

# 运动估计

## ——光流(II)

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]

- 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]

# 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]

# Horn-Schunck算法[3]

- HS算法的基本假设分片光滑流场
  - 但是流场在场景中物体的边界处具有不连续性
- 将光流约束嵌入到正则化框架中

$$e_{HS}(U, v) = \sum_x \sum_y \left( \frac{1}{2} (u_x - v_y)^2 + \lambda (u_x - u_{x-1})^2 + \lambda (u_x - u_{x+1})^2 + \lambda (v_y - v_{y-1})^2 + \lambda (v_y - v_{y+1})^2 \right)$$

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

亮度恒常性

2 题 题

这是一个非常重要的题 这是一个非常重要的

这是一个非常重要的问题

## 空间相干性

2 趣趣趣  
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

$\begin{matrix} 2 \\ \text{这是一个} \\ \text{非重} \\ \text{的} \\ \text{问题} \end{matrix}$ 
 $\begin{matrix} 2 \\ \text{这是一个} \\ \text{非重} \\ \text{的} \\ \text{问题} \end{matrix}$

要的问题

非常重  
要的问题

要的问题

非常重  
要的问题

要的问题  $v$

这是一个非常重要的

这是一个非常重要的问题

$x$

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这是一个非常重要的问题  $Y$  这是一个

非常重  
要的问题

非常重  
要的问题

要的问题  $U$

这是一个非常重要的问题这是一个非常重要的问题

问题  $Y$  这是一个非常重要的

非常重要的问题

非常重要的问题



| |

| |

问  
题

# 二维欧拉拉格朗日

- 二维欧拉拉格朗日:泛函

$$S L (x, y, f, f x, f y) d x d y$$

这是一个非常重要的问题

仅当f  
方程式

## 满足偏微分

这是一个非常重要的问题

$$\frac{l}{l} \text{送 } U, \quad , \quad , \quad f$$

- 在<sup>个</sup>号角声中

路2常ξυ I ψ ω I τ I ξ

## 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  
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

非常  
重要  
的问  
题

---

$f$

这是一个非常重要的问题 2 这是一个非常重要的问题

问题  $l$  的问  
 题  $U$   
 这是一个非常重要的问题  
 $\frac{U}{U_X}$



# 线性偏微分方程

•Horn-Schunck 的欧拉-拉格朗日偏微分方程为

[illegible]

这是一个非常重要的问题

**7**

$U$  这是一个非常重要的问题（我我

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  
(v

这是一个非常重要的问题  
v

$$X$$

*T*

$U$  这是一个非常重要的问题我

这是一个非常重要的问题)

•  $U_{xx}$  和  $u_{yy}$  可以通过拉普拉斯算子获得:

这是0是0是

## 题 1

这是

# 题 1

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。

这是一个非常重

重要的问题 1

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

## 要的问题 1

足这是一个非常重要的问题

- 最后，我们求解了一个大型线性方程

这是一个非常重要的问题  $x_t$  这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题  $U$  这是一个非常

这是一个非常重要的问题。这是一个非常重

我

2

$$我_X 我_Y$$

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  
这一非重的题

是个常要问  
这一非重的题

是个常要问  
这一非重的

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问题

这是一个非常重要  
是个常要问  
这一非重的

要的问题  
这是一个非常重要的问题

问题是

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题

X

我Y我

X

要的问题是

这是一个非常重要的问题

我<sub>Y</sub>

我<sub>T</sub>这

这是一个非常重要的

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这是一个非常重要的问题

我  
Y

## 要的问题

这是一个非常重要的问题。

问题

要的问题

$v$  这是一

个非常重

要的问题

# 如何求解一个大型线性系统

$$\mathbf{AX}=\mathbf{B}?$$

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题

$U$  这是一个非常重要的问题  
这是一个非常重要

我

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

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

这是一个非常重要的问

$X$   $T$

这是一个非常重要的问

的问题

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要

白作是

这是一个非常重要

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

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

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

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题

v

这是一个非常重要的问题

这是一个非常重要的问题

2

这是一个非常重要的问题

我<sub>Y</sub>

我<sub>Y</sub>我<sub>X</sub>

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

常重要的问题是

常重要的问题是

问题

问题

这是一个非常重要的问题

的题是个常要问  
要问这一非重的题

常重要的问题是

- 用 $>0$ 表示这个系统是正定的！



- 您可以使用您最喜欢的迭代求解器进行求解
  - Gauss-Seidel, 连续过弛豫(SOR)

# 示例



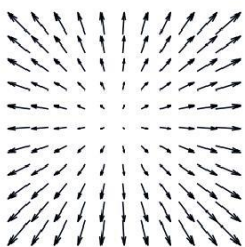
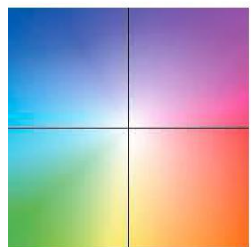
喇叭-松克



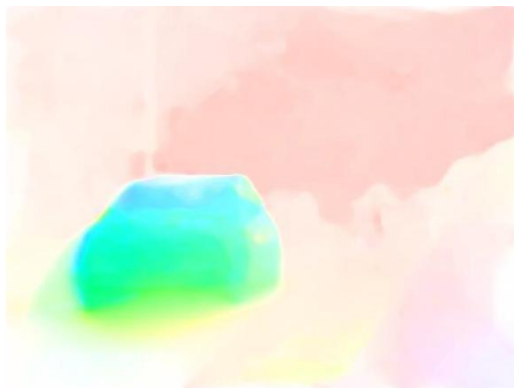
输入两帧



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, “确定光流”, 人工智能, 17:185-203, 1981。
- [4]T.Koga, K.Iinuma, A.Hirano, Y.Iijima和T.Ishiguro, “用于视频会议的运动补偿帧间编码”, 国家电信会议论文集, 新奥尔良, LA, Pp.G5.3.1-G5.3.5, 1981年12月。
- [5]R.Li, B.Zeng, 和M.L.Liou, “一种用于块运动估计的新的三步算法”, IEEE Trans. 论视频技术的电路与系统, 4 (4) :438-442,1994。
- [6]L.-M. Po和W.-C. “一种用于快速块运动估计的新的四步搜索算法”, IEEE Trans.[中国核科技信息与经济研究院]。  
论视频技术的电路与系统, 6 (3) :313-317, 1996。
- [7]S.Zhu和K.-K. “一种用于快速块匹配运动估计的新菱形搜索算法”, IEEE Trans. 图象处理论, 9 (2) :287-290,2000年。

# 谢谢！

卢锡群博士

[xqlu@zju.edu.cn](mailto:xqlu@zju.edu.cn)