

一种使用向量量化及加权技术提高 彩色图象显示质量的新算法

赵德彬 张世斌 高文

(计算机科学与工程)

摘 要 介绍了彩色图象的表示方式及显示方法,阐述了向量量化原理,并将其引入到彩色图象的显示技术中,提出了一种利用向量量化及加权技术提高彩色图象显示质量的新算法。

关键词 向量量化; 彩色图象

中国图书资料分类号 TP391

0 引言

十多年来,随着计算机技术和信号处理技术的飞速发展及成像技术应用的不断扩大,数字图象技术已日趋成熟,现在数字图象处理技术已广泛应用于科学研究、工业生产等部门,例如用于目标跟踪、机器人导航、电视频带压缩、医学用图象增强,根据航空摄影自动绘图以及利用资源卫星照片对土地分类和寻找资源等,而其处理的图象也从二值图象、多灰度图象发展到彩色图象。彩色是人脑对自然景物的一种生理和心理感觉,经典的三基色理论是由英国医学家兼物理学家 T.Young 提出的。他认为人的眼睛中有三类感光组织,分别对红光、蓝光、绿光敏感, H.V.Helmholtz 进一步发展和完善了这一学说,到目前为止人们一致认为是在各种彩色学说中最成熟的是三基色学说,即任何一种人眼可分辨的彩色均可以由红 (Red)、绿 (Green)、蓝 (Blue) 三基色来配制^{[1][2]},在实际处理彩色图象时,一般用成象器对一幅彩色图象进行三基色扫描,得到 RGB 图象,然后对其进行处理。向量量化技术起源于五十年代,早在 1956 年 Steinhaus 便系统地阐述了最佳向量量化问题,1957 年 Lloyd 给出了如何划分量化区间和如何求量化值的方法,约与此同时 Max 也得到了同样的结论。但由于受当时条件的限制,向量量化技术到七十年代只是处于理论性的初步探索阶段,直到 1980 年, Linde, Buzo, Gray 将 Lloyd-Max 的算法推广,发表了第一个向量量化器的设计算法,即 LBG 算法,才将向量量化技术推进了一大步^[3],近几年来向量量化技术发展很快,其重要性也逐渐被人们所重视,人们相信随着向量量化技术研究的不断深入,其应用也将越来越广泛。

1 彩色图象的显示

人眼能分辨的任意一幅彩色图象可以由红、绿、蓝三基色组合而成,设每一基色的亮度

文稿收到日期:1992-12-07

本文联系人:赵德彬,副教授/哈尔滨工业大学计算机科学与工程系(150001)

级为 L (一般 $L=256$), 那么每一幅彩色图象可能具有的彩色就可能有 L^3 种, 例如 $R=255, G=0, B=0$, 表示深红; $R=0, G=128, B=0$, 表示浅绿等, 但在显示一幅彩色图象时, 受机器性能的限制一般只能同时显示 H (例如 $H=256$) 种彩色, 我们知道大自然的色彩是多种多样的, 如果一幅彩色图象的彩色数多于 H 种, 那么这幅彩色图象就不能直接在具有同时显示 H 种彩色的图象显示器上显示。例如 SUN3 图形图象工作站基色亮度 $L=256$, 具有彩色 256^3 种, 而允许同时显示的彩色 $H=256$ 种, 这样我们在显示彩色图象前就必须进行处理, 将彩色图象的彩色数减少到 256 种, 只有这样才能将通过成象器得到的 RGB 彩色图象在图象显示器上显示。一般的处理方法是将 L^3 种彩色均匀分为 H 等份, 然后对彩色图象进行量化。这种方法的优点是速度快, 但显而易见, 用等分的 H 种彩色量化任意一幅图象, 必然造成较大的失真。那么如何根据一幅彩色图象本身的特点尽量减少失真呢? 本文提出了一种基于向量量化及加权技术的新方法。

2 向量量化技术

量化可以分为两大类: 标量量化和向量量化。标量量化把抽样后的信号逐个进行量化, 而向量量化是先将 K 个 ($K \geq 2$) 抽样值成形 K 维空间 R^K , 然后将向量进行量化。向量量化定义如下:

对于 $X \in R^K$, 选择 N 个点 (量子), 由 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_N\}$, $Y_i \in R^K$, 给出一种划分 Φ , 使得:

$$1) R_i \cap R_j = 0, \quad \bigcup_{i=1}^N R_i = R^K;$$

2) Y_i 在 R_i 的质心上。

则量化器 $Q: R^K \rightarrow Y$, 由 $Y_i = \{X | X \in R_i, i=1, 2, \dots, N\}$ 给定。

向量量化与标量量化相比至少有两个优点: 第一, 当向量是相关的时候, 向量编码比标量编码有更小的信息率; 第二, 向量量化的均方量化失真小于分别进行标量量化的均方量化失真之和。正如山农的率失真理论指出: 当编码长度 $K \rightarrow \infty$ 时, 速率与失真的关系可以达到率失真界。一般地说, K 越大此关系离率失真界越近^{[4][9]}。

