

基于纹理特征的图像自动配准方法研究

赵仕俊¹, 孙林港²

(1. 中国石油大学(华东) 石油仪器仪表研究所, 山东 东营 257061;

2. 中国石油大学(华东) 信息与控制工程学院, 山东 东营 257061)

摘要: 精确的图像配准是超分辨率重建取得成功的前提。为此, 针对大多数图像配准算法存在精度低、抗噪声能力差等缺点, 提出一种基于纹理特征的图像自动配准方法。首先用 Canny 边缘检测算子提取裂缝纹理图像, 然后用 Photoshop 图层工具, 通过对待配准帧关于参考帧作变换, 得到空间几何变换参数, 最后用 Matlab 编程实现待配准帧的缩放、旋转和平移。对配准后的酸蚀岩板裂缝图像, 进行超分辨率重建, 结果证明, 该方法具有抗噪声能力强、配准精度高、易于编程实现等优点, 取得了较好的效果。

关键词: 图像配准; 酸蚀岩板裂缝图像; 图像纹理; 插值重建

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)09-0036-03

Research of image automatic registration method based on textural features

Zhao Shijun¹, Sun Lingang²

(1. Petroleum Instrument Research Institute, China University of Petroleum, Dongying 257061, China;

2. College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract: In order to achieve successful super-resolution image reconstruction, it is critical for image registration to be precise. In view of mostly image registration algorithms are low quality or resisted noise badly and so on. The paper gives an automatic registration method based on textural features. Firstly, extracted the texture image with Canny recognition arithmetic operators. Secondly, got the space transformation parameters via the transformation of the target frame referring to the reference frame with Photoshop layer tool. Eventually, achieved the zoom, rotation and translation of the target image by programming with Matlab. The reconstruction results with the registered images of acid rock plate crevice proved that the method is good anti-noise properties, accurately registration, easily programing.

Key words: image registration; acid rock plate crevice image; image texture; interpolation reconstruction

裂缝型油气藏是 21 世纪石油增储上产的重要领域之一, 但裂缝储层本身的复杂性在一定程度上增加了研究难度^[1]。以往对储层岩石的研究, 大多是凭借个人经验直观地观察钻取岩心样品来获得裂缝信息。但由于岩心样品取出后, 地应力释放, 得到的裂缝信息有误差。为获取更真实的信息, 借助自主开发的储层岩石微观裂缝可视化装置, 模拟地下高压环境, 用工业电子内窥镜采集岩石裂缝图像。但由于受观察孔内光线不足、耐压玻璃及釜体内液体反光和镜头抖动等因素的影响, 往往得到的是多帧低分辨率模糊形变图像。为了获得高分辨率的岩石裂缝图像, 需要对多帧不同角度下顺序拍得的图像进行超分辨率重建, 其中极为关键的一步就是图像配

准。图像配准不仅是重建的前提, 而且决定了重建的准确度^[2]。

目前研究较多的配准算法是基于仿射变换或图像信息熵的方法^[3]。但是由于参考帧与待配准帧的拍摄时间与条件的变化, 以及成像设备的限制, 使得参考帧与待配准帧之间存在着严重的灰度差异, 因而这些配准算法有着计算量大、配准精度低等不足, 不适合实际工程应用中抗噪声和高精度的要求。为此, 本文用边缘检测算子 Canny 提取纹理特征图像, 然后利用 Photoshop 图层工具对待配准帧关于参考帧作变换, 得到空间几何变换参数, 最后通过 Matlab 编程实现待配准图像的缩放、旋转和平移。对配准后的酸蚀岩板裂缝图像进行超分辨

率重建,获得了较好的效果,表明本配准方法是行之有效的。

1 图像配准原理

图像配准是将不同时间、不同传感器(成像设备)或不同条件下(天气、照度、摄像位置和角度等)获取的两幅或多幅图像进行匹配的过程^[4]。从数学和形态学的角度可阐述为两幅或多幅图像纹理特征的映射。假设两幅图像 $f: \Omega_f \subset R \rightarrow Q_f$ 和 $g: \Omega_g \subset R \rightarrow Q_g$, 其中 Ω_f, Ω_g 是图像 f, g 纹理特征的定义域, Q_f, Q_g 是图像 f, g 纹理特征的值域。设 f 为参考帧, g 为待配准帧, 则 f, g 之间的配准就变成了 g 经过空间几何变换和灰度变换与 f 匹配的过程。空间几何变换的目的是实现待配准图像的纹理特征与参考帧相对应纹理特征的完全匹配, 即 $Q_g = Q_f$ 。

