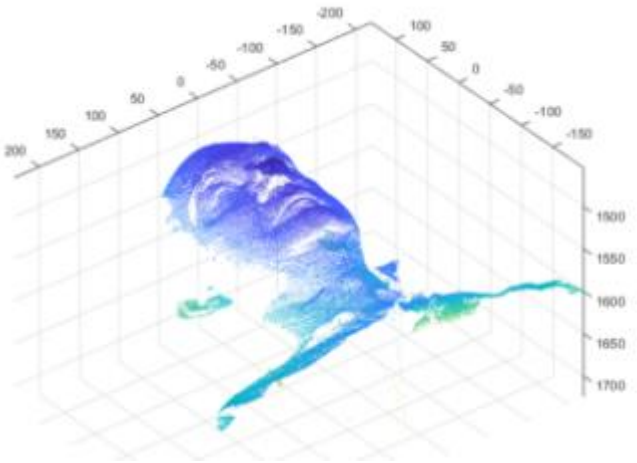
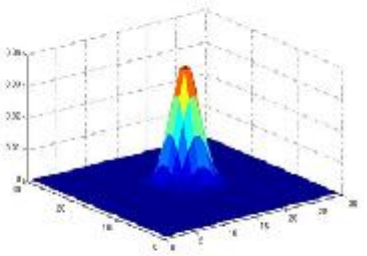
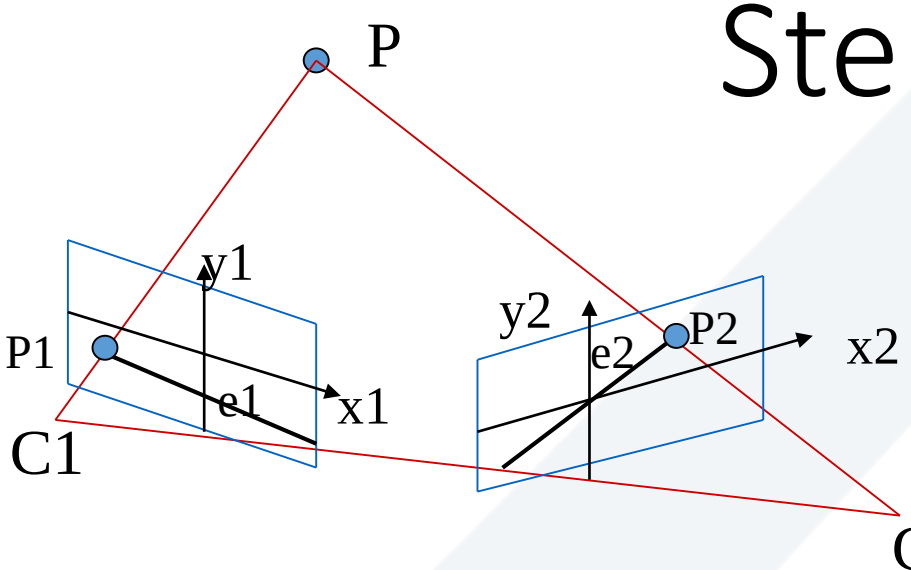




Computer Vision
Lecture 8
Stereo Vision & 3D

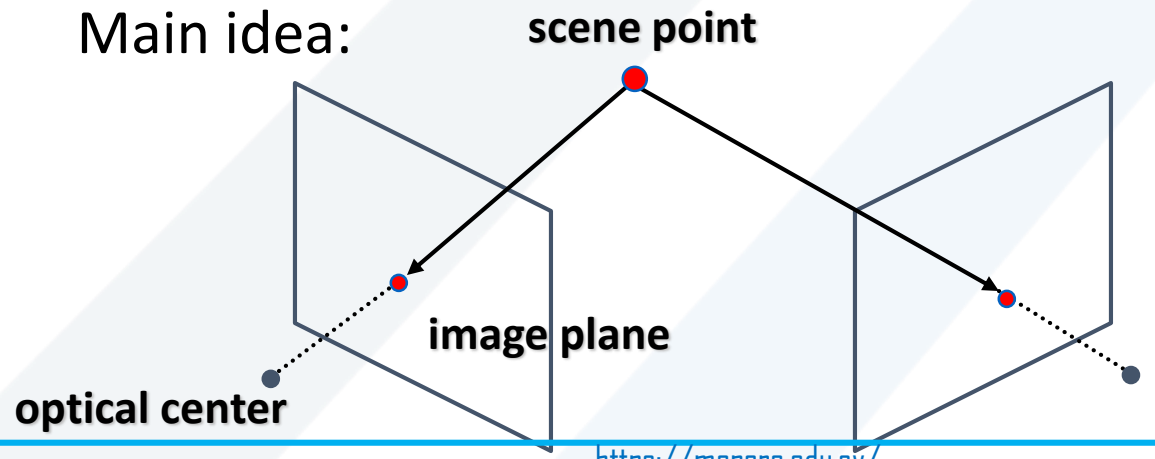


Dr. Ali Mahmoud Mayya
Computer Science Faculty
Artificial Intelligence Dept.
Tishreen University, Syria
2021

What is Stereo?

- **Stereo**:
  - shape from “motion” between two views
  - infer 3d shape of scene from two (multiple) images from different viewpoints.
- تشكيل صورة من "الحركة" الناتجة من دمج صورتين ملتقطتين لنفس المشهد من زاويتين مختلفتين.
- يفيد stereo vision في تخمين الشكل ثلاثي الأبعاد للمشهد من صورتين (عدة صور) لنفس المشهد لكن من عدة نقاط رؤيا (زوايا رؤيا).

Main idea:



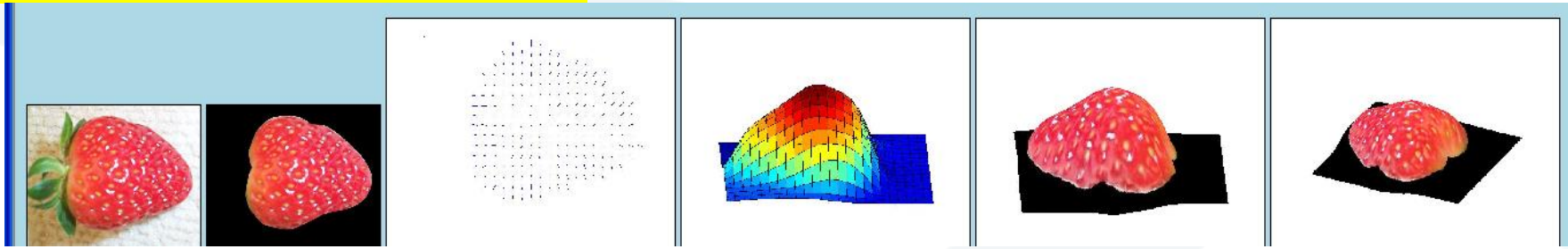
What stereo and multiple view?

- Structure and depth are inherently ambiguous from single views.
  - بنية وعمق الأجسام **غامضان** بطبيعتهما من خلال ملاحظتهما في الصور الوحيدة. لاحظ الخداع البصري في صورة البرج مع الإنسان !

