

一种新的基于内容遥感图像检索的图像分块策略

李德仁¹ 宁晓刚²

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要: 对常用的图像分块方法进行了说明, 提出了平均块覆盖率、冗余数据比率等概念, 以及平均块覆盖率和冗余数据比率是衡量 CBRSIR 系统分块方法优劣的重要标准这一论断。在此基础上, 针对 Quin+ 树存在的主要问题, 提出了一种新的分块策略——Quin+ 树, 并将 Quin+ 树和 Quad 树、Quin 树和 Nonx 树进行了分析和比较。实验证明, Quin+ 树是最实用可行的 CBRSIR 图像分块方法。

关键词: 图像检索; 遥感图像; 图像分块

中图法分类号: P237.3

基于内容的图像检索^[1] (content-based image retrieval, CBIR) 是通过检索图像所对应的特征向量来实现的。目前, CBIR 应用于遥感图像的检索 (CBRSIR) 是遥感图像处理和管理领域的一个研究热点和难点^[2,3]。合理、有效的图像分块组织对 CBRSIR 系统是很有必要的。通过分块处理后的图像, 其特征向量表达特定目标的能力会得到增强。但是, 分块操作可能将同一目标分入不同的小块之中, 为了避免这种情况, 在大多数分块策略中都选择进行重叠分块, 这就出现数据冗余。目前常用的图像分块方法有 Quad 树^[4,5]、Quin 树和 Nonx 树^[6]。

1 常用的图像分块方法分析

1.1 定义及分块方法评价标准

定义 1 像素的 N 次覆盖率。指图像经过分块后, 在同一级分块的 N 个子块中都出现的像素个数与图像总像素个数的比率。

定义 2 块覆盖率。指图像经过某级分块后, 从图像中任意提取的与子块大小相同的一幅图像 (称为兴趣图像) 占有子块面积比率的最大值。

如图 1 所示, 尺寸为 $2L \times 2L$ 的一幅图像经过一级 Quad 树分块之后得到 4 个子块, M 是一幅兴趣图像, M 与原图像左上点的横向和纵向距

离分别为 x ($x < L/2$)、 y ($y < L/2$)。显然, M 由子块 1 覆盖的面积最大, 所以 M 的块覆盖率为 $(L-x)(L-y)/(L \times L) \times 100\%$ 。

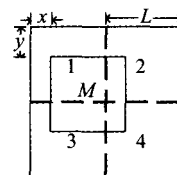


图 1 块覆盖率

Fig. 1 Block Overlap Ratio

定义 3 平均块覆盖率、最大块覆盖率和最小块覆盖率。当兴趣图像在原图像中的位置不同时, 会有不同的块覆盖率, 这些块覆盖率的极大值称为最大块覆盖率, 极小值称为最小块覆盖率, 平均值称为平均块覆盖率。

定义 4 冗余数据比率。指图像经过分块之后, 所有子块像素个数之和减去原图像像素个数的差值与原图像像素个数的比值。

定义 5 平均块覆盖率增效 Q 。用来衡量图像分别用 2 种分块法进行某级分块时的效率变化。假设第一种分块法的平均块覆盖率和冗余数据比率分别为 p_1 和 r_1 , 第二种分块法的平均块覆盖率和冗余数据比率分别为 p_2 和 r_2 , 则

$$Q = (p_1 - p_2) / (r_1 - r_2) \times 100\% \quad (1)$$

平均块覆盖率反映了检索时的任意兴趣图像被分块后的子块图像覆盖的平均程度。平均块覆盖率越高,则兴趣图像被某一子块包含的程度越高,越容易检索成功。但是要提高平均块覆盖率,需要分块后的子块之间有更多的重叠部分,增加了冗余数据。冗余数据比率是衡量数据库中所存数据的冗余程度的尺度。过高的冗余数据比率将大大提高CBRSIR系统的维护和反应时间。平

$$p(x, y) = \begin{cases} [(L-x) \times (L-y)]/L^2 \times 100\%, & x \in [0, L/2], y \in [0, L/2] \\ [x \times (L-y)]/L^2 \times 100\%, & x \in [L/2, L], y \in [0, L/2] \\ [(L-y) \times y]/L^2 \times 100\%, & x \in [0, L/2], y \in [L/2, L] \\ (x \times y)/L^2 \times 100\%, & x \in [L/2, L], y \in [L/2, L] \end{cases} \quad (2)$$

