

应用颜色矢量法抑制彩色图象中的噪声干扰

贾克斌

(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京 100022)

摘要 由于消除彩色图象中的噪声比一般的黑白图象更困难,因而针对彩色图象中多个单种颜色目标识别过程中的噪声处理问题,使用了一种新的颜色矢量分析法来进行噪声的抑制.首先定义了颜色矢量和平均颜色矢量,通过计算和分析图象象素与各类训练区平均颜色矢量的欧拉距离,快速地将多个被干扰的单色目标分割出来;然后对多个单色目标图象分别进行平滑处理,以消除各自中的噪声,最后再将它们与背景图象进行“叠加”操作,以达到消除彩色图象中噪声的目的.实际应用的结果表明,这种方法的效果是令人满意的.这种方法主要适用于由多个单色目标和复杂背景等组成的彩色图象的噪声抑制.

关键词 噪声 目标分割 颜色矢量 颜色查询

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)01-0031-05

Eliminate Noise in Color Image Using method of Color Vector

JIA Ke-bin

(Laboratory of Signal & Information Processing, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

Abstract It is more difficult to eliminate noise in color image than in gray image. In this paper, a method of color vector is described. Using this method, the noise in color image, which is made up of many monochromatic targets, can be restrained. Firstly, color vector is defined, and then the average of color vector is also defined. Secondly, a new analytical method of color vector is introduced. By calculating Euclidean distance between pixel, of which is analyzed, and averages of color vector of trained district, it is possible to segment rapidly the different monochromatic targets, which have been polluted. Thirdly, the images of monochromatic targets are smoothed separately. Finally, by combining the images of monochromatic targets that are processed and one of background, it is can eliminate noise in the color image greatly. The results of the method show that it is satisfy. The method is applicable to eliminate noise in image, which is made up of many monochromatic targets and complex background.

Keywords Noise, Target segment, Color vector, Query on color

0 引言

随着图象信息在地理信息系统(GIS)、气象预报、遥感和地球资源管理、计算机辅助设计和科学数据库等领域的广泛应用,人们对按图象内容的查询(Query By Image Content, QBIC)越来越重视. QBIC就是使用户可以基于图象的颜色、形状、纹理和轮廓等特征,从大型图象数据库中获取图象信息.

QBIC中最富挑战性的工作是自动或半自动地获取图象的上述特征和属性信息,以及进行必要的目标识别和相似性测量^[1,2].

目前,基于颜色的图象查询在图象信息系统中已得到了广泛的应用,它可以使用户从调色板指定的颜色或根据指定对象的颜色来进行查询.通常彩色图象在处理过程中,由于各种原因(例如在将图象由彩色扫描仪输入计算机,变为数字信号的过程中所存在的光线强度变化、仪器分辨率和目标的散光

等各种原因)将不可避免地要引入噪声,从而使得图象和各类目标的颜色发生变化。

由于彩色图象的每个象素值并不完全代表一个灰度级的大小,而是具有红、绿、蓝的颜色分量值。同时,很多图象包含的背景信息(象沙漠、等高线等)在处理过程中要求保留,因此,消除彩色图象中的噪声干扰,就不能简单地使用低通滤波和中值滤波等方法,因而它比黑白图象的处理更加困难。

如今,基于颜色的检索方法很多,而对于颜色分布很丰富的待识别目标,可对其 RGB 颜色空间或变换后的 Munsell 颜色空间的颜色直方图进行统计,一旦统计完这些直方图,则有很多方法可以用来计算两个直方图之间的相似性^[3~6],但在颜色直方图分析方法中,有如下两个限制:(1)待测目标的位置必须是已知的;(2)待测目标需具有确定的颜色,在干扰不很严重的前提下,才能保证匹配的准确性。

一般在地理图象和城市地图等应用过程中,经常要求识别各种单色的彩色目标和图标等,例如,在油田地理分布图中,常常有各种红色的油井、气井和输油管线;有黑色的公路,蓝色的湖泊,棕色的背景等高线和沙漠等目标。由于这些目标在地图中的位置一般是未知的,同时由于噪声的存在,因而使得各类目标的颜色发生变化,从而使得人们并不能确切地知道各类目标的颜色分布,显然,这种单色的目标并不能用颜色直方图的相交性反映出来。针对噪声环境下,各种不同颜色目标的查询和识别,本文采用了一种颜色矢量分析方法,而这种方法最初是应用于遥感图象的处理,它是针对各种地物所具有的不同光谱特性,而采用光谱矢量法来进行分析^[7]的,本文则将这种方法引入到图象的颜色特性分析中,并且,针对处理过程中引入的噪声,定义了一种平均颜色矢量。实际应用表明,这种方法的分析结果是比较令人满意的。