Images from Lana Lazebnik

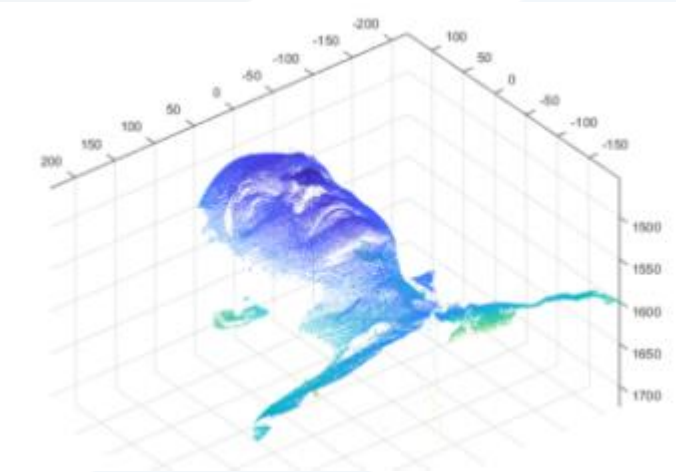
What cues help us to perceive 3d shape and depth?
الدلائل المساعدة لبناء الشكل ثلاثي الأبعاد والعمق

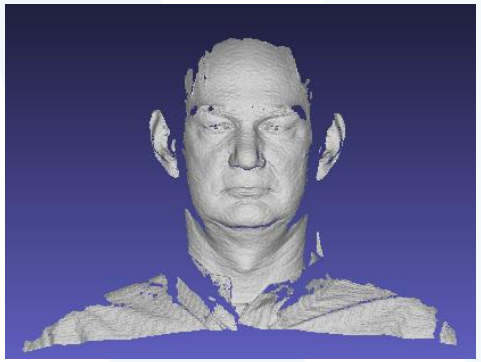
- **Texture النسيج**



- **Perspective effects أثر المنظور**

- **Perspective effects أثر المنظور**



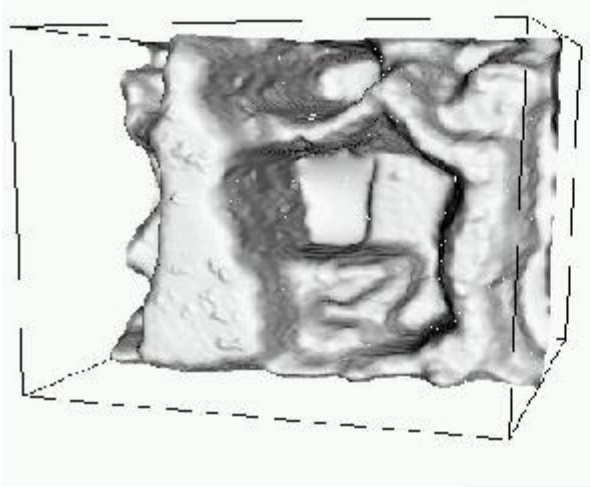


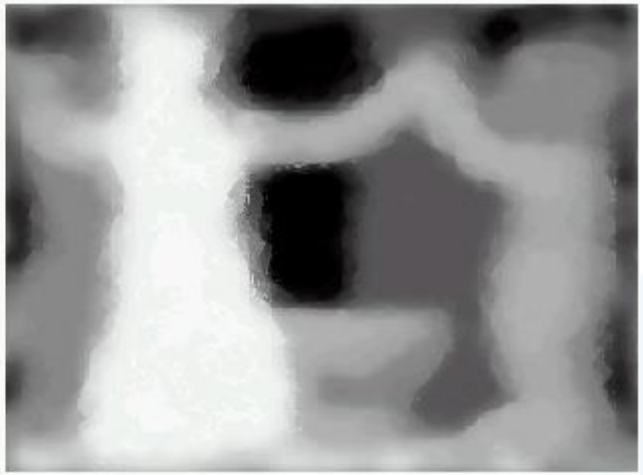
Images from Lana Lazebnik

What cues help us to perceive 3d shape and depth?
الدلائل المساعدة لبناء الشكل ثلاثي الأبعاد والعمق

- Focus/defocus التركيز وإلغاء التركيز

صورتان لنفس المشهد
من نفس النقطة
وباختلاف بارامترات
الكاميرا (التركيز)



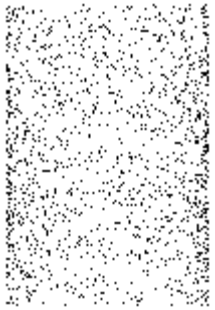


الشكل ثلاثي الأبعاد
المخمن للصورتين
(تخمين مختلف تماماً)

Images from Lana Lazebnik

What cues help us to perceive 3d shape and depth?
الدلائل المساعدة لبناء الشكل ثلاثي الأبعاد والعمق