求解式(2)可得,当 (x, y) 分别取 $(0, 0)$ 和 (L, L) 时,块覆盖率得到极大值100%;当 (x, y) 取 $(L/2, L/2)$ 时,块覆盖率取得最小值25%。下面解求Quad树的平均块覆盖率。显然,由于Quad树的所有级别分块的子块都是均匀分布的,所以,只要求出图1中 $x \in [0, L], y \in [0, L]$ 区域内的平均块覆盖率,就可以得到Quad树所有级别分块的平均块覆盖率。平均块覆盖率通过对块覆盖函数进行积分即可得到:

$$\begin{aligned} p_1 &= \int_0^{L/2} \int_0^{L/2} (L-x)(L-y) dx dy + \int_{L/2}^L \int_0^{L/2} x(L-y) dx dy + \int_0^{L/2} \int_{L/2}^L (L-x)y dx dy + \int_{L/2}^L \int_{L/2}^L xy dx dy = \frac{9}{16}L^4 \\ p_2 &= \int_0^L \int_0^L L^2 dx dy = L^4 \\ P_{quad} &= p_1/p_2 = 9/16 \end{aligned} \quad (3)$$

Quin树和Nona树的平均块覆盖率见式(4)、式(5),其中 l 为分块级数,求解过程类似于Quad树,不再赘述。

$$P_{quin} = \begin{cases} 11/16, l = 1 \\ 5/8, l \geq 2 \end{cases} \quad (4)$$

均块覆盖率和冗余数据比率是衡量CBRSIR系统分块方法优劣的重要标准。

1.2 Quad树、Quin树、Nona树分析及结论

由Quad树分块原理可知,任何级别的分块的块覆盖率都是相同的。这里以一级分块为例,求Quad树分块法的最大块覆盖率和最小块覆盖率。参照图1,Quad树的块覆盖率函数为:

$$p_{nona} = p_1/p_2 = 49/64 \quad (5)$$

综合以上的定义和分析,表1列出了各个分块方法的相关公式和参数^[7,8]。

在分块方法一定的情况下,除过Quin树一级分块和二级及二级以上分块时的例外情况之外,平均块覆盖率是不变的,即平均块覆盖率是由分块方法决定的;平均块覆盖率的提高是以增加冗余数据比率为代价的,反过来,如果要减小冗余数据比率就要降低平均块覆盖率;平均块覆盖率的增加幅度和冗余数据比率的增加幅度是不均匀的;除Quin树外,随着分块级数的提高,像素的平均覆盖次数和冗余数据量越来越大;Quin树二级及二级以上分块时的最小块覆盖率和平均块覆盖率小于一级分块时的最小覆盖率和平均块覆盖率,且Quin树的最小覆盖率与Quad树的最小块覆盖率处于同一水平,显示Quin树分块方法有进一步提高的空间。

