

13

13-76

遥感图像中机场目标的图像分割方法*

刘文萍 陈维军 吴立德
(复旦大学计算机系, 上海, 200433)

TP751

摘要 基于遥感图像摄取过程中的特点,在模糊特征域上进行图像增强,然后引用反变换灰度图像中的熵信息进行阈值分割,最后给出了与其它两种熵阈值分割方法的比较实验,定性和定量分析结果证实了该方法在分割精度和运算速度方面所具有的优势。

关键词 遥感图像, 图像分割, 模糊集, 隶属函数, 图像增强。

机场目标

引言

数字图像处理现已成为遥感技术的重要领域。遥感图像的特点在于:图像像素值为到达传感器并通过传感器光学系统后的辐射总量,由于大气影响在很大范围内近于恒定,传感器所探测到的辐亮度变化主要是地面辐亮度变化造成的,因此图像的灰度值主要表示地面辐亮度。对遥感图像的分割是目标识别等工作的基础,本文针对遥感图像的特点实现了一种图像分割方法,并将其与其它两种方法进行了比较,实验结果表明了该方法的有效性。

1 算法原理简介

本文算法首先是将遥感灰度图像变换到模糊域中,经过图像增强后再变换成灰度图像,然后利用最大熵准则选取阈值,最后经空间滤波得到分割后的目标图像。

1.1 模糊域增强

基于图像所具有的不确定性往往是由模糊性引起的,我们选择在模糊特征域进行遥感图像的增强,因为图像的灰度信息是由光入射分量和反射分量决定的,而确定这两个分量的多因素的不确定性、图像信息受到的噪声干扰和图像采集过程的复杂性,均可认为图像灰度是一模糊概念,故采用模糊处理技术可能得到较好的效果,实验结果证实了这点。

给定一幅 $M \times N$ 个象素有 L 级灰度的图像 X , 定义隶属函数^[1]

$$\mu_A(x_{mn}) = P_{mn} = \left\{ 1 + \frac{x_{\max} - x_{mn}}{E_d} \right\}^{-E_e}, (m = 1, 2, \dots, M, n = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

式中 E_d, E_e 分别为倒数型和指数型模糊因子, E_e 为任意正常数, E_d 为正整数。由式(1)可知,当象素 x_{mn} 趋于最大灰度值 x_{\max} 时, P_{mn} 趋于 1, 因此 P_{mn} 反映了 x_{mn} 相对于最大灰度值的接近程度。设原始图像的模糊灰度矩阵为 P , 增强后的矩阵为 P' , 则模糊增强关系为

$$X_{mn} \rightarrow P_{mn} = \mu_A(X_{mn}) \xrightarrow{enh} P'_{mn} = ENH(P_{mn}) \rightarrow X'_{mn} = \mu_A^{-1}(P'_{mn}), \quad (2)$$

* 国家自然科学基金(编号 9602003)和 863 高科技基金(编号 863-317-9604-05)资助项目
稿件收到日期 1998-02-04, 修改稿收到日期 1998-09-15

增强算子为

$$P'_{mn} = ENH(P_{mn}) = \begin{cases} 2P_{mn}^2, & 0 \leq P_{mn} \leq 0.5 \\ 1 - 2(1 - P_{mn})^2, & 0.5 \leq P_{mn} < 1 \end{cases} \quad (3)$$

r 次增强的隶属函数为

$$P'^{(r)}_{mn} = ENH(P'^{(r-1)}_{mn}) = \begin{cases} 2^{1-2^{r-1}} P_{mn}^{2^r}, & 0 \leq P_{mn} \leq 0.5 \\ 1 - 2^{1-2^{r-1}} (1 - P_{mn})^{2^r}, & 0.5 \leq P_{mn} < 1 \end{cases} \quad (4)$$

当 r 取值增大时,可将原始图像中目标(高隶属度)和背景(低隶属度)的模糊特性进一步区分开,使得分割过程中的熵阈值有较大的范围取值,可降低对阈值的精度要求.但 r 值过高,不但增加了运算时间,还可能使目标边缘某些亮度与背景接近的点随 r 的增大归到背景区域,造成目标边缘的不完整.考虑运算成本和增强效果,在实验中 r 取值为 1.

