

图 象 分 析

（第4版）

章毓晋

清华大学电子工程系 100084 北京

第2单元 表达描述

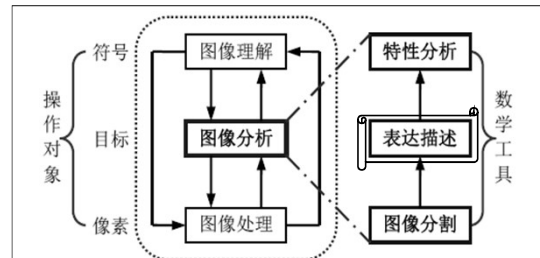


图 1.2.2 图像分析主要功能模块

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第2页

第2单元 表达描述

- 第6章 目标表达
- 第7章 目标描述
- 第8章 测量和误差分析

通过图象分割得到了图象中感兴趣的区域，即目标

为有效地刻画目标，需要对它们采取合适的的数据结构进行表达，采用恰当的形式描述它们的特性，并在此基础上进行特征测量，从目标获得一些定量的数值以进行分析

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第3页

第2单元 表达描述

- 第6章 目标表达
- 第7章 目标描述
- 第8章 测量和误差分析

通过图象分割得到了图象中感兴趣的区域，即目标

为有效地刻画目标，需要对它们采取合适的的数据结构进行表达，采用恰当的形式描述它们的特性，并在此基础上进行特征测量，从目标获得一些定量的数值以进行分析

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第4页

第6章 目标表达

目标表达是要对图象中的目标采取合适的的数据结构来进行表示

- 6.1 基于边界的表达
- 6.2 基于区域的表达
- 6.3 基于变换的表达

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第5页

6.1 基于边界的表达

6.1.1 技术分类

- 6.1.2 链码
- 6.1.3 边界段
- 6.1.4 边界标志
- 6.1.5 多边形
- 6.1.6 地标点

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第6页

6.1.3 边界段

简化表达

把边界分解成若干个（边界）段分别表示
可节省表达数据量（每段表示多个点）
借助**凸包**（包含目标的最小凸形） H

图 6.1.8 区域的凸包

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第13页

6.1.3 边界段

➤ 根据凸包把边界分解

分解 { 目标：像素集合 S
凸包：包含 S 的最小凸形 H
凸残差： $D = H - S$

图 6.1.9 利用区域凸包将区域边界分段

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第14页

6.1.4 边界标志

- 边界标志是（2-D）边界的1-D泛函表达
- 把2-D边界用较易描述的1-D函数形式来表达
- 标志可由广义的投影产生
 - 水平的、垂直的、对角线的、放射的、旋转的、等等
- 注意：投影并不是一种能保持信息的变换，将2-D平面上的区域边界变换为1-D的曲线有可能丢失信息

