

DOI:10.3969/j.issn.1673-4785.201111010

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20120309.1531.003.html>

TSNAM彩色图像的格雷码表示

郑运平, 张佳婧

(华南理工大学计算机科学与工程学院, 广东广州510006)

摘要: 为了提高彩色图像模式的表示效率,借助于三角形和正方形布局问题的思想,将格雷码和位平面分解方法应用到彩色图像的三角形和正方形NAM表示方法(TSNAM)中,提出了一种基于格雷码的TSNAM彩色图像表示方法(GTSNAM),给出了GTSNAM表示算法的形式化描述,并对其存储结构、总数据量和时空复杂性进行了分析.理论分析和实验结果表明,与最新提出的TSNAM表示方法和经典的线性四元树(LQT)表示方法相比,GTSNAM表示方法具有更少的子模式数(或节点数),能够更有效地减少数据存储空间,因而是一种有效的彩色图像表示方法.

关键词: 格雷码; NAM; 彩色图像表示; 线性四元树; 位平面分解

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 16734785(2012)02-0142-06

A Gray-code-based color image representation method using TSNAM

ZHENG Yunping, ZHANG Jiajing

(School of Computer Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 51006, China)

Abstract: Inspired by an idea obtained from the triangle and the square packing problems, a new Gray-code-based color image representation method using a non-symmetry and anti-packing pattern representation model with the triangle and the square subpatterns (TSNAM), also called the GTSNAM representation method, was proposed to improve the representation efficiency of color images by applying the Gray code and the bit-plane decomposition method. Also, a concrete algorithm of GTSNAM for color images was presented, and the storage structure, the total data amount, and the time and space complexities of the proposed algorithm were analyzed. By comparing the GTSNAM algorithm with those of the classic linear quadtree (LQT) and the latest TSNAM, which is not based on the Gray code, the theoretical and experimental results show that the former can greatly reduce the number of subpatterns or nodes and simultaneously save the storage space much more effectively than the latter ones. The GTSNAM algorithm is therefore shown to be a better method to represent color images.

Keywords: Gray code; non-symmetry and anti-packing model; color image representation; linear quadtree; bit-plane decomposition

布局问题包含了种类繁多的若干类问题如三角形布局问题、矩形布局问题和装箱问题等,这些问题在许多领域里能够得到广泛的应用,有着巨大的理论价值和实际意义^[2]. 在Internet已成为最主要的信息传输途径的今天,由于图像信息所具有的大量性,其快速、实时传输的要求得不到满足,已成为制约

Internet发展的一个难题. 许多实际的应用由于大量的图像信息得不到快速传输而使系统的实时效果不是很理想. 因此图像表示方法的研究就变得非常重要,它是目前最活跃的研究领域之一^[3]. 四元树(linear quadtree, LQT)表示是研究得最早、最多的一种图像表示方法^[4]. 为了进一步减少存储空间, Gargantini消除了指针方案,提出了线性四元树表示方法^[5]. 一般情况下, LQT表示方法可节省66%的存储空间; 特殊情况下, 可节省高于90%的存储空间. 借助于矩形布局问题的思想, 通过使用位平面分解方法, 文献^[8]提出了一种基于非对称逆

收稿日期: 2011-11-16. 网络出版日期: 2012-03-09.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60973085); 广东省自然科学基金资助项目(S2011040005815); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2011ZM0074); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20120172120036).

通信作者: 郑运平. E-mail: zhengyp@sout.edu.cn.

布局的模式表示模型(non-symmetry and anti-packing pattern representation model, NAM)的彩色图像表示方法,这是彩色图像的间接矩形 NAM 表示方法. 随后,文献[9]提出了彩色图像的直接矩形 NAM 表示方法. 文献[8-9]中用到的子模式均为矩形,对于具有块状性的图像具有较好的表示效果. 对于块状性不好或者没有明显块状性的图像,三角形子模式是一个很好的选择,鉴于此,笔者在文献[10]中曾提出了灰度图像的直接三角形 NAM 表示方法,而在文献[11]中提出了灰度图像的间接三角形 NAM 表示方法(IITNAM). 最近,借助三角形和正方形布局问题的思想,通过在 IITNAM 表示方法中增加正方形子模式,文献[12]提出了一种称为 TSNAM 的图像表示方法,并且也使用了 BPD 方法. 尽管 BPD 方法是一种有效降低图像复杂度的方法,但采用这种方法来分解位平面存在一个缺点,即像素点灰度值的微小变化会对位平面的复杂度产生较明显的影响. 例如,当空间相邻的 2 个像素的灰度值分别为 $127 = (01111111)_2$ 和 $128 = (10000000)_2$ 时,图像的每个位平面在这个位置处都会有从 0 到 1(或从 1 到 0)的传输,而由法国工程师 J. M. E. Baudot 于 1880 年发明的格雷码(Gray code)则没有这一缺点,格雷码在任意 2 个相邻的数之间转换时,只有一个数位发生变,它大大地减少了由一个状态到下一个状态时逻辑的混淆.

