



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101819636 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 09

(21) 申请号 201010154823. 1

(22) 申请日 2010. 03. 30

(73) 专利权人 河南理工大学

地址 454000 河南省焦作市高新区世纪大道  
2001 号

(72) 发明人 王志衡 刘红敏 邓超 贾宗璞  
杨莹丽

(51) Int. Cl.

G06T 7/40 (2006. 01)

G06K 9/64 (2006. 01)

审查员 刘子晓

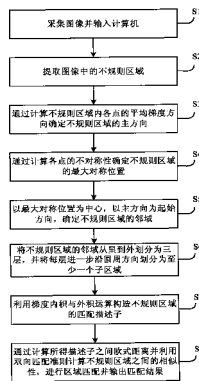
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

数字图像中不规则区域自动匹配方法

(57) 摘要

本发明涉及一种数字图像中不规则区域自动匹配方法,包括:采集图像并输入计算机;提取图像中的不规则区域;通过计算不规则区域内各点的平均梯度方向确定不规则区域的主方向;通过计算各点的不对称性确定其最大对称位置;以最大对称位置为中心,以主方向为起始方向,确定不规则区域的邻域;将不规则区域的邻域从里到外划分为三层,并将每层进一步沿圆周方向划分为至少一个子区域;利用梯度内积与外积运算构造不规则区域的匹配描述子;通过计算所得描述子之间欧式距离并利用双向匹配准则计算不规则区域之间的相似性,进行区域匹配并输出结果。本发明提供的方法,不会引入由于将不规则区域的形状拟合为规则形状带来的误差,提高了匹配的准确性。



1. 一种数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,包括:

步骤 S1:采集图像并输入计算机;

步骤 S2:利用不规则区域提取方法提取图像中的不规则区域;

步骤 S3:通过计算所述不规则区域内各点的平均梯度方向确定所述不规则区域的主方向  $d_{\text{main}}$ ;

步骤 S4:通过计算各点的不对称性确定所述不规则区域的最大对称位置 P;

步骤 S5:以所述最大对称位置为中心,以所述主方向为起始方向,确定所述不规则区域的邻域;

步骤 S6:将所述不规则区域的邻域从里到外划分为三层,并将每层进一步沿圆周方向划分为至少一个子区域;

步骤 S7:利用梯度内积与外积运算构造所述不规则区域的匹配描述子;

步骤 S8:通过计算所得描述子之间欧式距离并利用双向匹配准则计算所述不规则区域之间的相似性,进行区域匹配并输出匹配结果。

2. 根据权利要求 1 所述的数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,所述步骤 S4 包括:以所述不规则区域内的任一位置为中心,利用 18 条直线  $L_i$ ,其中  $i = 1, 2, \dots, 18$ ,将整个圆周等分为 36 份;记所述不规则区域内直线  $L_i$  两侧的像素数分别为  $N_L(i)$ ,  $N_R(i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, 18$ ,定义  $\sum_{i=1}^{18} |N_L(i) - N_R(i)|$  为所述任一位置处的不对称性;将不对称性最小的位置确定为不规则区域的最大对称位置 P。

3. 根据权利要求 2 所述的数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,所述步骤 S5 包括:以所述最大对称位置 P 为中心,以所述主方向  $d_{\text{main}}$  为起始方向,分别引出 16 条射线将圆周分为 16 等份,沿逆时针方向记各条射线与所述不规则区域边界轮廓线的交点分别为  $C_i$ ,其中  $i = 1, 2, \dots, 16$ ;延长线段  $C_i$  至点  $D_i$ ,使得  $|PD_i| = 6/5 \cdot |PC_i|$ ,  $i = 1, 2, \dots, 16$ ,其中  $|PC_i|$ 、 $|PD_i|$  分别表示线段长度;将线段  $PD_i$  等分为三段: $PA_i, A_iB_i, B_iD_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 16$ ;将封闭曲线  $D_1D_2D_3 \dots D_{16}D_1$  包含的区域确定为所述不规则区域的邻域。

