



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116342912 B

(45) 授权公告日 2023.08.11

(21) 申请号 202310622904.7

G06V 10/50 (2022.01)

(22) 申请日 2023.05.30

G06V 20/10 (2022.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116342912 A

(56) 对比文件

CN 106355646 A, 2017.01.25

CN 101589622 A, 2009.11.25

CN 111126431 A, 2020.05.08

CN 114140397 A, 2022.03.04

CN 103164853 A, 2013.06.19

CN 111046960 A, 2020.04.21

CN 114022729 A, 2022.02.08

CN 108765471 A, 2018.11.06

US 6084989 A, 2000.07.04

US 2010086220 A1, 2010.04.08

CN 107330447 A, 2017.11.07

(43) 申请公布日 2023.06.27

(73) 专利权人 中国铁路设计集团有限公司

地址 300000 天津市滨海新区自贸试验区

(空港经济区)东七道109号

符艳军等. “基于相关面后处理的可能误匹配点剔除方法”. 《西安理工大学学报》. 2017, 345-350页.

(72) 发明人 邓继伟 王建强 张子琛 赵海

程永红 张冠军 刘东明 李小娟

喻智睿 叶沅鑫 闫建伟 李广伟

刘亚非 高慧敏 蒋凤保

审查员 江山

(74) 专利代理机构 天津市君砚知识产权代理有

限公司 12239

专利代理师 刘雅爽

权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(51) Int. Cl.

G06V 10/75 (2022.01)

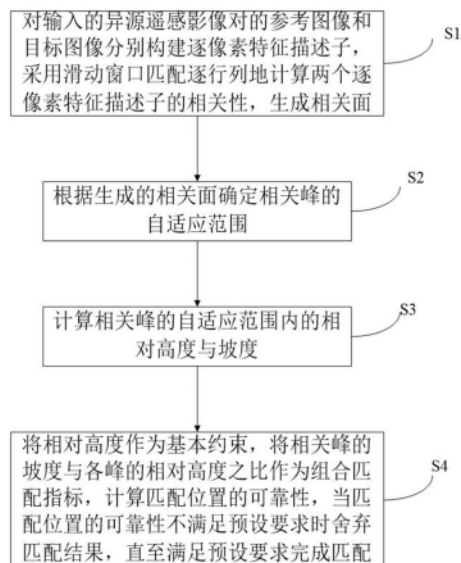
(54) 发明名称

基于相关峰分析的异源遥感图像匹配方法及系统

到的匹配位置更精确。

(57) 摘要

本发明公开了一种基于相关峰分析的异源遥感图像匹配方法及系统,包括对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;确定相关峰的自适应范围;计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度;将相对高度作为基本约束,将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性。采用计算逐像素特征描述子的相关性,生成相关面,进而得到匹配位置,相比于现有的直接利用模板计算相关峰位置,确定匹配位置的方法,本申请生成的相关面更可靠,通过设置的约束条件进行相关峰的判断,利用主峰的高度和尖锐度,作为评价场景匹配可靠性,得



1. 一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;

S2、根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围;

S3、计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度;

S4、将相对高度作为基本约束,将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性,当匹配位置的可靠性不满足预设要求时舍弃匹配结果,直至满足预设要求完成匹配;

所述将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性时,包括:

设定第一阈值T1、第二阈值T2和第三阈值T3;按照以下验证条件进行可靠性计算:

条件1:将相关峰自适应范围的主峰的相对高度H1与第一阈值T1比较;

条件2:当H1大于T1时,将其余次高峰与主峰之间的相对高度H2与第二阈值T2进行比较;

条件3:当H2大于T2时,将主峰的坡度与第三阈值T3进行比较;当主峰的坡度大于第三阈值T3时,认为本次匹配可靠,取主峰峰顶所在位置为正确匹配位置;

当条件1至条件3中出现任意一项条件不满足时,舍弃本次匹配的结果。

2. 根据权利要求1所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,其特征在于,在S1中,对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,包括如下步骤:

S101、判断异源遥感影像对的参考图像和目标图像的分辨率是否相同,若不相同,按照相同分辨率进行重采样;

S102、采用相位一致性方向直方图作为描述子,分别构建参考图像和目标图像两幅影像的逐像素特征表达。

3. 根据权利要求1所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,其特征在于,所述采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;包括采用滑动窗口的方式在参考影像上逐行列地裁剪,得到与输入的目标影像相同大小的影像块;

采用互相关作为相似性度量,根据如下公式逐行列地计算相似性,生成相关面:

$$\rho(x, y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (f(i, j) - \bar{f})(g(i, j) - \bar{g})$$

其中, $f(i, j)$ 为参考影像 f 在 (i, j) 位置的特征值; \bar{f} 为参考影像 f 的影像特征的平均值; $g(i, j)$ 为目标影像 g 在 (i, j) 位置的特征值, \bar{g} 为目标影像 g 的影像特征的平均值。

4. 根据权利要求1所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,其特征在于,在S2中,根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围,包括:

S201、将相关面上局部最大区域定义为相关峰;

S202、采用Sobel算子计算局部最大值邻域的水平梯度幅值与竖直梯度幅值;

S203、根据得到的梯度幅值,按照如下公式计算梯度方向:

$$dir(x, y) = \arctan(g_x, g_y)$$

S204、设置梯度阈值 T_{mag} ，将得到的梯度幅值与设置的梯度阈值进行对比，提取出相关峰范围内所有梯度大于该阈值的封闭区域，作为相关峰的自适应范围。

5. 根据权利要求4所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法，其特征在于，在S203中，所述计算梯度方向时还包括，根据如下公式确定梯度的正负：

$$\begin{cases} mag = mag, & \Delta\theta \leq 90^\circ \\ mag = -mag, & others \end{cases} \quad \text{且} \quad \Delta\theta = Gra - dir$$

其中： $\Delta\theta$ 表示原始梯度向量 Gra 与计算得到的理想梯度方向 dir 的差值， mag 表示原始梯度向量 Gra 的幅值。

6. 根据权利要求1所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法，其特征在于，在S3中，计算相关峰的自适应范围内的相对高度包括：

计算相关峰底部平面的平均高程 zH ，将相关峰的平均高程 zH 与相关峰的顶部高程 H 进行差值计算，得到相关峰的相对高度 d 。

7. 根据权利要求1所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法，其特征在于，在S3中，计算相关峰的自适应范围内的坡度包括：