因此,为了进一步提高 TSNAM 的表示效率,同时也为了减小像素点灰度值的微小变化会对位平面的复杂度产生较明显的影响,本文将格雷码和 BPD 方法应用到彩色图像的 TSNAM 表示方法中,提出了一种基于格雷码的 TSNAM 彩色图像表示方法(GTSNAM). 理论分析和实验结果表明了本文提出的 GTSNAM 表示方法的正确性和有效性.

1 彩色图像的 GTSNAM 方法

1.1 TSNAM 方法的思想

在 TSNAM 表示方法中,预先定义子模式集合是三角形和正方形. 其中,将三角形子模式分成了 4 类:上三角形、下三角形、对称上三角形和对称下三角形. 这样,对于任何一个三角形子模式,不需要存储 3 个顶点的坐标,而只要存储斜边的 2 个端点和一个用于标识三角形子模式类型的标识符(比如上三角形、下三角形、对称上三角形和对称下三角形分别用“0”、“1”、“2”和“3”这 4 个数来标识)即可. 相反,以斜边的 2 个端点和三角形类型的标识符,也可以非常简单地解码出三角形子模式.

彩色图像的 TSNAM 表示方法的主要思想是:对一幅彩色图像,首先获取其 3 幅由 r 、 g 、 b 颜色分量组成的灰度图像,然后通过 BPD 方法对每幅灰度图像进行分解,获得相应的位平面二值图像,最后用三角形和正方形子模式对所有二值图像进行逆布局. 事实上,TSNAM 表示方法对 IITNAM 表示方法的改进主要体现在 TSNAM 表示方法中新增了一个正方形子模式.

1.2 彩色图像的 GTSNAM 算法描述

设已经布局好的彩色图像模式为 C ,位深为 m ,大小为 $2^n \times 2^n \times 3$,其分解后的 3 幅灰度图像模式为 $G[1]$ 、 $G[2]$ 和 $G[3]$,大小均为 $2^n \times 2^n$. 为方便起见,假定“0”为“black”,即黑色,表示区域,“1”为“white”,即白色,表示背景点. 本算法只需记录“black”像素点. GTSNAM 表示算法中被逆布局的子模式对象是任意大小的三角形和正方形,其中三角形子模式 $t = \{\text{triangle} | \text{triangle} = (\text{flag}, \text{point1_hyp}, \text{point2_hyp})\}$, flag 占 2 bit, $\text{flag} = 0$ 时表示上三角形, $\text{flag} = 1$ 时表示下三角形, $\text{flag} = 2$ 时表示对称上三角形, $\text{flag} = 4$ 时表示对称下三角形; point1_hyp 和 point2_hyp 表示斜边的 2 个端点;且正方形子模式 $s = \{\text{square} | \text{square} = (\text{sp}, \text{edge})\}$ 中, sp 和 edge 分别代表正方形左上角的坐标及边长.

以下给出了 GTSNAM 表示算法的具体步骤:

输入:一幅 $2^n \times 2^n \times 3$ 的彩色图像模式 C 及其位深 m .

输出: $Q = \{Q_t, Q_s, Q_l, Q_p\}$, $Q_t = \{Q_{t_0}, Q_{t_1}, \dots, Q_{t_{3m-1}}\}$, $Q_s = \{Q_{s_0}, Q_{s_1}, \dots, Q_{s_{3m-1}}\}$, $Q_l = \{Q_{l_0}, Q_{l_1}, \dots, Q_{l_{3m-1}}\}$ 和 $Q_p = \{Q_{p_0}, Q_{p_1}, \dots, Q_{p_{3m-1}}\}$. 其中 Q_{t_i} 、 Q_{s_i} 、 Q_{l_i} 和 Q_{p_i} ($0 \leq i \leq 3m-1$) 分别表示第 i 个格雷码位面图 CP_i 的三角形、正方形、线段和孤立点的编码结果.