1 应用颜色矢量进行不同颜色目标的识别

1.1 颜色矢量的定义

彩色图象的每个象素都是由红(R)、绿(G)、蓝(B)3种颜色来表示的,定义第*i*个象素的颜色矢量为

$$X_i = (x_{iR} \quad x_{iG} \quad x_{iB})^T \quad (1)$$

其中, X_i 表示第*i*个象素的颜色矢量, x_{iR} 、 x_{iG} 和 x_{iB}

分别表示第*i*个象素在R、G和B3个分量上的分量值, T 表示转置。

假设某图象或某目标是由*n*个象素组成,则定义它的平均颜色分量值为

$$\bar{R} = \frac{\sum_{p=1}^n R(p)}{n} \quad (2)$$

$$\bar{G} = \frac{\sum_{p=1}^n G(p)}{n} \quad (3)$$

$$\bar{B} = \frac{\sum_{p=1}^n B(p)}{n} \quad (4)$$

其中,*n*为图象或对象的象素数, $R(p)$ 、 $G(p)$ 、 $B(p)$ 分别对应于第*p*个象素的红、绿、蓝分量的强度值(对于256色彩色图,其值范围在0~255之间)。定义研究对象的平均颜色矢量 W 是由这3个分量组成的,即

$$W = (\bar{R} \quad \bar{G} \quad \bar{B})^T \quad (5)$$

从式(2)~式(5)的定义可以看出,平均颜色矢量反映了研究对象在R、G、B3个分量上的总体分布情况,但它并不能像颜色直方图那样能直接反映出对象在各个颜色单元中象素的分布情况。可是用定义平均颜色矢量来进行测量,则可以有效地消除由于噪声而使统计结果发生偏差的情况。

1.2 颜色矢量分析方法

为了快速识别这类目标,还使用了一种颜色矢量分析方法。这种方法是假设图象中已知类别为*n*类,通过对各类别训练区的统计,以求得各图象样本的平均颜色矢量和标准偏差,例如,对于第*K*类目标,颜色矢量 W_K 可以由式(2)~式(5)求得,而3个颜色分量上的标准偏差 S_{Kl} (*l*分别代表R、G和B)可由下式求得

$$S_{Kl} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_{il} - \bar{x}_l)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (6)$$

*n*为*K*类目标训练区所具有的象素数, x_{il} 为第*i*个象素在*l*方向上分量值, \bar{x}_l 是在*l*方向上的平均颜色分量值,即 \bar{R} 、 \bar{G} 和 \bar{B} 。

得到各类训练目标的平均颜色矢量和标准偏差以后,就可以对待测目标图象进行识别和分割,具体算法是依次计算待测地图上每个象素在R、G、B方向上的值与各类训练区的平均颜色矢量的欧拉距离(Euclidean Distance)

$$D_K(X_i, W_K) = \left[\frac{1}{3} (X_i - W_K)^T (X_i - W_K) \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{x_{iR} - \bar{R}_K)^2 + (\bar{x}_{iG} - \bar{G}_K)^2 + (x_{iB} - \bar{B}_K)^2}{3} \right]^{1/2} \quad (7)$$

式中, $D_K(X_i, W_K)$ 表示第 i 个象素与第 K 类目标之间的欧拉距离。

在计算出第 i 个象素和所有类别的欧拉距离后, 选择其中的最小值, 假如为 $D_K(X_i, W_K)$, 说明 X_i 和第 K 类目标在颜色上最相似, 象素 i 应归于第 K 类目标。由于图象分类过程并非所有类别都参加判别, 因此, 还需要对距离函数进行检验, 即检验最小的欧拉距离与该点颜色分量的标准偏差 S_{KI} 之差的绝对值是否小于给定的门限值 T , 即

$$|D_K(X_i, W_K) - S_{KI}| \leq T \quad (8)$$

如果上式成立, 则判定 X_i 属于 W_K 类, 如果不成立, 则不能归入 W_K 类, 阈值 T 可根据经验选择。

1.3 中值滤波消除噪声

一般使用颜色矢量法就可以将图象中主要目标类识别和分割出来, 如果这时已识别的目标类图象中存在有散光和背景等干扰, 尚需要进行平滑处理, 以消除噪声的干扰。

对主要的单色目标图象, 尚需变换为二值图象再进行中值滤波, 即对二值图象上的点 $f(i, j)$, 计算 $f(i, j)$ 及其 8 个邻近点的代数和 $F(i, j)$

$$F(i, j) = \sum_{n=-1,0,1} \sum_{m=-1,0,1} f(i+n, j+m) \quad (9)$$

象素 (i, j) 的值 $f(i, j)$ 由下式决定

$$f(i, j) = \begin{cases} 1 & F(i, j) \geq 3 \\ 0 & F(i, j) < 3 \end{cases} \quad (10)$$

