

运动估计

——光流(I)

卢锡群博士
计算机科学学院
浙江大学

提纲

- 光流（像素级）

- 什么是光流？
- Lucas-Kanade算法 [2]
- 霍恩-舒克算法(HS) [3]

- 块级

- BMA原理
- 全搜索方案
- 三步搜索[4]
- 新的三步搜索[5]
- 四步搜索[6]
- 菱形搜索方案[7]

提纲

- 光流（像素级）

- 什么是光流？

- Lucas-Kanade算法

[2]

- 霍恩-舒克算法(HS)

[3]

- BMA（块级）

- BMA原理

- 全搜索方案

- 三步搜索[4]

- 新的三步搜索[5]

- 四步搜索[6]

- 菱形搜索方案[7]

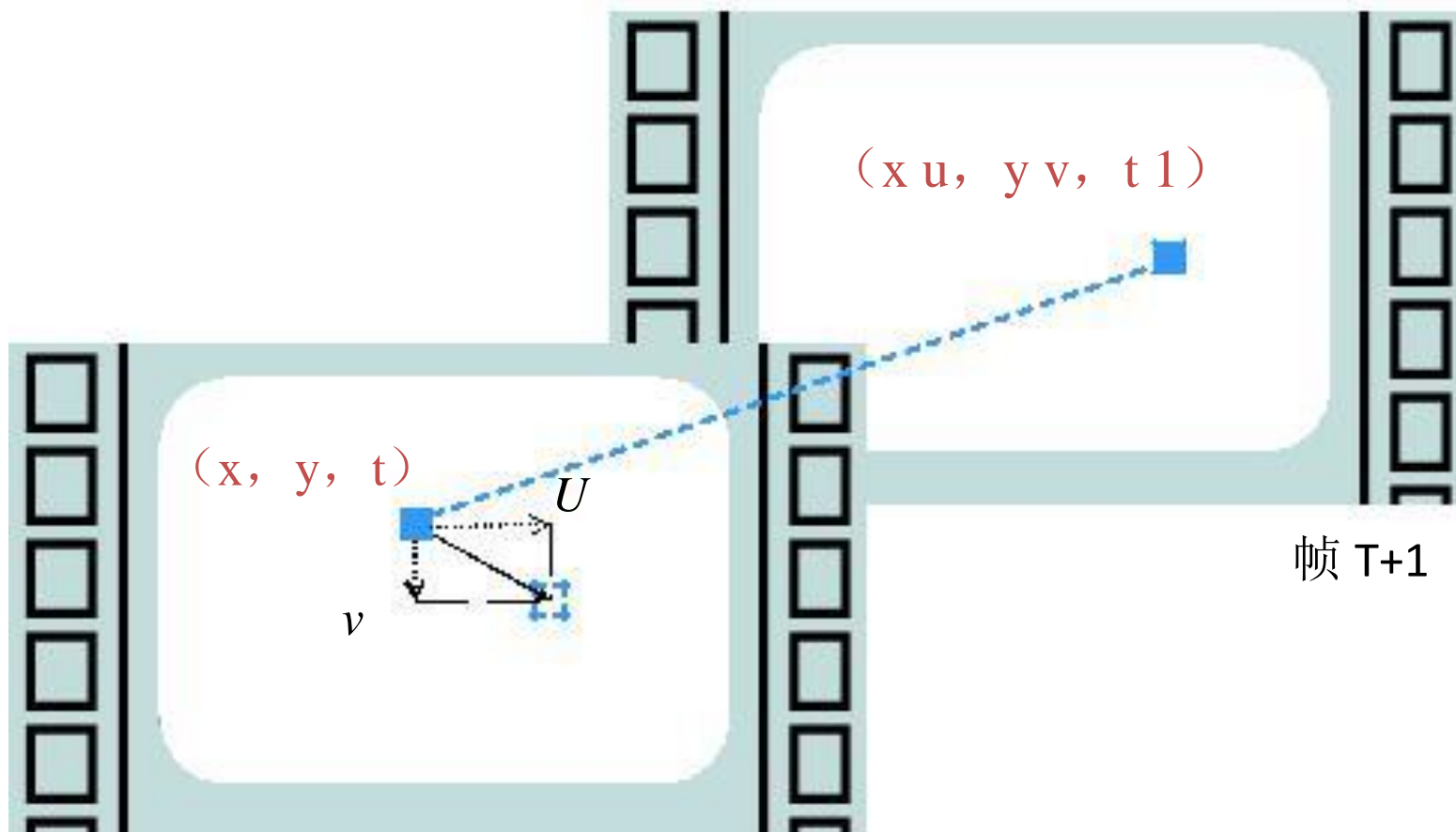
Lucas-Kanade的关键假设[2]

