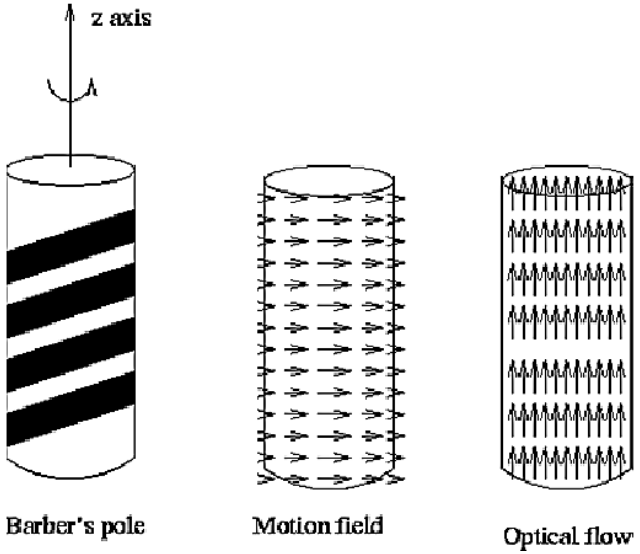
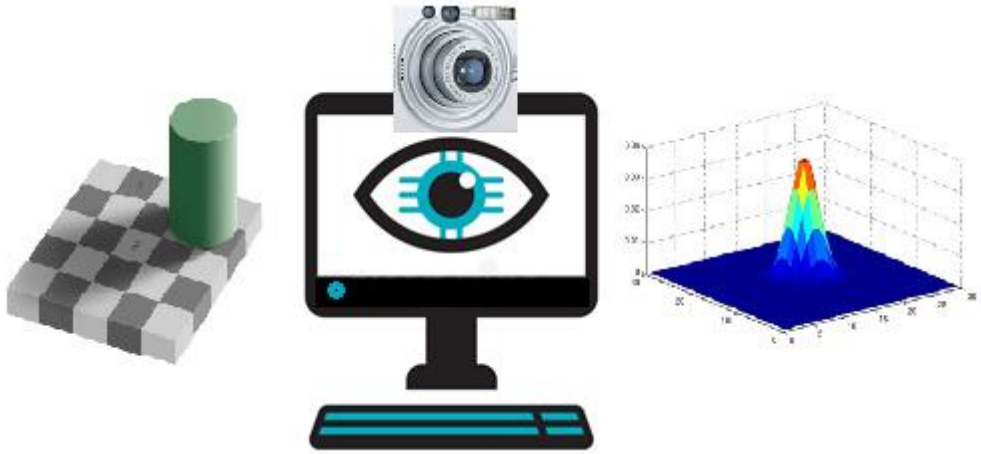




