

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2013
Vol.18 No.

1

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2013年1月 第18卷 第1期(总第201期)

目次

综述

- 正面人脸图像合成方法综述 赵林, 高新波, 田春娜(1)
SAR 图像道路网提取方法综述 程江华, 高贵, 库锡树, 孙即祥(11)

图像处理和编码

- 头部缺失的 JPEG 文件碎片恢复 徐明, 黄立, 张海平, 徐建, 郑宁(24)
安全高效的可撤销指纹模板构造 喻建平, 张鹏, 王瑶, 杨懿竣(36)
基于残差的图像超分辨率重建 陈华华, 姜宝林, 刘超, 陈伟强, 陆宇, 张嵩(42)
旋转的 Wang Tiles 纹理合成算法 王继东, 庞明勇, 赵瑞斌(49)
基于圆形约束快速水平集的原生质体细胞分割 王晓飞, 庞全(55)

图像分析和识别

- 采用压缩传感的鲁棒的视频指纹方案 孙锐, 李超, 蒋飞云(62)
基于图像显著性的路面裂缝检测 徐威, 唐振民, 吕建勇(69)
基于局部熵的主动轮廓模型 潘改, 高立群, 赵爽(78)
基于算子的图像分解 李峰, 曾晓辉, 陈盛霞, 沈玉娟(86)

图像理解和计算机视觉

- 中值流辅助在线多示例目标跟踪 王德建, 张荣, 尹东, 张智瑞(93)
四叉树直方图的特殊方向关系表达 张珂, 王小捷, 靳越(101)

计算机图形学

- 协同进化的近似规则纹理合成 王相海, 陶兢喆(107)
反走样直线的灰度循环生成算法 牛连强, 张胜男, 钟玲(115)

地理信息技术

- 微博客蕴含交通信息的提取 张恒才, 陆锋, 陈洁(123)

-
- “计算机视觉前沿论坛”专栏征文通知 (130)

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 18 No. 1 January 2013

Contents

Review

- Review of frontal face image synthesis methods Zhao Lin, Gao Xinbo, Tian Chunna(1)
Review of road network extraction from SAR images Cheng Jianguhua, Gao Gui, Ku Xishu, Sun Jixiang(11)

Image Processing and Coding

- Rrecovery method for JPEG file fragments with missing headers
..... Xu Ming, Huang Li, Zhang Haiping, Xu Jiang, Zheng Ning(24)
Secure and efficient scheme to construct a cancelable fingerprint template
..... Yu Jianping, Zhang Peng, Wang Yao, Yang Yijun(36)
Image super-resolution reconstruction based on residual error
..... Chen Huahua, Jiang Baolin, Liu Chao, Chen Weiqiang, Lu Yu, Zhang Song(42)
Texture synthesis using rotational Wang Tiles Wang Jidong, Pang Mingyong, Zhao Ruibin(49)
Protoplasm somatic cells segmentation based on circle dependent fast level-set segmentation Wang Xiaofei, Pang Quan(55)

Image Analysis and Recognition

- Robust video fingerprinting via compressed sensing Sun rui, Li Chao, Jiang Feiyun(62)
Pavement crack detection based on image saliency Xu Wei, Tang Zhenmin, Lv Jianyong(69)
Active contour model driven by local entropy energy Pan Gai, Gao Liqun, Zhao Shuang(78)
Operator-based image decomposition Li Feng, Zeng Xiaohui, Chen Shengxia, Shen Yujuan(86)

Image Understanding and Computer Vision

- Median flow aided online multi-instance learning visual tracking Wang Dejian, Zhang Rong, Yin Dong, Zhang Zhirui(93)
Expression of special directional relation based on quadtree histogram Zhang Ke, Wang Xiaojie, Jin Yue(101)

Computer Graphics

- Fast near-regular texture synthesis based on the concept of co-evolution Wang Xianghai, Tao Jingzhe(107)
Integral algorithm for generating anti-aliased straight line controlled by gray iteration
..... Niu Lianqiang, Zhang Shengnan, Zhong Ling(115)

Geoinformatics

- Extracting traffic information from massive micro-blog messages Zhang Hengcai, Lu Feng, Chen Jie(123)

中图法分类号: TP311 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)01-0101-06

论文引用格式: 张珂, 王小捷, 靳越. 四叉树直方图的特殊方向关系表达[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(1): 101-106.

