T. Kanade, "[A Multiple-Baseline Stereo System](#)," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15(4):353-363 (1993).

# Multiple-baseline stereo

- Với baseline lớn hơn thì cần phải tìm kiếm ở vùng diện tích lớn hơn ở hình thứ hai.



pixel matching score



# Multiple-baseline stereo

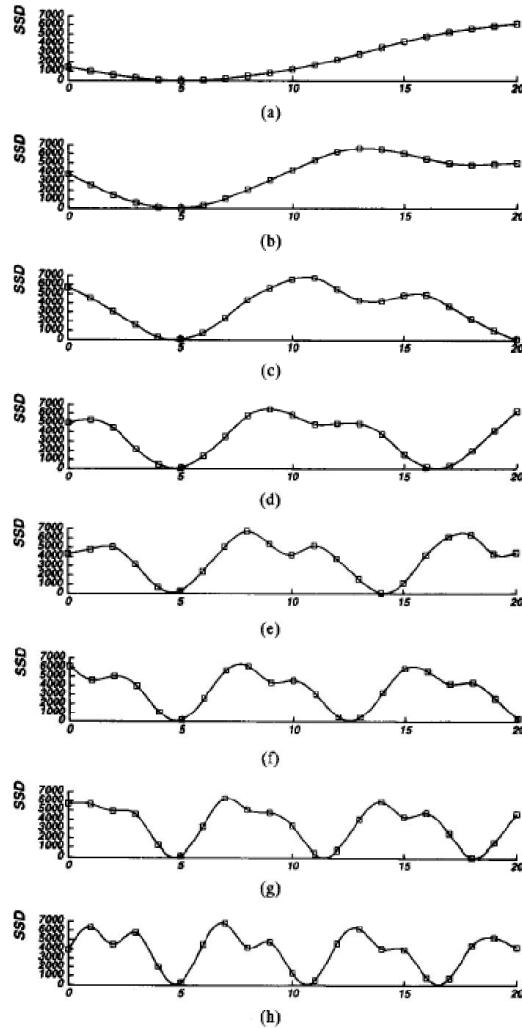


Fig. 5. SSD values versus inverse distance: (a)  $B = b$ ; (b)  $B = 2b$ ; (c)  $B = 3b$ ; (d)  $B = 4b$ ; (e)  $B = 5b$ ; (f)  $B = 6b$ ; (g)  $B = 7b$ ; (h)  $B = 8b$ . The horizontal axis is normalized such that  $8bF = 1$ .

Sử dụng tổng điểm so khớp SSD để xếp hạng sự so khớp.

