

二值图像的区域游动编码 及其复杂性分析

周洞汝 杨荣

(中国科学院计算技术研究所, CAD 开放实验室, 北京 100080)

(武汉水利电力学院, 计算机及电子工程系 430072)

摘 要

本文提出二值图像的一种新的表达及编码方法, 此方法可在保持图像区域表达固有特点的基础上使数据得到有效的压缩。文中还对这种表达方法的复杂性作了分析。

关键词: 二值图像, 图像编码, 四叉树。

一、引 言

四叉树及八叉树是表达二值图像的重要方法, 以往是用基于指针的树结构方法实现。为了压缩存储空间, 文献[1,2]提出了线性四叉树(记为 LQ-Linear Quadtree)及线性八叉树。文献[3]给出了 LQ 的多种结点编码方法, 对 $2^n \times 2^n$ 的图像, 其 LQ 结点代码长度极限为 $2n$ 。作者在文献[4]中提出了一种基于数字搜索树(记为 DST—Digital Search Tree)的新的图像表达方法, 此方法可使二值图像存储空间进一步压缩, 文中还对其区域游动编码特性及其复杂性作了进一步分析。

二、二值图像的 DST 表示及其线性编码

对图 1(a)所示的二值图像, 用递归划分方法可形成图 1(b)所示的四叉树, 若四叉树结点的方位以 NW-0, NE-1, SW-2, SE-3 表示, 每一结点用定位码 Q 及结点所在层 LV 表示为 (Q, LV) , 则对四叉树黑结点先序遍历可形成 LQ 序列如下:

(033,3)(120,2)(130,2)(211,3)(213,3)(230,2)

(300,2)(310,2)(320,3)(321,3)(322,3)

把以上序列中各定位码的相同前缀共用, 可将四叉树转换为图 1(c)所示的 DST。

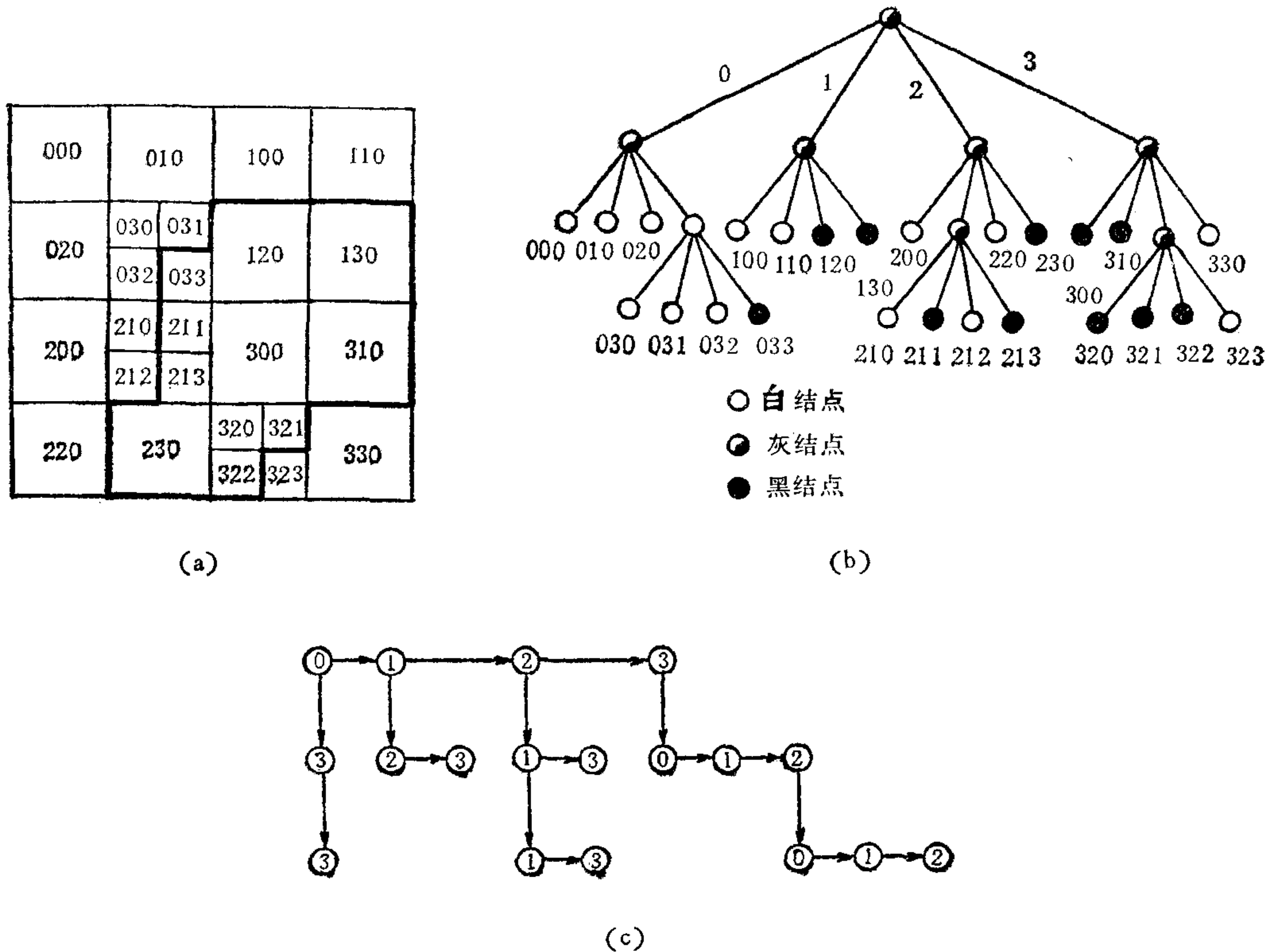


图 1 二值图像及其表达

DST 可以用指针表示，也可以用线性结构表示。若 DST 的各结点表示为 (LV, q, TG) 三元组，其中 LV 为结点所在层， q 为四进方位码， TG 为结点类型标志： $TG = 0$ 表示非终端结点， $TG = 1$ 表示终端结点，每一终端结点对应于一黑结点。对 DST 先序遍历可得一新序列：