四叉树直方图的特殊方向关系表达

张珂¹, 王小捷², 靳越³

1. 华北电力大学电子与通信工程系, 保定 071003;
2. 北京邮电大学计算机学院, 北京 100876;
3. 张家口职业技术学院电气工程系, 张家口 075000

摘要: 空间方向关系形式化模型是空间关系研究的重要内容, 然而对特殊方向关系(“包围”, “在…和…之间”等)表达方法的研究尚不成熟。首先分析了目前存在的特殊方向关系形式化模型的特点和缺陷, 然后介绍了四叉树直方图的基本思想和构造方法, 接着详细阐述了基于四叉树直方图的特殊空间方向关系的判定方法, 最后采用人工图片和真实图片作为算例与现有模型进行了对比实验, 实验结果表明该模型能够针对“包围”和“在…和…之间”等特殊方向关系获得接近人类认知的判定结果, 并且克服了现有模型存在的问题。

关键词: 空间方向关系; 特殊方向关系; 四叉树直方图; 模糊集

Expression of special directional relation based on quadtree histogram

Zhang Ke¹, Wang Xiaojie², Jin Yue³

1. Department of Electronic and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China;
2. Department of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
3. Department of Electric Engineering, Zhangjiakou Vocational and Technical College, Zhangjiakou 075000, China

Abstract: The formal model of the spatial directional relation is one of the most important parts in the area of spatial relation. However, the research on the expression method of special directional relation is still immature. In this paper, the characteristics and defects of the recent special directional relation models are analyzed first; Second the basic idea, and the construction method of the quadtree histogram are introduced; third a new expression method to judge the special directional relation based on quadtree histogram is described in detail; finally, to prove the correctness of the method, several contrast experiments are given based on synthetic and real images. The experimental results show that the model can get close to the verdict like human cognition for special directional relation and overcome the problems of the existing models.

Key words: spatial directional relation; special directional relation; quadtree histogram; fuzzy sets

0 引言

空间关系的认知是人类认知的一种基础能力, 如何自动构建对象间的空间关系的描述已成为空间关系研究领域的重要研究方向之一, 其可广泛应用于图像理解、自然语言场景描述、机器人视觉、地理

信息以及多模态人机交互等多个研究领域。

空间方向关系作为最重要的空间关系之一, 越来越受到国内外学者的关注, 目前现有的空间方向关系形式化模型主要包括以下几类: 1) 锥形模型^[1]将目标对象和参考对象综合为点对象进行处理, 没有考虑对象形状、大小和距离对方向关系的影响; 2) 基于投影的模型^[2-3]则将对象综合为最小约束矩

收稿日期: 2012-06-18; 修回日期: 2012-08-18

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(90920006); 高校博士点基金项目(20090005110005); 中央高校基本科研业务费专项资金项目

第一作者简介: 张珂(1980—), 男, 讲师, 2012年于北京邮电大学获信号与信息处理专业博士学位, 主要研究方向为空间关系认知、人工智能。E-mail: zhangke41616@sohu.com

形进行处理,仍未充分考虑对象形状、大小和距离对方向关系的影响;3) Voronoi 图模型^[4]认为影响方向关系的因素是对象特征点群凸壳直径与对象之间的可视域,所以将可视域作为研究对象,此模型认为两个对象间的方向指向线不止一条,采用多个方向指向线的集合描述方向关系,但是这种方法计算复杂度较高,并且将对象间方向关系细化为若干点与线段的方向关系集合,造成了某些情况的误判;4) 模糊方向关系模型^[5-6]是建立在其他模型基础上的一类模型,其考虑了空间方向区域划分的不确定性,采用模糊集对方向概念进行划分,更加符合人的思维习惯;5) 角直方图模型^[7-8]认为对象间的方向关系不是由某一方向角度唯一决定的,而是由对象中各个部分之间的方向关系共同决定,这种方法建立在锥形模型基础上,考虑对象间所有点对的角度,计算各个角度出现的频率,得到方向关系的角直方图,角直方图考虑到了对象形状、大小和距离对方向关系的影响,是一种比较理想的方向关系基础模型,但是角直方图的计算复杂度非常高,并不具备实用性;6) 在角直方图模型基础上一些学者为了降低计算复杂度提出了 Force Histogram (F 直方图)^[9]、R 直方图和 R* 直方图^[10-11],但是计算复杂度仍然较高,且它们的方向关系判定结果并不十分准确;7) 为了研究在观察者参考框架下的方向关系,文献[12]提出了 V 直方图,但没有明确其他参考框架下的直方图模型;8) 为了进一步降低计算复杂度并提高方向关系判定的准确性,文献[13]提出了一种四叉树直方图,该直方图能够同时保证较高精确度和较低计算量,是较为理想的空间方向关系形式化模型之一。