将相关峰拟合为二维高斯函数，通过二维高斯函数的参数对相关峰的特征进行描述；

将相关峰按照如下公式进行二维高斯曲面表示：

$$z = A \exp\left(-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right);$$

相关峰的坡度按照如下公式计算：

$$Slope = r / d = \sqrt{ab} / d$$

其中， a 为二维高斯曲面的底部平面椭圆方程的长轴； b 为二维高斯曲面的底部平面椭圆方程的短轴； A 为局部最大值 H 的相关值， (x_0, y_0) 为局部最大值的坐标， (σ_x^2, σ_y^2) 分别为 x 方向和 y 方向上的方差。

8. 一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配系统，其特征在于，用于实施上述权利要求1-7中任意一项所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法，包括数据获取模块、相关性分析模块、自适应范围参数计算模块、匹配可靠性分析模块；

所述数据获取模块用于获取输入的异源遥感影像对；

所述自适应范围参数计算模块用于对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子，采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性，生成相关面；根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围；计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度；

所述匹配可靠性分析模块，用于将相对高度作为基本约束，将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标，计算匹配位置的可靠性，当匹配位置的可靠性不满足预设要求时舍弃匹配结果，直至满足预设要求完成匹配。

9. 一种计算机存储介质,其特征在於,所述计算机存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7中任一项所述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法的步骤。

基于相关峰分析的异源遥感图像匹配方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及异源图像匹配技术领域,尤其涉及一种基于相关峰分析的异源遥感图像匹配方法及系统。

背景技术

[0002] 影像匹配即在两幅或多幅影像间使用一定的算法寻找到足够的同名像点对的过程,是几何纠正、地形制图、影像融合和变化检测等诸多遥感应用的关键预处理步骤,其匹配精度直接决定了后续遥感应用的质量。

[0003] 影像匹配技术在各领域应用的重要性以及问题的复杂性,使得提高影像匹配的效果日益成为学术研究的热门问题。作为影像处理和摄影测量领域的关键环节,国内外也提出了多种不同的匹配方法。根据影像匹配方法中匹配基元的不同,可以将其分为基于特征的影像匹配方法和基于区域的影像匹配方法。其中,基于区域的匹配方法又可细分为基于强度度量的匹配方法和描述子度量的匹配方法。

[0004] 基于特征的匹配算法的主要流程包括特征提取、特征匹配、误差剔除和精度评定。特征提取主要的目标包括点特征、线特征和面特征。

[0005] 大多数模板匹配技术关注于设计或构建一些复杂的相似性度量,其可以大致分为基于强度的度量,如NCC、MI;以及基于描述子的度量,如HOPC、DLSS、AWOG等。但很少有研究通过分析匹配得到的相关面以更精确地确定匹配位置。传统的图像匹配方法往往将相关面上相关性值最大的位置作为正确匹配,然而这种策略并不总是可靠的。这是因为图像中相似的结构会导致在相关面上出现多个高度相似的峰,而相似性值最高的位置并不一定是正确的匹配位置。

[0006] 为了评价模板匹配的可靠性,需要详细分析相关面的特性。一般来说,整个相关面上的局部最大区域定义为相关峰,其中最高峰,或称为主峰,通常被认为是正确匹配的位置。如果主峰的最大相似度接近于一个或多个子峰的最大相似度,则表明存在几个相似的区域,这会降低模板匹配的可信度。因此,子峰与主峰的比值可被用作预测模板匹配可靠性的指标,但此前采用峰值比的方法只是简单地以局部最大的相关值作为相关峰的高度来计算比值,忽略了整个相关面上峰的相对关系,当峰与周围区域的相似度差异较小时,可能会导致误判。除子峰与主峰的比值外,其他一些指标,如主峰的高度和尖锐度也被用作评价场景匹配可靠性的指标,但此前采用相关面指标来评价匹配可靠性的研究大多只选择固定的范围(即一定大小的圆或正方形)作为相关峰的范围,而忽略了峰本身的固有特性与不同峰之间的区别。

[0007] 鉴于此,本发明提出了一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,根据相关峰的梯度动态确定相关面中各峰的范围,最终在多个相关峰之中确定最佳匹配结果,实现遥感影像的精准匹配。

发明内容

[0008] 因此,本发明的目的在于提供一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,根据相关峰的梯度动态确定相关面中各峰的范围,并对相关峰参数进行描述,最终在多个相关峰之中确定最佳匹配结果。

[0009] 为了实现上述目的,本发明的一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,包括如下步骤:

[0010] S1、对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;

[0011] S2、根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围;

[0012] S3、计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度;

[0013] S4、将相对高度作为基本约束,将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性,当匹配位置的可靠性不满足预设要求时舍弃匹配结果,直至满足预设要求完成匹配。

[0014] 进一步优选的,在S1中,对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子包括如下步骤:

[0015] S101、判断异源遥感影像对的参考图像和目标图像的分辨率是否相同,若不相同,按照相同分辨率进行重采样;

[0016] S102、采用相位一致性方向直方图作为描述子,分别构建参考图像和目标图像两幅影像的逐像素特征表达。

[0017] 进一步优选的,所述采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;包括采用滑动窗口的方式在参考影像上逐行列地裁剪,得到与输入的目标影像相同大小的影像块;

[0018] 采用互相关作为相似性度量,根据如下公式逐行列地计算相似性,生成相关面:

$$[0019] \quad \rho(x, y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (f(i, j) - \bar{f})(g(i, j) - \bar{g});$$

[0020] 其中, $f(i, j)$ 为参考影像 f 在 (i, j) 位置的特征值; \bar{f} 为参考影像 f 的影像特征的平均值; $g(i, j)$ 为目标影像 g 在 (i, j) 位置的特征值, \bar{g} 为目标影像 g 的影像特征的平均值。

[0021] 进一步优选的,在S2中,根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围,包括:

[0022] S201、将相关面上局部最大区域定义为相关峰;

[0023] S202、采用Sobel算子计算局部最大值邻域的水平梯度幅值与竖直梯度幅值;