- (1,0,0)(2,3,0)(3,3,1)(1,1,0)(2,2,1)(2,3,1)
- (1,2,0)(2,1,0)(3,1,1)(3,3,1)(2,3,1)(1,3,0)
- (2,0,1)(2,1,1)(2,2,0)(3,0,1)(3,1,1)(3,2,1)

(1) 由此序列通过区域游动可产生 LQ 的各输出结点，故称此序列为区域游动码 (RRC——Region Running Code)。如序列中由区域游动产生前二输出结点的过程如下：

- | | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| (1,0,0) | (2,3,0) | (3,3,1) | (1,1,0) | (2,2,1) |
| 第 1 层 | 第 2 层 | 第 3 层 | 第 1 层 | 第 2 层 |
| 游动为 0 | 游动为 3 | 游动为 3 | 游动为 1 | 游动为 2 |
| | | 输出(033,3) | | 输出(120,2) |

(2) RRC 的总结点数为 DN ，终端结点数为 DT ，非终端结点数为 DM ，与之对应四叉树的黑、白、灰结点数为 B, W, G ，则有 $DT = B, DM = G, DN = B + G$ 。

三、复杂性分析

1. 空间复杂性

对于四叉树,有以下基本关系^[5]:

$$\text{总结点数 } N = 4G + 1, G = (B + W - 1)/3. \quad (1)$$

若四叉树以指针表示,并以指针总数作为存储空间的测度,当四叉树的结点为同构时,则其总指针数为 $4N = 16G + 4$;当图像的黑白结点相近 ($B \approx W$) 时,DST 的总指针数可表示为 $2(B + G) \approx 5G + 1$. 由此得数据压缩率为

$$\beta = \frac{5G + 1}{16G + 4} \approx \frac{5G}{16G} = 0.31.$$

若以线性结构表示时,RRC 的总结点数为

$$ND = B + G = B + (B + W - 1)/3 \approx B + (2B - 1)/3 = (5B - 1)/3,$$

则 RRC 与 LQ 的数据压缩率为

$$\beta = \frac{ND(3 + \log_2 n)}{B(2n + \log_2 n)} \approx \frac{5(3 + \log_2 n)}{3(2n + \log_2 n)}.$$

当 $n = 9$ 时, β 为 0.53, n 越大数据压缩效果越显著. 由上可见,以指针表示的 DST 及线性表示的 RRC 均有明显的的数据压缩效果.

2. 时间复杂性

DST 及 RRC 均是图像的间接表示方法,因此会增加处理时间. 不同的运算操作对时间复杂性的影响不同.

(1) 对于顺序扫描初始序列即可实现的算法(如 RRC 与 LQ 的转换及集合运算等),用线性阶的时间复杂度即可实现. 如 RRC-LQ 转换的时间复杂度为 $O(B + G)$, LQ-RRC 转换的时间复杂度为 $O(4B)$ ^[4].

(2) 对于非顺序处理的算法(如由三维数组构造 DST 及 RRC,RRC 的几何运算等),可利用 DST 的层次特性,对这类算法予以优化. 文献[6]中给出了 DST 的最优构造算法,其时间复杂度优于以往的算法.

参 考 文 献

- [1] Gargantini, I., An Effective Way to Represent Quadtree, *CACM*, 25(1982), 905—910.
- [2] Gargantini, I., Linear Octrees for Fast Processing of 3D Object, *CG&IP*, 20(1982), 365—374.
- [3] Hunter, A. et al., A Note on the Optimal Labelling of Quadtree Nodes, *The Computer J.*, 33(1990), 398—401.
- [4] Zhou, D. R. et al, Linear Digital Search tree Encoding for Region Representation, Proc. of CAD/Graphics'91, IAP, Hangzhou, (1991), 65—70.
- [5] Dyer, C. R., The Space Efficiency of Quadtree, *CG&IP*, 19(1982), 335—348.
- [6] 周洞汝、杨荣,线性四叉树的一种改进最优构造算法,计算机辅助设计及图形学学报,4(1992),1—7.

REGION-RUNNING ENCODING FOR BINARY IMAGE AND ITS COMPLEXITY ANALYSIS

ZHOU DONGRU

YANG RONG

(CAD Laboratory, Institute of Computing Technology, Academia Sinica, Beijing 100080)

*(Department of Computer and Electronic Engineering, Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering,
Wuhan 430072)*

ABSTRACT

In this paper, a new representation and encoding method for binary image is presented. The region representation feature can be maintained with this approach, while the data can be efficiently compressed. Furthermore, the space complexity and time complexity of this data structure are analyzed at the end of the paper.

Key words: Binary image; image encoding; quadtree.