但是以上的空间方向关系模型通常表达“上、下、左、右”等方向关系,很少关注“包围(环绕、围绕)、在…和…之间”等方向关系的描述,为了解决这些特殊的方向关系的表达问题,提出一种基于四叉树直方图的特殊方向关系表达方法。

1 研究背景

1.1 空间方向关系的定义

空间方向关系是指在空间中某个观察者在一定参考框架和一定观察角度条件下,观察到一个对象(目标对象 A)相对于另一个对象(参考对象 B)的位置,反映了空间对象间的序关系,用表达式 $Dir(A, B, F, \theta)$ 表示,其中 F 表示参考框架, Dir 表示

目标对象 A 相对于参考对象 B 的方向关系, θ 表示观察者所持的观察角度。

根据空间方向关系自身的特点将空间方向关系分为两类:基本方向关系和特殊方向关系。基本方向关系是指由基本方向(上、下、左、右等)或它们的组合表达形式(左上、右上等)所能描述的空间方向关系,特殊方向关系是指不能由一个或两个基本方向所描述的空间方向关系,如“包围(环绕、围绕)、在…和…之间”等。

1.2 已有的特殊空间方向关系形式化模型

目前存在的特殊方向关系形式化模型主要包括两类。第 1 种方法^[8,14]以基本方向关系为基础,根据规则判断特殊方向关系,例如“如果 A 同时在 B 的左面、右面、上面和下面,则 A 被 B 包围”,但是由于方向关系存在反射性,所以很难区分“包围”和“被包围”;第 2 种方法以文献[15]的视觉环绕理论为基础直接判断特殊方向关系,文献[7-8]假设两个对象均为连通对象,计算目标对象上每个点关于参考对象的两条切线的夹角,计算这些夹角的直方图,然后采用模糊集方法计算包围关系的隶属度值,但是这种方法只适用于连通对象,计算较为复杂;文献[16]提出了一种基于 F 直方图的模糊模型,能够判断多个对象的“包围、在…和…之间、在…之中”特殊方向关系,由于 F 直方图很难体现目标对象中各个部分关于参考对象的关系,所以判断结果往往不准确;文献[17]提出了一种基于 F 直方图的简化模型,但其只适用于目标对象较小且形状规则的情况。

1.3 四叉树直方图

文献[13]将影响图形综合的因素归结为两个:1) 一个对象与另一个对象的相对距离越长,将其综合为点的可能性越大;2) 对象的形状越是简单规则,将其综合为点的可能性越大。根据以上两个因素,文献[13]提出了一种新的四叉树直方图,该直方图的主要思想为:采用四叉树算法将对象划分为若干简单规则的子对象,使这些子对象达到图形综合为点的标准,然后采用这些子对象的质心代替子对象本身,最后计算这些质心点对的加权角直方图。

由于正方形是简单规则图形的代表,并且便于四叉树算法的实施,所以四叉树直方图采用正方形作为子对象的基本图形。首先给定参考对象 B 和目标对象 A,计算两个对象的最小约束正方形 MBS^B 和 MBS^A ,采用四叉树算法将最小约束正方形划分为若干子正方形 MBS_i^B 和 MBS_i^A ,划分的子正方形必须满

足一定的条件才能停止继续划分,根据以上影响图形综合的两个因素规定了以下划分条件:

1)划分的子正方形边长 m 与两个对象共同的最小约束正方形 MBS^{AB} 的边长 M 之比应小于阈值 σ_1 ;