4. 根据权利要求 3 所述的数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,所述步骤 S6 包括:将所述不规则区域的邻域从里到外划分为三层,第一层是封闭曲线  $A_1A_2A_3 \dots A_{16}A_1$  构成的区域;第二层是封闭曲线  $A_1A_2A_3 \dots A_{16}A_1$  与  $B_1B_2B_3 \dots B_{16}B_1$  构成的区域;第三层是封闭曲线  $B_1B_2B_3 \dots B_{16}B_1$  与  $D_1D_2D_3 \dots D_{16}D_1$  构成的区域。

5. 根据权利要求 4 所述的数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,所述步骤 S6 中对第一层进行划分获得的子区域数为 4,依次编号为  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  和  $G_4$ ,这 4 个子区域的边界曲线分别为:

$G_1: PA_1A_2A_3A_4A_5P$ ;       $G_2: PA_5A_6A_7A_8A_9P$ ;

$G_3: PA_9A_{10}A_{11}A_{12}A_{13}P$ ;       $G_4: PA_{13}A_{14}A_{15}A_{16}A_1P$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,所述步骤 S6 中对第二层进行划分获得的子区域数为 8,依次编号为  $G_5$ 、 $G_6$ 、 $G_7$ 、 $G_8$ 、 $G_9$ 、 $G_{10}$ 、 $G_{11}$  和  $G_{12}$ ,这 8 个子区域的边界曲线分别为:

$G_5: A_1B_1B_2B_3A_3A_2A_1$ ;       $G_6: A_3B_3B_4B_5A_5A_4A_3$ ;

$G_7: A_5B_5B_6B_7A_7A_6A_5$ ;       $G_8: A_7B_7B_8B_9A_9A_8A_7$ ;

$$G_9 : A_9 B_9 B_{10} B_{11} A_{11} A_{10} A_9 ; \quad G_{10} : A_{11} B_{11} B_{12} B_{13} A_{13} A_{12} A_{11} ;$$

$$G_{11} : A_{13} B_{13} B_{14} B_{15} A_{15} A_{14} A_{13} ; \quad G_{12} : A_{15} B_{15} B_{16} B_1 A_1 A_{16} A_{15} \circ$$

7. 根据权利要求 6 所述的数字图像中不规则区域自动匹配方法,其特征在于,所述步骤 S6 对第三层进行划分获得的子区域数为 16,依次编号为  $G_{13}$ 、 $G_{14}$ 、 $G_{15}$ 、 $G_{16}$ 、 $G_{17}$ 、 $G_{18}$ 、 $G_{19}$ 、 $G_{20}$ 、 $G_{21}$ 、 $G_{22}$ 、 $G_{23}$ 、 $G_{24}$ 、 $G_{25}$ 、 $G_{26}$ 、 $G_{27}$  和  $G_{28}$ ,这 16 个子区域的边界曲线分别为:

$$G_{13} : B_1 D_1 D_2 B_2 B_1 ; \quad G_{14} : B_2 D_2 D_3 B_3 B_2 ;$$

$$G_{15} : B_3 D_3 D_4 B_4 B_3 ; \quad G_{16} : B_4 D_4 D_5 B_5 B_4 ;$$

$$G_{17} : B_5 D_5 D_6 B_6 B_5 ; \quad G_{18} : B_6 D_6 D_7 B_7 B_6 ;$$

$$G_{19} : B_7 D_7 D_8 B_8 B_7 ; \quad G_{20} : B_8 D_8 D_9 B_9 B_8 ;$$

$$G_{21} : B_9 D_9 D_{10} B_{10} B_9 ; \quad G_{22} : B_{10} D_{10} D_{11} B_{11} B_{10} ;$$

$$G_{23} : B_{11} D_{11} D_{12} B_{12} B_{11} ; \quad G_{24} : B_{12} D_{12} D_{13} B_{13} B_{12} ;$$

$$G_{25} : B_{13} D_{13} D_{14} B_{14} B_{13} ; \quad G_{26} : B_{14} D_{14} D_{15} B_{15} B_{14} ;$$

$$G_{27} : B_{15} D_{15} D_{16} B_{16} B_{15} ; \quad G_{28} : B_{16} D_{16} D_1 B_1 B_{16} \circ$$