- 亮度恒定:同一点的投影在每一帧中看起来都一样
- 小运动:点移动不很快
- 空间连贯性:点像它们的邻居一样移动

[2] “一种迭代图像配准技术及其在立体视觉中的应用”，载于《人工智能国际联合会会议论文集》，第674-679页，1981年。

亮度恒常性

$$I(x_u, y_v, t_1) I(x, y, t)$$



框架 t

亮度常数

- 后续帧中图像对象的颜色或强度值不随时间变化。

	Y	T	
我 (X	这是	这是	
这是一个非常	一个重要	一个重要	
重要的问题	的问题	的问题) 这是一个
这是一个非常	题 这	题 这	非常重要的
重要的问题	是一个非	是一个非	问题
	常重	常重	我 (X,
	x	y	Y, T)

$$T$$
[illegible]

I (

这是一个 ~~成~~ 这这是一个 ~~成~~
非常重要 ~~成~~ 是非常重要的 ~~成~~
 的问题 ~~我~~ 一 的问题 ~~我~~ 一

$$\frac{(X, Y \not\vdash \uparrow (X, Y \not\vdash \uparrow \\ , T) \not\vdash \text{非}}{, T) \not\vdash}$$

这是一个非常重要的问题

$$= 0$$

Y
 X, Y
 $, T)$
这是
一个
非常
重要
的问
题 T

-光流约束（对于灰度图像）为

U	v	
这	这	这
是	是	是
一	一	一
个	个	个
非	非	非
常	常	常
重	重	重
要	要	要
的	的	的
问	问	问
题	题	题
\neq_x 我	\neq_y 我	$\neq_t 0$

要的问题
 T

的问题
 T

如何为一个像素得到更多的方程？

- 空间相干约束

- 假设像素的邻居具有相同的 (u, v)

- 例如，如果我们使用一个 **5-5** 的窗口，那就给出了 **25** 个方程（窗口中的每个像素都有一个方程）

$$\begin{bmatrix} I_x(\mathbf{p}_1) & I_y(\mathbf{p}_1) \\ I_x(\mathbf{p}_2) & I_y(\mathbf{p}_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(\mathbf{p}_{25}) & I_y(\mathbf{p}_{25}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} I_t(\mathbf{p}_1) \\ I_t(\mathbf{p}_2) \\ \vdots \\ I_t(\mathbf{p}_{25}) \end{bmatrix}$$

Lucas-Kanade算法(LK)[1]

- 超定线性系统

$$\begin{bmatrix} I_x(p_1) & I_y(p_1) \\ I_x(p_2) & I_y(p_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(p_{25}) & I_y(p_{25}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} I_t(p_1) \\ I_t(p_2) \\ \vdots \\ I_t(p_{25}) \end{bmatrix}$$

广告b

(25 2) (2 1) (25 1)

- 的最小二乘解 **d** 这是一个非常重要的问题

最小 **AD** 这是一个非常

重要的问题

$$\mathbf{d} \parallel \mathbf{b}^2_2$$

Lucas-Kanade算法(LK)[1]

- d的最小二乘解

最小
 d

AD 这
是一个非
常重的
问题 b

2

2

这是一个非问的非常题
是重(一个的
这常题是重**b)**

T

(AD
这是一个非
常重要的
问题 b)

$$(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b}$$

这是一个非常重要的问题 我_X 我_Y

[illegible]