2)划分的子正方形中对象所占的比例应大于阈值

$$\sigma_2 = \left(\frac{m}{\sigma_1 M} \right)^p \quad (1)$$

四叉树划分完毕后,采用划分的子正方形质心代替子正方形本身,令 $G_A = \{(g_1^A, Area_1^A), (g_2^A, Area_2^A), \dots, (g_N^A, Area_N^A)\}$, $G_B = \{(g_1^B, Area_1^B), (g_2^B, Area_2^B), \dots, (g_M^B, Area_M^B)\}$, G_A 和 G_B 分别表示对象 A 和对象 B 划分的子正方形的质心和每个子正方形中对象所占面积的集合,其中 g_N^A 和 g_M^B 分别表示对象 A 和对象 B 划分的子正方形质心, $Area_i^A$ 和 $Area_j^B$ 分别表示对象 A 和对象 B 划分的子正方形中对象所占区域,即

$$Area_i^A = Area_A \cap MBS_i^A \quad (2)$$

$$Area_j^B = Area_B \cap MBS_j^B \quad (3)$$

式中, $Area_A$ 和 $Area_B$ 分别表示对象 A 和对象 B 所占区域, N 和 M 分别表示对象 A 和对象 B 的子正方形个数;接着,计算两个集合间所有子正方形对的质心连线与 x 轴的夹角 α_{ij} , $i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$, 利用 Θ 表示这些夹角的集合;然后,将集合 Θ 代入式(4)计算四叉树直方图 $QH_\theta(A, B)$,

$$QH_\theta(A, B) =$$

$$\begin{cases} + area(Area_i^A) (Area_j^B) & \alpha_{ij} \in \left[\theta - \frac{\tau}{2}, \theta + \frac{\tau}{2} \right] \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中, τ 表示直方图的精确度, $area$ 表示对某个区域求面积;最后,利用式(5)对直方图进行归一化处理。

$$QH_\theta(A, B) = \frac{QH_\theta(A, B)}{\sum_{\theta} QH_\theta(A, B)} \quad (5)$$

以图 1(a)中分辨率为 400×400 的人工图片为例计算其角直方图和四叉树直方图。图 1(b)为图 1(a)的角直方图。选取合适的参数能够保证四叉树直方图同时具有高精度和低计算量,文献[13]给出了参数的取值 $\sigma_1 = 1/3, \rho = 1/3$ 。图 1(c)(d)分别为 $\sigma_1 = 1/3, \rho = 1/3$ 时采用四叉树算法对图 1(a)划分的结果和获得的四叉树直方图。

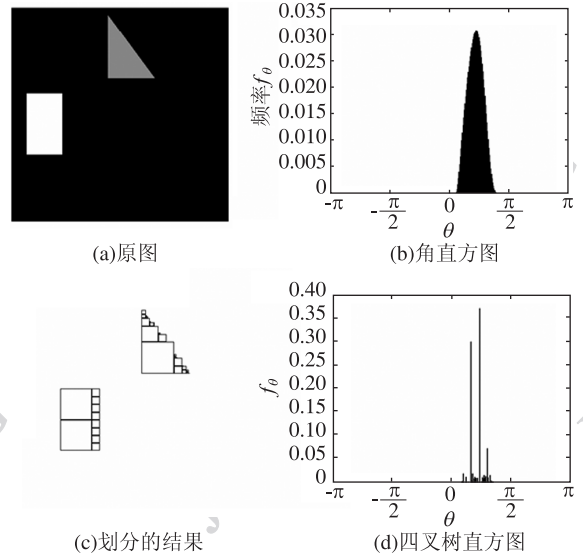


图 1 四叉树直方图

Fig. 1 Quadtree-Histogram

2 特殊方向关系判定

基于四叉树直方图,提出了一种新的特殊方向关系判定方法,该方法可以判定“包围”以及“在...和...之间”等特殊方向关系。

首先,计算目标对象 A 每一个划分后的子正方形 MBS_i^A 关于参考对象 B 的四叉树直方图 $QH_\theta(MBS_i^A, B)$, 共 N 幅;然后找出每一幅四叉树直方图取值连续为零的最大开区间和次大开区间,区间的长度分别为 z_1 和 z_2 , 找出每个区间的右边界 θ_1 和 θ_2 , 如图 2 所示。