## 数字图像中不规则区域自动匹配方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及计算机视觉中的图像特征自动匹配领域,尤其涉及一种数字图像中不规则区域自动匹配方法。

### 背景技术

[0002] 特征匹配技术在图像检索、物体识别、视频跟踪以及增强现实等诸多领域有着重要应用。近些年来,以尺度不变特征变换 (Scale Invariant Feature Transform, 简称 SIFT) 技术的提出为标志,图像特征点自动匹配技术取得了较大进展;以最大稳定极值区域 (Maximally Stable Extremal Regions, 简称 MSER) 技术为标志,图像特征区域自动检测技术也取得了较大进展。但是,如何匹配诸如 MSER 区域这类具有不规则形状的区域,是目前亟需解决的重要问题。

[0003] 目前已有方法主要采用形状拟合的方式解决不规则区域的匹配问题:首先将不规则区域的形状拟合为规则形状,如椭圆、平行四边形等;然后在规则形状上构造区域描述子;最后利用区域描述子进行区域匹配。在对 MSER 区域进行匹配时,首先将原始不规则的 MSER 区域拟合为椭圆,然后使用 SIFT 描述子进行匹配。

[0004] 但是,将不规则区域的形状拟合为规则形状的过程会产生拟合误差,导致匹配的准确性不高。

### 发明内容

[0005] 本发明主要解决数字图像中不规则区域自动匹配问题,目的是提供一种具有更高准确性的数字图像中不规则区域自动匹配方法。

[0006] 为实现本目的,本发明提供了一种数字图像中不规则区域自动匹配方法包括以下步骤:

[0007] 步骤 S1:采集图像并输入计算机;

[0008] 步骤 S2:利用不规则区域提取方法提取图像中的不规则区域;

[0009] 步骤 S3:通过计算所述不规则区域内各点的平均梯度方向确定所述不规则区域的主方向  $d_{Main}$ ;

[0010] 步骤 S4:通过计算各点的不对称性确定所述不规则区域的最大对称位置 P;

[0011] 步骤 S5:以所述最大对称位置为中心,以所述主方向为起始方向,确定所述不规则区域的邻域;

[0012] 步骤 S6:将所述不规则区域的邻域从里到外划分为三层,并将每层进一步沿圆周方向划分为至少一个子区域;

[0013] 步骤 S7:利用梯度内积与外积运算构造所述不规则区域的匹配描述子;

[0014] 步骤 S8:通过计算所得描述子之间欧式距离并利用双向匹配准则计算所述不规则区域之间的相似性,进行区域匹配并输出匹配结果。

[0015] 本发明提供的数字图像中不规则区域自动匹配方法,没有将不规则区域的形状拟

合为规则形状,而是将不规则区域的邻域从里到外划分为三层,并将每层进一步沿圆周方向划分为至少一个子区域,利用梯度内积与外积运算构造所述不规则区域的匹配描述子,通过计算所得描述子之间欧式距离并利用双向匹配准则计算所述不规则区域之间的相似性,进行区域匹配,所以不会引入由于将不规则区域拟合为规则形状而带来的误差;并且在其他的步骤中也不会有显著的误差引入,所以相对于现有的不规则区域匹配方法,本发明具有更高的准确性。

### 附图说明

[0016] 图 1 所示为本发明数字图像中不规则区域自动匹配方法的流程图;

[0017] 图 2 所示为本发明步骤 S5 中确定的不规则区域的邻域的示意图;

[0018] 图 3 所示为本发明步骤 S6 中分层并进行其区域划分的示意图。

### 具体实施方式

[0019] 如图 1 所示为本发明数字图像中不规则区域自动匹配方法的流程图。本发明提供的不规则区域自动匹配方法主要步骤包括:采集图像并输入计算机、提取图像中的不规则区域、计算不规则区域的主方向  $d_{Main}$ 、计算不规则区域的最大对称位置 P、确定不规则区域的邻域、对邻域进行子区域划分、构造匹配描述子、匹配并输出结果。

[0020] 各步骤的具体实施细节如下:

[0021] 步骤 S1:采集图像并输入计算机。可以利用数码相机拍摄同一场景不同视角下的两幅或多幅图像,输入计算机。

[0022] 步骤 S2:提取图像中的不规则区域。具体地可以利用 MSER 等各种不规则区域提取方法提取图像中的不规则区域。

[0023] 步骤 S3:通过计算不规则区域内各点的平均梯度方向确定不规则区域的主方向  $d_{Main}$ 。

[0024] 步骤 S4:通过计算各点的不对称性确定不规则区域的最大对称位置 P。对不规则区域内的任一位置,以该位置为中心,引出 18 条直线  $L_i (i = 1, 2, \dots, 18)$  将圆周分为 36 等份;记不规则区域内直线  $L_i (i = 1, 2, \dots, 18)$  两侧包含的像素数分别为  $N_L(i), N_R(i) (i = 1, 2, \dots, 18)$ , 定义  $\sum_{i=1}^{18} |N_L(i) - N_R(i)|$  为上述任意位置处的不对称性,将不对称性最小