- Motion



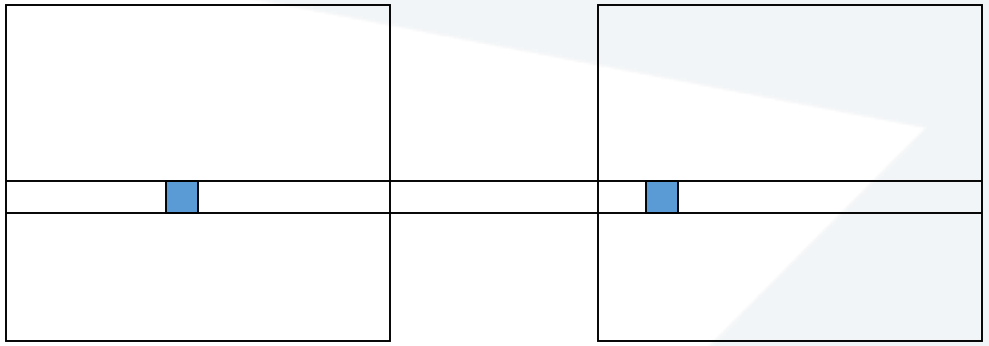
Figures from L. Zhang

http://www.brainconnection.com/teasers/?main=illusion/motion-shape

https://manara.edu.sy/

3D from Stereo
تشكيل الصور ثلاثية الأبعاد من الصور المتعددة

- 3D point



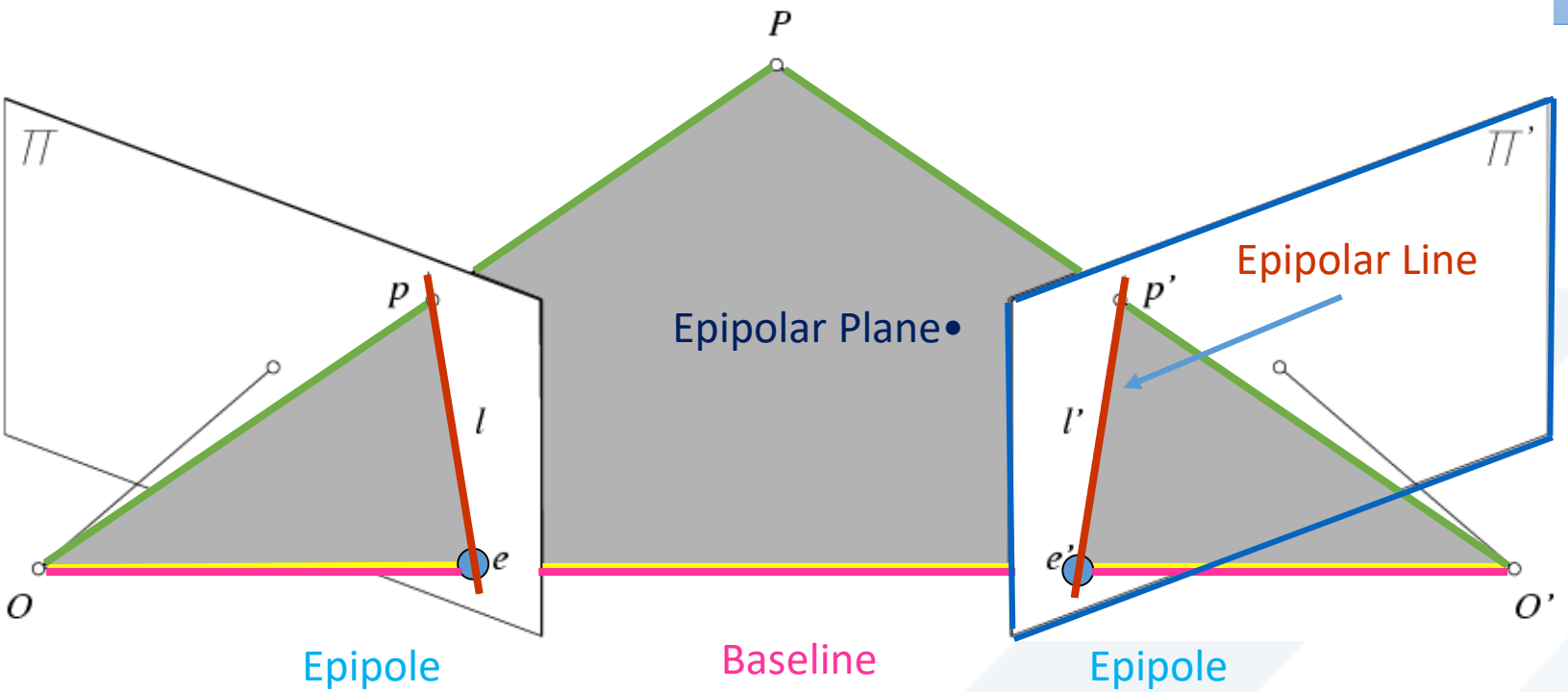
left image right image

disparity: the difference in image location of the same 3D point when projected under perspective to two different cameras.

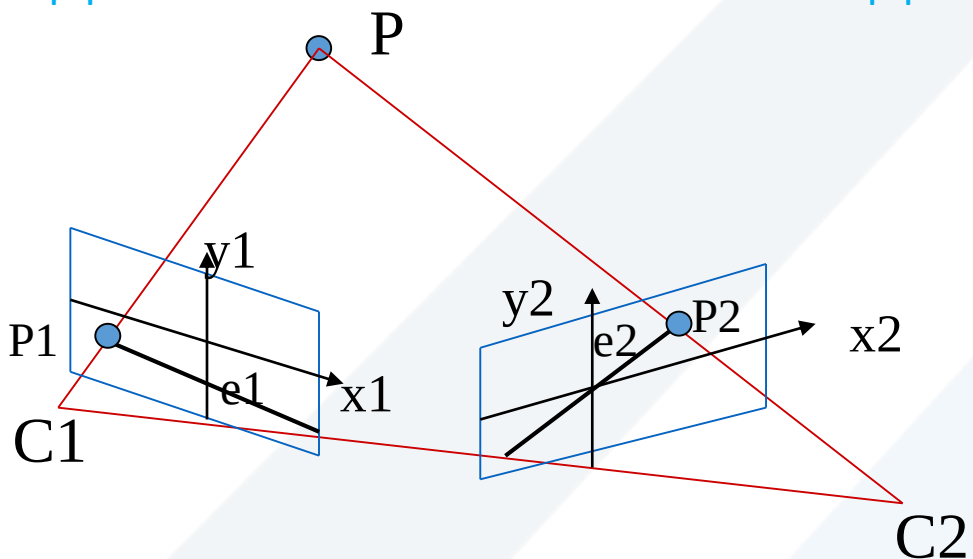
التفاوت أو التباين: هو الفرق في موقع الصورة لنفس النقطة ثلاثية البعد عند التقاطها من قبل كاميرتين مختلفتين
الفكرة تكمن في البحث من أجل كل نقطة في الصورة اليسارية عن مقابل لها في الصورة اليمينية.

$$d = x_{left} - x_{right}$$

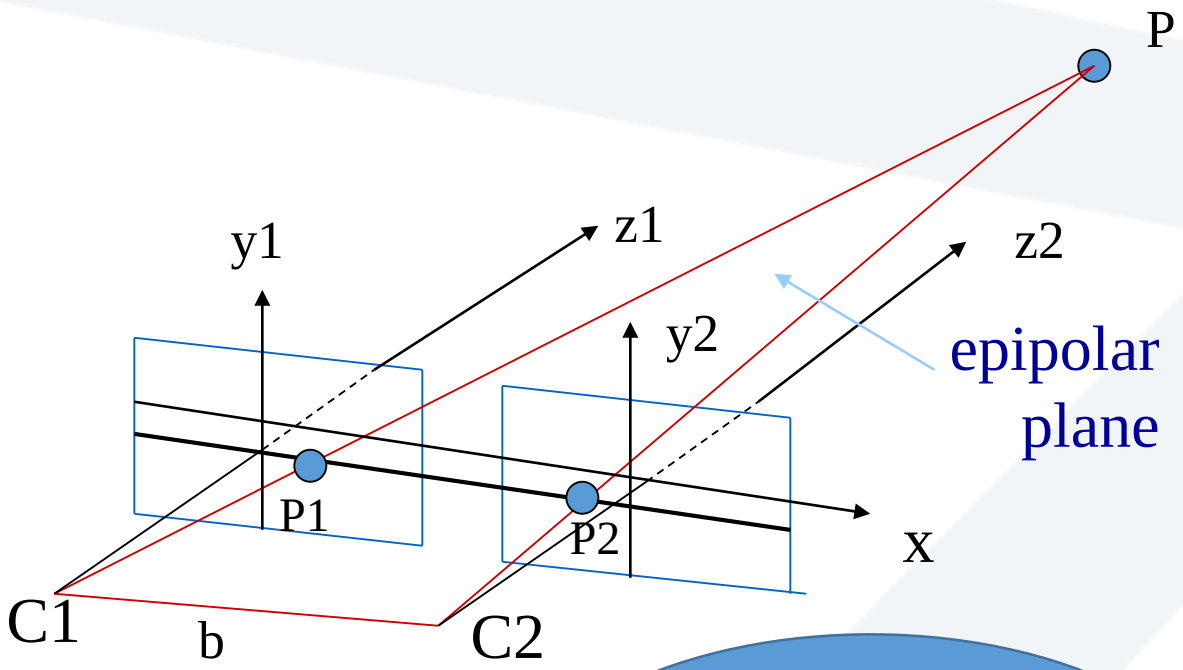
Epipolar Geometry: General Case
الهندسة الثنائية: الفكرة العامة