[0024] S203、根据得到的梯度幅值,按照如下公式计算梯度方向:

$$[0025] \quad dir(x, y) = arctan(g_x, g_y);$$

[0026] S204、设置梯度阈值 T_{mag} ,将得到的梯度幅值与设置的梯度阈值进行对比,

[0027] 提取出相关峰范围内所有梯度大于该阈值的封闭区域,作为相关峰的自适应范围。

[0028] 再进一步,在S203中,所述计算梯度方向时还包括,根据如下公式确定梯度的正负:

$$[0029] \quad \begin{cases} mag = mag, & \Delta\theta \leq 90^\circ \\ mag = -mag, & others \end{cases} \quad \text{且 } \Delta\theta = \text{Gra-dir}$$

[0030] 其中: $\Delta\theta$ 表示原始梯度向量Gra与计算得到的理想梯度方向dir的差值,mag表示原始梯度向量Gra的幅值。

[0031] 进一步优选的,在S3中,计算相关峰的自适应范围内的相对高度包括:

[0032] 计算相关峰底部平面的平均高程zH,将相关峰的平均高程与相关峰的顶部高程H进行差值计算,得到相关峰的相对高度d。

[0033] 进一步优选的,在S3中,计算相关峰的自适应范围内的坡度包括:

[0034] 将相关峰拟合为二维高斯函数,通过二维高斯函数的参数对相关峰的特征进行描述;

[0035] 将相关峰按照如下公式所示的二维高斯曲面表示:

$$[0036] \quad z = A \exp\left(-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right);$$

[0037] 相关峰的坡度按照如下公式计算:

$$[0038] \quad Slope = r / d = \sqrt{ab} / d;$$

[0039] 其中,a二维高斯曲面的底部平面椭圆方程的长轴;b为二维高斯曲面的底部平面椭圆方程的短轴;A为局部最大值H的相关值, (x_0, y_0) 为局部最大值的坐标, (σ_x^2, σ_y^2) 分别为x方向和y方向上的方差。

[0040] 进一步优选的,在S4中,所述将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性时,包括:

[0041] 设定第一阈值T1、第二阈值T2和第三阈值T3;按照以下验证条件进行可靠性计算:

[0042] 条件1:将相关峰自适应范围的主峰的相对高度H1与第一阈值T1比较;

[0043] 条件2:当H1大于T1时,将其余次高峰与主峰之间的相对高度H2与第二阈值T2进行比较;

[0044] 条件3:当H2大于T2时,将主峰的坡度与第三阈值T3进行比较;当主峰的坡度大于第三阈值T3时,认为本次匹配可靠,取主峰峰顶所在位置为正确匹配位置;

[0045] 当条件1至条件3中出现任意一项条件不满足时,舍弃本次匹配的结果。

[0046] 本申请还提供一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配系统,用于实施上述基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,包括数据获取模块、相关性分析模块、自适应范围参数计算模块、匹配可靠性分析模块;

[0047] 所述数据获取模块用于获取输入的异源遥感影像对;

[0048] 所述自适应范围参数计算模块用于对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子

的相关性,生成相关面;根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围;计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度;

[0049] 所述匹配可靠性分析模块,用于将相对高度作为基本约束,将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性,当匹配位置的可靠性不满足预设要求时舍弃匹配结果,直至满足预设要求完成匹配。

[0050] 本发明还提供一种计算机存储介质,所述计算机存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法的步骤。

[0051] 本申请公开的一种基于相关峰分析的异源遥感图像匹配方法及系统相比于现有技术,至少具有以下优点:本申请采用计算逐像素特征描述子的相关性,生成相关面,并利用生成的相关面进行相关峰的计算,进而得到匹配位置,相比于现有的直接利用模板计算相关峰位置,确定匹配位置的方法,本申请生成的相关面更可靠,通过设置的约束条件进行相关峰的判断,利用主峰的高度和尖锐度,作为评价场景匹配可靠性,得到的匹配位置更精确。

附图说明

[0052] 图1为本发明的一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法的流程示意图。

[0053] 图2为本发明中原始梯度向量 Gra 示意图。

[0054] 图3为本发明中理想情况下的梯度向量 Dir 示意图。

[0055] 图4为本发明中调整后的梯度向量示意图。

[0056] 图5为本发明中相关峰的自适应范围的示意图。

[0057] 图6为本发明中相关峰底部平面的平均高程示意图。

[0058] 图7为本发明中相关峰的相对高度的示意图。

[0059] 图8为本发明中将相关峰近似为二维高斯曲面的示意图。

[0060] 图9为本发明中相关峰近似二维高斯曲面的相对高度与底部半径的示意图。

具体实施方式

[0061] 以下通过附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

[0062] 如图1所示,本发明一方面实施例提供的一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,包括如下步骤:

[0063] S1、对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;

[0064] S2、根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围;

[0065] S3、计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度;

[0066] S4、将相对高度作为基本约束,将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性,当匹配位置的可靠性不满足预设要求时舍弃匹配结果,直至满足预设要求完成匹配。

[0067] 在S1中,对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子包括如下步骤:

[0068] S101、判断异源遥感影像对的参考图像和目标图像的分辨率是否相同,若不相同,按照相同分辨率进行重采样;即根据输入影像对的分辨率信息,判断两幅影像的分辨率是否一致,一致则进行后续处理,不一致则将两幅影像重采样至相同分辨率。

[0069] S102、采用相位一致性方向直方图作为描述子,分别构建参考图像和目标图像两幅影像的逐像素特征表达。

[0070] 进一步优选的,所述采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;包括采用滑动窗口的方式在参考影像上逐行列地裁剪,得到与输入的目标影像相同大小的影像块;

[0071] 采用互相关作为相似性度量,根据如下公式1逐行列地计算相似性,生成相关面:

$$[0072] \quad \rho(x, y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (f(i, j) - \bar{f})(g(i, j) - \bar{g}) \quad (\text{公式1})$$

[0073] 其中, $f(i, j)$ 为参考影像 f 在 (i, j) 位置的特征值; \bar{f} 为参考影像 f 的影像特征的平均值; $g(i, j)$ 为目标影像 g 在 (i, j) 位置的特征值, \bar{g} 为目标影像 g 的影像特征的平均值。

[0074] 进一步,在S2中,根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围,包括:

[0075] S201、将相关面上局部最大区域定义为相关峰;

[0076] S202、采用Sobel算子计算局部最大值邻域的水平梯度幅值与竖直梯度幅值;

