

0209-214

图像目标区域定位模糊法实现*

徐立亚 林纯青[√] 戚飞虎

(上海交通大学计算机科学与工程系, 上海, 200030)

TP391.41

摘要 提出一种将传统的阈值法和模糊规则相结合的图像分割方法. 阈值法简便、快速、易行, 模糊规则可以处理那些模棱两可的不确定的数据, 两者结合的图像分割效果较自适应阈值法好. 模糊规则由对实例图像的学习获得.

关键词 图像分割, 阈值, 模糊规则.

目标区域 图像分析

引言

在图像分析中, 阈值法是将目标与背景分离的最常用的图像分割方法之一. 由于该方法简便易行, 因而在印刷体或者手写体文本的自动识别、目标的形状识别及图像增强中, 阈值分割总是必要而常用的步骤. 通常, 阈值的选取由图像灰度直方图中明显的谷点决定. 然而, 对于那些低对比度的图像, 由于其直方图中谷点不明显而造成阈值选取的困难. 许多人都对此类图像的阈值的合适选取进行了算法研究^[1~4]. 这些算法通常采用绝对化参数, 仅对特定的图像奏效而不具备通用性. 事实上, 对于这类图像的目标分割仅采用阈值法往往效果不佳. 作为进一步改进, 局部自适应阈值法采用在图像的不同区域采用不同阈值的方法来克服全局阈值的缺陷. 但阈值法只能对单一特征作简单处理的特点使其缺少智能性, 因而无法利用图像的纹理等不具有阈值特性的信息, 成为不可克服的缺陷, 模糊方法的引入, 可以从本质上克服这些缺陷.

1 模糊集理论及模糊逻辑系统

目前, 模糊理论的研究还在不断深入发展, 并且已经被广泛应用于自动控制、决策判决系统、图像处理和模式识别等许多领域^[6]作为模糊理论的重要分支, 模糊集理论正在向人工智能方面发展, 由于模糊逻辑可以提供系统且可靠的基于模糊数据库的推理方法的基础, 因而必将成为知识表达和推理两方面广泛应用的工具.

1.1 模糊集的基本定义和定理

模糊集合的基本思想是把经典集中的绝对隶属关系灵活化或称模糊化. 从特征函数方面讲就是: 元素的 x 对集合 A 的隶属程度不再局限于取 0 或 1, 而是可以取从 0 到 1 的任何一个数值, 这一数值反映了元素 x 隶属于集合 A 的程度.

定义 1: 所谓论域 U 上的一个模糊子集 \bar{A} , 是指对于任意 $x \in U$, 指定了一个数 $\mu_{\bar{A}}(x) \in$

* 国家自然科学基金(69572026)及国防预研基金(96J2.4.2)资助项目
稿件收到日期 1997-10-10, 修改稿收到日期 1997-12-26

$[0,1]$,称为 x 对 \tilde{A} 的隶属程度. 映射 μ_A 称为 A 的隶属函数, 即 $\mu_A: U \rightarrow [0,1] x \rightarrow \mu_A(x)$. 模糊集合有多种表示方法, 通常表示为

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)), X \in U\}. \quad (1)$$

若论域 U 是有限集或离散集, 则 \tilde{A} 可表示为

$$\tilde{A} = \sum_U \mu_A(x) / x, \quad (x, \in U) \quad (2)$$

式(2)中 Σ 表示各个元素与隶属函数对应关系的一个总括.

定义 2: 设 $U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n = \prod_{i=1}^n U_i$, $\tilde{A} \in R(U)$, 这里 $i = 1, 2, \dots, n$, 所谓 n 个模糊集的笛卡尔积是指 U 上的模糊集

$$\tilde{A}_1 \times \tilde{A}_2 \times \dots \times \tilde{A}_n = \prod_{i=1}^n \tilde{A}_i,$$

其隶属函数定义为

$$\mu_{\prod_{i=1}^n A_i}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigwedge_{i=1}^n \mu_{A_i}(x_i). \quad (3)$$

1.2 模糊逻辑系统基本结构

通常一个模糊逻辑系统包含模糊化模块、模糊规则库、推理机和去模糊块构成, 如图 1 所示.