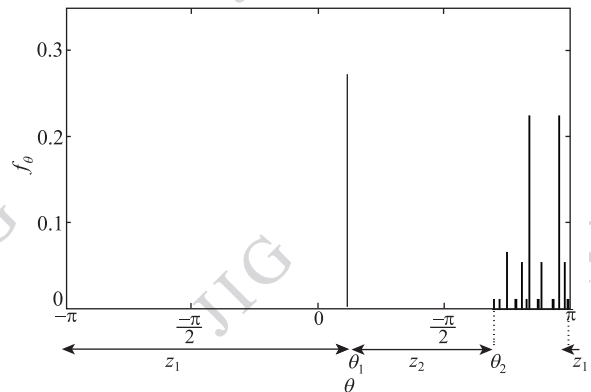


图 2 参数 z_1, z_2, θ_1 和 θ_2

Fig. 2 Parameters z_1, z_2, θ_1 and θ_2

“包围”是最重要的特殊方向关系之一,依据视觉环绕理论^[15],采用式(6)计算参考对象 B 包围子正方形 MBS_i^A 的隶属度值,用于表示“包围”关系的程度,然后根据式(7)计算每个子正方形的隶属度值的加权平

均值 μ_{surround} 作为对象 B 包围对象 A 的隶属度值。

$$\mu_{\text{surround}}^{\text{MBS}_i^A}(z_{i1}) = \begin{cases} \cos^2 \frac{z_{i1}}{2} & 0 \leq z_{i1} \leq \pi \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{\text{surround}} = \sum_{j=1}^N \mu_{\text{surround}}^{\text{MBS}_i^A}(z_{ij}) \times (\text{Area}_i^A / \text{Area}^A) \quad (7)$$

“在...和...之间”是一种三元特殊方向关系,表示对象 A 在对象 B_1 和 B_2 之间。可以先计算子正方形 MBS_i^A 在 B_1 和 B_2 之间的隶属度值,即

$$\mu_{\text{between}}^{\text{MBS}_i^A}(z_{i1}, z_{i2}) = \frac{z_{i2}}{z_{i1}} \quad (8)$$

然后根据计算每个子正方形的隶属度值的加权平均值 μ_{between} 作为对象 A 在 B_1 和 B_2 之间的隶属度值,即

$$\mu_{\text{between}} = \sum_{i=1}^N \mu_{\text{between}}^{\text{MBS}_i^A}(z_{i1}, z_{i2}) \times (\text{Area}_i^A / \text{Area}^A) \quad (9)$$

但是对于某些情况这种方法很难判断,如图 3 所示,图 3(a)(b) 中白色物体均在两个灰色物体之间,但是采用以上方法对图 3(b) 判定的结果为 0.54,并不正确,这是由于图 3(b) 中白色物体上半部分和下半部分是相对于两个灰色对象中间部分对称的,需要考虑对称部分间的削弱作用,为了解决这个问题,将式(8)改造为

$$\mu_{\text{between}}^{\text{MBS}_i^A}(z_{i1}, z_{i2}) = \begin{cases} z_{i2}/z_{i1} & \theta_{i1} < \theta_{i2} \\ 2 - z_{i2}/z_{i1} & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

采用式(11)计算 μ_{between} ,式(10)将式(8)划分为 $\theta_{i1} < \theta_{i2}$ 和 $\theta_{i1} > \theta_{i2}$ 两种情况,当 $\theta_{i1} < \theta_{i2}$ 时,子正方形 MBS_i^A 在 B_1 和 B_2 之间的隶属度值为 z_{i2}/z_{i1} ,当 $\theta_{i1} > \theta_{i2}$ 时,子正方形 MBS_i^A 在 B_1 和 B_2 之间的隶属度值为 $2 - z_{i2}/z_{i1}$,这样设定可以保证对称部分的隶属度值的算数平均值等于 1,即考虑到对称部分间的削