Computer Vision
Lecture 7
Motion & Optical Flow

Dr. Ali Mahmoud Mayya
Computer Science Dept.
AL Manara University, Syria
2024

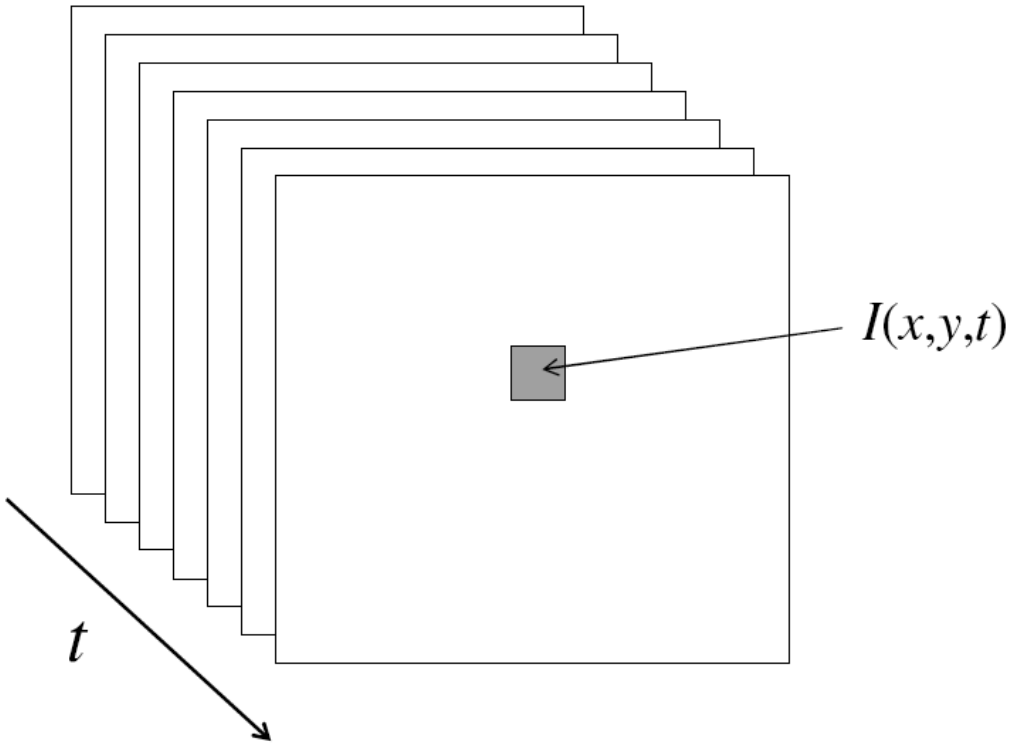
Topics

- Optical flow: estimating motion in video
- Background subtraction

- تخمين الحركة في الفيديو
- طرح الخلفية

Video

- A video is a sequence of frames captured over time
- سلسلة من الإطارات الملتقطة عبر الزمن.
- Now our image data is a function of space (x, y) and time (t)

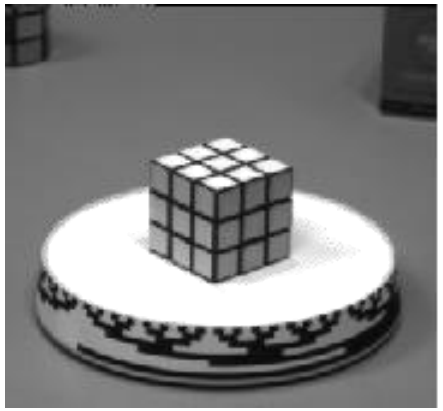


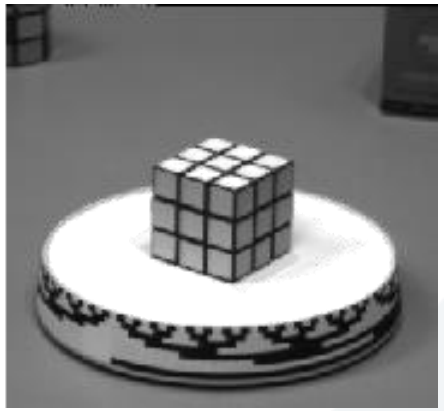
Motion Application

- Estimating 3D structure تخمين الأشكال ثلاثية الأبعاد
- Segmenting objects based on motion cues التجزيء بالاعتماد على الحركة
- Learning dynamical models تعليم النماذج الديناميكية
- Recognizing events and activities التعرف على الأحداث والأفعال
- Improving video quality (motion stabilization) تحسين جودة الفيديو

Motion Field

- The motion field is the projection of the 3D scene motion into the image
- حقل الحركة هو مسقط المشهد ثلاثي البعد على الصورة





Motion Field

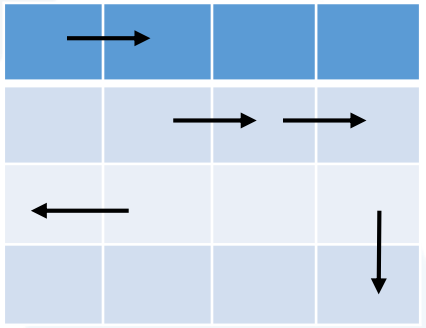
- The motion field is the projection of the 3D scene motion into the image
- حقل الحركة هو مسقط المشهد ثلاثي البعد على الصورة