2 Quin⁺树

相对于Quad树来说,Quin⁺树通过增加有限

表1 Quad树、Quin树和Nona树比较

Tab. 1 Comparison of Quad-tree, Quin-tree and Non-a-tree

分块方法		Quad树	Quin树	Nona树	
像素	覆盖	1次	100	$(1/2^l \times 100)$	
	率/(%)	2次	0	$((2^{l-1} - 2)/2^{2l} \times 100)$	
		4次	0	$(1 - 1/2^l)^2 \times 100$	
	平均覆盖次数	1	$4/3 - 1/(3 \times 4^l)$	$4 - (2^{l+2} - 1)/2^{2l}$	
块覆盖率	最大	100	100	100	
	一级	最小	25	50	56.25
		平均	56.25	68.75	76.56
	二级及	最大	100	100	100
		最小	25	25	56.25
以上	平均	56.25	62.50	76.56	
冗余数据比率(%)		0	$(1/3 - 1/(3 \times 4^l)) \times 100$	$(3 - (2^{l+2} - 1)/2^{2l}) \times 100$	
子块个数		4^l	$(4^{l+1} - 1)/3$	$(2^{l+1} - 1)^2$	

的冗余数据大大提高了平均块覆盖率, 为 CBR-SIR 提供了一种可供选择的分块方法。但是, 由于 Q_{uir} 树的次终极子块之间的割裂, 其二级及二级以上分块的最小块覆盖率和平均块覆盖率均小于其一级分块的情况, 并且相对于 $\text{Non}\alpha$ 树有较大的差距, 见图 2(a) (图 2 中所有子块的中心用字母 C 标识)。

在 Q_{uir} 树分块方法的基础上, 本文提出 Q_{uin}^+ 树分块方法。 Q_{uin}^+ 树通过在 Q_{uir} 树分块的基础上增加很少的子块, 消除了 Q_{uir} 树二级及二级以上分块的最小块覆盖率和平均块覆盖率小于一级分块时的情况。

Q_{uin}^+ 树的目的是填补 Q_{uir} 树次终极子块之间的割裂, 故 Q_{uin}^+ 树从第二级分块开始才在

Q_{uir} 树的基础上增加子块。 Q_{uin}^+ 树的一级子块与 Q_{uir} 树完全相同, 图 2(b) 为 Q_{uin}^+ 树的二级新增子块, 图 2(c) 为 Q_{uin}^+ 树的二级分块结果。

设 N 为 Q_{uin}^+ 树分块法得到的块数, l 为分块的级数, 则子块个数与分块级数之间的关系为:

$$N = 2^{2l-1} - 2^{l-1} + 1 \quad (6)$$

Q_{uin}^+ 树的最大块覆盖率为 100%, 最小块覆盖率为 50%, 平均块覆盖率为 68.75%。

Q_{uin}^+ 树弥补了 Q_{uir} 树次终极子块之间相互割裂的缺点, 并将所有级子块最小块覆盖率和平均块覆盖率统一起来。与 Quad 树相比, Q_{uin}^+ 树的优点更加明显, 并与 $\text{Non}\alpha$ 树的平均块覆盖率差距进一步减小, 而冗余数据远远小于 $\text{Non}\alpha$ 树。

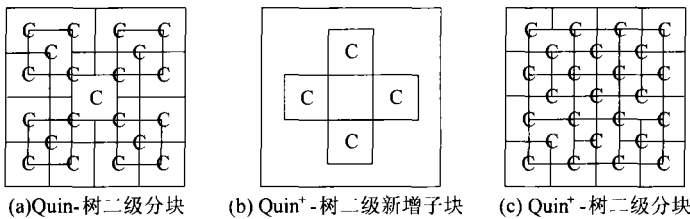


图 2 Q_{uin}^+ 树二级分块示意图

Fig. 2 The Second Level Decomposition of Q_{uin}^+ -tree

3 实验

将一幅长、宽均为 1 024 像素的遥感图像 A 用 Quad 树、 Q_{uir} 树、 Q_{uin}^+ 树和 $\text{Non}\alpha$ 树分块方法分别进行了三级分块, 表 2 列出了用这 4 种分块方法得到的分块结果(一级分块时 Q_{uin}^+ 树与 Q_{uir} 树完全相同, 相关参数参照 Q_{uir} 树)。4 种分块方法进行分析和比较如下。