1) 对于一个给定的大小为 $2^n \times 2^n \times 3$ 的彩色图像 C ,分别取得由它的 r 、 g 、 b 颜色分量组成大小为 $2^n \times 2^n$ 的灰度图像 $G[1]$ 、 $G[2]$ 和 $G[3]$,并把三角形、正方形、线段和孤立点的计数变量 t_n 、 s_n 、 l_n 和 p_n 均赋值为 0.

2) 用灰度图像的 BPD 方法依次将 3 幅灰度图像 $G[1]$ 、 $G[2]$ 和 $G[3]$ 各自分解为 m 幅二值图像 BP_i ($0 \leq i \leq m-1$)、 BP_i ($m \leq i \leq 2m-1$) 和 BP_i ($2m \leq i \leq 3m-1$).

3) 当 $k = 1, 2, 3$ 时,根据式(1),依次计算出每 m 幅二值位面图 BP_i ($0 \leq i \leq m-1$)、 BP_i ($m \leq i \leq 2m-1$) 和 BP_i ($2m \leq i \leq 3m-1$) 所分别对应的 m 幅格雷码位面图 CP_i ($0 \leq i \leq m-1$)、 CP_i ($m \leq i \leq 2m-1$)

1) 和 $CP_i (2m \leq i \leq 3m-1)$, 并令 $j=0$.

$$\begin{cases} CP_i = BP_i, i = k \times m - 1, \\ CP_i = BP_i \oplus BP_{i+1}, (k-1) \times m \leq i \leq k \times m - 2. \end{cases} \quad (1)$$

4) 从 CP_j 的第 1 个入口开始, 首先用光栅扫描的方法确定一个未被标识的起始点 (x, y) , 再根据三角形子模式的匹配(逆布局)策略来尽可能地形成最大的三角形子模式.

5) 如果以 (x, y) 为端点找到的最大三角形子模式为上三角形(或对称上三角形), 则将 $flag$ 赋为 0 (或 2), 三角形的计数变量 t_n 的值加 1, 且将这个三角形子模式作标识.

6) 记录斜边端点的 2 个坐标 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , 然后对斜边的 2 个端点作 K 码降维变换, 即 $point1_hyp \leftarrow K(x_1, y_1)$, $point2_hyp \leftarrow K(x_2, y_2)$, 最后将 $flag$ 、 $point1_hyp$ 、 $point2_hyp$ 这 3 个变量存储到队列 Q_{ij} 中, 即有 $Q_{ij}\{t_n\} \leftarrow \{flag, point1_hyp, point2_hyp\}$.

7) 如果以 (x, y) 为端点找到的最大三角形子模式为下三角形(或对称下三角形), 则将 $flag$ 赋为 1 (或 3), 三角形的计数变量 t_n 的值加 1, 且将这个三角形子模式作标识, 记录斜边端点的 2 个坐标 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , 然后对斜边的 2 个端点作 K 码降维变换, 即: $point1_hyp \leftarrow K(x_1, y_1)$, $point2_hyp \leftarrow K(x_2, y_2)$, 最后将 $flag$ 、 $point1_hyp$ 、 $point2_hyp$ 这 3 个变量存储到队列 Q_{ij} 中, 即有 $Q_{ij}\{t_n\} \leftarrow \{flag, point1_hyp, point2_hyp\}$.

8) 如果以 (x, y) 为端点找到的最大上三角形(或对称上三角形)子模式的面积和最大下三角形(或对称下三角形)子模式的面积相等, 且这 2 个三角形能构成一个正方形, 则将 t_n 的值减 2, 同时将 s_n 的值加 1.

9) 记录此最大正方形子模式的 2 个参数, 即起始点坐标 (x, y) 和边长 $edge$; 然后对起始点坐标 (x, y) 作 K 码降维变换, 即 $sp \leftarrow K(x, y)$; 最后将 sp 和 $edge$ 这 2 个变量存储到队列 Q_{sj} 中, 即有 $Q_{sj}\{s_n\} \leftarrow \{sp, edge\}$, 并将此正方形在 CP_j 中作标识.

10) 循环执行 4) ~ 9), 直到不能形成新的三角形和正方形子模式为止.