[0077] 为了获得相关峰的自适应范围,一个大小为 21×21 的窗口在整个相关面中逐行列地滑动,当该窗口中心的值为整个邻域内最大值时,这个邻域被认为是一个相关峰的大致范围。通常相关峰的上半部分梯度幅值较大,而下半部分梯度幅值较小,因此可以采局部最大值邻域的梯度变化确定相关峰的范围。采用Sobel算子计算局部最大值邻域的水平与竖直梯度幅值(即 g_x 和 g_y),其梯度方向计算公式如下:

$$[0078] \quad \begin{cases} g_x = 1/8 * \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * A \\ g_y = 1/8 * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * A \end{cases} \quad (\text{公式2})$$

[0079] 其中, A 为某一点的 3×3 邻域, $1/8$ 为Sobel核的梯度输出归一化因子, g_x 和 g_y 分别为输出的水平与竖直梯度。

[0080] S203、根据得到的梯度幅值,按照如下公式3计算梯度方向:

$$[0081] \quad \text{dir}(x, y) = \arctan(g_x, g_y) \quad (\text{公式3})$$

[0082] 理想情况下,梯度方向应该从相关面的最高点指向外围,符合该情况的梯度被定义为是正向的,而指向最高点的梯度被定义为负向。为了在不影响分析性能的情况下降低

时间复杂度,本发明设计了一种简单的方法来将它们约束为没有特定方向的标量。以 Gra 表示原始梯度向量(如图2所示), Dir 表示在理想情况下的梯度方向(如图3所示),则 Gra 和 Dir 之间的角度可以表示为 $\Delta\theta$,再进一步,在S203中,所述计算梯度方向时还包括,根据如下公式确定梯度的正负:

$$[0083] \quad \begin{cases} mag = mag, & \Delta\theta \leq 90^\circ \\ mag = -mag, & others \end{cases} \quad \text{且 } \Delta\theta = Gra - dir \quad (\text{公式4})$$

[0084] 其中: $\Delta\theta$ 表示原始梯度向量 Gra 与计算得到的理想梯度方向 dir 的差值, mag 表示原始梯度向量 Gra 的幅值。

[0085] 调整后的梯度既具有原始梯度的幅值,又具有理想梯度的方向(如图4所示)。由于理想梯度方向严格指向从最高点到外围,调整后的梯度也可以视为一组标量,正值表示从最高点指向外围,负值表示从外围指向中心。

[0086] S204、设置梯度阈值 T_{mag} ,将得到的梯度幅值与设置的梯度阈值进行对比,提取出相关峰范围内所有梯度大于梯度阈值 T_{mag} 的封闭区域,作为相关峰的自适应范围。如图5所示。由于相关峰的顶部可能较为平滑,长度小于10的中心区域被忽略,以避免局部最大值附近的小区域被错误地判断为相关峰的范围。

[0087] 在确定了相关峰的自适应范围后,就可以提取出峰值的边界。为了量化相关峰的特征,本发明设计了两个新的指标,称为峰的相对高度和坡度。如果将相关峰视为一个山峰,则可以将其相关值视为高程。理想情况下,相关峰的边界可以构成一个具有相同高度的圆,但模板和参考图像之间的强度差异使其变得不规则。

[0088] 在S3中,计算相关峰的自适应范围内的相对高度包括:

[0089] 如图6所示计算相关峰底部平面的平均高程 zH ,将相关峰的平均高程与相关峰的顶部高程 H 进行差值计算,得到相关峰的相对高度 d ,如图7所示;

$$[0090] \quad d = H - zH \quad (\text{公式5})$$

[0091] 在S3中,计算相关峰的自适应范围内的坡度包括:

[0092] 将相关峰拟合为二维高斯函数,通过二维高斯函数的参数对相关峰的特征进行描述;

[0093] 将相关峰按照如下公式所示的二维高斯曲面表示:

$$[0094] \quad z = A \exp\left(-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right) \quad (\text{公式6})$$

[0095] 因此,可以将相关峰拟合为二维高斯函数,通过二维高斯函数的参数对相关峰的特征进行描述。其中,二维高斯函数的底部平面的可以被描述为一个椭圆方程:

$$[0096] \quad \frac{(x-x_0)^2}{-2\sigma_x^2 / (\ln zH - \ln H)} + \frac{(y-y_0)^2}{-2\sigma_y^2 / (\ln zH - \ln H)} = 1;$$

[0097] 其中, A 为局部最大值 H 的相关值, (x_0, y_0) 为局部最大值的坐标, (σ_x^2, σ_y^2) 分

别为x方向和y方向上的方差。

[0098] 则椭圆的长半轴a与短半轴b可以表述为：

$$[0099] \begin{cases} a = -\frac{2\sigma_x^2}{\ln zH - \ln H} & b = -\frac{2\sigma_y^2}{\ln zH - \ln H}, & \sigma_x^2 > \sigma_y^2 \\ a = -\frac{2\sigma_y^2}{\ln zH - \ln H} & b = -\frac{2\sigma_x^2}{\ln zH - \ln H}, & \sigma_x^2 \leq \sigma_y^2 \end{cases} \quad (\text{公式7})$$

[0100] 为便于计算,椭圆的平均半径可近似为 $r = \sqrt{ab}$,则相关峰的坡度可以定义为:

$$[0101] \quad \text{Slope} = r / d \quad (\text{公式8})$$

[0102] 在S4中,所述将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性时,包括:

[0103] 设定第一阈值T1、第二阈值T2和第三阈值T3;按照以下验证条件进行可靠性计算:

[0104] 条件1:将相关峰自适应范围的主峰的相对高度H1与第一阈值T1比较;

[0105] 条件2:当H1大于T1时,将其余次高峰与主峰之间的相对高度H2与第二阈值T2进行比较;

[0106] 条件3:当H2大于T2时,将主峰的坡度与第三阈值T3进行比较;当主峰的坡度大于第三阈值T3时,认为本次匹配可靠,取主峰峰顶所在位置为正确匹配位置;

[0107] 当条件1至条件3中出现任意一项条件不满足时,舍弃本次匹配的结果。

[0108] 具体按照以下步骤验证匹配可靠性:

[0109] 步骤D1:取相对高度最大的相关峰为主峰,预设其为正确匹配所在的位置。若主峰的相对高度大于阈值T1,认为其与周边区域具有足够的区分度;计算其余次高峰与主峰之间相对高度的比值,若计算结果大于阈值T2,认为主峰与其余次高峰之间存在足够区分度;判断主峰的坡度与预设阈值T3之间的关系,以保证主峰有足够的尖锐度。