1	0	0	0
0	1	1	0
0	1	0	1
0	0	0	0

Frame 0

0	1	0	0
0	0	1	1
1	0	0	0
0	0	0	1

Frame 1



Motion Field

Motion Field + Camera Motion

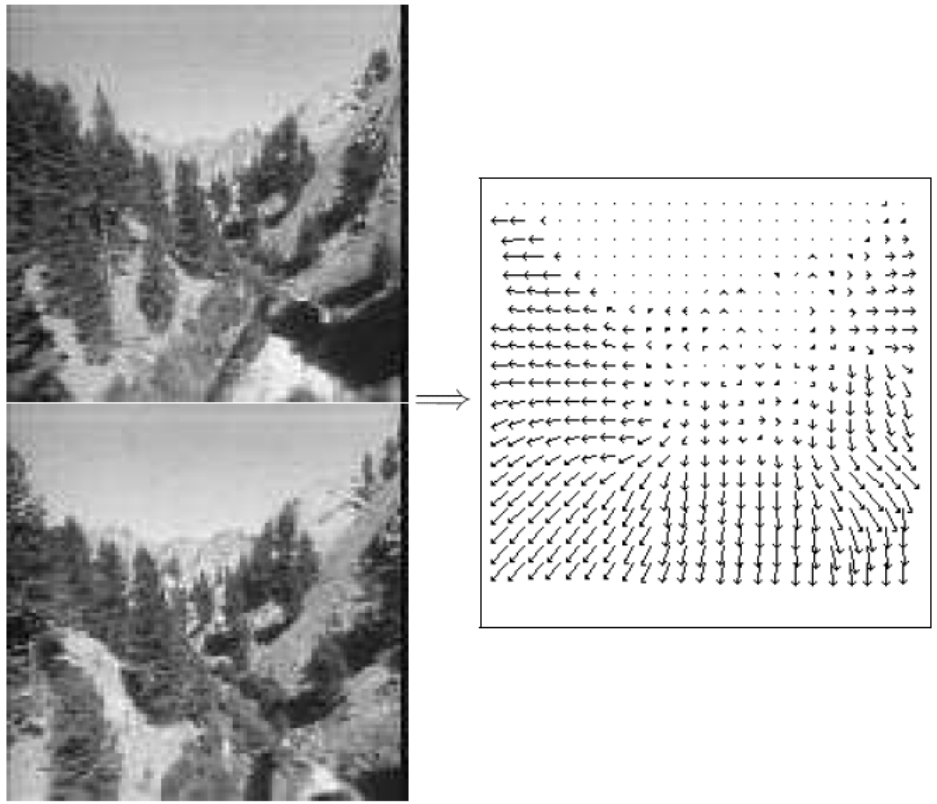
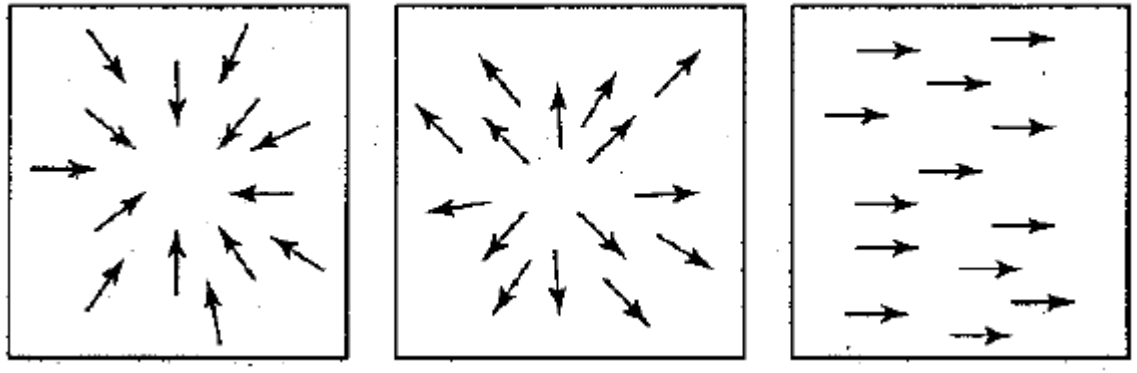


Figure 1.2: Two images taken from a helicopter flying through a canyon and the computed optical flow field.

- Length of flow vectors inversely proportional to depth Z of 3d point
- يتناسب طول أشعة تدفق الحقل **عكسياً** مع **العمق**.
- points closer to the camera move more quickly across the image plane
- النقاط الأقرب إلى الكاميرا تتحرك بشكل أسرع عبر مستوي الصورة (ذات شعاع تدفق أطول).



Zoom out **Zoom in** **Pan right to left**

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

- Direct methods الطرق الموجهة
  - Directly recover image motion at each pixel from spatio-temporal image brightness variations
    - تخمين حركة الصورة مباشرة في كل بكسل من خلال تغيرات الإضاءة المؤقتة المكانية.
  - Dense motion fields, but sensitive to appearance variations
    - حقول الحركة الكثيفة (حساسة للتغيرات في الشكل أو المظهر)
  - Suitable for video and when image motion is small
    - مناسبة لتخمين الحركة في الفيديو وعندما تكون الحركة في الصورة صغيرة.
- Feature-based methods الطرق المعتمدة على السمات
  - Extract visual features (corners, textured areas) and track them over multiple frames
    - استخلاص السمات البصرية (الزوايا، النسيج) وتعقبها خلال الإطارات المتعددة.
  - Sparse motion fields, but more robust tracking
    - حقول الحركة متناثرة ومتباعدة وليست كثيفة.
  - Suitable when image motion is large (10s of pixels)
    - مناسبة في حال الحركة في الصورة كبيرة (عشرات البكسلات)