本文通过增强高隶属度(可能的目标点)的特征量,抑制低隶属度(可能背景点)的特征量,提高两个区域在灰度特征上的差异,最后利用经典的方法求取阈值进行图像分割.理论上经模糊变换后的图像保证了在一定的灰度范围内所选阈值均有较好的分割效果,增强了阈值分割方法的鲁棒性和有效性,这种想法已被实验结果证实.

1.2 阈值选取及滤波

利用最大熵^[3]选取阈值,对阈值分割后的两值图像,再判断各像素点的 8 邻域,如有多于 4 个过阈值点即判该点为目标点,否则为背景点.该滤波过程主要进行逻辑判断,对运算速度影响不大,但可降低孤立噪声.

2 实验结果及分析

将本文方法与 Li 和 Lee^[1]及 Pal^[4]提出方法的部分分割对比实验如图 1,左上为原始图像,右上、左下、右下分别为本文所述方法(FEE 法)、Li 和 Lee 方法和 Pal 方法的分割结果.

定量分析结果见表 1.虽然错分概率 $P_{err} = P(O) * P(B/O) + P(B) * P(O/B)$ (这里 $P(O)$ 、 $P(B)$ 分别为目标和背景的概率, $P(B/O)$ 、 $P(O/B)$ 为目标(背景)被错分为背景(目标)的概率)在定量分析分割结果不失为一重要的测度,但由于图像中目标所占比例 $P(O) \approx 1\%$,即使将目标全部错分为背景,由于 $P(O)$ 很小,错分概率 P_{err} 仅约 1%,这与人的主观判断相距甚远.据此,本文提出一种面

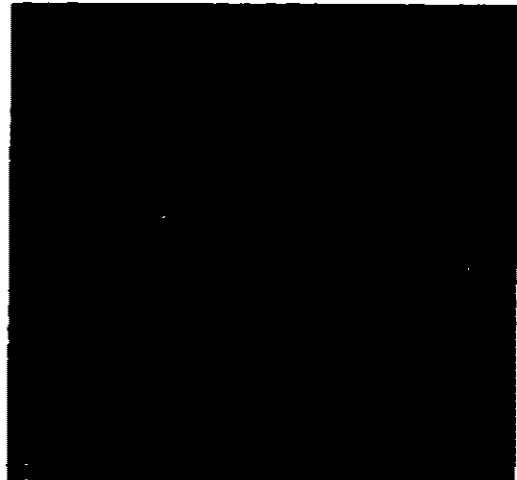


图 1 目标 1 的比较实验结果
Fig. 1 The comparison of segmented target 1

向目标的判据准则 $\text{Ratio} = (1 - \frac{|N_s - N_o|}{N_o}) 100\%$ (这里 N_s 和 N_o 分别为阈值分割判为的目标及真实目标的点数), 当 Ratio 趋于 1 时表明阈值分割结果趋于最佳, 当 $\text{Ratio} \leq 0$ 时, 说明从分割结果中已无法得到任何目标信息, 表明分割结果失败. 由于篇幅有限, 本文省略目标 3 和 4 的图像实验结果.