[0110] 步骤D2:若主峰满足以上条件,认为本次匹配较为可靠,取主峰峰顶所在位置为正确匹配位置;若不满足以上条件,认为本次匹配的可靠性较低,舍弃本次匹配的结果。

[0111] 本申请还提供一种基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配系统,用于实施上述基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法,包括数据获取模块、相关性分析模块、自适应范围参数计算模块、匹配可靠性分析模块;

[0112] 所述数据获取模块用于获取输入的异源遥感影像对;

[0113] 所述自适应范围参数计算模块用于对输入的异源遥感影像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子,采用滑动窗口匹配逐行列地计算两个逐像素特征描述子的相关性,生成相关面;根据生成的相关面确定相关峰的自适应范围;计算相关峰的自适应范围内的相对高度与坡度;

[0114] 所述匹配可靠性分析模块,用于将相对高度作为基本约束,将相关峰的主峰的高度与坡度与其他各峰之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性,当匹配位置的可靠性不满足预设要求时舍弃匹配结果,直至满足预设要求完成匹配。

[0115] 本发明还提供一种计算机存储介质,所述计算机存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述的基于相关峰分析的多模态遥感影像匹配方

法的步骤。显然,上述实施例仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

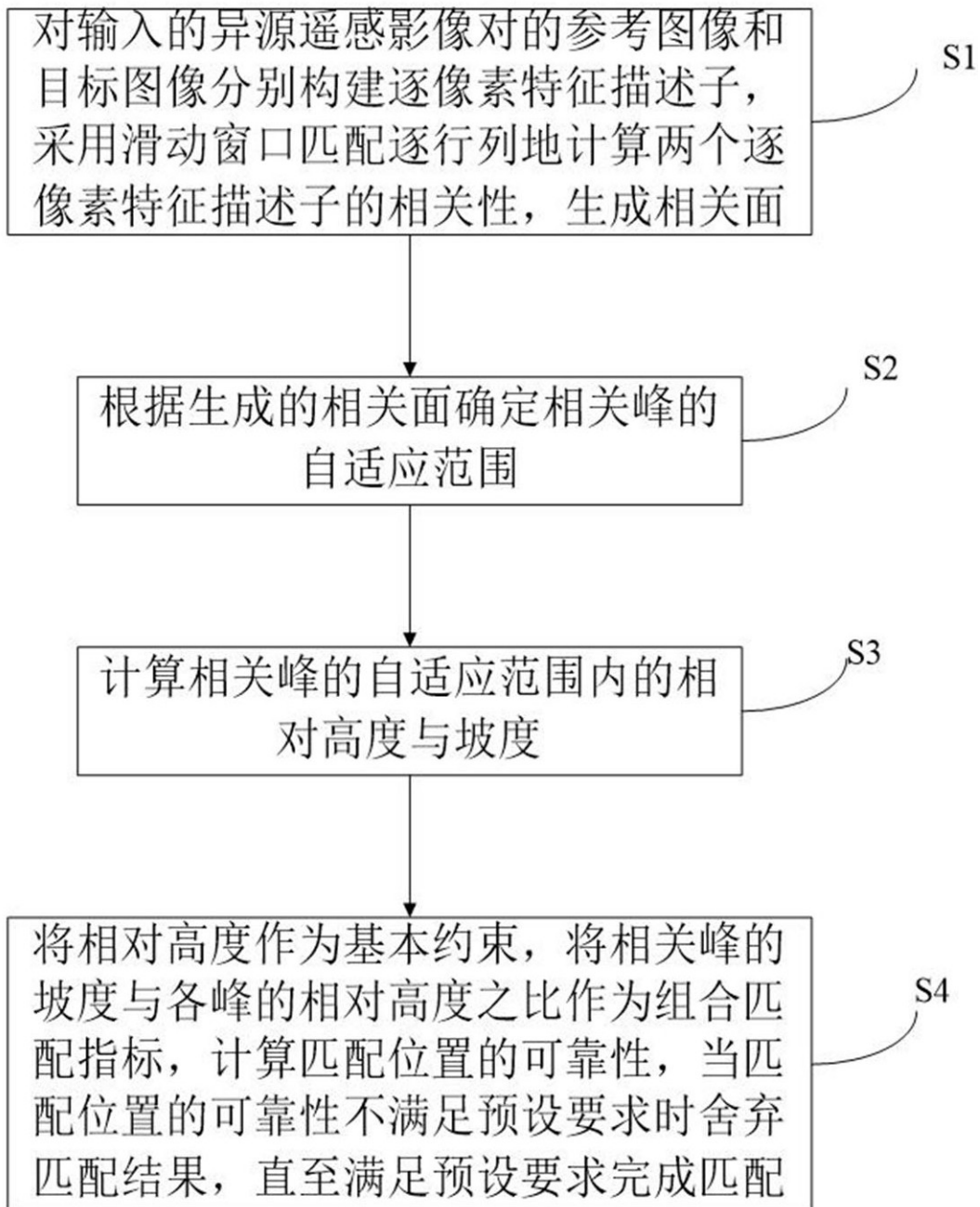


图1

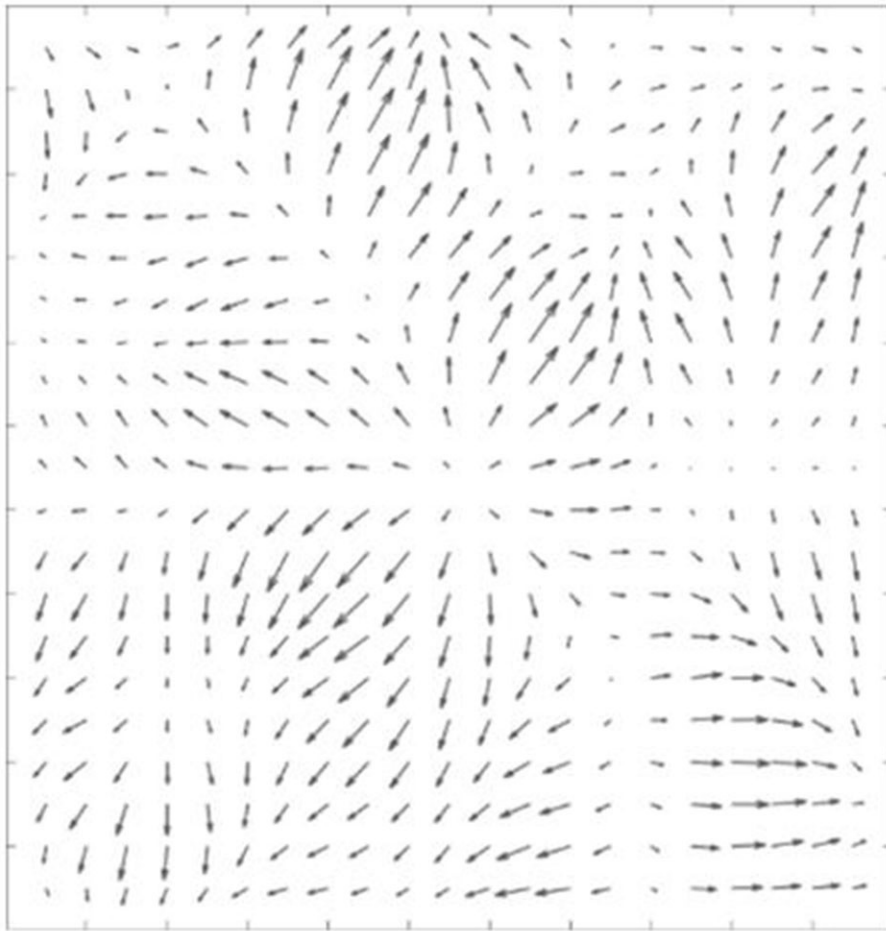


图2

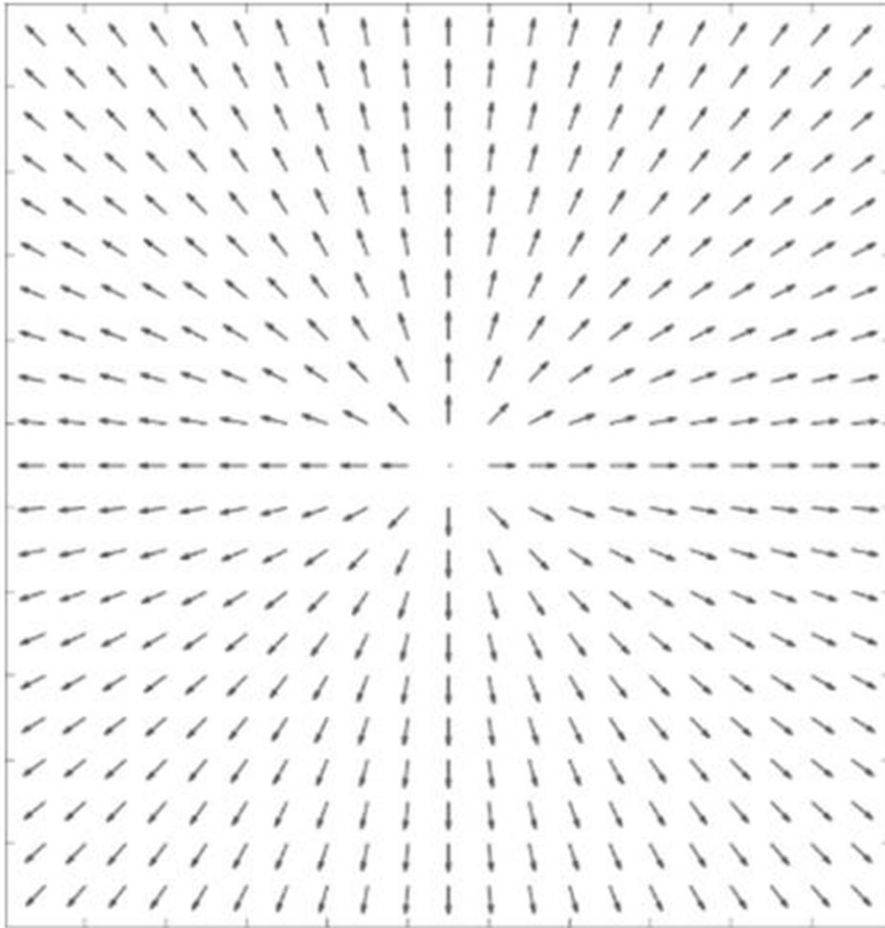