弱作用,由于 $(2 - z_{i2}/z_{i1}) > 1$ 导致式(10)的计算结果可能大于 1,所以为了使对象 A 在 B_1 和 B_2 之间的隶属度值 $\mu_{\text{between}} \leq 1$,采用式(11)对其进行修正。

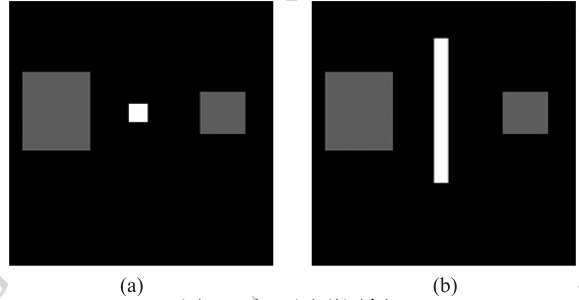


图 3 人工图形图例 1
Fig. 3 Synthetic images 1

$$\mu_{\text{between}} = \begin{cases} \mu_{\text{between}} & \mu_{\text{between}} < 1 \\ 2 - \mu_{\text{between}} & \text{其他} \end{cases} \quad (11)$$

3 模型算例

首先,分别采用两种有代表性的特殊方向关系判定方法($K^{[7]}$, $FH^{[17]}$)以及本文方法(Q)对 12 张分辨率为 400×400 的人工图片(如图 4 所示)进行特殊方向关系判定,结果如表 1 所示。然后采用某地区卫星图片作为真实数据进行实验,如图 5 所示,为了找到图片中的主要建筑物和汽车对象,先对图片进行图像滤波处理,接着进行手工标注对建筑物及汽车对象进行编号,标注结果如图 6 所示。特殊方向关系判定结果如表 2 所示,分别判定了(A)对象 18 相对于对象群(15、16、17、19、20、21);(B)对象 19 相对于对象群(17、18、21、22);(C)对象 18 相对于对象 16 和对象 21;(D)对象 18 相对于对象 15 和对象 21 的特殊方向关系。

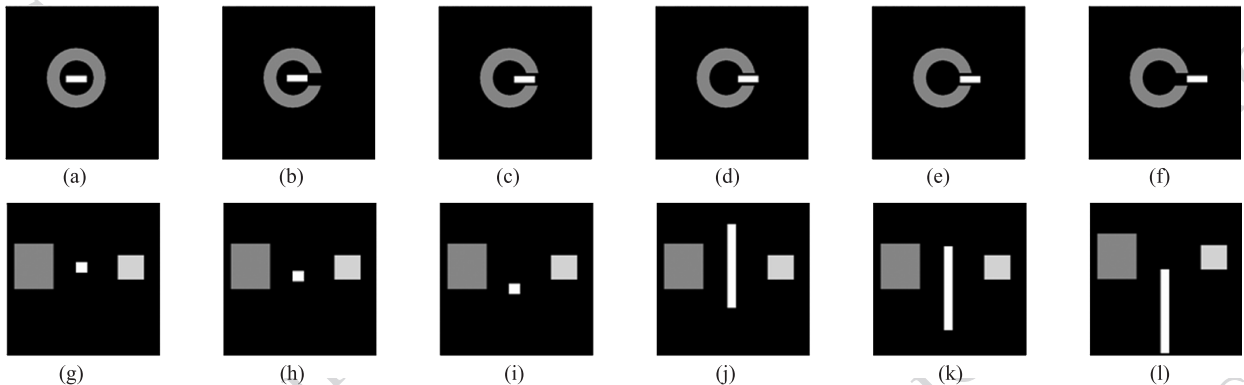


图 4 人工图形图例 2
Fig. 4 Synthetic images 2

表 1 对图 4 进行特殊方向关系计算结果

Table 1 The results of Fig. 4

方法	μ_{surround}						μ_{between}						/%
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
K	100	93	70	41	19	0	99	76	51	54	51	29	
FH	100	98	94	88	79	0	98	71	45	95	55	22	
Q	97	92	72	43	21	0	99	74	49	99	66	39	