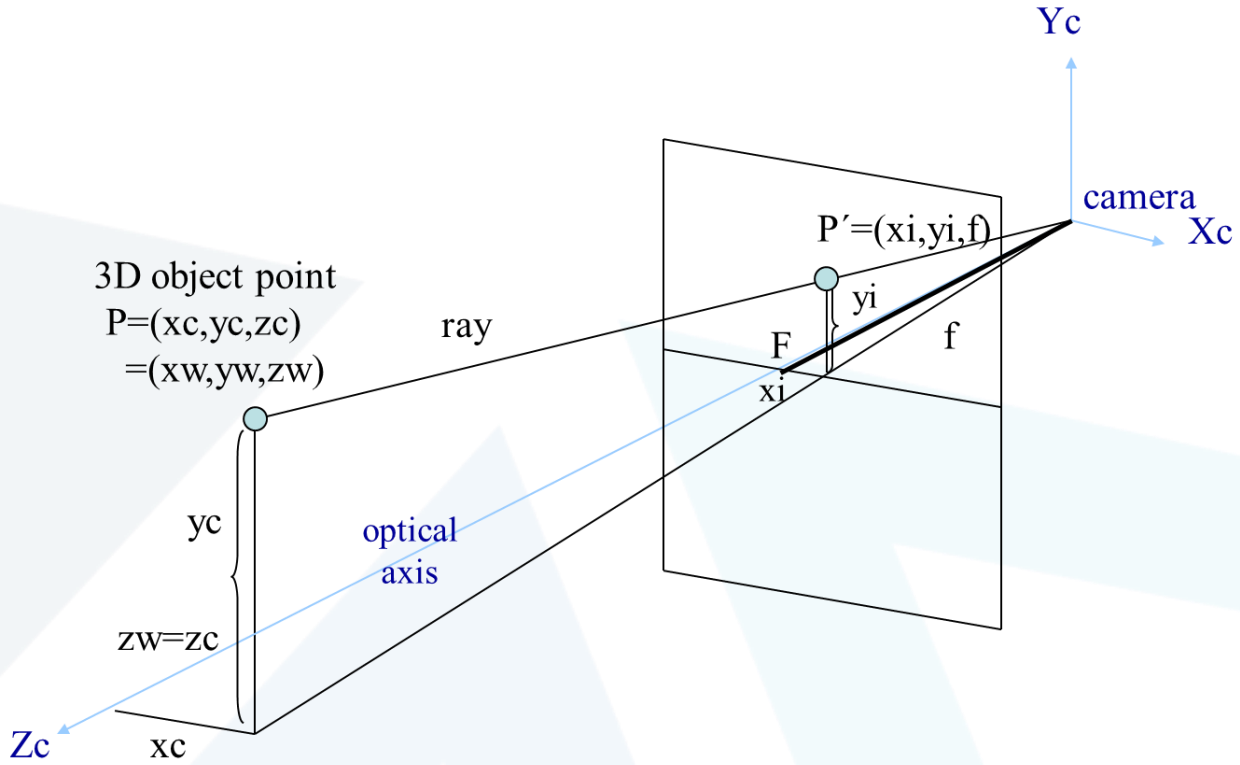
المثلث الناتج من تقاطع مركزي الكاميرتين مع النقطة P من الفضاء ثلاثي البعد يسمى Epipolar Plane
المستوي باللون الأزرق (مستوي الصورة) أو image plane.
تقاطع المستوي Epipolar Plane مع مستوي الصورة يحدث ضمن خط نسميه Epipolar line.
الخط الواصل بين مركزي الكاميرتين نسميه Base Line.
نقطة تقاطع الخط Base Line مع مستوي الصورة نسميها epipole.



Epipolar Geometry: General Case
الهندسة الثنائية: الفكرة العامة

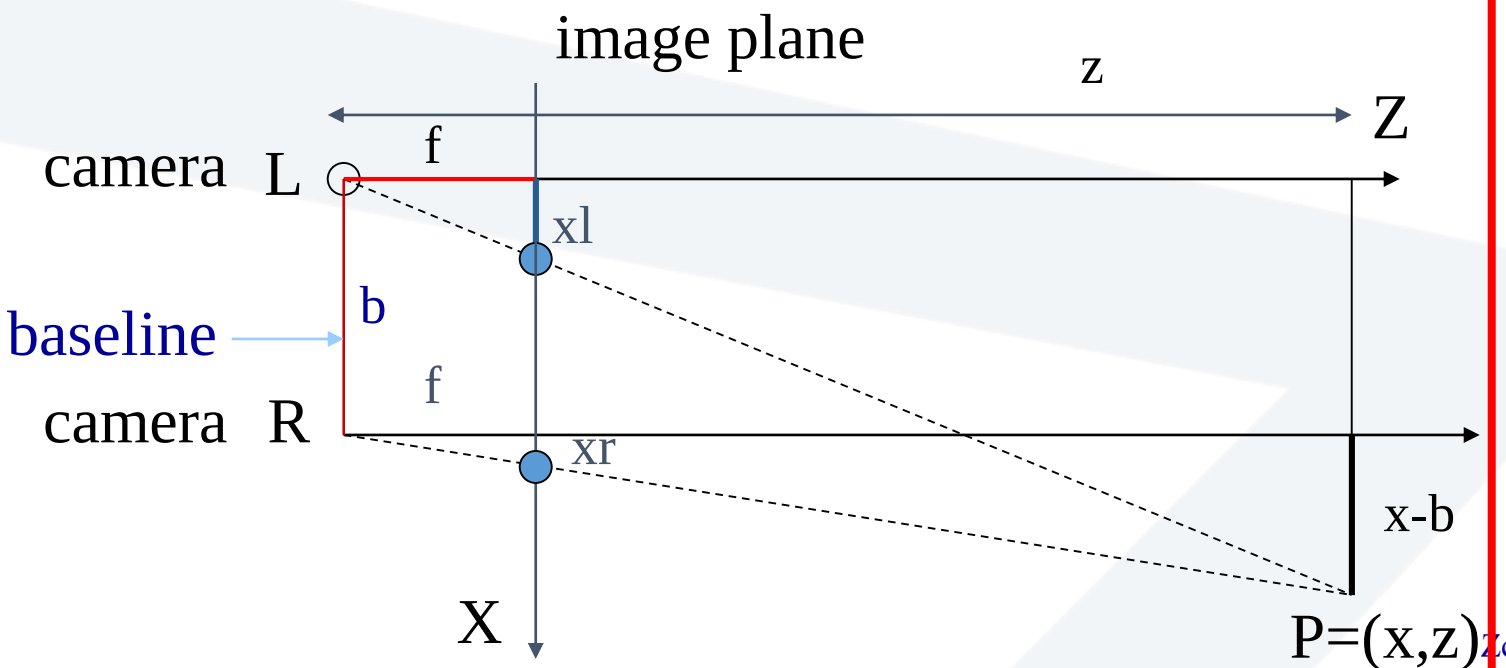


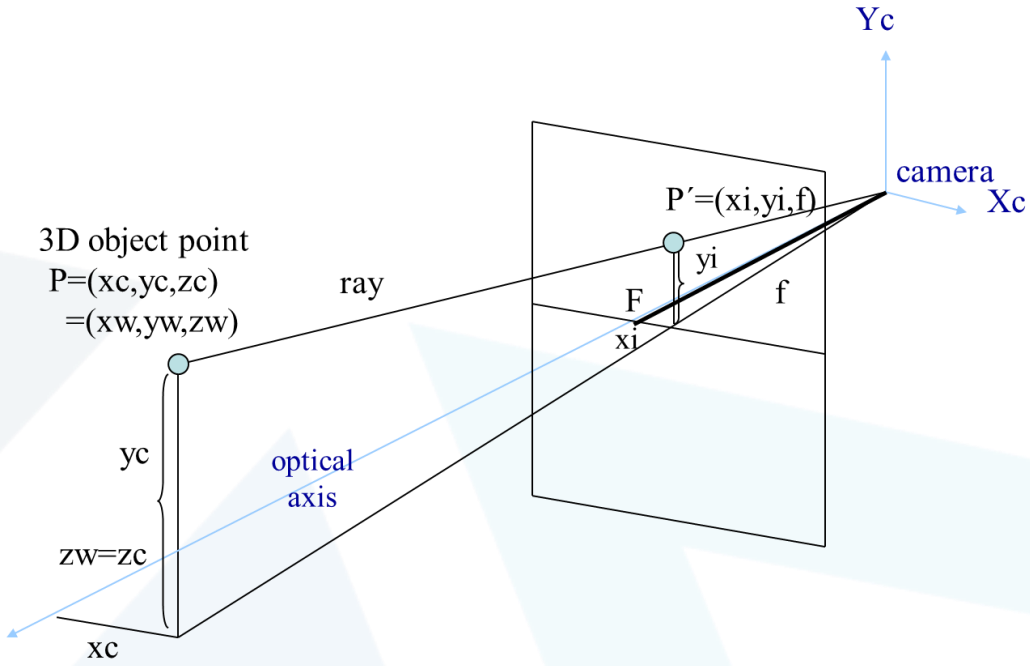
يطلق على عملية توليد شكل ثلاثي الأبعاد من مشهدين من كاميرتين مختلفتين (بزاويتين مختلفتين) بعملية **التثليث triangulation**