将处理后的二值图象再反变换为原来的单色图象, 并对所有识别出的目标图象都进行如此处理, 这样就达到了噪声环境下目标识别的目的。最后, 再对所有平滑处理过的图象(包括分割出的背景图象)进行“叠加”操作, 就可以得到消除噪声后的原始图象。

2 快速识别、处理结果及讨论

2.1 识别、处理结果

现以国家某重点油田资源地图为例, 应用上面的判定原理和滤波方法对其进行处理, 以验证本文方法的效果。该图上标有各种不同颜色的重要目标, 它们可以分为以下几类:

(1) 红色的各种油井(包括自喷油井、探井、采油井)变压器、计量站和输油管线等;

(2) 黑色的砂石路、沥青路;

(3) 蓝色的河流、沼泽;

(4) 棕色的生产基地、公寓标志;

(5) 不同浅棕色的沙地、地类界、计曲线、首曲线等背景标志;

在地图输入过程中, 由于散光、扫描仪分辨率等原因, 使图象存在很大的噪声干扰, 如图 1 所示, 因此在对一些重要的目标进行分类和识别时, 首先需选择数字化地图上各类目标的一块样板颜色图象作为训练区, 以求得它们对应的 R、G、B 平均分量值和标准偏差。例如, 对图 1 所示的原始图象, 其求得的与它们对应的第 1、2、3 和 5 类的参数如表 1 所示。

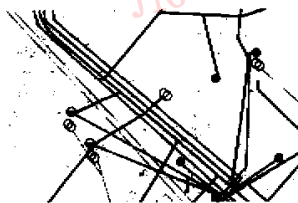


图 1 油田资源地图

表 1

目标类型	参 数					
	\bar{R}	S_R	\bar{G}	S_G	\bar{B}	S_B
1	221.98	39.32	28.08	25.02	26.99	23.22
2	46.44	22.11	46.44	28.12	42.48	14.23
3	16.00	22.02	128.00	4.12	255.00	34.78
5	133.29	13.00	80.16	23.89	47.47	12.88

首先对图 1 的各个象素(白色的背景点除外)依次使用公式(7)计算其和各类目标的欧氏距离, 然后通过比较, 将它归入欧氏距离最小的类别中, 并存入相应目标类别的图象文件中(空白处用白色背景象素填补)。这样, 就同时得到了红色目标、黑色目标、蓝色目标和浅棕色背景目标等 4 类图象。对前 3 种目标图象再进行中值滤波, 就可以得到识别后的目标图象。图 2 所示为被识别的红色目标; 图 3 是被识别的红色目标再经过滤波后的图象。当对识别的主要目标进行平滑处理后, 再将这些分割出的图象, 包括背景图象进行“叠加”操作, 就可以得到消除噪声后的原始图象(如图 4 所示)。可以看到, 图 4 的效果比图 1 要好。

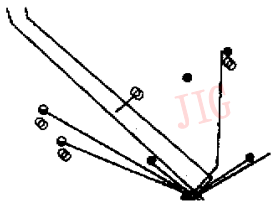


图2 识别的第1类目标

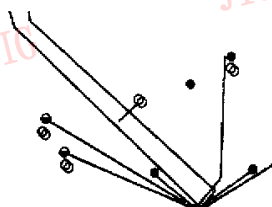
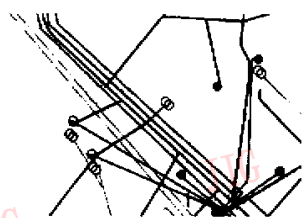
图3 识别的第1类目标再经过
中值滤波后的图象

图4 消除噪声后的原始图象

从表1所示的数据可以看出,第1类目标红色区R值的标准偏差较大,这是由于在选择训练区的图象样板时,包含了较大的噪声的缘故.这还影响到选取合适的阈值 T ,及用公式(8)验证分类结果的过程.一般说,这种方法的处理效果取决于已知分类目标类别的多少及训练统计参数的精确程度.