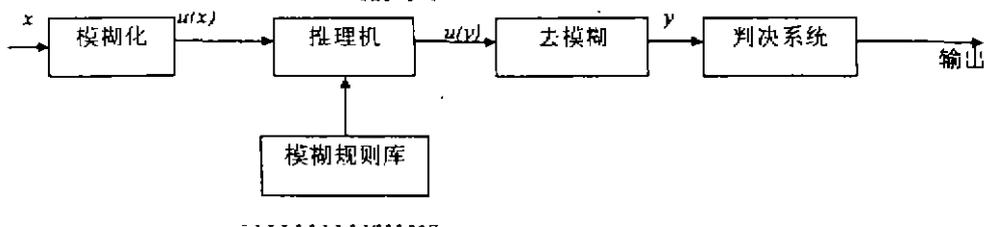


图 1 模糊逻辑系统基本结构

Fig. 1 Basic architecture of a fuzzy logic system

1.2.1 模糊规则模块, 实现虽然数据到语言变量的转换, 以获得模糊输入变量.

1.2.2 模糊规则库, 各种通常由专家的经验知识获得, 或由对原本的训练提取模糊规则. 规则表达形式为: if 为前提, then 为结果. 规则的前得条件是语言变量, 结果可以是语言变量或者为具体的数值.

1.2.3 推理机模块, 该模块是模糊逻辑系统的核心, 因为它在模糊逻辑和似然推理的概念框架下构造了模拟人的决策过程的模型. 其决策过程描述如下. 为简便起见, 假设系统有两条模糊规则: 对 R1: x is A1, y B1, then z C1 和对 R2: x is A2, y B2, then z C2, 那么, 激励

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \mu_{A1}(x_0) \wedge \mu_{B1}(y_0), \\ \alpha_2 &= \mu_{A2}(x_0) \wedge \mu_{B2}(y_0) \end{aligned} \quad (4)$$

根据前文定义 2, 式(4)可以推广至由任意多个模糊规则构成的模糊逻辑系统.

1.2.4 去模糊模块, 该模块完成由模糊空间到非模糊空间的映射. 目前常用的去模糊方法是重心去模糊法, 即 COA(Center Of Area)法:

$$Z_{COA}^* = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_C(Z_j) Z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_C(Z_j)}. \quad (5)$$

式中 Z_{COA}^* 表示输出结果, n 是输出数量层的个数, Z_j 是输出数量层 j 的数值结果, $\mu_C(Z_j)$ 表示该数值结果的隶属度.

2 模糊分割技术及方法的提出

由于目标遮蔽、图像扭曲以及光照不均匀等引起的目标和背景的不确定性, 使得模糊集理论自然地应用于图像分析. 本文研究的模糊分割方法, 是灰度分割由阈值和模糊规则的合成法实现.

2.1 模糊特征提取

我们采用 3 个特征作为分类参量: (1) 9×9 窗口的局部标准差 SD, (2) 像素灰度与 9×9 窗口的平均像素灰度差 DI, (3) 像素与背景的对比测试 J, 有

$$J(i, j) = \frac{K_+ [B(i, j) - I(i, j)] \operatorname{sgn}[C(i, j)]}{LA(i, j)}. \quad (6)$$

其中 LA 是 7×7 窗口平均灰度值, $I(i, j)$ 是像素 (i, j) 灰度值, $B(i, j)$ 是像素 (i, j) 9×9 邻域灰度值, $\operatorname{sgn}[\]$ 是符号函数, $C(i, j)$ 等于像素 (i, j) 与其相邻像素的平均灰度之差, $K_+[\]$ 定义如下:

$$K_+[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x, & x > 0 \end{cases} \quad (7)$$

2.2 图像分割预处理

首先, 根据图像目标区域的纹理特征, 得到几块定位区域, 这些区域中既包含真正的目标, 同时还有伪目标区域. 然后, 我们取特征 J 作为图像预分割的参量, 分割表达式如下:

$$O(i, j) = \begin{cases} \text{背景,} & \text{如果 } T_1 < J(i, j) < T_2 \\ \text{前景,} & \text{如果 } J(i, j) > T_3 \\ \text{不确定.} & \text{如果 } J(i, j) \leq T_1 \text{ or } T_2 \leq J(i, j) \leq T_3 \end{cases} \quad (8)$$

这里, T_1, T_2, T_3 是通过实例图像预先设定的门限, 有 $T_1 < T_2 < T_3$. 通过预分割处理, 大部分像素被可靠分类, 约有 15% 的像素点属于待定一类, 这些像素由模糊规则处理归类.