البعد البؤري F هو البعد بين مركز الكاميرا والنقطة التي تبدأ عندها مكونات الصورة بالوضوح (بين مستوي الصورة ومركز الكاميرا)

Epipolar Geometry: General Case
الهندسة الثنائية: الفكرة العامة





$$\frac{z}{f} = \frac{x}{xl}$$

$$\frac{z}{f} = \frac{x-b}{xr}$$

$$\frac{z}{f} = \frac{y}{yl} = \frac{y}{yr}$$

$$x = xl*z/f$$
$$y = yl*z/f$$

Epipolar Geometry: General Case
الهندسة الثنائية: الفكرة العامة

Depth from disparity توليد العمق من الفرق

image I(x,y)

Disparity map D(x,y)

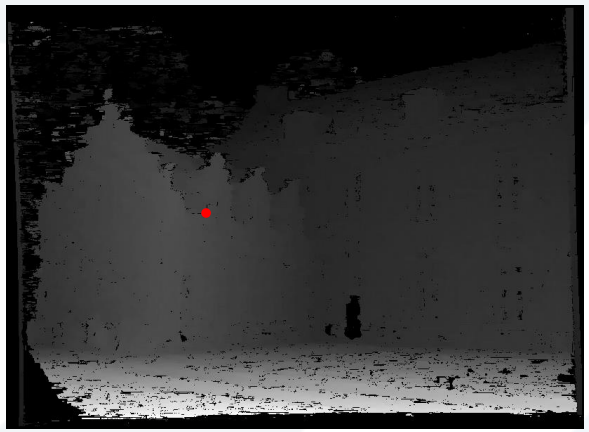


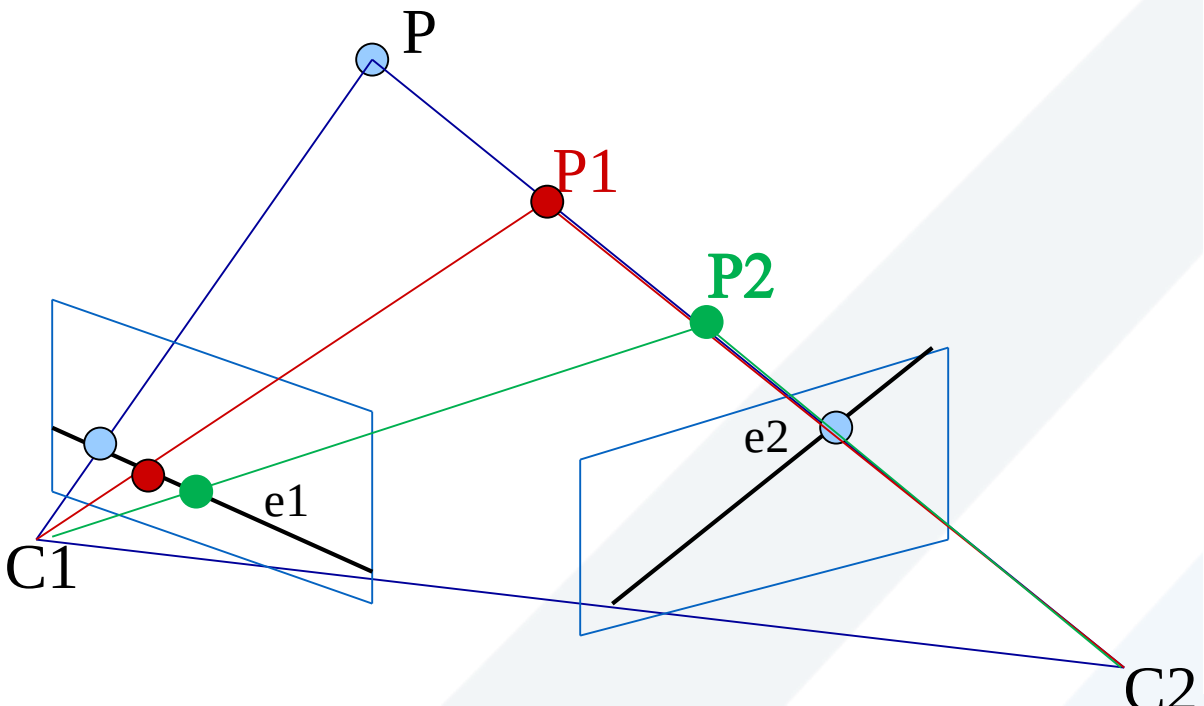
image I´(x´,y´)