11) 按光栅扫描的顺序, 从标记过的 CP_j 的第 1 个入口开始, 首先确定 1 个未被标记的点, 再根据子模式的匹配(逆布局)算法来尽可能地形成最长的线段, 如果能形成线段, 则将线段的计数变量 l_n 的值加 1, 记录线段端点的 2 个坐标 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , 然后对线段的 2 个端点作 K 码降维变换, 即

$l_1 \leftarrow K(x_1, y_1)$, $l_2 \leftarrow K(x_2, y_2)$. 最后将 l_1 和 l_2 这 2 个变量存储到队列 Q_{lj} 中, 即有 $Q_{lj}\{l_n\} = \{l_1, l_2\}$, 且将存储过的此线段在 CP_j 中作标识. 否则, 说明只能形成孤立点, 执行 12).

12) 直接存储孤立点的坐标 (x, y) , 将孤立点的计数变量 p_n 的值加 1, 然后将这个点作 K 码降维变换, 即 $p \leftarrow K(x, y)$. 最后将 p 这个变量存储到队列 Q_{pj} 中, 即有 $Q_{pj}\{p_n\} = \{p\}$, 并将此点在 CP_j 中作标识.

13) 循环执行 11) ~ 12), 直到不能形成新的线段和孤立点为止.

14) $j = j + 1$. 若 $j \leq 3m - 1$, 则执行 4).

15) 输出编码结果 $Q = \{Q_t, Q_s, Q_l, Q_p\}$, 其中 $Q_t = \{Q_{t_0}, Q_{t_1}, \dots, Q_{t_{3m-1}}\}$, $Q_s = \{Q_{s_0}, Q_{s_1}, \dots, Q_{s_{3m-1}}\}$, $Q_l = \{Q_{l_0}, Q_{l_1}, \dots, Q_{l_{3m-1}}\}$ 和 $Q_p = \{Q_{p_0}, Q_{p_1}, \dots, Q_{p_{3m-1}}\}$.

1.3 算法复杂度分析

假定彩色图像 C 中元素的总数为 N , 多子模式的类型数为 n , 位深为 m . 由于采用了 BPD 方法, 一幅彩色图像被分解为 $3m$ 幅二值图像来处理, 因此, 对 GTSNAM 算法来说, 编码所需的时间正比于 $mnN\tau$, 其中 τ 表示图像中每个像素平均分割的次数, 且 τ 的上限为 $O(\lg N)$. 因此, 在最坏情况, 编码算法时间复杂度为 $O(mnN \times \lg N)$.

在空间开销方面, 编码算法除 $3m$ 幅二值图像矩阵外, 只增加了为数非常少的中间变量, 因而其空间复杂度与 $3m$ 幅二值图像的大小成正比, 即为 $O(mN)$.

2 GTSNAM 表示的存储结构和数据量

2.1 GTSNAM 表示的存储结构分析

从 GTSNAM 表示算法不难看出, 彩色图像模式的编码结果为队列集合 $Q = \{Q_t, Q_s, Q_l, Q_p\}$, $Q_t = \{Q_{t_0}, Q_{t_1}, \dots, Q_{t_{3m-1}}\}$, $Q_s = \{Q_{s_0}, Q_{s_1}, \dots, Q_{s_{3m-1}}\}$, $Q_l = \{Q_{l_0}, Q_{l_1}, \dots, Q_{l_{3m-1}}\}$ 和 $Q_p = \{Q_{p_0}, Q_{p_1}, \dots, Q_{p_{3m-1}}\}$. 其中 Q_{t_i} 、 Q_{s_i} 、 Q_{l_i} 和 Q_{p_i} ($0 \leq i \leq 3m-1$) 分别表示第 i 个格雷码位面图 CP_i 的三角形、正方形、线段和孤立点的编码结果. Q_{t_i} 所存储的每一条记录均为一个三角形子模式, 且有 3 个参数, 即 $t = \{\text{triangle} \mid \text{triangle} = (flag, point1_hyp, point2_hyp)\}$; Q_{s_i} 所存储的每一条记录均为一个正方形子模式, 且有 2 个参数, 即 $s = \{\text{square} \mid \text{square} = (sp, edge)\}$. 因此, 三角形和正方形子模式的存储结构分别如图 1 和图 2 所示.