的位置确定为不规则区域的最大对称位置。

[0025] 步骤 S5:以最大对称位置为中心,以主方向为起始方向,确定不规则区域的邻域。如图 2 所示为本发明步骤 S5 中确定的不规则区域的邻域的示意图,图 2 中箭头所示的方向即为主方向  $d_{Main}$ , P 点为最大对称位置。具体步骤如下:以最大对称位置 P 为中心,主方向  $d_{Main}$  为起始方向,分别引出 16 条射线将圆周分为 16 等份,沿逆时针方向记各条射线与不规则区域边界轮廓线的交点分别为  $C_i (i = 1, 2, \dots, 16)$ ;延长线段  $C_i$  至点  $D_i$ ,使得  $|PD_i| = 6/5 \cdot |PC_i| (i = 1, 2, \dots, 16)$ ,其中  $|PC_i|$ 、 $|PD_i|$  分别表示线段长度;将线段  $PD_i (i = 1, 2, \dots, 16)$  等分为三段:  $PA_i, A_iB_i, B_iD_i (i = 1, 2, \dots, 16)$ ;将封闭曲线  $D_1D_2D_3 \dots D_{16}D_1$  包含的区域确定为不规则区域的邻域。

[0026] 步骤 S6:将不规则区域的邻域从里到外划分为三层,并将每层进一步沿圆周方

向划分为至少一个子区域。图 3 所示为本发明步骤 S6 中分层并进行其区域划分的示意图。具体步骤如下：确定不规则区域邻域的同时，将不规则区域的邻域从里到外划分为三层：第一层是封闭曲线  $A_1A_2A_3 \dots A_{16}A_1$  构成的区域；第二层是封闭曲线  $A_1A_2A_3 \dots A_{16}A_1$  与  $B_1B_2B_3 \dots B_{16}B_1$  构成的区域；第三层是封闭曲线  $B_1B_2B_3 \dots B_{16}B_1$  与  $D_1D_2D_3 \dots D_{16}D_1$  构成的区域。

[0027] 将第一层区域划分为 4 个子区域，依次编号为  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  和  $G_4$ ，这 4 个子区域的边界曲线分别为：

$$[0028] \quad G_1 : PA_1A_2A_3A_4A_5P ; \quad G_2 : PA_5A_6A_7A_8A_9P ;$$

$$[0029] \quad G_3 : PA_9A_{10}A_{11}A_{12}A_{13}P ; \quad G_4 : PA_{13}A_{14}A_{15}A_{16}A_1P。$$

[0030] 将第二层区域划分 8 个子区域，依次编号为  $G_5$ 、 $G_6$ 、 $G_7$ 、 $G_8$ 、 $G_9$ 、 $G_{10}$ 、 $G_{11}$  和  $G_{12}$ ，这 8 个子区域的边界曲线分别为：

$$[0031] \quad G_5 : A_1B_1B_2B_3A_2A_1 ; \quad G_6 : A_3B_3B_4B_5A_4A_3 ;$$

$$[0032] \quad G_7 : A_5B_5B_6B_7A_6A_5 ; \quad G_8 : A_7B_7B_8B_9A_8A_7 ;$$

$$[0033] \quad G_9 : A_9B_9B_{10}B_{11}A_{11}A_{10}A_9 ; \quad G_{10} : A_{11}B_{11}B_{12}B_{13}A_{13}A_{12}A_{11} ;$$

$$[0034] \quad G_{11} : A_{13}B_{13}B_{14}B_{15}A_{15}A_{14}A_{13} ; G_{12} : A_{15}B_{15}B_{16}B_1A_1A_{16}A_{15}。$$