如果 S 表示图像的空间几何变换, g' 表示 g 经过变换后的图像, 则:

$$g'(x', y') = S[g(x, y)] \quad (1)$$

式中, $x', y' \in Q_g, x, y \in Q_f, S$ 包括了旋转、缩放和平移变换^[5]。当完全配准后, 有 $g'(x', y') = f(x, y)$, 两幅图像在纹理特征上能达到完全重合。因为应用灰度变换会引入误差, 而且图像的灰度变化主要由拍照时物体反射光的变化造成, 但可以通过调节光源来保证光照强度一致。因此找到最佳空间几何变换是图像配准的关键。

2 边缘检测获取纹理图像

边缘是图像的最基本特征, 它具有勾画出物体轮廓、能被局部定义以及传递大部分图像信息等优点^[6], 通过边缘检测获取含有纹理特征的图像, 进而实现图像匹配, 是一种简单而又高效的方法。常用的边缘检测算子有微分算子、拉普拉斯算子(Laplacian)和 Canny 算子。微分算子(如 Robert 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子)对边缘定位不是很准确, 图像的边缘不止一个像素, 对灰度突变十分敏感; Laplacian 算子对噪声比较敏感, 所以实际应用中很少用该算子检测边缘; Canny 边缘检测方法抗噪声能力强, 它的突出优点是, 使用两种不同的阈值分别检测强边缘和弱边缘, 并且当弱边缘与强边缘相连时, 才会将弱边缘包含在输出图像中, 因此能够检测到真正的边缘。鉴于此, 本文选用了具有很好边缘检测性能的 Canny 算子。

2.1 Canny 边缘检测方法

Canny 算子的实现过程如下:

(1) 首先用高斯滤波器平滑图像以消除噪声。

(2) 利用一阶偏导的有限差分计算图像灰度沿着两个方向的偏导数(G_x, G_y), 并求出梯度的大小:

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2)$$

(3) 利用式(2)的结果计算出梯度的方向 $\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$ 。

(4) 把边缘的梯度方向大致分为水平、竖直、 45° 和 135° 四种。通过梯度的方向, 就可以找到这个像素梯度方向的邻接像素。

(5) 遍历图像, 若某个像素的灰度值与其梯度方向上前后两个像素的灰度值相比不是最大时, 则将该像素置于 0, 即不是边缘。

(6) 使用累计直方图计算两个阈值, 大于高阈值的一定是边缘, 小于低阈值的一定不是边缘, 介于两者之间的, 则判断这个像素的临界像素中有没有超过高阈值的边缘像素, 如果有, 则是边缘; 否则不是边缘^[7]。

2.2 边缘检测的实现

在 Matlab 图像处理工具箱中, 提供了 edge 函数利用 Canny 边缘检测算法来检测灰度图像的边缘。

调用 Canny 算子检测岩板裂缝边缘图像的程序如下:

```
r=imread('E:\image\uvs100413-011.bmp');
g=imread('E:\image\uvs100413-034.bmp'); %读入图像
r=rgb2gray(r); %图像灰度化
g=rgb2gray(g);
R=edge(r,'canny');
G=edge(g,'canny'); %Canny 算子提取图像边缘
R_edge=imwrite('E:\image\R_edge.bmp');
G_edge=imwrite('E:\image\G_edge.bmp'); %保存图像
```

应用 Canny 边缘检测算子检测灰度图像的边缘效果如图 1~4 所示。对比图 1 和图 3 以及图 2 和图 4, 可以看到裂缝的边缘和方向都比较准确, 基本保留了原始图像的纹理特征。



图 1 参考帧图像



图 2 待配准帧图像



图 3 参考帧边缘轮廓图



图 4 待配准帧边缘轮廓图

3 求取空间几何变换参数

为简化计算, 通过 Photoshop 对获取的参考帧和待配准帧相应的边缘轮廓图进行反相、去除冗余信息、增色操作, 得到参考帧和待配准帧仅包含裂缝信息的图像。

图层是 Photoshop 最基本也是最重要的工具, 在 Photoshop 下打开如图 5 和图 6 所示的图像, 选中并复制图 6, 以图 5 为背景新建图层, 默认的新建图层名称为图层 1, 将图 6 粘贴于选中的图层 1 上。把图层 1 的不透明度选项设置为 50%, 则可以看到如图 7 所示的一幅两条裂缝交叉的图像。这时以参考帧裂缝图像为背景(其属性为不可修改), 在编辑栏中先选择自由变换, 记录下初始待配准图像的位置信息, 顺时针旋转待配准图像直至两裂缝平行, 然后根据裂缝纹理特征, 平移待配准图像, 直至两裂缝基本重合。两图像之间若有缩放,

可选择编辑栏中变换-缩放、缩小或放大待配准图像,直至最后得到如图 8 所示的两图像的纹理特征达到最佳重合,记录下变换后待配准图像的位置信息。最终得到的几何变换参数如下:缩放因子 $k=1$,水平方向平移量 $\Delta x=0$,垂直方向平移量 $\Delta y=0.4$,顺时针旋转角度 $\theta=2.9^\circ$ 。