利用向量量化的第二个优点, 我们可以把 RGB 三基色的相同象素当作是一个三维向量, 那么一幅 $N \times N$ 的彩色图象就具有 N^2 个三维向量, 利用这些三维向量生成具有 H 个码字的码本, 这样, 这幅彩色图象就可以在具有允许同时显示 H 种彩色的图象显示器上显示。

3 一种使用向量量化及加权技术提高彩色图象显示质量的新算法

设彩色图象的大小为 $N \times N$, 图象显示器允许同时显示的彩色数目为 H 。该算法的基本思想是把使用次数较多的向量赋予较大的权值, 把使用次数较少的向量赋予较小的权值, 把加权后距离最近的两个向量合并成一个新的向量, 反复执行上述过程直到所剩向量个数等于 H 为止。算法如下:

STEP 1: 设 V_i 为 N^2 个三维向量中的第 i 个向量, $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, V_{i3}\}$, V_i 的权为 P_i , P_i 的初始值为 $1/N^2$, ($i=1, 2, \dots, N^2$)。

STEP2: 计算任意两个向量 V_i 和 V_j 之间的距离 D_{ij} , $D_{ij} = \sum_{k=1}^3 (V_{ik} - V_{jk})^2$ ($i, j=1, 2, \dots, N$, and $i \neq j$), 其中 $P_{ij} = P_i + P_j$.

STEP3: 找出距离最近的两个向量, 并用一个新向量替换这两个向量, 设距离最近的两个向量为 V_i 和 V_j , 替换他们的新向量为 V_m , $V_m = \{(V_{ik} + V_{jk})/2, k=1, 2, 3\}$, $P_m = P_i + P_j$. IF 剩余向量个数 = H , GOTO STEP5.

STEP4: 计算新向量 V_m 到其它向量 V_l 之间的距离, D_{ml} , $D_{ml} = \sum_{k=1}^3 (V_{mk} - V_{lk})^2$ ($l=1, 2, \dots, N$, and $m \neq l$), $P_{ml} = P_m + P_l$. GOTO STEP3.

STEP5: 结束.

在 STEP3 中, 用新向量 V_m , $V_m = \{(V_{ik} + V_{jk})/2, k=1, 2, 3\}$, 替换向量为 V_i 和 V_j , 这是因为任意一个向量到 V_i 和 V_j 的距离之和都大于等于 V_m 到 V_i 和 V_j 的距离之和. 即采用 V_m 比采用其它向量失真最小^[7].

证明如下: 设 D_p 为任意一个向量到 V_i 和 V_j 的距离, 则:

$$D_p = \sum_{k=1}^3 (V_{pk} - V_{ik})^2 + \sum_{k=1}^3 (V_{pk} - V_{jk})^2, \quad D_p' = 2 \sum_{k=1}^3 (V_{pk} - V_{ik}) + 2 \sum_{k=1}^3 (V_{pk} - V_{jk})$$

若 $D_p' = 0$, 则 $V_{pk} = (V_{ik} + V_{jk})/2$, ($k=1, 2, 3$), 即 $V_p = V_m$, 证毕.

4 结论

从上述算法的基本思想不难看出该算法在保持彩色图象的信息量方面有明显的优点, 即采用此算法可以提高彩色图象的显示质量, 使在图象显示器上显示的图象更接近真实的图象, 但由于该算法在计算向量之间的距离及寻找距离最近的两个向量时很浪费时间, 因此算法执行时间较长. 为了克服这一缺点, 可以采用并行器件及快速算法缩短运算时间.

参 考 文 献

- 1 荆仁杰. 计算机图象处理. 浙江大学出版社, 1990
- 2 普拉特 W H. 数字图象处理学. 科学出版社, 1984
- 3 孙仲康, 沈振康. 数字图象处理及其应用. 国防工业出版社, 1985
- 4 胡征, 杨有为. 矢量量化原理与应用. 西安电子科技大学出版社, 1988
- 5 Robert M Gray. Vector Quantization. IEEE ASSP Magazine, April, 1984
- 6 Linde Y. An Algorithm for Vector Quantizer Design. IEEE TRANS. COMMUN. 1980, 28:84-95
- 7 赵德彬. 向量量化原理与交换技术在图象编码压缩中的应用. 哈尔滨工业大学硕士论文, 1988

A New Algorithm of Improving Color Image Displaying Quality Using Vector Quantization and Weighting Technique

Zhao Debin Zhang Shibin Gao Wen

(Dept. of Computer Science and Engineering)

Abstract This paper discussed the methods of color image representation and displaying, and the principle of vector quantization first. Then this principle is introduced into the technique of color image displaying, and a new algorithm of improving color image displaying quality using vector quantization and weighting technique is presented.

Key words Vector quantization; color image