目要白

要的问题
的问题
这是一个非常重要
的问题

是

在最佳状态

求和覆盖本地窗口中的所有像素。

可解性条件

这是一个非常重要的

是个常要问我_X

这是一个非常重要的

这是一个非常重要的

这是一个非常重要的

这是一个非常重要的

是个常要问我_X

这是一个非常重要的

是个常要问我_X

这是一个非常重要的

这是一个非常重要的

问题

问题

问题 U

这是一个非常重要的

问题

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题

是个常要问题
这一非重的

是个非问题
这是一个常要

这是一个

这是一个非常重要的

问题这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的

是个常要问我^Y

这是一个非重的题我^X

这是一个非常重要的问题这是一个非常重要的问题这是一个非常重要的问题

一个非常重要的问题是

题^我_Y我^我_Y这是重要的
一个非常重要的问题^我_Y
问题这是一个
非常重要的
问题

题 Y T 这是一个非常重要的问题

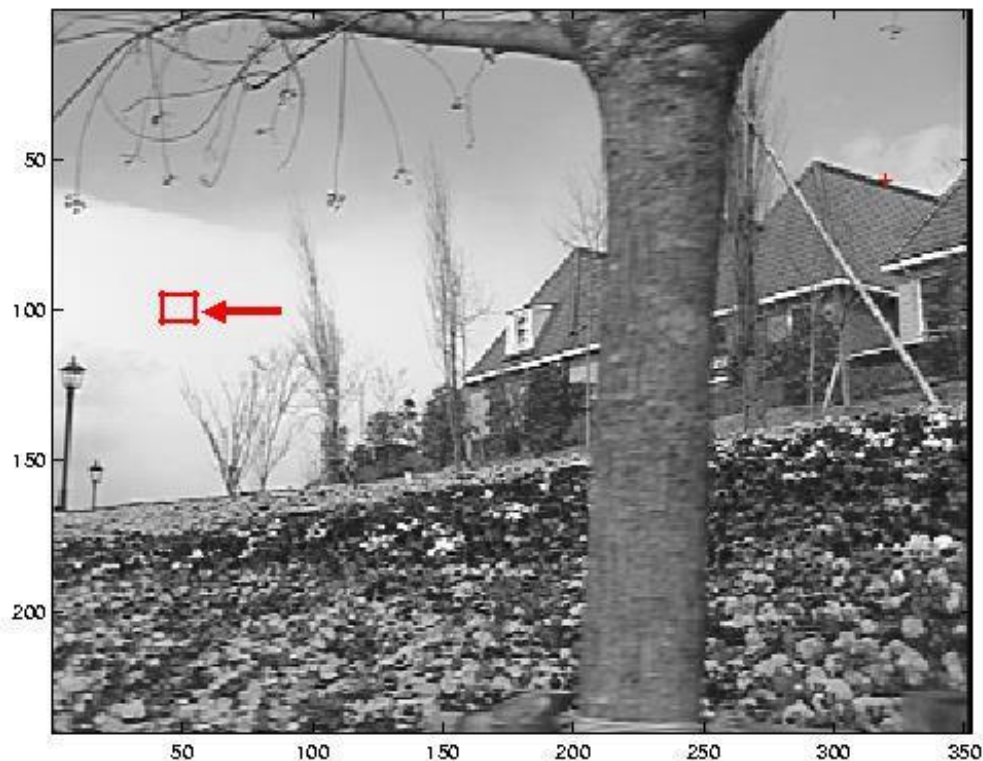
$$\begin{matrix} T \\ \mathbf{A} \mathbf{A} \end{matrix}$$

d

T
A b

- 这个什么时候可以解决？
 - ATA 应该是可逆的
 - ATA 不能太小，因为有噪音
 - ATA的特征值1和2不能太小
 - ATA 应处于良好状态
 - $1/2$ 不应太大（ 1 =较大特征值）