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第15页

6.1.4 边界标志

1. 距离为角度的函数

先对给定的物体求出重心，然后把边界点与重心的距离作为（与 X 轴夹角）角度的函数

图 6.1.10 两个距离为角度函数的标志

不受目标平移影响，但随旋转或放缩而变化

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第16页

6.1.4 边界标志

2. ψ - s 曲线（切线角为弧长的函数）

沿边界围绕目标一周，在每个位置作出该点切线和一个参考方向（如横轴）的角度值 {~链码}

图 6.1.11 两个切线为弧长函数的标志

水平直线段对应边界上的直线段（ ψ 不变）

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第17页

6.1.4 边界标志

3. 斜率密度函数

将 ψ - s 曲线沿 ψ 轴投影（累积相同的 ψ ）
切线角的直方图 $h(\theta)$

图 6.1.12 两个斜率密度函数的标志

对具有常数切线角的边界段有比较强的响应

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第18页

6.1.4 边界标志

4. 距离为弧长的函数

将各个边界点与目标重心的距离作为边界点序列（围绕目标得到）的函数

图 6.1.13 两个距离为弧长函数的标志

与距离为角度的函数相比？

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第19页

6.1.5 多边形

用多边形去近似逼近边界

常见的三种方法：

- (1) 基于收缩的最小周长多边形法
- (2) 基于聚合（merge）的最小均方误差线段逼近法
- (3) 基于分裂（split）的最小均方误差线段逼近法

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第20页

6.1.5 多边形

(1) 基于收缩的最小周长多边形法 {P.138}

将原边界看成是有弹性的线，将组成边界的像素序列的内外边各看成一堵墙，将线拉紧

图 6.1.14 最小周长多边形法

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第21页

6.1.5 多边形

(2) 基于聚合的最小均方误差线段逼近法 {P.138}

图 6.1.15 聚合逼近多边形

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第22页

6.1.5 多边形

(3) 基于分裂的最小均方误差线段逼近法 {P.138}

图 6.1.16 分裂逼近多边形

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第23页

6.1.6 地标点

地标点或标志点（Landmark Points）

一种近似表达方法，点越多近似得越好

准确表达

近似表达

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第24页

6.1.6 地标点

具有顶点 $S_1 = (1, 1)$, $S_2 = (1, 2)$, $S_3 = (2, 1)$ 的三角形

方式	表达	解释
2n-矢量	$S_o = [1, 1, 1, 2, 2, 1]$	S_o 是一个 $2n \times 1$ 的实坐标矢量
2n-集合	$S_r = \{1, 1, 1, 2, 2, 1\}$	S_r 是一个包含 $2n$ 个实坐标的集合
矢量-平面	$S_v = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$	S_v 是一个 $n \times 2$ 的矩阵, 每行包含一个地标点的x-和y-实坐标
复数-平面	$S_c = \begin{bmatrix} 1+j \\ 1+2j \\ 2+j \end{bmatrix}$	S_c 是一个 $n \times 1$ 的复数矢量, 每个复数表示一个地标点的x-和y-坐标

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第25页

6.2 基于区域的表达

6.2.1 技术分类

6.2.2 空间占有数组

6.2.3 四叉树

6.2.4 金字塔

6.2.5 围绕区域

6.2.6 骨架

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第26页

6.2.1 技术分类

(1) 区域分解: 简单的单元形式

(2) 围绕区域: 外接圆, 外包围矩形, ……

(3) 内部特征: 内部像素的特定抽象集合

图 6.2.1 基于区域表达的技术分类

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第27页

6.2.2 空间占有数组

对图象 $f(x, y)$ 中任一点 (x, y) :

如果它在给定的区域内, 就取 $f(x, y)$ 为1

否则就取 $f(x, y)$ 为0

图 6.2.2 空间占有数组表达示例

所有 $f(x, y)$ 为1的点组成的集合就代表了所要表示的区域

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第28页

6.2.3 四叉树

基本思路

分层分解图象

利用金字塔式的数据结构

四叉树表达法

每次将图象一分为四

树结构: $T = \{N, A\}$

结点集 $\{n_1, \dots\}$ 弧集 $\{a_i, \dots\}$

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第29页

6.2.3 四叉树

四叉树表达图示

图 6.2.3 四叉树表达图示

结点数目

$$N = \sum_{k=0}^n 4^k = \frac{4^{n+1} - 1}{3} \approx \frac{4}{3} 4^n$$

第6讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第30页

6.2.4 金字塔

- 金字塔结构可借助图（graph）来解释
- 金字塔结构由各层内的“兄弟/邻居”关系和各层间的“父子”关系所确定
- 用 $(n \times n)/r$ 描述金字塔结构
- 缩减率 r
- 缩减窗 $(n \times n \text{ 方窗})$

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第31页

6.2.5 围绕区域

- 外接盒（Ferret box）：包含目标区域的最小长方形（朝向特定的参考方向）
- 围盒（minimum enclosing rectangle, MER）：包含目标区域的（可朝向任何方向）最小长方形
- 凸包：包含目标区域的最小凸多边形

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第32页

6.2.5 围绕区域

计算凸包

目标用 n 个顶点序列确定的多边形表示

(a) 先从顶点序列获得前3个顶点，构成一个三角形；(b) 下一个点 D 在三角形内；(c) D 在三角形外但没有原来的顶点需要移去；(d) 有一个原来的顶点需要从当前凸包中移去

图 6.2.7 凸包检测示意

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第33页

6.2.6 骨架

1. 骨架的定义和特点

➤ 骨架点
与（两个）轮廓点距离都最小的点
$$d_s(p, B) = \inf\{d(p, b) | b \in B\}$$

➤ 骨架点的确定

- 区域 R
- 轮廓 B
- 骨架点 p

{P.147} (图6.2.9)