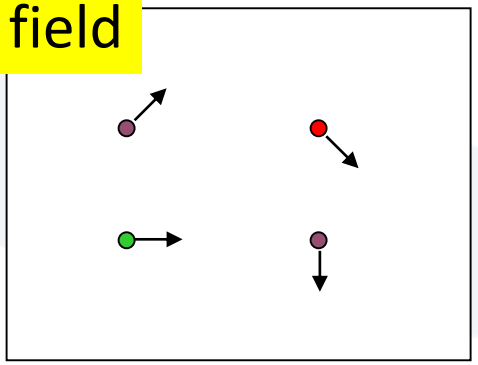
Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Optical flow and motion field

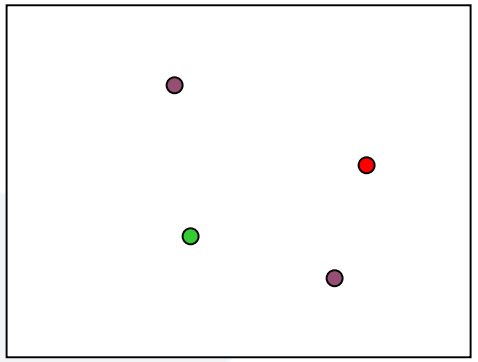
- Definition: optical flow is the *apparent* motion of brightness patterns in the image.
- التعريف: التدفق الضوئي هو الحركة الظاهرة لنماذج الإضاءة في الصورة.
- Ideally, optical flow would be the same as the motion field
- في الحالة المثالية، التدفق الضوئي يكون تماماً مثل حقل الحركة.
- Have to be careful: apparent motion can be caused by lighting changes without any actual motion
- يجب الحذر، الحركة الظاهرة يمكن أن تحدث من خلال التغيرات الضوئية بدون أي حركة فعلية في المشهد.

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Optical flow and motion field



$H(x, y)$



$I(x, y)$

كيفية تخمين حركة البكسل من الصورة H إلى الصورة I

- لحل مشكلة البكسلات المتقابلة، بفرض لدينا بكسل في الصورة H نبحث عن البكسلات القريبة والتي تملك ذات اللون في الصورة I.
- الاعتبارات الأساسية Key assumptions:
  - **ثبات اللون Color constancy**: يبدو البكسل في الصورة H تماماً كما هو في الصورة I وفي الصور الرمادية نستخدم مصطلح **ثبات الإضاءة**.
  - **الحركة الصغيرة Small Motion**: لا تتحرك النقاط (البكسلات) بعيداً جداً عن مكانها الأساسي.