[0035] 将第三层区域划分为 16 个子区域，依次编号为  $G_{13}$ 、 $G_{14}$ 、 $G_{15}$ 、 $G_{16}$ 、 $G_{17}$ 、 $G_{18}$ 、 $G_{19}$ 、 $G_{20}$ 、 $G_{21}$ 、 $G_{22}$ 、 $G_{23}$ 、 $G_{24}$ 、 $G_{25}$ 、 $G_{26}$ 、 $G_{27}$  和  $G_{28}$ ，这 16 个子区域的边界曲线分别为：

$$[0036] \quad G_{13} : B_1D_1D_2B_2B_1 ; \quad G_{14} : B_2D_2D_3B_3B_2 ;$$

$$[0037] \quad G_{15} : B_3D_3D_4B_4B_3 ; \quad G_{16} : B_4D_4D_5B_5B_4 ;$$

$$[0038] \quad G_{17} : B_5D_5D_6B_6B_5 ; \quad G_{18} : B_6D_6D_7B_7B_6 ;$$

$$[0039] \quad G_{19} : B_7D_7D_8B_8B_7 ; \quad G_{20} : B_8D_8D_9B_9B_8 ;$$

$$[0040] \quad G_{21} : B_9D_9D_{10}B_{10}B_9 ; \quad G_{22} : B_{10}D_{10}D_{11}B_{11}B_{10} ;$$

$$[0041] \quad G_{23} : B_{11}D_{11}D_{12}B_{12}B_{11} ; \quad G_{24} : B_{12}D_{12}D_{13}B_{13}B_{12} ;$$

$$[0042] \quad G_{25} : B_{13}D_{13}D_{14}B_{14}B_{13} ; \quad G_{26} : B_{14}D_{14}D_{15}B_{15}B_{14} ;$$

$$[0043] \quad G_{27} : B_{15}D_{15}D_{16}B_{16}B_{15} ; \quad G_{28} : B_{16}D_{16}D_1B_1B_{16}。$$

[0044] 步骤 S7：利用梯度内积与外积运算构造不规则区域的匹配描述子。具体步骤如下：记子区域  $G_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 28$ ) 内点  $(x_i, y_i)$  处梯度向量为  $\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) = [f_x(x_i, y_i), f_y(x_i, y_i)]$ ，区域内平均梯度向量为  $\nabla \bar{\mathbf{f}} = [\bar{f}_x, \bar{f}_y]$ ，按照下式计算该区域描述向量  $V_k = [V_{k1}, V_{k2}, V_{k3}, V_{k4}]$  ( $k = 1, 2, \dots, 28$ )：

[0045]

$$V_{k1} = \sum_{(x_i, y_i) \in G_k} (|\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \circ \nabla \bar{\mathbf{f}} + \nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \circ \nabla \bar{\mathbf{f}}|) / 2$$

[0046]

$$V_{k2} = \sum_{(x_i, y_i) \in G_k} (|\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \circ \nabla \bar{\mathbf{f}} - \nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \circ \nabla \bar{\mathbf{f}}|) / 2$$

[0047]

$$V_{k3} = \sum_{(x_i, y_i) \in G_k} (|\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \wedge \nabla \bar{\mathbf{f}} + \nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \wedge \nabla \bar{\mathbf{f}}|) / 2$$

[0048]

$$V_{k4} = \sum_{(x_i, y_i) \in G_k} (|\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \wedge \nabla \bar{\mathbf{f}} - \nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \wedge \nabla \bar{\mathbf{f}}|) / 2$$

[0049] 其中  $\circ$  与  $\wedge$  分别表示内积与外积运算：

[0050]

$$\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \circ \nabla \bar{\mathbf{f}} = f_x(x_i, y_i) \cdot \bar{f}_x + f_y(x_i, y_i) \cdot \bar{f}_y$$

[0051]

$$\nabla \mathbf{f}(x_i, y_i) \wedge \nabla \bar{\mathbf{f}} = f_x(x_i, y_i) \cdot \bar{f}_y - f_y(x_i, y_i) \cdot \bar{f}_x$$