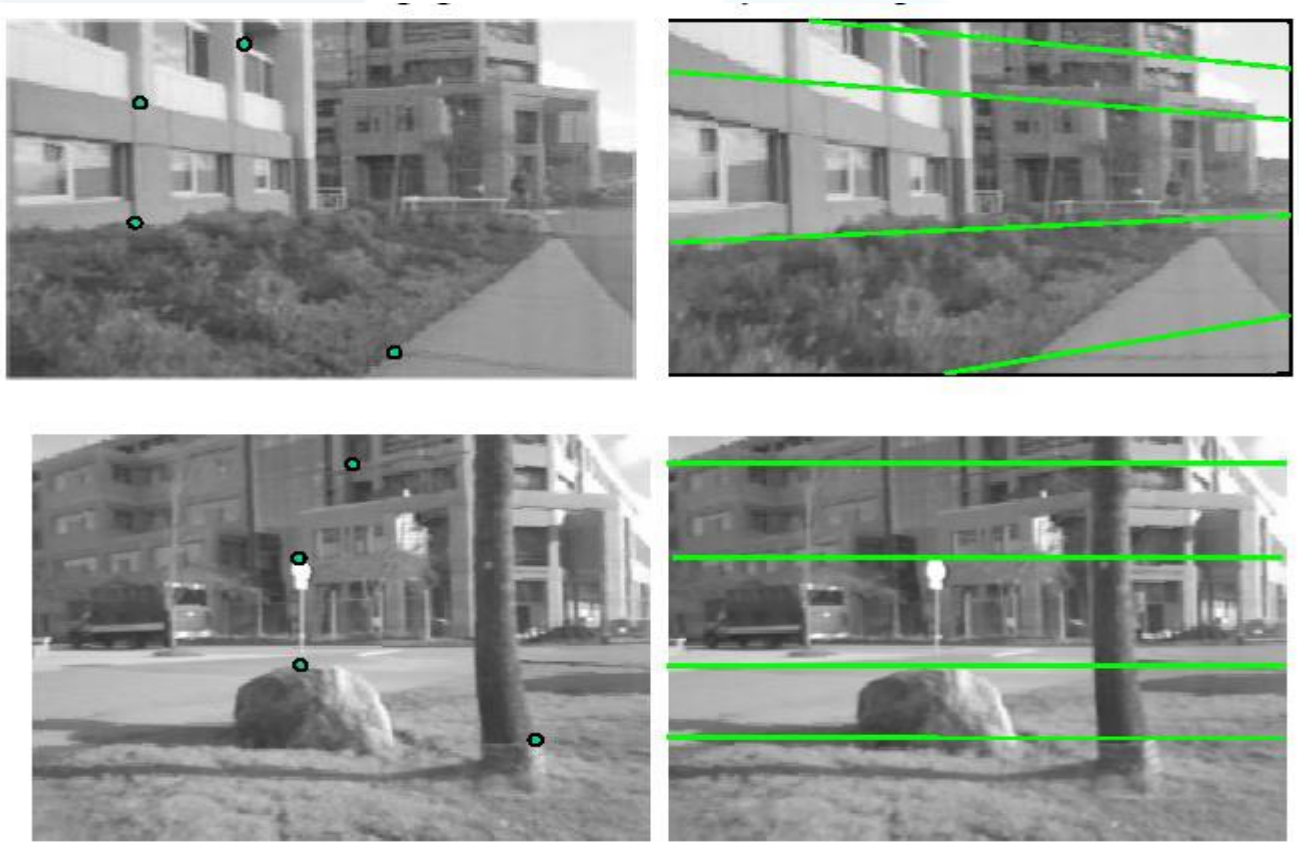
$$(x´,y´)=(x+D(x,y), y)$$

يمكن تخمين العمق depth من خلال أخذ صورتين لنفس المشهد من كاميرتين مختلفتين وبإزاحة (على الأقل واحدة أما أفقية x أو عمودية y).
لتخمين العمق يتم حساب صورة الفرق disparity map
المناطق الأقرب للكاميرتين تبدو بإضاءة أسطع في صورة العمق والمناطق الأبعد بإضاءة أقل.

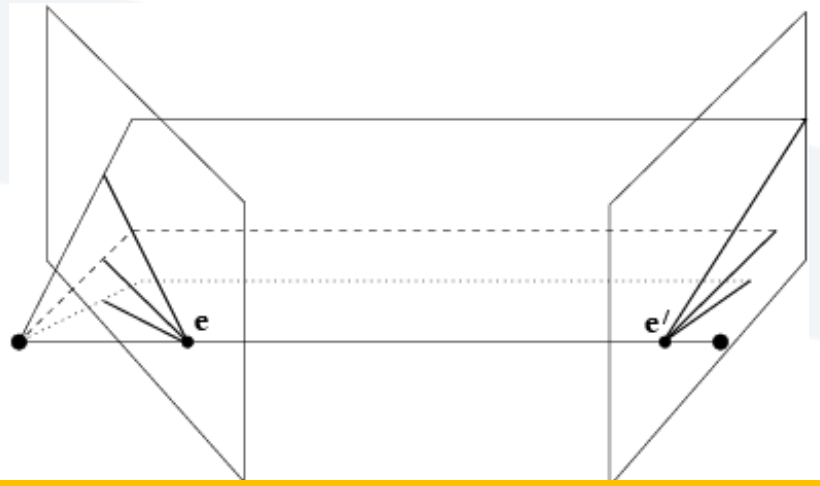
Epipolar Geometry: General Case
الهندسة الثنائية: الفكرة العامة

تقع نقاط التطابق على خطوط Epipolar الموافقة لها وبنفس الترتيب عبر هذه الخطوط.
تقع النقاط P, P1, P2 على مستقيم بصري واحد بالنسبة لمركز الكاميرا C2 وفي المقابل يمكن رؤية هذه النقاط من مركز الكاميرا C1 وكما هو ملاحظ ستقع على خط واحد هو Epipolar Line وهذا ما نسميه شرط الهندسة الثنائية أو Epipolar Constraint.
هذا الشرط مفيد جداً لتسهيل عملية البحث عن النقطة ضمن مستوي الصورة الثاني المطابقة لنقطة ما في المستوي الأول، أي أننا بحاجة للبحث ضمن عدة نقاط أو شعاع 1D فقط وليس ضمن كامل الصورة 2D.

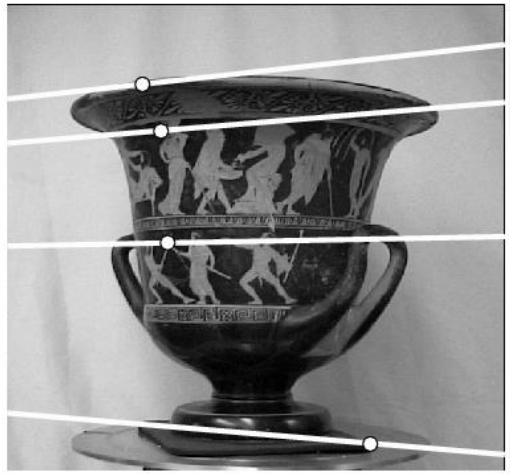


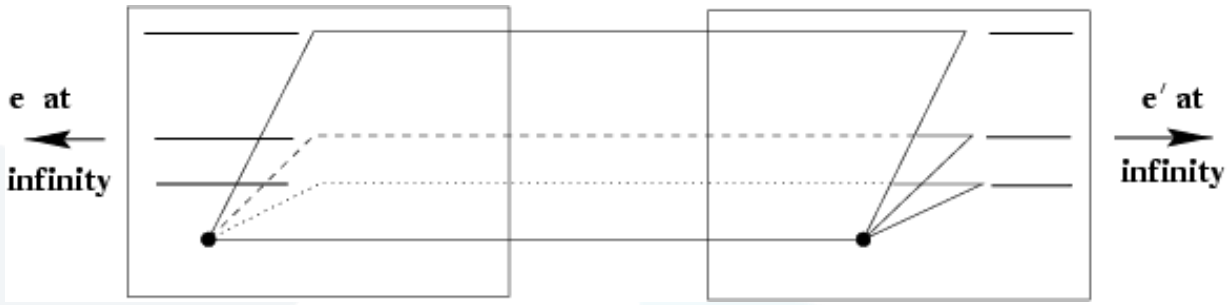


Epipolar Geometry: General Case
الهندسة الثنائية: الفكرة العامة

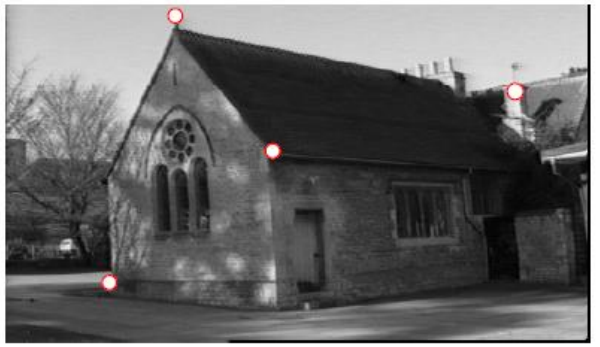


مثال عن حالة تقارب: الكاميرا الأولى والثانية متوضعتان بزاويتين مختلفتين بالنسبة للجسم والجسم موجود في المنتصف