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

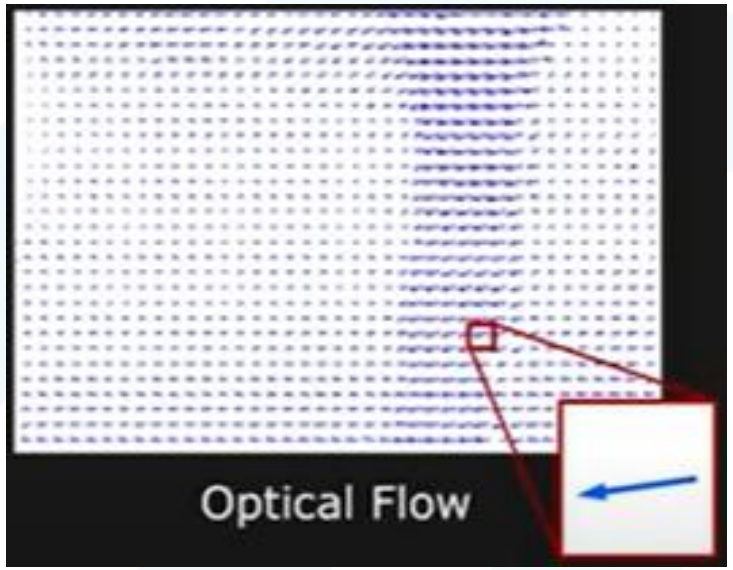
Optical flow and motion field

ثبات اللون +

الحركة الصغيرة

هنا

Optical flow= motion field



نأخذ منطقة محددة ونقارن فيها الصورتين ونرسم حقل الحركة

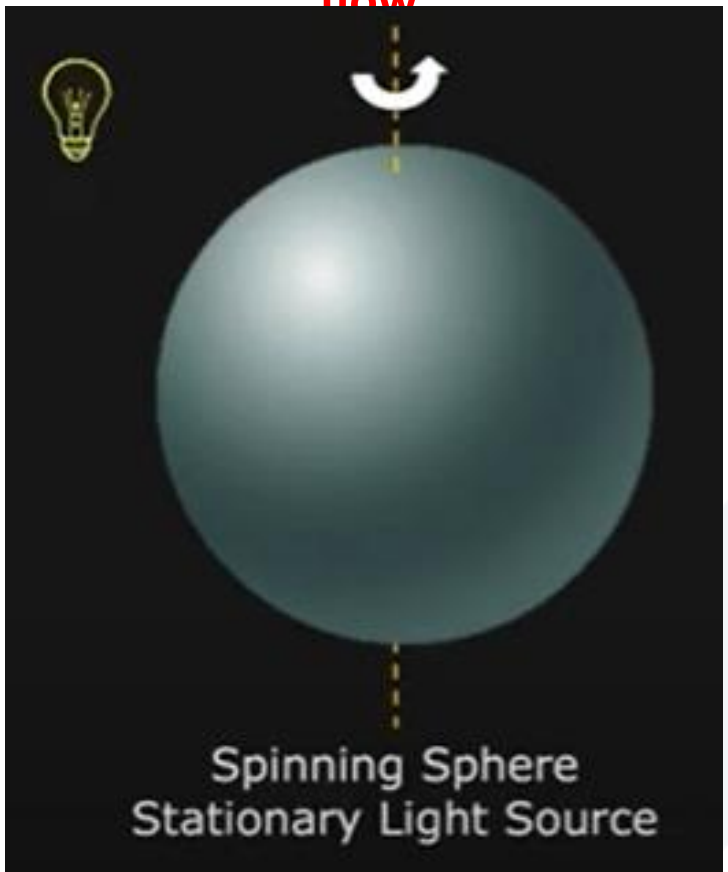
Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Optical flow and motion field

مثال مختلف:

هنا يوجد حقل حركة motion field

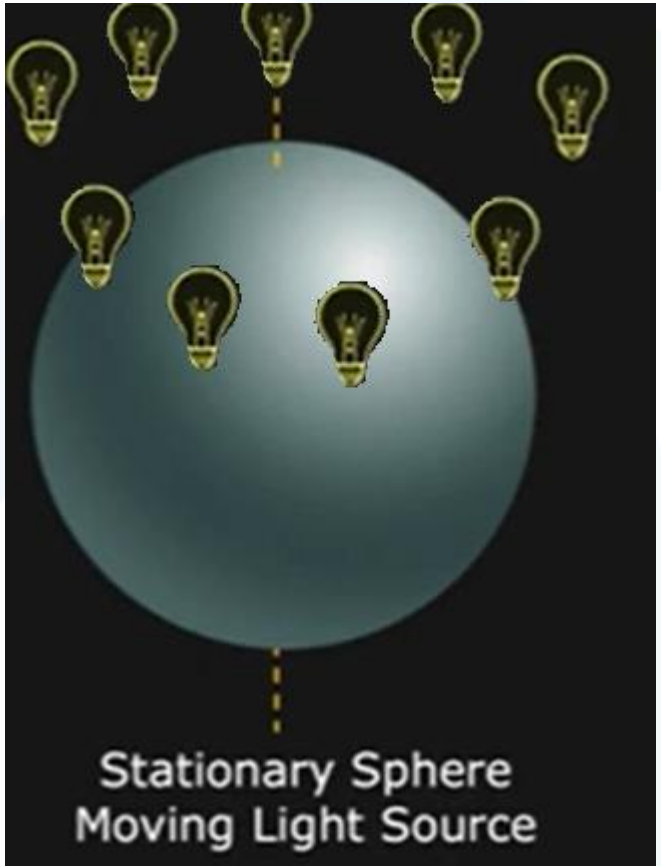
لكن لا يوجد تدفق ضوئي No Optical flow



مثال مختلف:

هنا لا يوجد حقل حركة no motion field

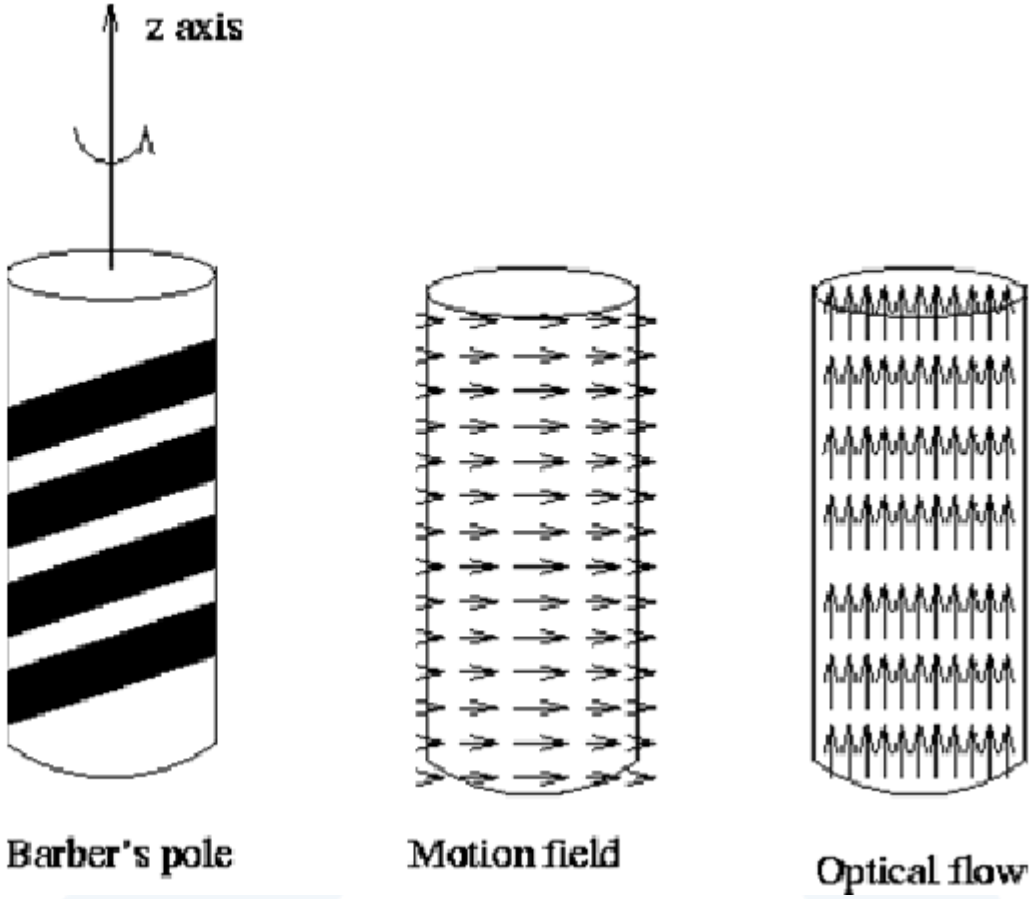
لكن يوجد تدفق ضوئي Optical flow



Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

مشاكل Optical flow
مشكلة عدم التطابق بين حقل الحركة والتدفق الضوئي
(مشكلة Barber’s Pole)