[0052] 将  $V_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 28$ ) 除以对应的子区域  $G_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 28$ ) 内像素数, 然后排列为一个向量, 即可获得 112 维描述向量 (其中  $N_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 28$ ) 分别表示子区域  $G_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 28$ ) 包含的像素数) :

$$V = [V_1/N_1, V_2/N_2, \dots, V_{28}/N_{28}]$$

[0054] 最后将向量  $V$  归一化为单位向量  $V/||V||$  即可获得不规则区域的匹配描述子。

[0055] 步骤 S8 : 通过计算所得描述子之间欧式距离并利用双向匹配准则计算不规则区域之间的相似性, 进行区域匹配并输出匹配结果。获得匹配描述子后, 首先计算两幅图像中描述子间的欧式距离来度量不同不规则区域之间的相似性 ; 然后利用双向匹配准则进行匹配 : 对于第 1 幅图像中一个区域  $G$ , 如果第 2 幅图像中区域  $G'$  在所有候选区域中与  $G$  匹配描述子间的欧式距离最小, 如果  $G$  同时也是第 1 幅图像中与  $G'$  最匹配的区域, 则  $G, G'$  为一对匹配区域。匹配完成后输出匹配结果。

[0056] 本发明提供的数字图像中不规则区域自动匹配方法, 没有将不规则区域的形状拟合为规则形状, 而是将不规则区域的邻域从里到外划分为三层, 并将每层进一步沿圆周方向划分为至少一个子区域, 利用梯度内积与外积运算构造所述不规则区域的匹配描述子, 通过计算所得描述子之间欧式距离并利用双向匹配准则计算所述不规则区域之间的相似性, 进行区域匹配, 所以不会引入由于将不规则区域拟合为规则形状而带来的误差 ; 并且在其他的步骤中也不会有显著的误差引入, 所以相对于现有的不规则区域匹配方法, 本发明具有更高的准确性。