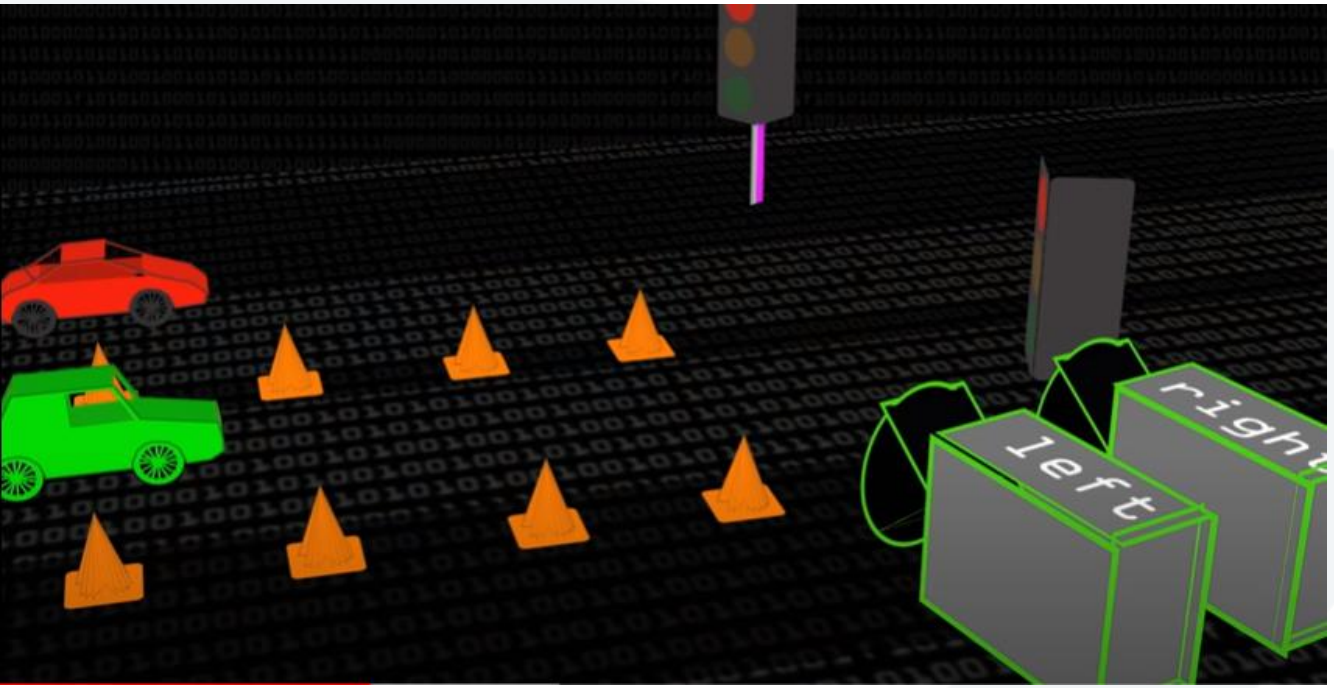


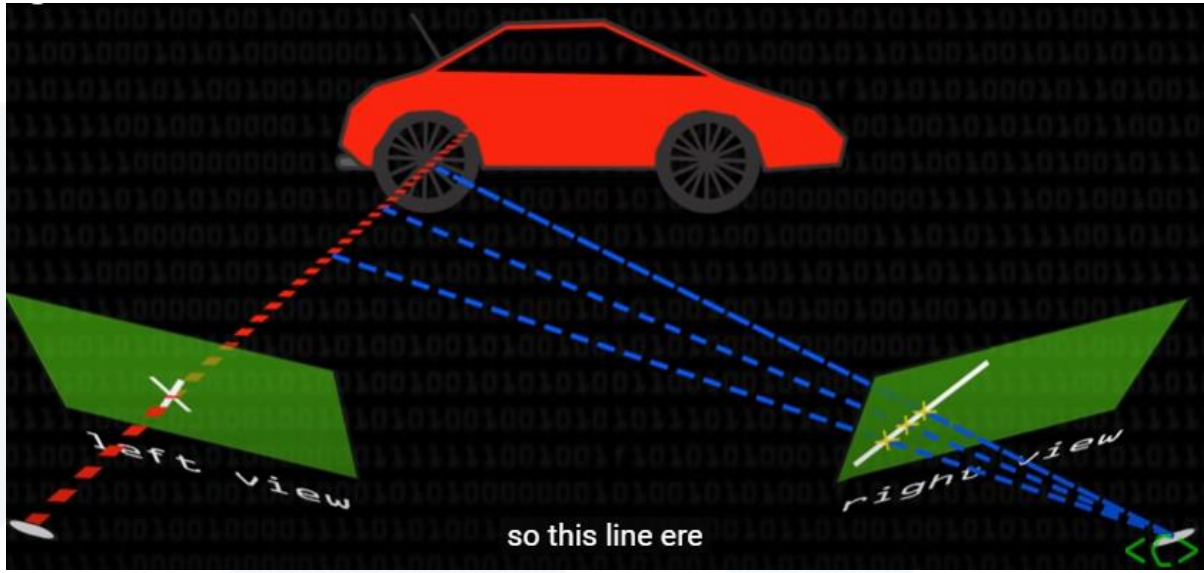


مثال عن حالة عدم تقارب: الكاميرا الأولى والثانية متوضعتان بشكل متوازي بالتالي لا تقارب ولا يمكن كشف النقاط المتقابلة



Epipolar Geometry Example
الهندسة الثنائية- مثال

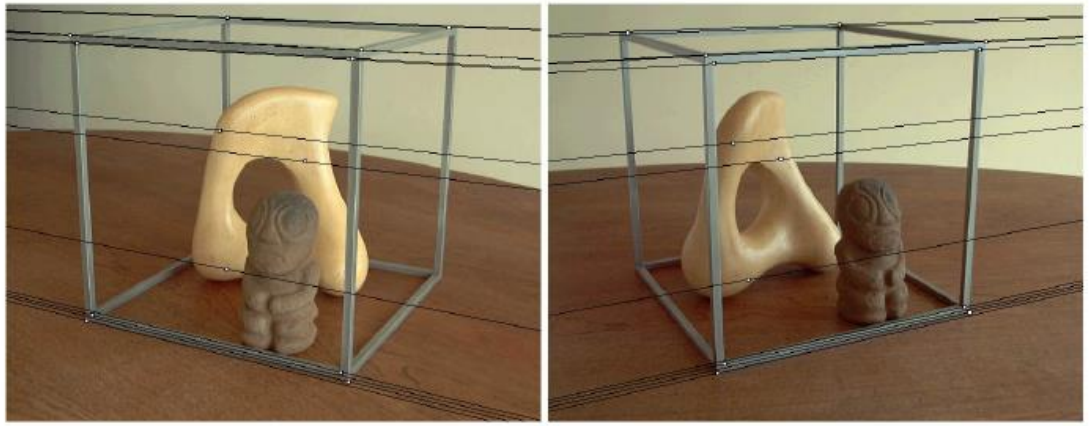




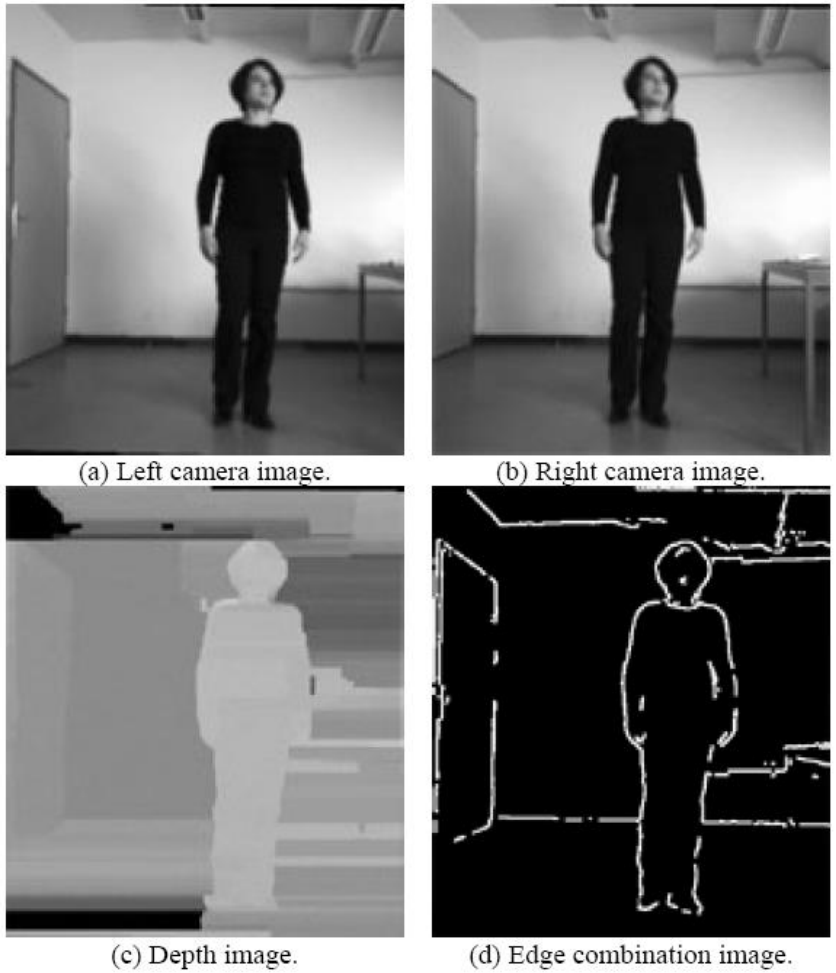
0vCsTpC2B7https://www.youtube.com/watch?v=O