1) 从平均块覆盖率增效角度来看, Q_{uir} 树和 Q_{uin}^+ 树是平均块覆盖率增效最高的分块方法。特别是在一级分块时, 它们通过在 Quad 树

分块的基础上增加 25% 的冗余数据比率使得平均块覆盖率提高了 12.5%, 平均块覆盖率增效取得最大峰值 50%。

2) 从平均块覆盖率角度来看, 平均块覆盖率按照 Quad 树、 Q_{uir} 树、 Q_{uin}^+ 树和 $\text{Non}\alpha$ 树的次序呈阶跃状上升。平均块覆盖率的差距为 20.31%。 Q_{uin}^+ 树仅次于 $\text{Non}\alpha$ 树, Q_{uin}^+ 树与 Quad 树、 $\text{Non}\alpha$ 树的平均覆盖率差距分别为 12.50% 和 7.81%。

3) 从冗余数据比率角度来看, Quad 树由于子块之间没有重叠部分, 其冗余数据比率最小, 为 0。 $\text{Non}\alpha$ 树的冗余数据比率远远大于 Q_{uir} 树和

表 2 图像 A 分块结果比较

Tab. 2 Comparison of Decomposition of Image A

分块方法与级数	一级分块			二级分块				三级分块				
	Quad	Quin	Non α	Quad	Quin	Quin $^+$	Non α	Quad	Quin	Quin $^+$	Non α	
子块宽/高	512	512	512	256	256	256	256	128	128	128	128	
像素覆盖	1 次	100	75	25	100	68.75	43.75	6.25	100	67.19	23.44	1.56
	2 次	0	25	50	0	31.25	56.25	37.50	0	32.81	76.56	21.88
	4 次	0	0	25	0	0	0	56.25	0	0	0	76.56
	平均覆盖次数	1	1.25	2.25	1	1.31	1.56	3.06	1	1.33	1.75	3.52
块覆盖率/(%)	最大	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	最小	25	50	56.25	25	25	50	56.25	25	25	50	56.25
	平均	56.25	68.75	76.56	56.25	63.50	68.75	76.56	56.25	63.50	68.75	76.56
冗余数据比率/(%)	0	25	125	0	31.25	56.25	206.3	0	32.81	74.56	251.6	
子块个数	4	5	9	16	21	25	49	64	85	113	225	

Quin⁺-树。Quin⁺-树在 Quin⁻树的基础上增加了一些子块,但其冗余数据比率远远小于 Non⁺树。

4) 从最小块覆盖率角度来看, Quin⁻树和 Quad⁻树的最小块覆盖率均只有 25%,而 Quin⁺-树和 Non⁺树分别为 50% 和 56.25%,二者相差并不大。

5) 从像素覆盖率角度来看, Quad⁻树所有像素均只被 1 个子块覆盖, Quin⁻树和 Quin⁺-树都有部分像素被两个子块覆盖,而 Non⁺树则有相当一部分像素同时被 4 个子块覆盖,这印证了前述平均块覆盖率和冗余数据比率的高低关系。

4 结 论

Quin⁺-树通过在 Quin⁻树的基础上增加有限的子块重叠和冗余数据,使分块后的平均块覆盖率达到 68.75%,最小块覆盖率达到 50%,与 Quad⁻树的 56.25% 和 25%、Quin⁻树(二级及二级以上)的 63.50% 和 25% 相比有了较大提升,虽然与 Non⁺树的 76.56% 和 56.25% 相比有一些差距,但是其冗余数据比率却比 Non⁺树少了 100%、150.05% 和 177.04% (分别对应一、二、三级分块)。考虑到冗余数据在 CBR SIR 研究中对特征提取、相似性度量和高维特征索引等方面的负面影响,Quin⁺-树可以认为是最实用可行的 CBR SIR 图像分块方法。