图3

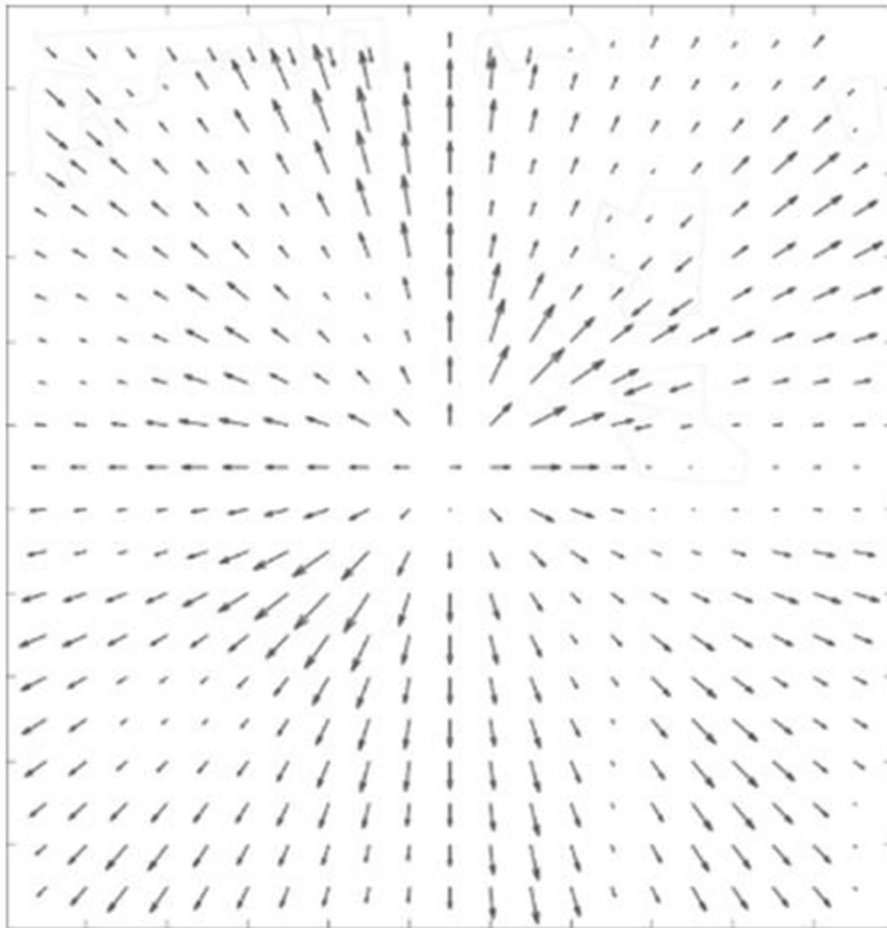


图4

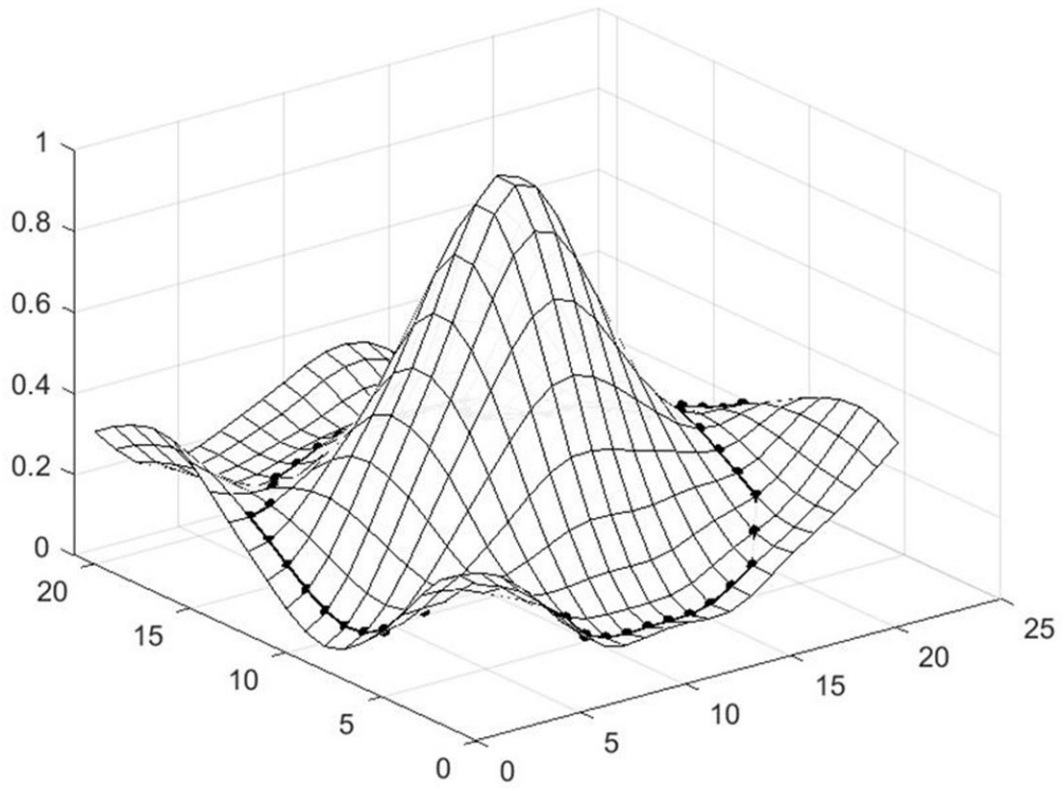


图5

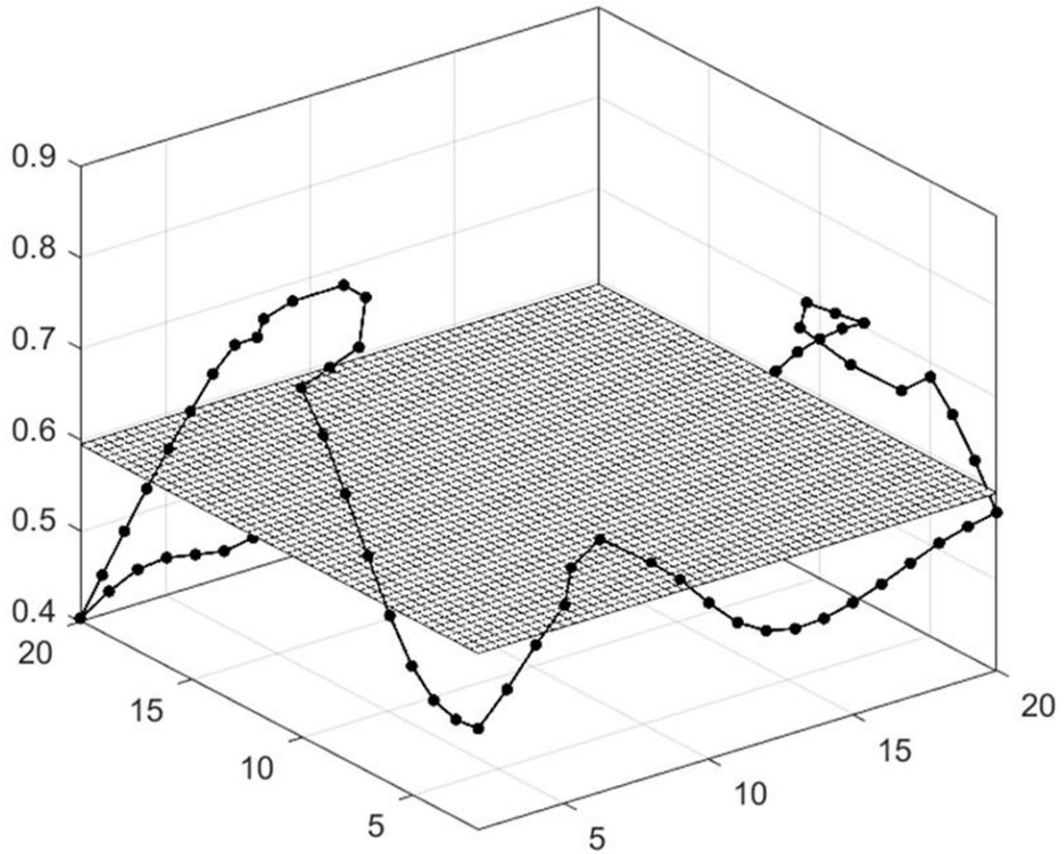


图6

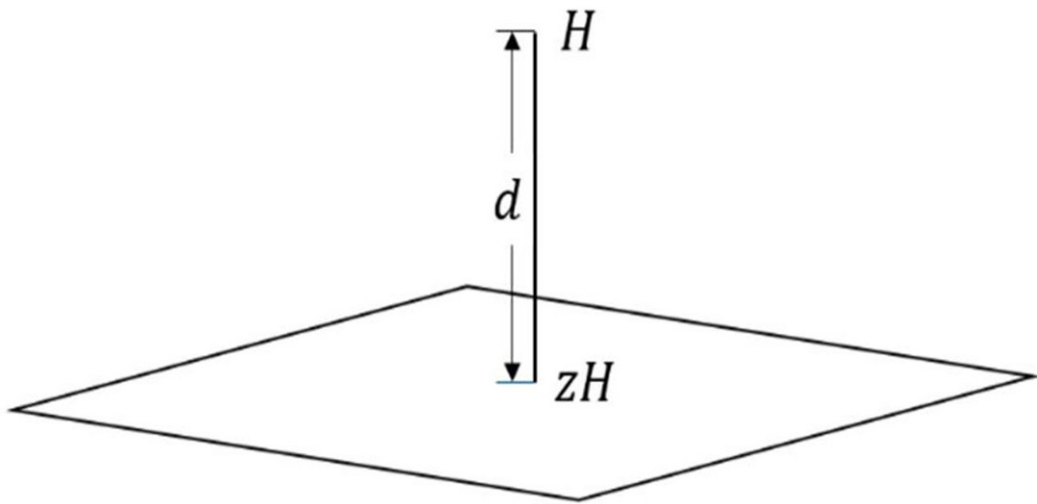


图7

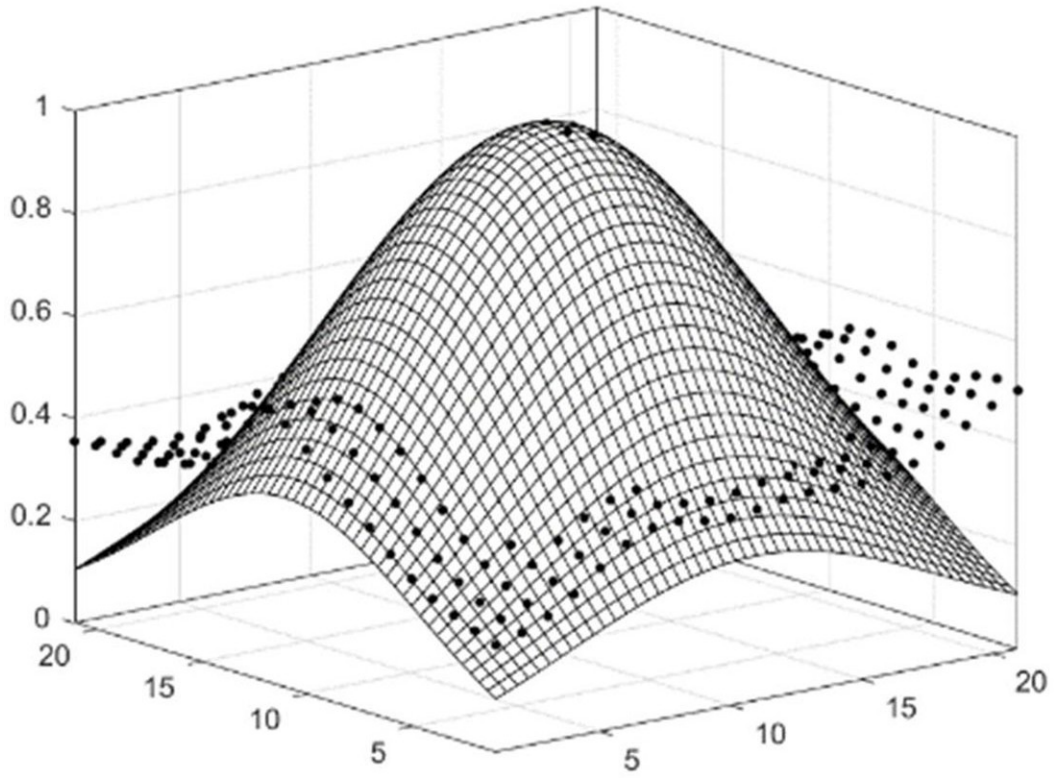


图8

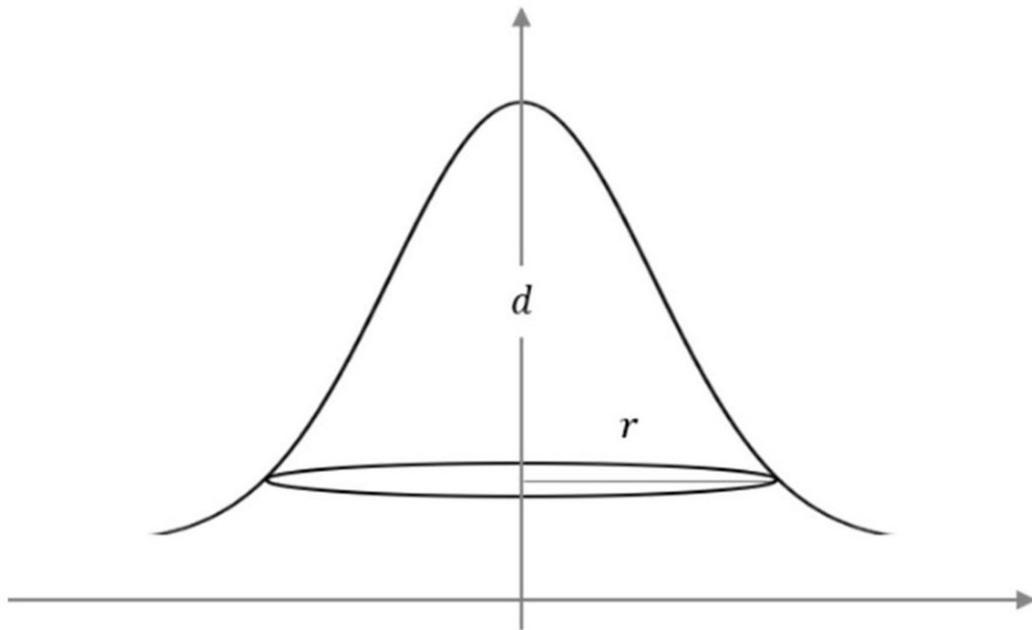


图9