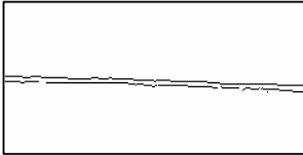


图 5 参考帧裂缝图



图 6 待配准帧裂缝图

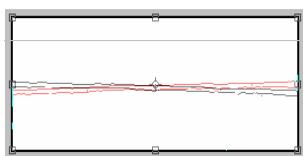


图 7 自由变换前裂缝重叠图

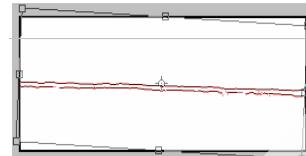


图 8 自由变换后裂缝重叠图

4 图像配准和重建结果分析

4.1 待配准帧空间几何变换的实现

空间几何变换 s 的实现流程图如图 9 所示。

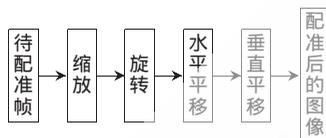


图 9 空间几何变换流程图

用 Matlab 编程实现了待配准帧的空间几何变换,得到配准后的图像如图 10 所示。可以看到配准后的图像与参考帧中的特征信息达到比较准确的匹配。为了与以往的图像配准算法相比较,实现了参考文献[5]中提出的全参数的分层搜索图像配准算法,求得残余运动参数

矩阵为: $R = \begin{bmatrix} a & b & e \\ c & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, 其中 a, d 是缩放参数, b, c 是旋转

参数, e, f 是平移参数, 有 $a=d=0.583$, $b=c=0.774$, $e=72.590$, $f=-21.341$ 。通过编程实现待配准帧的空间几何变换,得到该方法配准后的图像如图 11 所示。



图 10 纹理特征配准的图像



图 11 全参数平移配准的图像

4.2 重建实验结果分析

图像配准的目的是获得超分辨率重建后的高分辨率图像,为此,本文实现了基于插值的超分辨率重建算法,得到用纹理特征配准的重建图像如图 12 所示,用全参数配准的重建图像如图 13 所示。对比图 12 和图 13,可以明显看出,图 13 比图 12 效果好。其原因是:以往大部

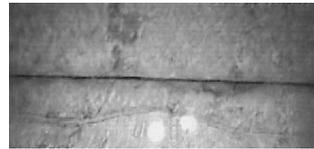


图 12 纹理配准的重建图



图 13 全参数配准的重建图

分的图像配准算法是基于图像灰度信息进行的配准,也就是说,仅适用于当两幅图像像素的空间分布改变,而各处亮度值不变的情况^[8],而且对噪声极其敏感,鲁棒性差,对待配准帧图像要求很苛刻。而本文提出的基于纹理特征的图像自动配准方法,有很强的抗噪声能力和较高的配准精度。

随着图像处理在工程应用中的广泛使用,图像的超分辨率重建技术,因其能在不增加硬件成本的前提下,通过软件提高图像的分辨率而得到人们越来越多的关注,而精确的图像配准是重建成功的先决条件。在实际应用中,特别是工程现场,顺序获取的同一场景图像之间的亮度值不可能完全相同,因此,本文提出的基于纹理特征图像自动配准方法,也更加符合于工程实际的需要。得到的高精度配准图像,也为后续的超分辨率重建研究奠定了坚实的基础。

参考文献

- [1] 周新桂,操成杰,袁嘉音.储层构造裂缝定量预测与油气渗流规律研究现状和进展[J].地球科学进展,2003,18(3):398-402.
- [2] BANNORE V. Iterative-interpolation super-resolution image reconstruction: A Computationally Efficient Technique [D]. Spring, 2009: 77-91.
- [3] ZITOVA B, FLUSSER J. Image registration methods: a survey [J]. Image and Vision Computing, 2003,21:977-1000.
- [4] 惠文华.多传感器遥感图像配准方法研究[J].西北大学学报,2006(8):648-650.
- [5] 罗俊,黄本雄.基于全参数的分层搜索图像配准[J].现代计算机,2005(11):40-43.
- [6] 任文杰.图像边缘检测方法的研究[D].济南:山东大学,2008:9-12.
- [7] 江笑婵,万振凯,陈利.基于 Matlab 边缘提取的几种方法的比较[J].电脑知识与技术,2005(10):138-141.
- [8] BERGEN J R, ANANDAN P. Hierarchical model-based motion estimation [C]. Proceeding of the Second European Conference on Computer Vision, ECCV'92,1992.

(收稿日期:2010-12-14)

作者简介:

赵仕俊,男,1957年生,副教授,博士,主要研究方向:检测技术与自动化装置。

孙林港,男,1984年生,在读研究生,主要研究方向:检测技术与自动化装置。