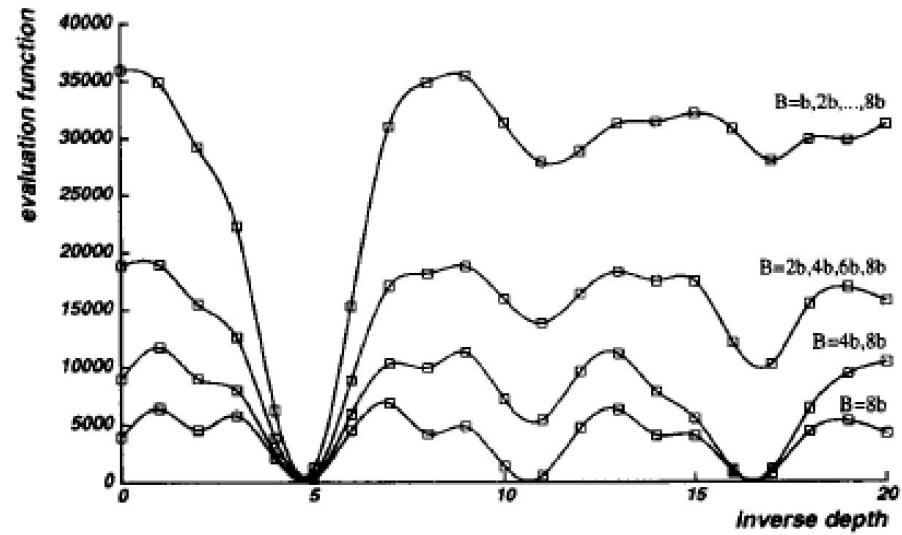
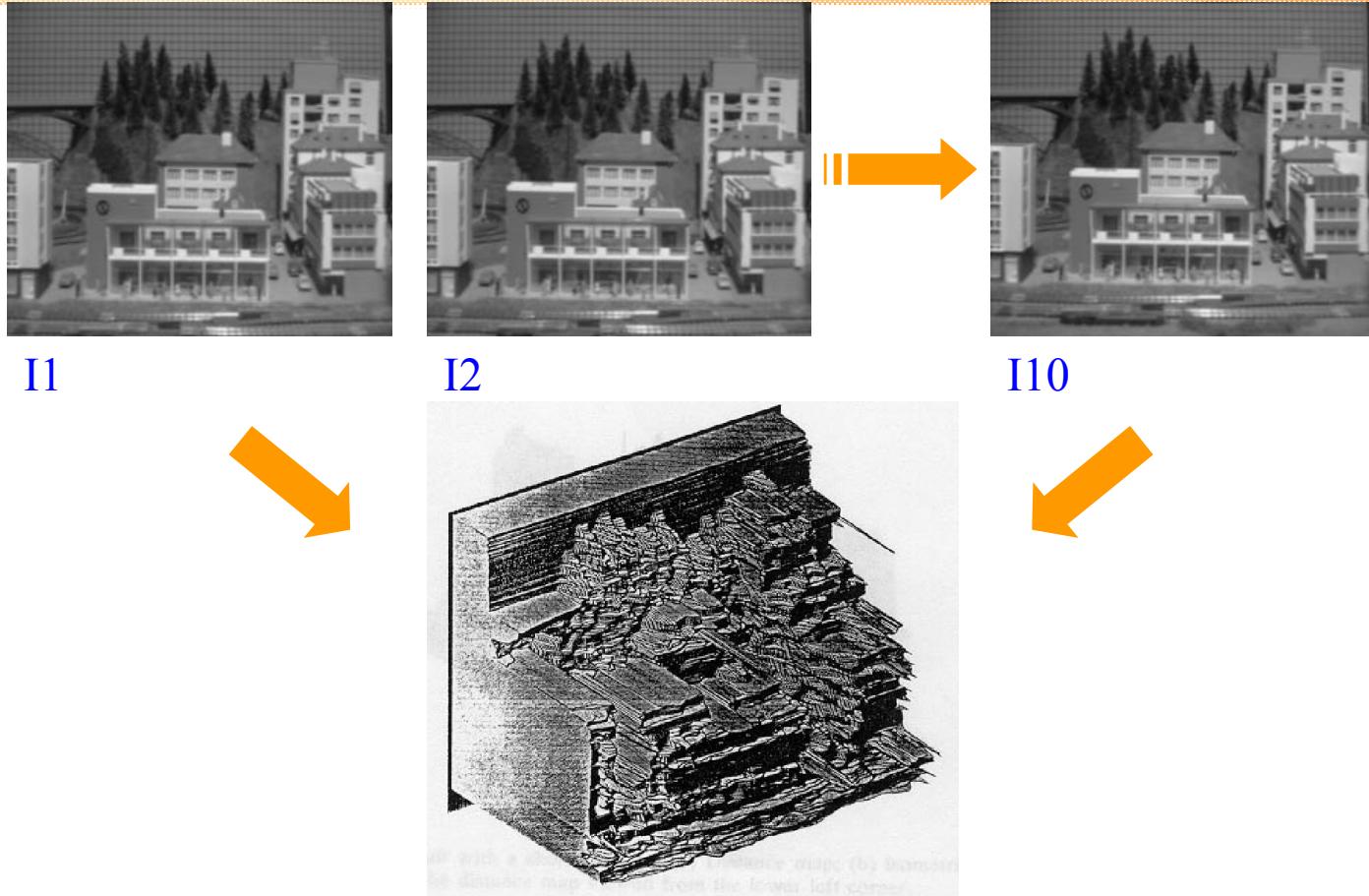


Fig. 7. Combining multiple baseline stereo pairs.

# Kết quả



M. Okutomi and T. Kanade, "[A Multiple-Baseline Stereo System](#)," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15(4):353-363 (1993).

# Phương pháp kết hợp

- Keyword: Fusion methods



- **MultiView Geometry for Texture mapping 2D Images Onto 3D Range Data**
  - Lingyoun Liu et. Al. (CVPR2006)  
# SFS +Stereo matching + volumetric method (range data)

# Carved visual hulls

1. Tính visual hull (từ mô hình SFS).
2. Sử dynamic programming để tìm biên cho mô hình và ràng buộc cho cỗ định.
3. Hiệu chỉnh (crave) visual hull để tối ưu tính chất nhất quán ảnh photo-consistency).



# Dense Stereo

1. Trích xuất đặc trưng.
2. Lấy được 1 tập thưa (sparse set) các điểm ban đầu.
3. Lắp để mở rộng tập sang các điểm lân cận.
4. Sử dụng điều kiện để loại bỏ các điểm.
5. Xây dựng mô hình bề mặt vật thể.



Yasutaka Furukawa and Jean Ponce, [Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis](#), CVPR 2007.

# Stereo các ảnh từ internet

Xây dựng mô hình vật thể từ tập hợp các ảnh tìm kiếm được từ internet.

**flickr® from YAHOO!**

Home You Organize & Create Contacts Groups Explore Upload

Search Photos Groups People

Everyone's Uploads statue of liberty SEARCH Full Text Advanced

Sort: Relevant | Recent | Interesting View: Small | Medium | Detail | Slideshow

From EdZa From micbaun From rafaj From lepublichime From Jesus...  
From julio... From StephiGra... From alabs From BigMs.Take From laurenbou...  
From dmp0309 From laverrue From Mojumbo22...

M. Goesele, N. Snavely, B. Curless, H. Hoppe, S. Seitz, [Multi-View Stereo for Community Photo Collections](#), ICCV 2007

# Kết luận

- Các thuật toán hạn chế ở một số điểm:
  - Không giải quyết được vấn đề che khuất (occlusion ).
  - Các bề mặt không tuân theo quy tắc chiếu sáng Lambatian.
  - Dữ liệu thực (không bóng).
- Còn rất nhiều điểm để cải tiến.