表 1 各种分割方法的比较
Table 1 The comparison of several segmentation method

| | FEE | | | Li & LEE | | | N. R. Pal | | | 备注 |
|------|--------|----|-----------|----------|----|-----------|-----------|----|-----------|------|
| | 时间 (s) | 阈值 | Ratio (%) | 时间 (s) | 阈值 | Ratio (%) | 时间 (s) | 阈值 | Ratio (%) | |
| 目标 1 | 0.28 | 65 | 76.7 | 0.05 | 47 | <<0 | 0.22 | 65 | 76.7 | 0.76 |
| 目标 2 | 0.22 | 59 | 83.8 | 0.06 | 49 | <<0 | 0.33 | 64 | 62.9 | 1.11 |
| 目标 3 | 0.17 | 75 | 56.9 | 0.16 | 61 | <<0 | 0.66 | 81 | 14.7 | 1.36 |
| 目标 4 | 0.22 | 75 | 53.6 | 0.11 | 57 | <<0 | 0.71 | 97 | 46.3 | 1.10 |

注: 尺寸 = 目标像素数/图像像素数 * 100%, 图像大小为 512 * 512 (缩为 128 * 128)

分析可知, 经典的 ENTROPY 法分割速度快, 效果一般 ($r < 0$); Li 和 LEE 法运算速度较快, 但分割效果差, 对上述目标分割完全失败 ($r < < 0$); 与 PA1 法相比, 本文 FEE 法不仅运算速度较快且分割精度高, 该结论符合上图所示的分割结果.

将 4 幅原始目标图像叠加不同方差的高斯噪声 ($\sigma = 2, 5, 7, 10$), 得到 16 幅噪声图像, 并与原始图像一起做 FEE 法的抗噪声实验, 结果如图 3. 分析图 3 可知: 随着噪声增强, 信噪比 SNR 减小, FEE 法的分割结果并没有呈现明显的下降趋势, 说明该分割方法对噪声不敏感, 具有较高的鲁棒性.

3 结论

图像具有的不确定性往往由于模糊引起, 因此模糊处理方法能成功地应用于图像增强领域并优于传统方法. 本文针对遥感图像获取过程中多因素不确定性, 利用灰度变换在图像的模糊特征域上进行图像增强, 经反变换到灰度图像, 引用熵概念选取阈值, 提出了一种针对遥感图像中特定目标的分割方法. 与其它两种熵阈值分割方法相比, 该法不仅分割精度高且运算速度较快, 实验证明了它具有有效性和可行性.



图 2 目标 2 的比较实验结果
Fig. 2 The comparison of segmented target 2

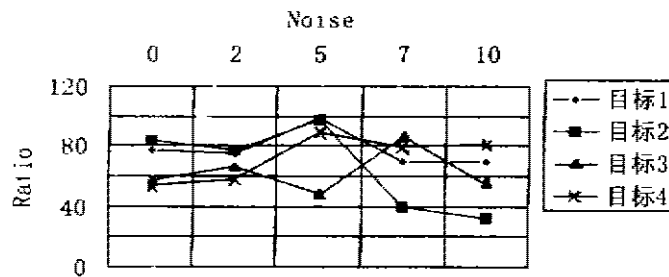


图3 噪声图像实验结果

Fig. 3 The experimental result of noised image

REFERENCES

- 1 Sankar K P, Rovert A K. *IEEE Tras on SMC*, 1981, 11(7):494—501
- 2 Abutaleb A S. *CVGIP*, 1989, 47:22—32
- 3 Li C H, Lee C K. *Pattern Recognition*, 1993, 26(4):617—625
- 4 Pal N R. *Pattern Recognition*, 1996, 29(4):575—580

A SEGMENTATION METHOD FOR AIRPORT OBJECT IN REMOTE SENSING IMAGES*

LIU Wen-Ping CHEN Wei-Jun WU Li-De

(Department of Computer Science, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract Based on its characteristics, the remote sensing image was enhanced on its fuzzy property domain, then the threshold was selected by use of the entropy concept in gray image. Finally, a comparison with two other threshold selection methods was investigated quantitatively and qualitatively. The experimental results show that this method can segment the object from background precisely and quickly.

Key words remote sensing image, image segmentation, fuzzy set, membership function, image enhancement.

* The project supported by the National Natural Science Foundation and the 863 Project of China
Received 1998-02-04, revised 1998-09-15