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第34页

6.2.6 骨架

2. 计算骨架的一种实用方法

轮廓点/边界点：

- 本身属于区域（标记为1）
- 邻域中不属于区域的点（标记为0）

8-邻域

p_9	p_2	p_3
p_8	p_1	p_4
p_7	p_6	p_5

1	1	1
1	p_1	1
0	0	0

1	1	1
1	p_1	1
0	0	0

$N(p_1) = 5$ $S(p_1) = 1$

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第35页

6.2.6 骨架

2. 计算骨架的一种实用方法

• 消除标记的点

不满足

0	1	0
0	1	0
0	0	0

1	1	1
1	1	1
1	0	1

0	0	1
0	1	0
1	0	0

0	0	0
0	1	1
0	1	1

1	1	0
1	1	0
0	0	0

(1.1) $2 \leq N(p_1) \leq 6$ (2.1) $2 \leq N(p_1) \leq 6$

(1.2) $S(p_1) = 1$ (2.2) $S(p_1) = 1$

(1.3) $p_2 \cdot p_4 \cdot p_6 = 0$ (2.3) $p_2 \cdot p_4 \cdot p_8 = 0$

(1.4) $p_4 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$ (2.4) $p_2 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$

满足

第6讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第36页

6.3 基于变换的表达

利用一定的变换将目标从图象空间变换到新空间（变换空间）并利用变换参数来表达目标

6.3.1 技术分类

6.3.2 傅里叶变换表达

第6讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第37页

6.3.1 技术分类

(1) 线性：采用的变换技术是线性的，则表达也是线性的
(2) 非线性：采用的变换技术是非线性的，则表达也是非线性的

```

graph TD
    A[变换表达] --> B[线性变换]
    A --> C[非线性变换]
    B --> D[傅里叶变换]
    B --> E[盖伯变换]
    B --> F[小波变换]
    B --> G[尺度空间]
    C --> H[哈夫变换]
    C --> I[数学形态学]
    C --> J[时-频分布]
        
```

图 6.3.1 基于变换表达技术的分类

第6讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第38页

6.3.2 傅里叶变换表达

对目标边界的离散傅里叶变换表达

将XY平面中的曲线段转化为复平面UV上的点序列

将2-D的问题简化为1-D的问题

第6讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第39页

6.3.2 傅里叶变换表达

- 从1个封闭边界可得到1个复数序列
$$s(k) = u(k) + jv(k) \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$
- 将序列进行傅里叶变换（数据量不变）
$$S(w) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s(k) \exp[-j2\pi w k / N] \quad w = 0, 1, \dots, N-1$$
- 取（部分）傅里叶变换系数表达轮廓（节省数据量）
$$\hat{s}(k) = \sum_{w=0}^{M-1} S(w) \exp[j2\pi w k / N] \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

第6讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第40页

6.3.2 傅里叶变换表达

傅里叶变换表达受边界平移、旋转、尺度变换以及计算起点（傅里叶表达与从边界点建立复数序列对的起始点有关）的影响情况 {上册4.2.2小节}

变换/变化	边界点序列	傅里叶变换系数序列
平移($\Delta x, \Delta y$)	$s_i(k) = s(k) + \Delta xy$	$S_i(w) = S(w) + \Delta xy \bullet \delta(w)$
旋转(θ)	$s_r(k) = s(k) \exp(j\theta)$	$S_r(w) = S(w) \exp(j\theta)$
尺度(C)	$s_c(k) = C \bullet s(k)$	$S_c(w) = C \bullet S(w)$
起点(k_0)	$s_p(k) = s(k - k_0)$	$S_p(w) = S(w) \exp(-j2\pi k_0 w / N)$

第6讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第41页

联系信息

通信地址：北京清华大学电子工程系
 邮政编码：100084
 办公地址：清华大学，罗姆楼，6层305室
 办公电话：(010) 62798540
 传真号码：(010) 62770317
 电子邮件：zhang-yj@tsinghua.edu.cn
 个人主页：oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin/

第6讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第42页