flag	point1_hyp	point2_hyp
------	------------	------------

图1 三角形子模式的存储结构

Fig.1 Storage structure of a triangle subpattern

sp	edge
----	------

图2 正方形子模式的存储结构

Fig.2 Storage structure of a square subpattern

就正方形子模式而言,设给定的彩色图像模式 C 大小为 $2^n \times 2^n \times 3$,从文献[12]的分析可知:sp 即为一个坐标对 (x, y) , x 和 y 的二进制码长度都为 n . 具体存储记录用 K 码表示. K 用相对值来记录,本次记录的 K 域用本次 K 码减去上一个 K 码的差值来记录,即 $\Delta K = K_i - K_{i-1}$. 在统计意义下其长度为 n , 在实际情况下,如果 ΔK 的长度确实超过了 n ,则可以将该块拆分为2个块,用2个记录来表示. 子模式的表示只有1个值,即边长 edge. 按照 K 的定义, edge 的最大长度为 n . 因此,存储一个正方形子模式长度为 $2n$.

通过类似的分析,易知存储一个三角形、线段和孤立点记录长度分别为 $2n+2$ 、 $2n$ 和 n bit.

2.2 GTSNAM 表示的数据量分析

设彩色图像模式 C 的大小为 $2^n \times 2^n \times 3$,位深为 m ,经彩色图像的 BPD 后,可以将其分解为3幅大小为 $2^n \times 2^n$ 的灰度图像模式或者 $3m$ 幅大小为 $2^n \times 2^n$ 的二值图像模式. 令第 i 个色彩分量的第 j 个格雷码位面图逆布局后的三角形、正方形、线段、孤立点的子模式数分别为 $M_t(i, j)$ 、 $M_s(i, j)$ 、 $M_l(i, j)$ 和 $M_p(i, j)$, 其中 $1 \leq i \leq 3$, 且 $0 \leq j \leq m-1$.

就 GTSNAM 表示方法而言,存储一个三角形、正方形、线段和孤立点记录分别占 $2n+2$ 、 $2n$ 、 $2n$ 和 n . 因此, C 用 GTSNAM 表示方法逆布局后的 $3m$ 幅格雷码位面图的总数据量 T_{GTSNAM} 为

$$T_{\text{GTSNAM}} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^{m-1} [(2n+2)M_t(i, j) + 2nM_s(i, j) + 2nM_l(i, j) + nM_p(i, j)].$$

对于 LQT 表示方法来说,存储一个节点占 $3n-1+m$ ^[10], 设 $N_{\text{LQT}}(i)$ 表示第 i 个色彩分量,用 LQT 表示的总节点数,则 LQT 的总数据量 T_{LQT} 为

$$T_{\text{LQT}} = \sum_{i=1}^3 (3n-1+m)N_{\text{LQT}}(i).$$

令 β 为 LQT 的总数据量与 GTSNAM 的总数据量的比值,则有

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^3 (3n-1+m)N_{\text{LQT}}(i)}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^{m-1} [(2n+2)M_t(i, j) + 2nM_s(i, j) + 2nM_l(i, j) + nM_p(i, j)]} > \frac{(3n-1+m) \sum_{i=1}^3 N_{\text{LQT}}(i)}{(2n+2) \sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^{m-1} [M_t(i, j) + M_s(i, j) + M_l(i, j) + M_p(i, j)]}.$$

通过 β 这一比值,可以比较 GTSNAM 相对于 LQT 的优劣. 由于 LQT 表示是对称分割,分割方法受到很大限制,而 GTSNAM 表示是非对称分割,其分割方法更为灵活,且其目的是产生尽可能少的子模式数,因此,

$$\sum_{j=0}^{m-1} [M_t(i, j) + M_s(i, j) + M_l(i, j) + M_p(i, j)] < N_{\text{LQT}}(i),$$

从而可推出,

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^{m-1} [M_t(i, j) + M_s(i, j) + M_l(i, j) + M_p(i, j)] < \sum_{i=1}^3 N_{\text{LQT}}(i).$$

因此 $\beta > (3n-1+m)/(2n+2) > 1$. 比如在实验中,当 $n=9, m=8$ 时,从理论上来说, $\beta > 1.7 > 1$.

综上所述,理论分析表明,对彩色图像模式而言,与经典的 LQT 表示方法相比, GTSNAM 表示方法能够更有效地减少数据存储空间.