2.3 模糊逻辑系统生成

我们采用的文献[5]介绍的基于实例的模糊规则生成法. 本文用该方法产生分割的模糊规则包含如下步骤.

2.3.1 输入、输出空间模糊化: 输入特征归一化后, 将输入、输出值的主体区域(domain-interval)分成 $2N+1$ 个子区域, 对于不同的变量, N 可取不同值, 各子区域长度可以不同. 各

个子区域分别被定义为 $S_1, \dots, S_{2N}, S_{2N+1}$, 同时, 各个子区域分别被指定一个模糊隶属函数. 由于三角形函数是线性的, 计算模糊特征的隶属度较方便, 故本文采用三角形函数. 各变量的模糊区域范围由实验获得, 图 2 是模糊隶属函数示意图.

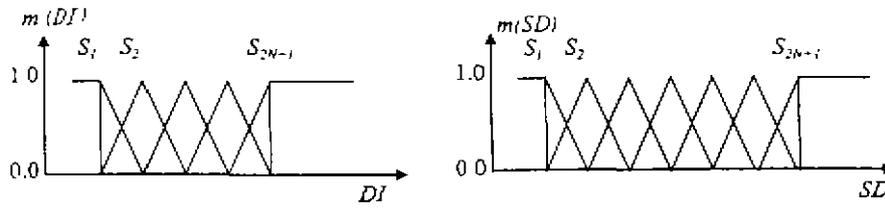


图 2 隶属函数及模糊集

Fig. 2 Fuzzy member functions and fuzzy sets

2.3.2 由实例图像得到模糊规则: 首先, 判断输入变量属于模糊区域的程度. 其次, 输入变量可能同时属于两个模糊区域, 选择隶属程度大的区域并生成一条模糊规则. 例如, if DI 属于 S_1 且 SD 属于 S_3 且 J 属于 S_1 , then 该像素是目标像素. if DI 属于 S_N 且 SD 属于 S_2 , J 属于 S_3 , then 该像素是背景像素.

2.3.3 模糊规则数最小化: 当实例图像数量大到一定程度时, 极有可能出现冲突规则, 即它们有相同的 if 条件, 却有不同的 then 结果. 我们舍弃那些仅有少数实例支持的规则, 这样既避免了冲突规则又大大减少了规则数, 提高了运行速度.

2.3.4 生成规则库: 当对实例图像学习完毕后, 便生成了模糊规则库.

2.3.5 输出结果非模糊化: 我们采用式(5)重心非模糊化方法获得输出的非模糊化结果, 当输出大于或等于 0.5 时, 判定输出是目标像素, 当输出小于 0.5 时, 则输出与背景像素.

2.4 图像分割的后处理

经过模糊处理后的图像还需要进行后处理, 由模糊处理得到的目标点求出目标区域. 后处理的方法是基于空间聚类的方法, 将目标点集中的区域分割为目标区域, 排除由于模糊判别偏差的背景区域中的孤立目标点和目标区域中的孤立背景点.

3 实验结果

我们将本文叙述的方法用于车辆图像的分割, 目的是将车辆的灰度图像分割为车牌部分构成的目标区域和其他部分构成的背景区域. 所用的车辆原图为 768×512 像素 256 灰度级的黑白图像, 先根据本文的方法用 17 幅灰度图像及其人工分割得到的目标背景图对模糊规则库进行训练, 建立模糊规则库, 一共生成 647 条模糊规则, 为了提高运算速度, 删除了仅有少数实例支持的规则, 这样保留了 538 条规则. 这些模糊规则组成了规则库, 我们以该库构造一个查询表, 以便于快速运算.