平坦区域



A测试A

-梯度的幅度较小

-小 1, 小 2

边缘



T
a a

- 梯度非常大或非常小
- 大 1, 小 2

高纹理区域



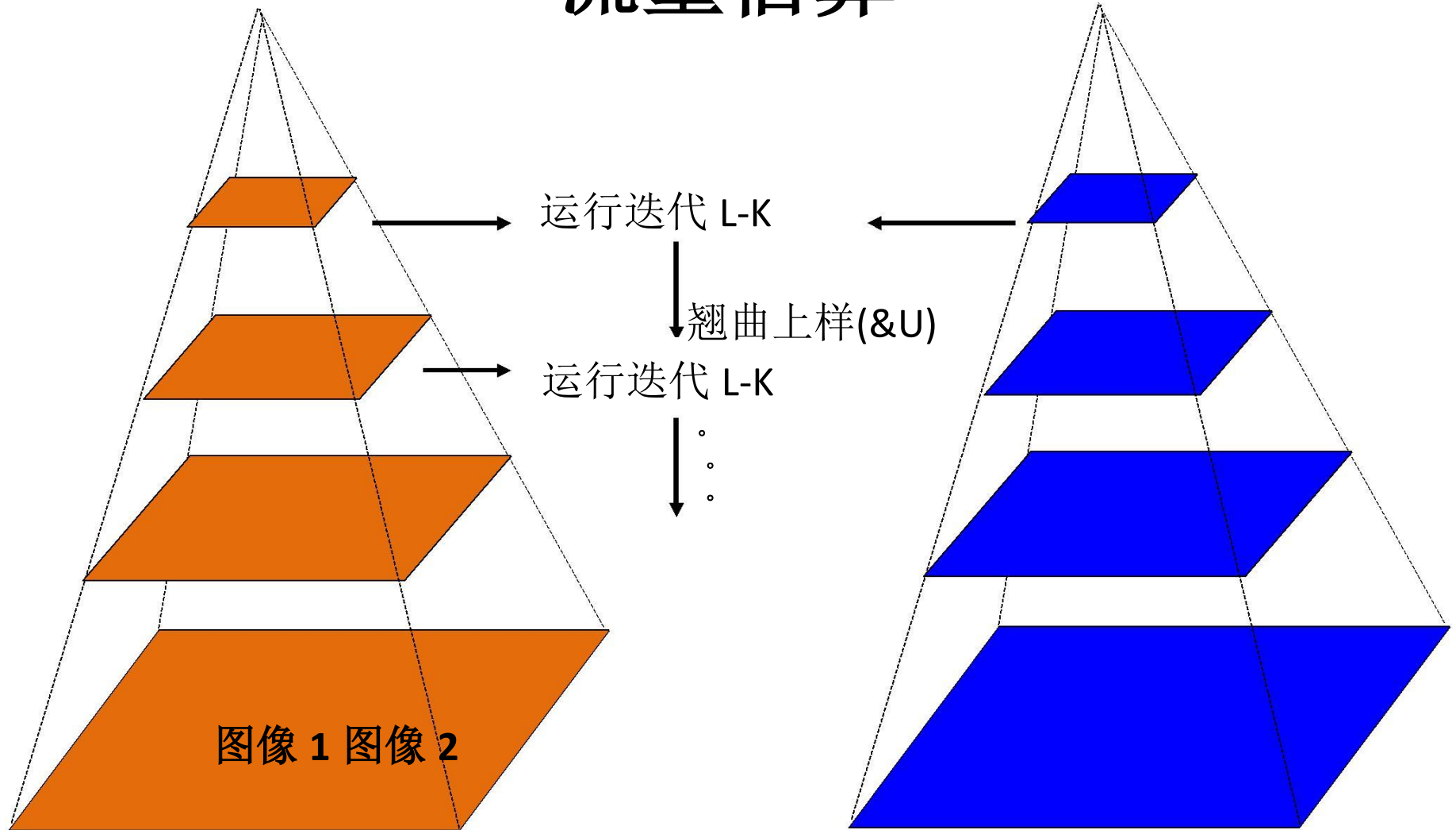
A测试A

- 梯度不同，幅度较大
- 大 1，大 2

Lucas-Kanade算法中的错误

- 当假设被违反时
 - 亮度恒常性不满足
 - 梯度恒常性
 - 动作不小
 - 用一种由粗到细的分层方法估计光流
 - 一个点不像它的邻居一样移动
 - 本地分析窗口的理想大小是多少？