3 实验与分析

为了验证彩色图像的 GTSNAM 表示方法的理论结果,本节从实验的角度来说明其相对于无格雷码的 TSNAM 表示方法和经典的 LQT 表示方法的明显优势. 实验中机器配置为:CPU 为 Celeron(R)2.4 GHz,内存为 Kingston DDR 2GB, OS 为 MS-Windows XP Service Pack 2. 编程环境为 Matlab 7.0. 图3是实验中用来测试的4幅彩色图像,其中图3(a)、(b)是2幅机器人图像,图3(c)、(d)是2幅图像处理领域里惯用的标准图像“Flight”和“Lena”,且这些图像

的分辨率参数 $n=9$, 即 $2^9 \times 2^9 \times 3$ 的彩色图像模式, 位深 $m=8$, 即 $2^8=256$ 级.

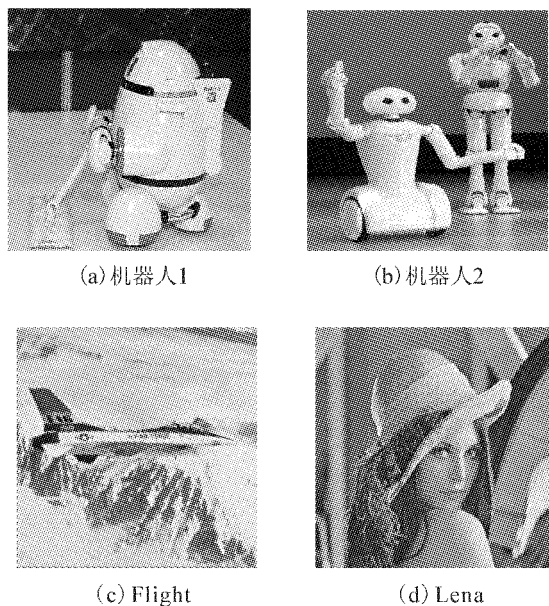


图3 4幅彩色图像

Fig.3 Four color images

通过编程, 分别实现了彩色图像的 GTSNAM、TSNAM、及 LQT 表示算法, 并对这 3 种算法的实验结果进行了比较, 相应的比较数据如表 1 所示, 其

中: N 为子模式或节点个数, TSNAM 为无格雷码的 TSNAM 表示, GTSNAM 为基于格雷码的 TSNAM 表示, LQT 为线性四元树表示, δ 为 TSNAM 与 GTSNAM 的子模式数之差, α 为 LQT 与 TSNAM 的总数据量之比, β 为 LQT 与 GTSNAM 的总数据量之比. 图 4 给出了 LQT、TSNAM 和 GTSNAM 表示方法的子模式数或结点数的对比.

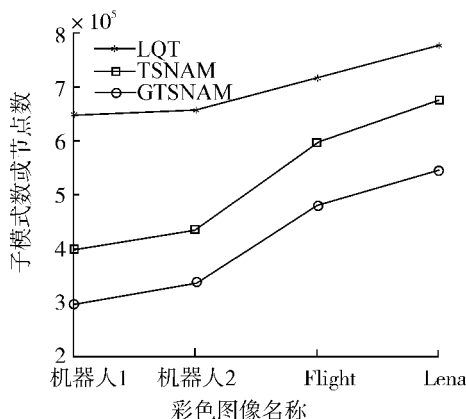


图4 LQT、TSNAM 和 GTSNAM 的子模式数或结点数的对比

Fig.4 Contrast of the subpattern or node number among the LQT, TSNAM, and GTSNAM

表1 LQT、TSNAM 和 GTSNAM 的性能比较

Table 1 Performance comparison among the LQT, TSNAM, and GTSNAM

图像	N			δ	α	β
	LQT	TSNAM	GTSNAM			
机器人1	648 378	396 735	295 647	101 088	2.84	3.35
机器人2	656 712	434 679	336 018	98 661	2.65	3.19
Flight	717 153	594 816	479 903	114 913	2.27	2.66
Lena	775 593	674 525	545 113	129 412	1.74	2.32

从图 4 中实验数据 N 来看, TSNAM 和 GTSNAM 在数据量方面的效果均是非常明显的, 其子模式数均小于 LQT 方法的节点数. 而且从表 1 中 δ 的值可知, GTSNAM 的子模式数比 TSNAM 的子模式还要少 98 661 ~ 129 412 个, 同时, 从表 1 中 N 的值不难算出, 在子模式数上 GTSNAM 比 TSNAM 下降了 16.71% ~ 25.48%, 效果是非常显著的. 因此, 与 LQT 和 TSNAM 方法相比, GTSNAM 方法能够更有效地减少子模式的数量. 而且, 从 β 值不难看出, 对于给定的 4 幅图像而言, LQT 的总数据量是 GTSNAM 的 2.32 ~ 3.35 倍, 显然, 这些图像均证实了理论分析的结果, 即当 $n=9, m=8$ 时, $\beta > 1.7 > 1$. 并

且从表 1 也不难看出, β 总是大于 α , 这表明, 在数据存储表示方面, GTSNAM 能够比 LQT 和 TSNAM 方法更有效地减少数据存储空间.