参 考 文 献

- [1] Hirata K, Kato T. Query by Visual Example, Content Based Image Retrieval[C]. Advances in Database Technology-EDBT' 92, Vienna, 1992
- [2] Bao Qian, Guo Ping. Comparative Studies on Similarity Measures for Remote Sensing Image Retrieval[C]. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Hague, 2004
- [3] 程起敏. 基于内容的遥感影像库检索关键技术研究[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2004
- [4] Smith J R, Chang S F. Quad-Tree Segmentation for Texture-Based, Image Query[C]. ACM Multimedia' 94, San Francisco, 1994
- [5] 冯玉才. 数据库系统基础(第二版)[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1997
- [6] Remias E, Sheikholeslami G, Zhang Aidong. Block-Oriented Image Decomposition and Retrieval in Image Database Systems[C]. IW-MMDBMS' 96, New York, 1996
- [7] 宁晓刚. 基于内容遥感图像检索的数据组织、特征提取和索引机制[D]. 武汉:武汉大学, 2006
- [8] Sheikholeslami G. Multiresolution Content-based Image Retrieval and Clustering in Large Visual Databases[D]. New York: State University of New York, 1999

第一作者简介:李德仁,教授,博士生导师,中国科学院院士,中国工程院院士,国际欧亚科学院院士。主要从事以遥感、全球定位系统和地理信息系统为代表的空间信息科学与技术的科研和教学工作。

E-mail: dli@wtusm.edu.cn

A New Image Decomposition Method for Content-Based Remote Sensing Image Retrieval

LI Deren¹ NING Xiaogang²

(1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: Firstly, the ordinary image decomposition method are listed: Quad⁻tree, Quin⁻tree and Non⁺tree, then these methods are analyzed and compared, and the concepts of average block cover ratio and redundant data ratio are proposed. On the basis of these, a judgment is made that the average block ratio and redundant data ratio are the most important standards to estimate the decomposition quality, the improve room of Quin⁻tree is discovered. Then, a new block-method, Quin⁺-tree is proposed. Lastly, a remote sensing image A, 1 024 pixels width by 1 024 pixels height is chosen and decompose by Quad⁻tree, Quin⁻tree, Quin⁺-tree

and Edge Detection[J]. IEEE Trans Pattern Analysis Machine Intellig, 1990(12): 225-233

- [5] Huang Y, Luck K C, Zhang Zhihua. Texture Classification by Multi-model Feature Integration Using Bayesian Networks [J]. Pattern Recognition Letters, 2003(24): 393-401

第一作者简介: 潘励, 副教授, 博士, 研究方向为影像解译和智能算法。

E-mail: panli@whu.edu.cn

Residential Areas Recognition by Fusing Region Data and Edge Features

PAN Li¹ ZHANG Zhihua² ZHANG Jianqing¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Qingdao Geotechnical Investigation and Surveying Research Institute, 2 Renmin Road, Qingdao 266033, China)

Abstract: A method for residential areas extraction based on region data and edge images is proposed. The region-based segmentation always provides the closed contour regions and makes use of relatively large neighborhoods for decision making. To obtain the correct segmentation results of residential areas, the algorithm based on the densities and linear distributions of edge point sets is proposed. The experimental results on real aerial images shows that the proposed method fusing region and edge data can improve the accuracy of extraction for residential areas.

Key words: residential areas; region-based segmentation; edge features; fusion

About the first author: PAN Li, associate professor, Ph. D. Her major researches include image interpretation and intelligent method.
E-mail: panli@whu.edu.cn

(上接第 662 页)

and Non-tree by three levels. From five different aspects, these four image decomposition methods' results are analyzed and compared.

Key words: image retrieval; remote sensing image; image decomposition

About the first author: LI Deren, professor, Ph. D supervisor, academican of the Chinese Academy of Sciences, academican of the Chinese Academy of Engineering, member of the Euro-Asia International Academy of Sciences. He is concentrated on the research and education in spatial information science and technology represented by remote sensing(RS), global positioning system(GPS) and geographic information system(GIS).

E-mail: dli@wtusm.edu.cn