مثال: إعادة بناء المشهد ثلاثي البعد لسيارات على طريق باستخدام كاميرتين موضوعتين أمام إشارة المرور

Stereo image rectification تصحيح: example



مثال تحسين التجزيء المعتمد على الحواف من خلال صورة العمق



(a) Left camera image. (b) Right camera image.

(c) Depth image. (d) Edge combination image.

Figure 3 Stereo video frames with computed depth map and edge combination result.

Edges in disparity in conjunction with image edges enhances contours found

Danijela Markovic and Margrit Gelautz, Interactive Media Systems Group, Vienna University of Technology

Correspondence problem مشكلة المطابقة

الفكرة أصبحت واضحة، لدينا مشهدان من كاميرتين مختلفتين نريد تخمين الموقع المقابل للنقطة في الكاميرا اليسارية ضمن الصورة الملتقطة من قبل الكاميرا اليمينية، نحتاج للبحث ضمن خط epipolar line.

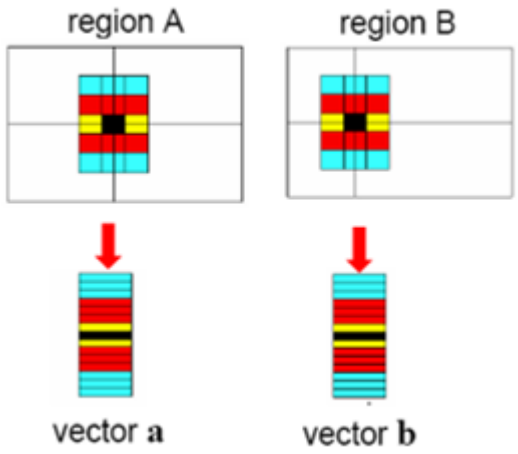
نقوم بأخذ نوافذ حول الخط ونحسب درجة التقارب، المشكلة أن النقاط المتجاورة متشابهة في السويات الرمادية.

Neighborhoods of corresponding points are similar in intensity patterns.

Source: Andrew Zisserman

Correspondence problem مشكلة المطابقة

subtract mean: $A \leftarrow A - < A >, B \leftarrow B - < B >$



Write regions as vectors

$$A \rightarrow \mathbf{a}, \quad B \rightarrow \mathbf{b}$$

$$NCC = \frac{\mathbf{a}.\mathbf{b}}{|\mathbf{a}||\mathbf{b}|}$$

$$-1 \leq NCC \leq 1$$

1. نحسب القيمة المتوسطة للنافذة A ضمن الصورة اليسارية. والقيمة المتوسطة للنافذة B ضمن الصورة اليمينية.

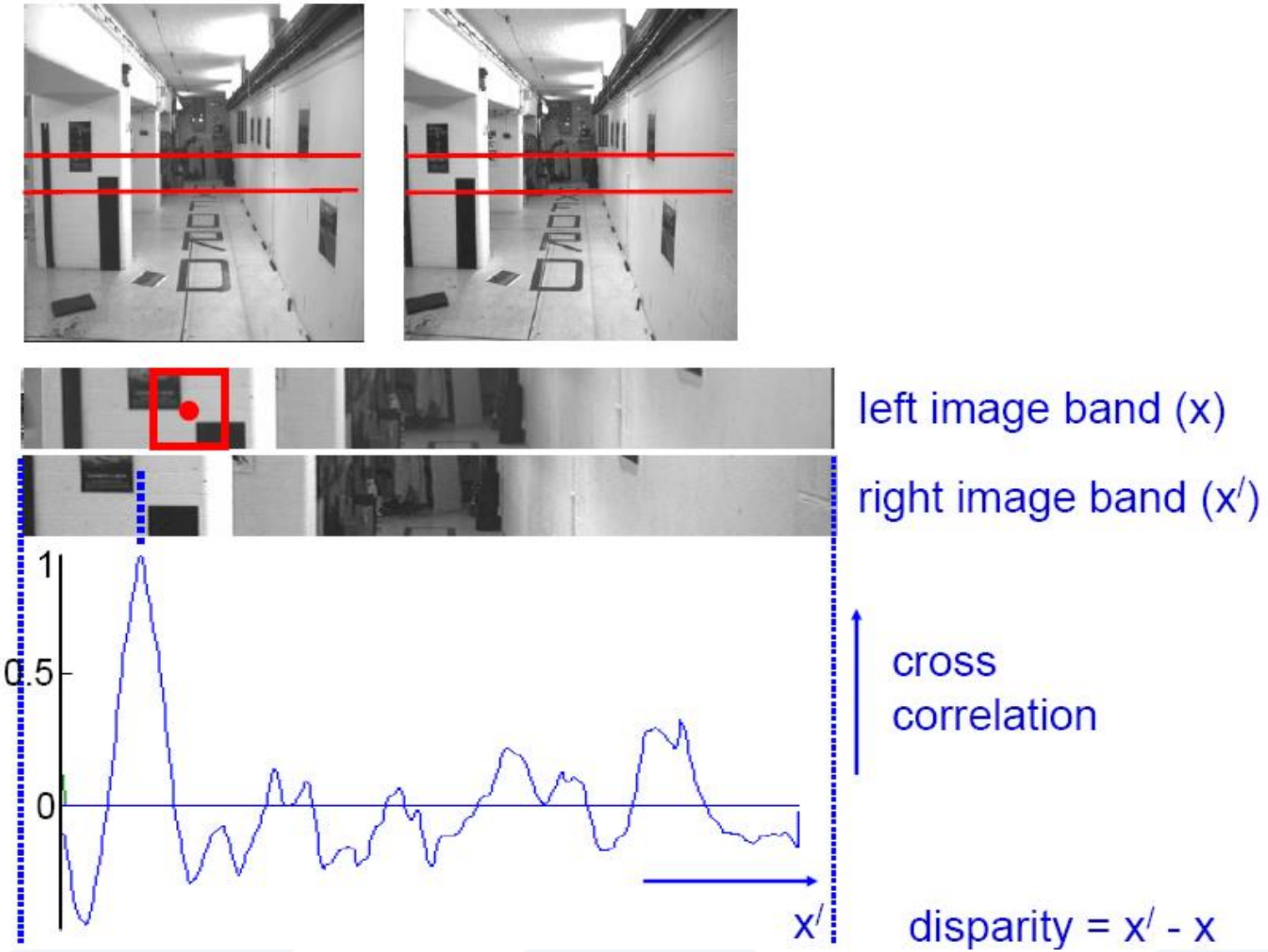
2. نطرح القيمة المتوسطة من النافذة

3. نحول النافذتين A,B إلى أشعة a,b

3. نحسب قيمة الترابط Nearest cross correlation NCC وفق العلاقة التالية

Source: Andrew Zisserman

Correspondence problem مشكلة المطابقة



Source: Andrew Zisserman