2.2 颜色空间的选择

在进行彩色图象处理时,采用何种彩色空间是非常重要的.一般的彩色地图经彩色扫描仪扫描后所获取的彩色图象都是RGB空间的彩色图象,通常彩色图象的常规处理也是在RGB空间进行的.但彩色空间还有HIS、HBS、YIQ等,采用不同的彩色空间进行分割处理时,所得出的结果会有所不同^[8],如采用RGB颜色空间,由于该空间中两点的欧氏距离与颜色距离不成线性关系,并且,其R、G、B分量均具有较强的明度,且彼此之间相关,随着明度的不同,容易产生错误的分割^[9],而其它几种颜色空间也存在着不尽人意之处,因此文献^[9]中提出了一种R、G、B彩色空间的线性变换 $I_1-I_2-I_3$ 彩色空间,它的表达式为

$$\begin{aligned} I_1 &= (R + G + B)/3 \\ I_2 &= R - B \\ I_3 &= (2G - R - B)/2 \end{aligned} \quad (11)$$

这一彩色空间具有明度 I_1 ,而其 I_2 分量能有效地区分棕色和蓝色, I_3 分量能突出绿色.据此,可以对式(1)~式(5)进行修正,来获得 $I_1-I_2-I_3$ 颜色空间的彩色矢量定义.将式(6)~式(8)中的R、G、B空间矢量分别用 $I_1-I_2-I_3$ 空间中的矢量代替,就可以采用 $I_1-I_2-I_3$ 颜色空间来进行目标分割,并用式(9)~式(10)进行了处理.

将R、G、B空间和 $I_1-I_2-I_3$ 空间二者的实验结果进行了对比,发现两者之间并无明显的差别,说明在精度要求并不太高的情况下,选用R、G、B颜色空间进行处理即能满足一般的处理要求,而且还可

以节省处理时间.

3 结束语

众所周知,如今颜色已被应用于图象数据库的查询和检索,本文引入了一种颜色矢量的分析方法,以用于在噪声环境下,对图象中的多种单色目标进行识别,并对识别出的各单色目标图进行平滑处理,然后通过“叠加”操作,有效抑制了原图象中的噪声.这种方法可以同时将GIS等地图中的多个目标类别识别出来,且速度较快,抑制噪声的结果也比较理想.对于一般复杂的自然图象,如果其中具有多个单色目标也同样有效.

由于颜色矢量分析方法,其消除噪声的效果和分类的类别数有关,即原始图象被分割的次数越多,进行平滑的次数越多,其最后“叠加”后图象噪声的干扰越小,但是,每次分类的目标类别数太多,势必影响分类算法的执行速度,因而可以采用折中的方法,即第一次分类时,首先将主要的目标类分割出来,再进行滤波处理;如果效果不理想,再对其进行细分处理,直到得到满意的结果为止.

该方法最大的不足之处是,如果两种目标是完全同种颜色,则它们将作为同一类目标被识别.对此情况,可以在颜色分类的基础上,再根据图标的形状进行识别,但是首先进行颜色分类,可使整个目标的识别工作大大简化.

参考文献

- 1 Gudivada V N, Raghavan V V. Content-based image retrieval systems. IEEE Computer, 1995, 28(9): 18~22.
- 2 Flickner M. Query by image and video content: The QBIC system. IEEE Computer, 1995, 28(9): 23~31.
- 3 Ogle V E, Stonebraker M. Chabot: Retrieval from a relational database of image. Computer, 1995, 28(9): 40~48.
- 4 Forsyth D A. A novel algorithm for color constancy. Int. J. of

- Computer Vision, 1990, 5(5): 5~36.
- 5 Swain M J, Ballard D H. Color indexing. Int. J. of Computer Vision, 1991, 7(1): 11~32.
- 6 Faloutsos C, Barber R *et al.* Efficient and effective querying by image content. J. of Intell. Infor. Systems, 1994, 3(3-4): 231~262.
- 7 刘政凯编著. 微型计算机数字图象处理技术. 合肥:安徽科学技术出版社, 1991.
- 8 Lim Y W, Lee S U. On the color image segmentation algorithm based on the threshold and the fuzzy c-mean techniques. Pattern Recognition, 1990, 23(9): 935~952.
- 9 Ohta Y I. Color information for recognition segmentation. Computer Graphics and Image Processing, 1990, 13(2): 222~241.

贾克斌 1962年生,副研究员,1998年获中国科技大学信号与信息处理专业博士学位.主要研究领域为基于内容的图象检索、多媒体数据库和计算机网络关键技术.曾获省级科技进步二等奖 1 项,已发表学术论文 22 篇.