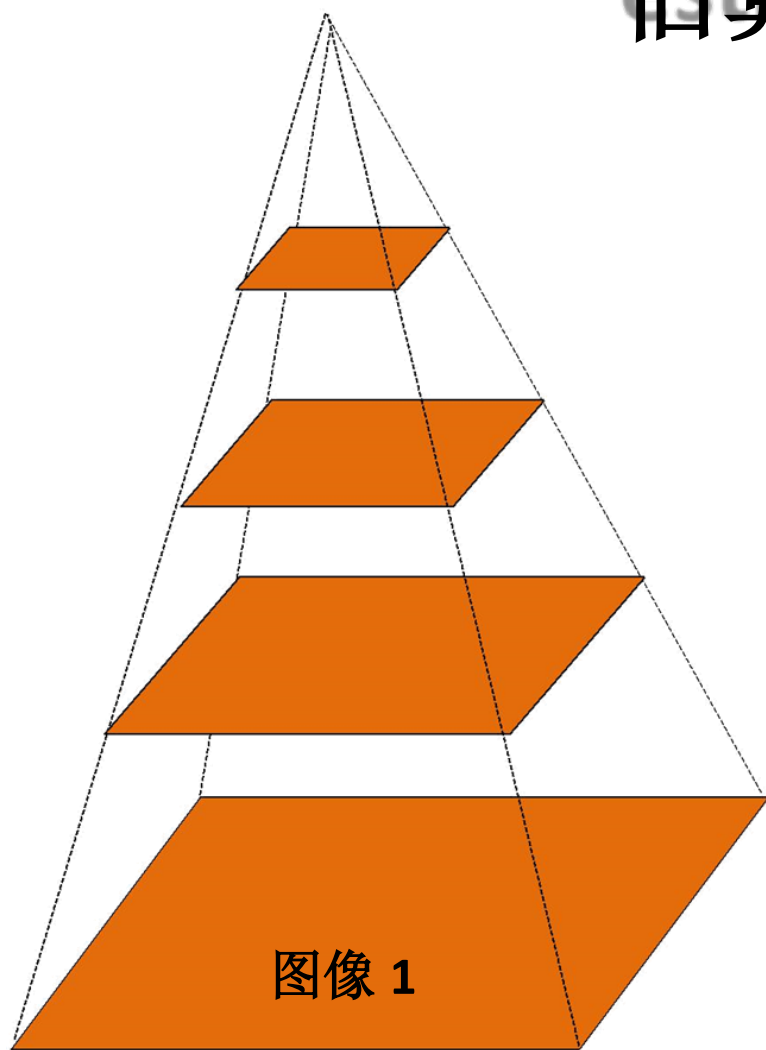
粗-细分层光学 流量估算



图像 1(t)的高斯金字塔 图像 2($t+1$)的高斯金字塔

Coarse-to-fine optical flow estimation

粗细光流估算

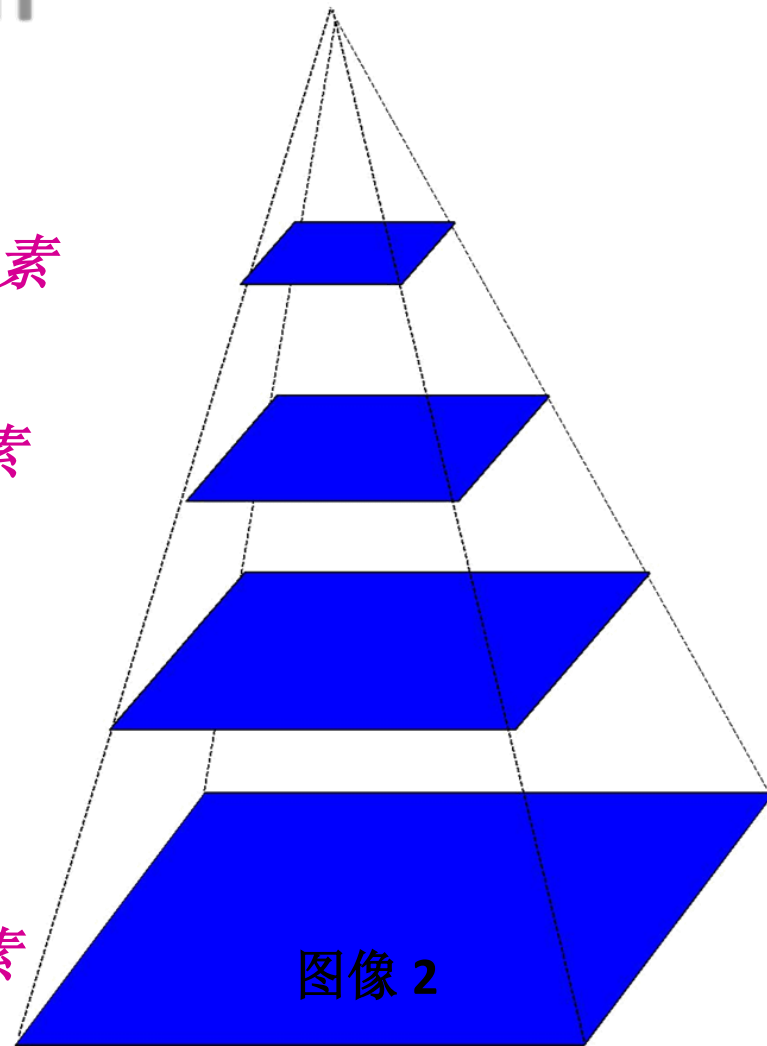


$u=1.25$ 像素

$u=2.5$ 像素

$U=5$ 像素

$U=10$ 像素



图像 1 高斯金字塔 图像 2 的高斯金字塔

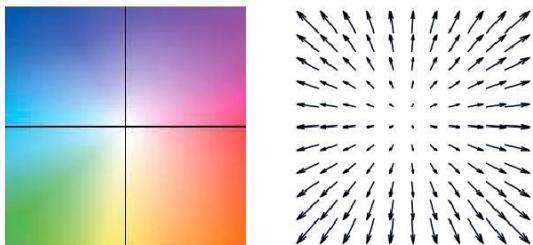
示例



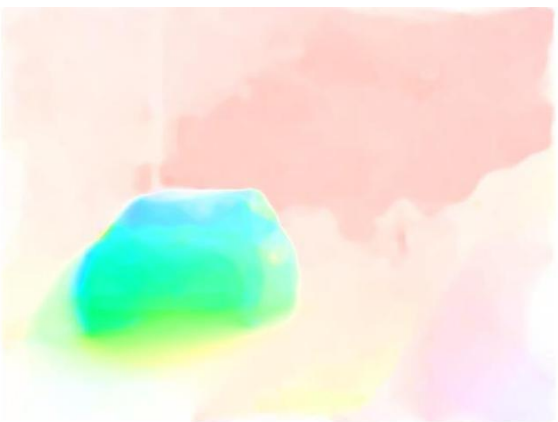
输入两帧



粗到精 LK



流动显示



具有中值滤波的粗到精 LK



参考文献

- [1]G.Johansson, “生物运动的视觉感知及其分析模型”, 《感知与心理物理学》, 第14卷, 201-211, 1973。
- [2]B.Lucas和T.Kanade, “一种迭代图像配准技术及其在立体视觉中的应用”, 载于Proc. 国际联合会议。《人工智能论》, 674-679页, 1981年。
- [3]B.Horn和B.Schunck, “
- [4] T. Koga, K. Iinuma, A. Hirano, Y. Iijima, and T. Ishiguro, “Motion compensated interframe coding for video conferencing,” Proceedings of national Telecommunications conference, New Orleans, LA, pp.G5.3.1–G5.3.5, Dec. 1981.
- [5] R. Li, B. Zeng, and M. L. Liou, “A new three-step algorithm for block motion estimation,” IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, 4(4): 438-442, 1994.
- [6] L.-M. Po and W.-C. Ma, “A novel four-step search algorithm for fast block motion estimation,” IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, 6(3): 313-317, 1996.
- [7] S. Zhu and K.-K. Ma, “A new diamond search algorithm for fast block-matching motion estimation,” IEEE Trans. On Image Processing, 9(2): 287-290, 2000.

Thank You!

Dr. Xigun Lu

xqlu@zju.edu.cn