因此, 与 LQT 和 TSNAM 表示方法相比, GTSNAM 方法能够更有效地减少子模式数(节点数)和数据存储空间.

4 结束语

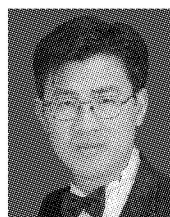
位平面分解方法是一种有效降低图像复杂度的方法. 为了进一步提高 TSNAM 的表示效率, 同时也为了减小像素点灰度值的微小变化会对位平面的复杂度产生较明显的影响, 本文将格雷码和位平面分

解方法应用到彩色图像的TSNAM表示方法中,提出了一种基于格雷码的TSNAM彩色图像表示方法(GTSNAM).给出了GTSNAM算法的形式化描述,并对其存储结构、总数据量和时空复杂性进行了详细的分析.理论分析和实验结果表明,与最新提出的TSNAM表示方法和经典的LQT表示方法相比,GTSNAM表示方法具有更少的子模式数(或节点数),能够更有效地减少数据存储空间,因而是一种有效的彩色图像表示方法.

参考文献:

- [1] CHEN Chuanbo, HE Dahua. Heuristic method for solving triangle packing problem[J]. Journal of Zhejiang University: Science, 2005, 6(6): 565-570.
- [2] CHEN TG, RYCKELYNCK P. Improved dense packings of congruent squares in a square[J]. Discrete Comput Geom, 2005, 34(1): 97-109.
- [3] DAI D, YANG W. Satellite image classification via two-layer sparse coding with biased image representation[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2011, 8(1): 173-176.
- [4] ZHENG Yunping, SAREM M. A fast algorithm for computing moments of gray images based on NAM and extended shading approach [J]. Frontiers of Computer Science in China, 2011, 5(1): 57-65.
- [5] YAP P, JIANG X, KOT A C. Two-dimensional polar harmonic transforms for invariant image representation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010, 32(7): 1259-1270.
- [6] KLINGER A. Data structure and pattern recognition[C] // Proc of First International Joint Conference on Pattern Recognition. Washington DC, USA, 1973: 497-498.
- [7] GARGANTINI I. An effective way to represent quadtrees [J]. Communications of the ACM, 1982, 25(12): 905-910.
- [8] 郑运平, 陈传波. 一种基于非对称逆布局模型的彩色图像表示方法[J]. 软件学报, 2007, 18(11): 2932-2941.
- [9] CHEN C B, ZHENG Y P, SAREM M. A direct non-symmetry and anti-packing model for color image[C] // Proc of the 4rd International Conference on Natural Computation and the 5th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Los Alamitos, USA, 2008: 347-351.
- [10] ZHENG Y P, CHEN C B, SAREM M. A novel algorithm for triangle non-symmetry and anti-packing pattern representation model of gray images[C] // Proc of the 3rd International Conference on Intelligent Computing. Berlin, Germany, 2007: 832-841.
- [11] ZHENG Y P, GUO X. An improved indirect triangle non-symmetry and anti-packing model for gray image representation [C] // Proc of the 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing. Los Alamitos, USA, 2011: 117-121.
- [12] ZHENG Y P, LI Z J, SAREM M, et al. A new IINAM representation method of gray images[C] // Proc of the 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Los Alamitos, USA, 2011: 1897-1901.

作者简介:



郑运平,男,1979年生,讲师,博士,主要研究方向为计算机图像处理、模式识别和生物信息学.荣获湖北省2011年优秀博士学位论文奖,参与国家"863计划"项目2项和国家自然科学基金项目1项,主持广东省自然科学基金项目、中央高校基本科研业务费专项资金项目各1项.发表学术论文50余篇,其中30余篇被SCI、EI、ISTP检索.



张佳婧,女,1991年生,获批中央高校基本科研业务费项目1项,获得2009-2011两年度"三好学生"称号,并获得国家奖学金.