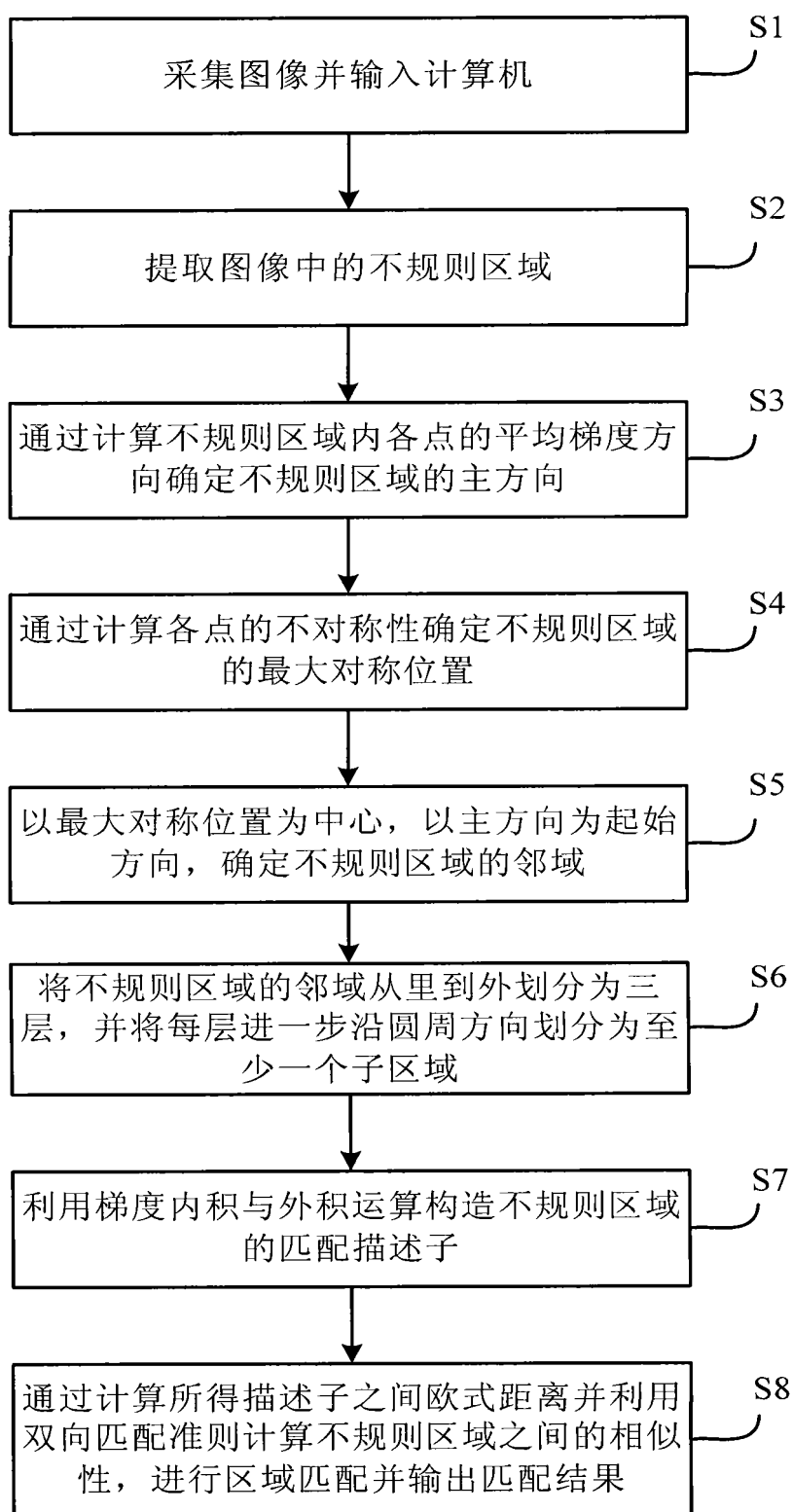


图 1



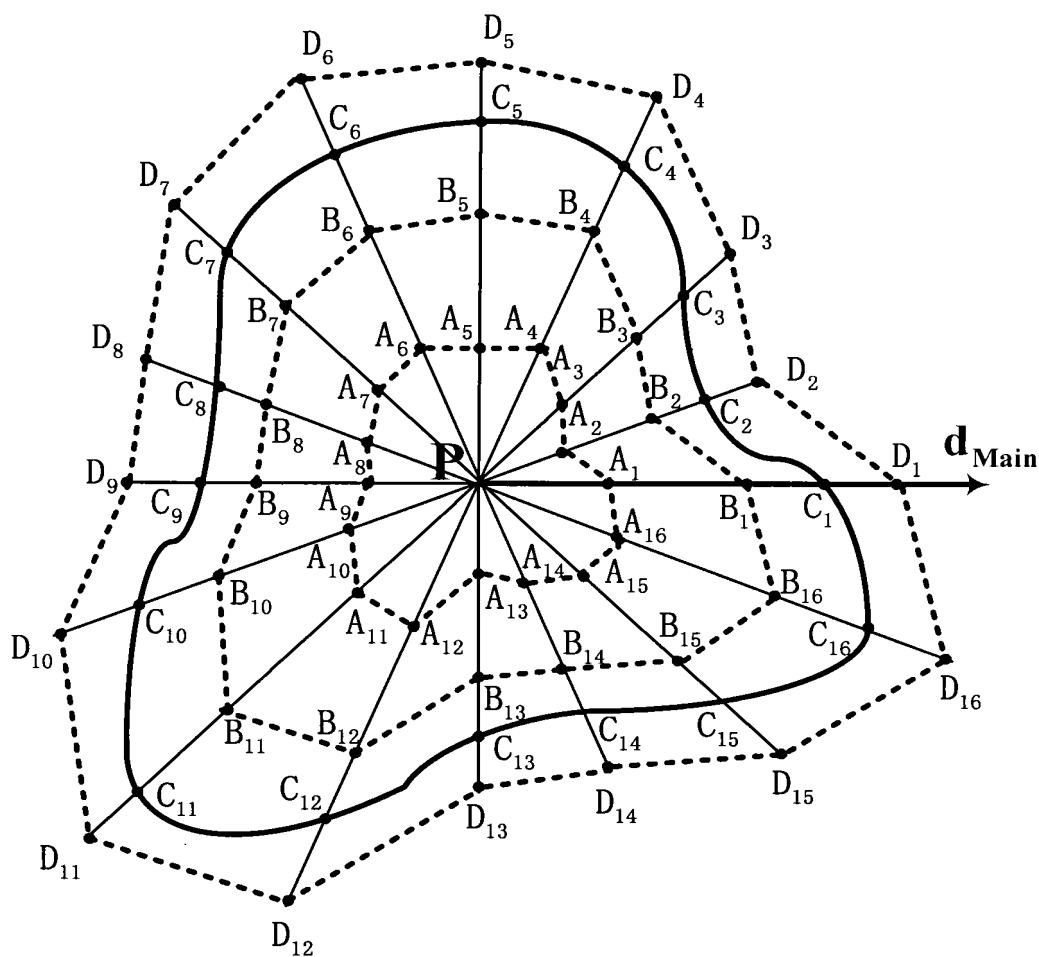