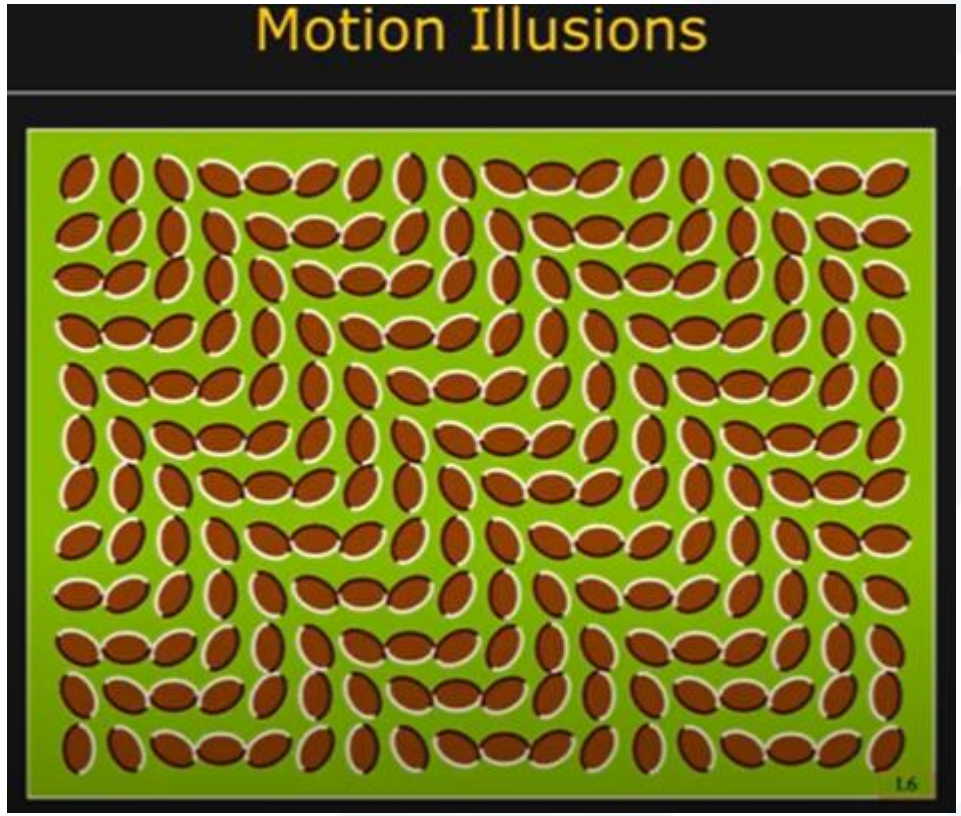
التدفق الضوئي لا يطابق دوماً حقل الحركة
http://en.wikipedia.org/wiki/Barberpole_illusion

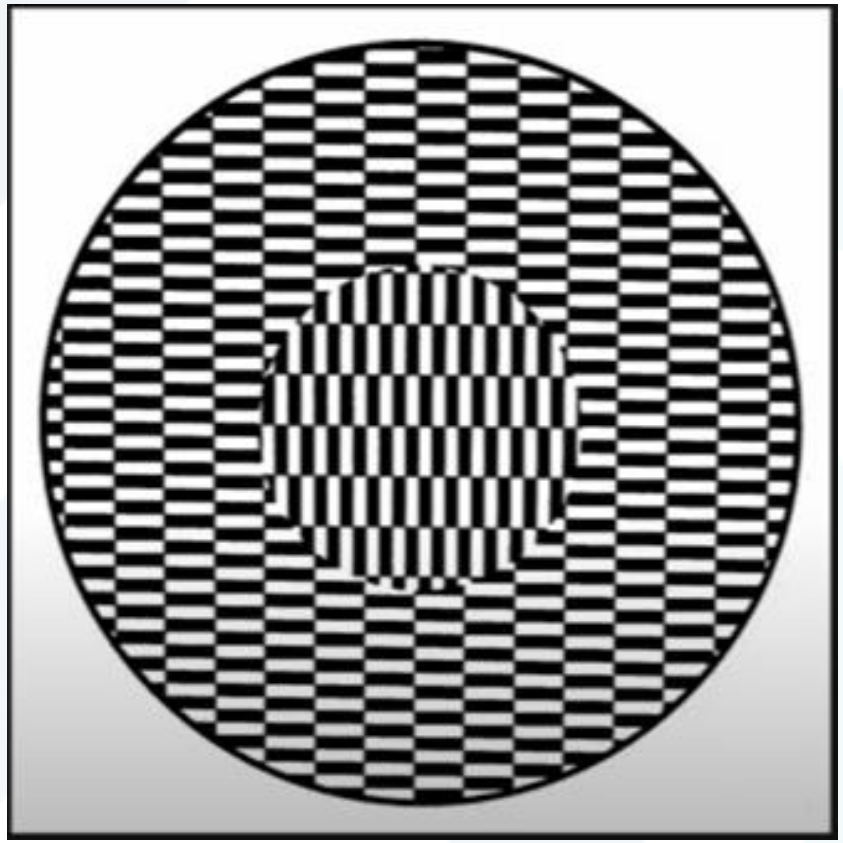


حقل الحركة أفقي لكن التدفق الضوئي يبدو باتجاه الأعلى (وهم بصري)

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Can you see the motion field?