首先分析“包围”关系的判定结果,由于 K 和 Q 方法的基本思路一致,所以它们对实例的判定结果基本相同,并且与人类的特殊方向关系认知基本一致,但 K 方法采用角直方图作为判定基础,计算量较 Q 方法大很多^[13],所以 Q 方法更具备实用性。FH 方法对图 4(a)(b)(f)以及图 5 在对象组合(A)时的判定结果与 K 和 Q 方法基本相同;但 FH 对图 4(c)——(e)和图 5 在对象组合(B)时的判定结果与其他方法的结果差异较大,这是由于 FH 方法根据两个对象 F 直方图的最大开区间角度 z_1 计算“包围”关系的隶属度,很难反映目标对象中各个部分的“包围”关系,从而造成了误判(如图 4(d)(e))或判断不够准确(如图 4(c)和图 5 在对象组合(B)时的判定结果)的问题。由于 Q 方法中的四叉树直方图采用的参数为 $\sigma_1 = 1/3, \rho = 1/3$,导致获得的四叉树直方图是离散的,且参数 z_1 通常不为 0,则代入式(7)不等于 1,所以其特殊方向关系“包围”判定值通常只能接近 100% 而不等于 100%,如对图 4(a)的计算结果,但这并不影响最终的判定。K, FH 和 Q 方法相比较, FH 方法虽然简单,但判断的准确度不高;K 方法判断准确度高,但计算量巨大;Q 方法既能得到与 K 方法近似的判定结果,同时又具有四叉树直方图低计算量的优点。



图 5 卫星图片图例

Fig. 5 Real satellite image

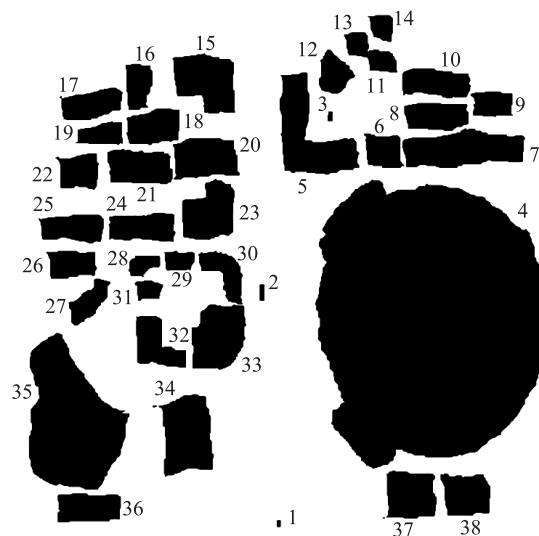


图 6 手工标注后的图片

Fig. 6 Satellite image after hand labeling

表 2 对图 5 进行特殊方向关系计算结果

Table 2 The results of Fig. 5

	μ_{surround}		μ_{between}		/%
	A	B	C	D	
K	93	75	62	64	
FH	100	91	64	91	
Q	92	78	72	93	

关于“在...和...之间”关系的判定, K、FH 和 Q 方法对图 4(g)——(i)的判定结果基本相同,表明这些方法都适合目标对象较小情况下的判定。但是当目标对象较大时, K 方法对图 4(j)和图 5 在对象组合(D)时的判定结果明显与实际不符,这是由于 K 方法未考虑对称部分的削弱作用从而造成了误判。Q 方法对图 4(j)——(l)和图 5 在对象组合(C)时的判定值较 FH 方法高,这是由于 FH 方法根据两个对象 F 直方图的最大和次大开区间角度 z_1 和 z_2 计算“在...和...之间”关系的隶属度,很难反映目标对象中各个部分的“在...和...之间”关系。K、FH 和 Q 方

法相比较,K方法只适合目标对象较小情况下的判定,且计算量巨大;FH方法虽然简单,但未能考虑目标对象各个部分的“在…和…之间”关系;Q方法考虑了对称部分的削弱作用,适合不同大小目标对象情况下的判定,且具备四叉树直方图低计算量的优点。

综上所述,采用Q方法进行特殊方向关系判定主要具有以下几个优点:1)Q方法采用四叉树直方图为基础,具备了四叉树直方图能够同时保证高精度和低计算量的优势;2)Q方法能够反映目标对象各个部分相对于参考对象的特殊方向关系;3)Q方法无论对“包围”关系还是对“在…和…之间”关系的判定结果都符合人类的特殊方向关系认知;4)Q方法采用离散的四叉树直方图作为判定基础,所以并不受连通对象和对象数量的限制。总之,Q方法具有较强的通用性和实用性,较K和FH方法更适合特殊方向关系的判定。