图 3~7 为本文的结果. 图 3 是灰度图像, 图 4 是自适应分割结果, 图 5 是选择性边缘提取结果, 图 6 是采用模糊规则与阈值分割处理的结果, 图 7 是后处理后的结果, 该结果与人工分割的结果误差小于 3 个像素. 对 100 幅车辆图像的分割测试结果, 分割正确率为 98%. 这一结果证明, 模糊处理方法由于利用了图像的纹理信息, 在区别目标区域和背景区域方面, 具有传统阈值法和边缘提取法无法达到的智能, 对复杂图像的处理能力大大增强.



图3 灰度原图
Fig. 3 Original image

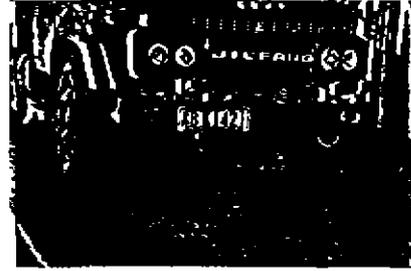


图4 自适应分割结果
Fig. 4 Segmentation image of
adaptive thresholding

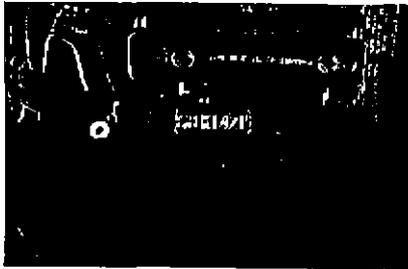


图5 选择性边缘提取结果
Fig. 5 Segmentation image
of edge selection

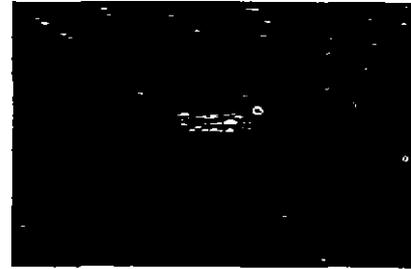


图6 采用模糊规则与阈值分割处理的结果
Fig. 6 Segmentation image of fuzzy
rules and thresholding

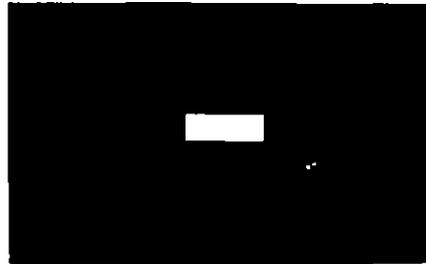


图7 图6的后处理结果
Fig. 7 Post-processing result of figure 6

表1 对比显示了几种分割方法的性能指标,表明本文提出的模糊规则结合阈值法的分割方法具有较好的性能。

表1 各种分割算法的性能比较
Table 1 Comparison of several segment algorithms

	效果	时间	复杂度	通用性
模糊法	好	较多	较高	好
自适应法	较好	多	高	一般
选择性法	较好	较少	较高	一般

REFERENCES

- 1 Weszka J S. *Comput. Vision Graphics Image Process*, 1978, **7**: 259~265
- 2 Sahoo P K. *Comput. Vision Graphics Image Process*. 1988, **41**: 171~190
- 3 Lee S U, Chung S Y. *Comput. Vision Graphics Image Process*, 1990, **52**: 171~190
- 4 Huang L K, Wang M J. *Pattern Recognition*, 1995, **28**: 41~51
- 5 Wang L X, Mendel J M. *Proc. IEEE ISIC*, 1991, 263~268
- 6 Lin C T, George Lee C S. *Neural Fuzzy System*. Prentice Hall Press, 1996

OBJECT AREA LOCATION USING FUZZY RULES*

XU Li-Ya LIN Cun-Qing QI Fei-Hu

(Department of computer Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University
Shanghai 200030, China)

Abstract A method of image segmentation was presented which uses fuzzy rules combined with thresholding method. The conventional thresholding technique is simple, fast and easily implemented while the fuzzy rules can cope with those uncertain data. The fusion technique outperforms the adaptive thresholding method. The fuzzy rules are acquired from the examples.

Key words image segmentation, threshold, fuzzy rules.

* The project supported by the National Natural Science Foundation of China and partly supported by the Foundation of Preliminary Research in National Defense
Received 1997-10-10, revised 1997-12-26