Motion estimation techniques تطبيقات تخمين الحركة

Optical flow and motion field

Example use of optical flow:
Motion Paint
أمثلة عن استخدام تدفق الضوء: الرسوم المتحركة

Use optical flow to track brush strokes, in order to animate them to follow underlying scene motion

استخدام تدفق الضوء لتحويل حركات المشهد إلى رسوم متحركة من خلال تعقب حركات المشهد

Motion estimation techniques تطبيقات تخمين الحركة

Optical flow and motion field

Crowd Analysis تحليل الحشود

Motion estimation techniques تطبيقات تخمين الحركة

Optical flow and motion field

Camera Mouse

اختيار جزء الوجه المراد تعقب حركته كMouse للكومبيوتر

↓

استخدام نافذة بأبعاد 15*15 بكسل للمنطقة المختارة من الوجه وتخزينها كقالب أصلي للمقارنة معه لاحقاً (لنسميه مثلا T)

↓

التقاط الصورة التالية والبحث ضمن نوافذ 15*15 ضمن الصورة الجديدة عن أقرب تطابق مع القالب الأصلي T ذو الأبعاد 15*15 وتخزين إحداثيات التطابق ضمن X_n و Y_n

↓

تحريك mouse الكومبيوتر إلى الأبعاد (x_n,y_n) الجديدة

كرر

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

- Direct methods الطرق الموجهة
  - Directly recover image motion at each pixel from spatio-temporal image brightness variations
    - تخمين حركة الصورة مباشرة في كل بكسل من خلال تغيرات الإضاءة المؤقتة المكانية.
  - Dense motion fields, but sensitive to appearance variations
    - حقول الحركة الكثيفة (حساسة للتغيرات في الشكل أو المظهر)
  - Suitable for video and when image motion is small
    - مناسبة لتخمين الحركة في الفيديو وعندما تكون الحركة في الصورة صغيرة.

- **Feature-based methods الطرق المعتمدة على السمات**
  - Extract visual features (corners, textured areas) and track them over multiple frames
    - استخلاص السمات البصرية (الزوايا، النسيج) وتعقبها خلال الإطارات المتعددة.
  - Sparse motion fields, but more robust tracking
    - حقول الحركة متناثرة ومتباعدة وليست كثيفة.
  - Suitable when image motion is large (10s of pixels)
    - مناسبة في حال الحركة في الصورة كبيرة (عشرات البكسلات)

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Background Subtraction

$\Rightarrow$

- الهدف: تحديد مناطق المقدمة Foreground في صورة ما.
- المجالات:
  - تستخدم في تعقب السيارات على الطريق Car Tracking من أجل مراقبة السيارات Traffic monitoring
  - التعرف على حركات الإنسان Human action recognition
  - التفاعل بين الإنسان والحاسب Human-Computer Interaction
  - تعقب الأجسام Object Tracking

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Background Subtraction

- **طريقة طرح الخلفية Frame Difference (فرق الإطارات):**
- تخمين الخلفية عند زمن t-1
- طرح الخلفية المخمنة من الصورة الأصلية (الإطار الأساسي)
- تعتيب ناتج الطرح بعتبة Th للحصول على Foreground mask.

$$B(x,y,t) = I(x,y,t-1)$$

$$\Downarrow$$

$$|I(x,y,t) - I(x,y,t-1)| > Th$$

$|$ $-$ $| > Th$

Slide credit: Birgi Tamersoy

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Background Subtraction

Frame Differencing

$Th = 25$

$Th = 50$

$Th = 100$

$Th = 200$

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Background Subtraction

- **طريقة القيمة المتوسطة Mean Filter:**
- تخمين الخلفية من خلال أخذ **متوسط** عدة صور (n صورة).
- طرح ناتج التنعيم من الإطار الأصلي بالقيمة المطلقة
- تعتيب ناتج الطرح

$$B(x,y,t) = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} I(x,y,t-i)$$

$$\Downarrow$$

$$\left|I(x,y,t) - \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} I(x,y,t-i)\right| > Th$$

- For $n = 10$:

Estimated Background

Foreground Mask

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Background Subtraction

- **طريقة الوسيط Median Filter:**
- تخمين الخلفية من خلال أخذ وسيط عدة صور (n صورة).
- طرح ناتج التنعيم من الإطار الأصلي بالقيمة المطلقة
- تعتيب ناتج الطرح

$$B(x,y,t) = median\{I(x,y,t-i)\}$$
$$\Downarrow$$
$$|I(x,y,t) - median\{I(x,y,t-i)\}| > Th \text{ where } i \in \{0,\ldots,n-1\}.$$

- For $n = 10$:

Estimated Background

Foreground Mask

Slide credit: Birgi Tamersoy

Motion estimation techniques تقنيات تخمين الحركة

Background Subtraction

الصورة الأصلية

الصورة المتوسطة

=

ناتج Background Subtraction