图 2

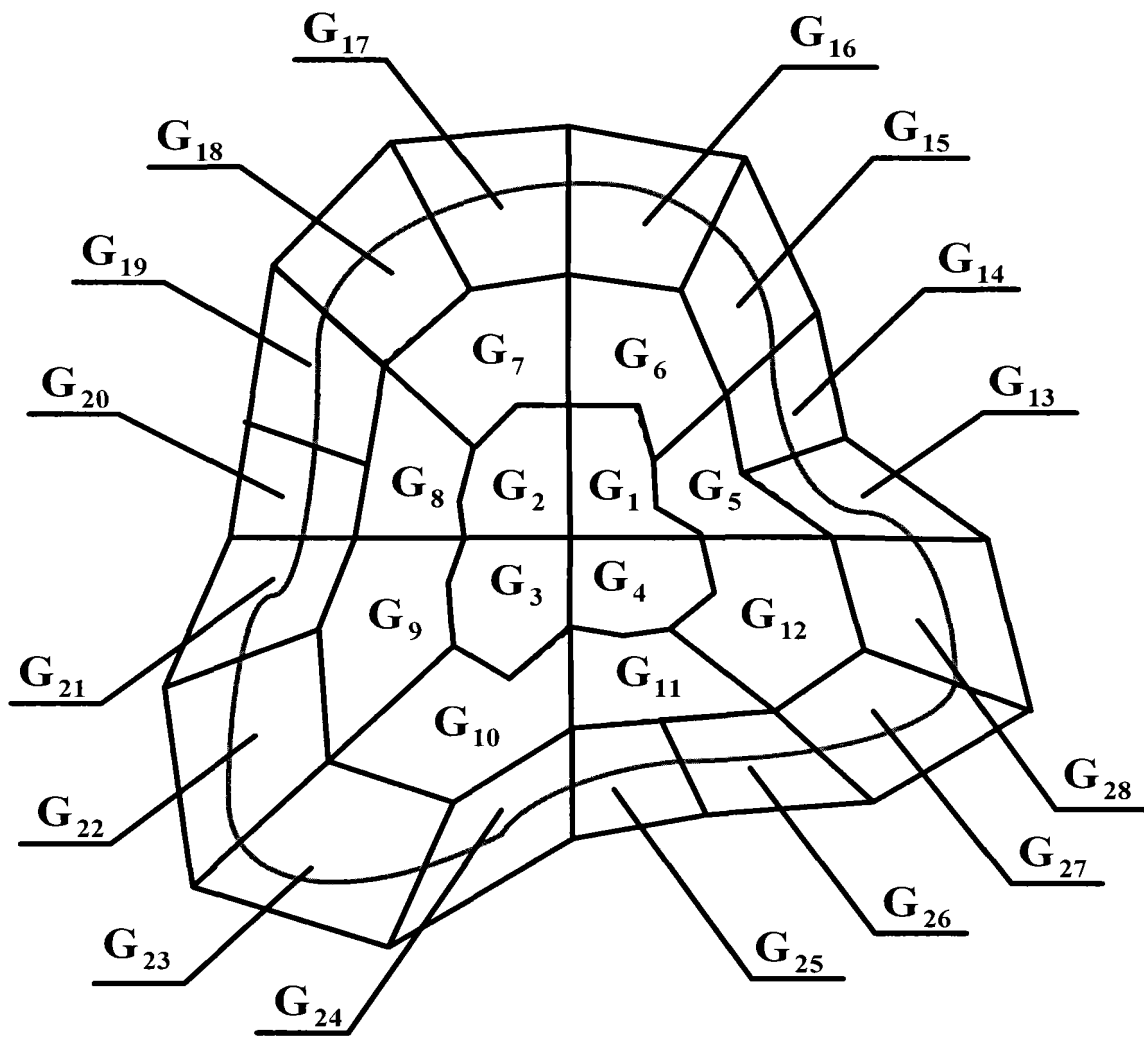


图 3