4 结 论

建立了一种基于四叉树直方图的特殊方向关系表达方法。首先计算目标对象与参考对象的四叉树直方图,四叉树直方图继承了角直方图的性质和特点,能够考虑对象形状、大小和距离信息对空间方向关系的影响,并且四叉树直方图能够同时保证高精度和低计算量;其次采用新的方向关系判定方法基于四叉树直方图进行特殊方向关系判定,能够得到接近人类认知的判定结果。实验结果表明,基于四叉树直方图的特殊方向关系表达方法对特殊方向关系的判定更贴近人类对特殊方向关系的认知,具有较强的实用性。

参考文献 (References)

- [1] Frank A U. Qualitative spatial reasoning: cardinal directions as an example [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1996, 10(3): 269-290.
- [2] Chang S K, Shi, Q S, Yan C W. Iconic indexing by 2D strings [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987, 9(6): 413-428.
- [3] Papadias D, Sellis T. Qualitative representation of spatial knowledge in two dimensional space [J]. VLDB Journal, 1994, 3(4): 479-516.
- [4] Yan H W, Guo R Z. Research on formal description model of directional relationships [J]. Acta Geodaetica et Cartographica

- Sinica, 2003, 32(1): 42-46. [闫浩文,郭仁忠. 空间方向关系形式化描述模型研究[J]. 测绘学报,2003,32(1):42-46.]
- [5] Du S H, Wang Q. Uncertain spatial relations [J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(5): 539-546. [杜世宏,王桥. 不确定性空间关系 [J]. 中国图象图形学报,2004,9(5): 539-546.]
- [6] Du S H, Wang Q, Yang Y P, et al. Fuzzy description of spatial direction relations [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(8): 1744-1751. [杜世宏,王桥,杨一鹏,等. 空间方向关系模糊描述 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(8):1744-1751.]
- [7] Krishnapuram R, Keller J, Ma Y. Quantitative analysis of properties and spatial relations of fuzzy image regions [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1993, 1(3): 222-233.
- [8] Miyajima K, Ralescu A. Spatial-organization in 2d segmented images: representation and recognition of primitive spatial relations [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 65(2): 100-105.
- [9] Matsakis P, Wendling L A new way to represent the relative position between areal objects [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(7): 634-644.
- [10] Wang Y H, Makedon F. R-histogram: quantitative representation of spatial relations for similarity-based image retrieval [C]// Proceedings of the Eleventh ACM International Conference on Multimedia. New York: ACM Press, 2003: 323-326.
- [11] Wang Y H, Makedon F, Chakrabarti A. R^{*}-histograms: efficient representation of spatial relations between objects of arbitrary topology [C]// Proceedings of the Twelve ACM International Conference on Multimedia. New York: ACM Press, 2004: 356-359.
- [12] Zhang K, Wang K P, Wang X J, et al. Spatial relations modeling based on visual area histogram [C]// Proceedings of the 11th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing. London: IEEE Computer Society Press, 2010: 323-326.
- [13] Zhang K, Wang X J, Zhong Y X. Quadtree histogram formal model of spatial directional relations [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2012, 24(7): 901-908. [张珂,王小捷,钟义信. 四叉树直方图空间方向关系形式化模型 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2012,24(7): 901-908.]
- [14] Bloch I. Fuzzy relative position between objects in image processing: new definition and properties based on a morphological approach [J]. Int. J. of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 1999, 7(2): 99-133.
- [15] Rosenfeld A, Klette R. Degree of adjacency or surroundedness [J]. Pattern Recognition, 1985, 18(2): 169-177.
- [16] Matsakis P, Andréfouët S. The fuzzy line between and surround [C]// Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Hawaii: IEEE Computer Society Press, 2002: 1596-1601.
- [17] Skubic M, Matsakis P, Chronis G, et al. Generating multi-level linguistic spatial descriptions from range sensor readings using the histogram of forces [J]. Autonomous Robots, 2003, 14(1): 51-69.