



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105447882 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201510947298. 1

(22) 申请日 2015. 12. 16

(71) 申请人 上海联影医疗科技有限公司

地址 201807 上海市嘉定区城北路 2258 号

(72) 发明人 黄佑钟 李贵 顾群

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司

44202

代理人 郝传鑫

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

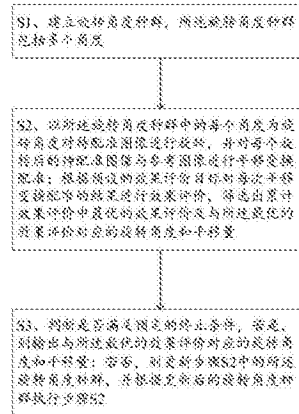
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种图像配准方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种图像配准方法和系统,包括建立旋转角度种群;分别以所述旋转角度种群中的每一个角度对待配准图像进行旋转和平移变换配准;根据预设的效果评价目标对平移变换配准的结果进行效果评价,筛选出最优的效果评价,并依据效果评价目标来迭代更新角度种群,从而获得在效果评价目标下最佳的配准角度和平移量。本发明方法使用遗传算法迭代更新旋转角度,对旋转角度有较强的全局搜索能力,能够减小因初始点的选取而陷入局部最优的几率;且本发明允许设定任意类型的效果评价目标,并且使用该效果评价目标来引导后续的迭代过程,使用不同的效果评价目标,能够获得在该评价目标下最佳的位置配准结果。



1. 一种图像配准方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、建立旋转角度种群,所述旋转角度种群包括多个角度;

S2、以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度对待配准图像进行旋转,并对每个旋转后的待配准图像与参考图像进行平移变换配准;

根据预设的效果评价目标对每次平移变换配准的结果进行效果评价,筛选出累计效果评价中最优的效果评价及与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;

S3、判断是否满足预定的终止条件,若是,则输出与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;若否,则更新步骤S2中的所述旋转角度种群,并根据更新后的旋转角度种群执行步骤S2。

2. 根据权利要求1所述的图像配准方法,其特征在于,所述效果评价目标为Gamma通过率、均方根误差或交叉熵。

3. 根据权利要求1所述的图像配准方法,其特征在于,还包括预处理步骤。

4. 根据权利要求3所述的图像配准方法,其特征在于,所述预处理步骤包括调整待配准图像的分辨率,使待配准图像的分辨率与参考图像的分辨率相同。

5. 根据权利要求3或4所述的图像配准方法,其特征在于,所述预处理步骤包括对待配准图像进行降噪处理。

6. 根据权利要求3所述的图像配准方法,其特征在于,所述预处理步骤包括:自动选取配准区域。

7. 根据权利要求6所述的图像配准方法,其特征在于,所述自动选取配准区域包括:

使待配准图像的图像矩阵与参考图像的图像矩阵的中心点重合,在待配准图像的图像矩阵中绘制一条等值线,绘制能够包络该等值线的矩形,以矩形覆盖的区域作为配准区域。

8. 根据权利要求1所述的图像配准方法,其特征在于,步骤S3中的所述更新步骤S2中的所述旋转角度种群进一步包括:使用遗传算法更新步骤S2中的所述旋转角度种群,其中,所述遗传算法中父代选择的原理是以最近一次执行步骤S2中的效果评价较好的个体作为父代,以所述父代产生的子代角度作为更新后的旋转角度种群。

9. 根据权利要求8所述的图像配准方法,其特征在于,所述遗传算法采用轮盘赌作为父代选择算子。

10. 根据权利要求1所述的图像配准方法,其特征在于,

步骤S3中的所述终止条件至少包含以下一种:更新步骤S2中的所述旋转角度种群的次数达到预设值、总体运行时间达到预设值、旋转角度种群的均方根误差小于预设值、最近一次执行步骤S2后得到的最优的效果评价与累计效果评价中的最优的效果评价的差值小于预设值或符合手动停止条件。

11. 根据权利要求1所述的图像配准方法,其特征在于,步骤S1中的所述旋转角度种群满足高斯分布,且所述旋转角度种群以预设的初始旋转角度为期望值。

12. 一种图像配准系统,其特征在于,包括:

角度种群建立模块,用于建立旋转角度种群,所述旋转角度种群包括多个角度;

平移配准模块,用于以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度对待配准图像进行旋转,并对每个旋转后的待配准图像与参考图像进行平移变换配准;

根据预设的效果评价目标对每次平移变换配准的结果进行效果评价,筛选出累计效果

评价中最优的效果评价及与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量；

判断模块,用于判断是否满足预定的终止条件,若是,则输出与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;若否,则更新平移配准模块中的所述旋转角度种群,并根据更新后的旋转角度种群执行平移配准模块。

13.根据权利要求12所述的图像配准系统,其特征在于,所述效果评价目标为Gamma通过率、均方根误差或交叉熵。

14.根据权利要求12所述的图像配准系统,其特征在于,还包括预处理模块。

## 一种图像配准方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及图像配准领域,尤其涉及一种图像配准方法及系统。

### 背景技术

[0002] 医学图像配准是指对于一幅医学图像寻求一种(或一系列)空间变换,使它与另一幅医学图像上的对应点达到空间上的一致。这种一致是指人体上的同一解剖点在两张匹配图像上有相同的空间位置。配准的结果应使两幅图像上所有的解剖点,或至少是所有具有诊断意义的点及手术感兴趣的点都达到匹配。

[0003] 对于在不同时间或/和不同条件下获取的两幅图像配准,就是寻找一个映射关系 $P$ ,使图像1上的每一个点在图像2上都有唯一的点与之相对应。并且这两点应对应同一解剖位置。映射关系 $P$ 表现为一组连续的空间变换。

[0004] 图像配准按成像的模式分类可以分为:

[0005] 一单模:待配准的两幅图像是用同一种成像设备获取的;

[0006] 一多模:待配准的两幅图像来源于不同的成像设备。

[0007] 图像配准的一般步骤为:特征提取、特征匹配、估计变换模型、图像重采样及变换。变换模型是所有配准技术中需要考虑的一个重要因素,各种配准技术都要建立自己的变换模型,变换模型的选取与图像的变形特性有关。常用的变换模型有刚性变换、仿射变换、投影变换、非线性变换。

[0008] 刚性变换保持了图像中任意两点的距离不变。刚性变换分为旋转变换和平移变换。

[0009] 在刚性配准中,特别是在多模态配准情况下,待配准图像和参考图像之间有较大的差异,常规的配准方法常常陷入局部最优,选取不同的初始点时,将获得多种配准结果,且这些结果之间存在较大差异,配准的成功率具有随机性。

[0010] 对于陷入局部最优的问题,通常采用随机大量尝试初始点的方式来应对,选取评价效果最好的结果作为最优的结果,该方法计算量大,配准时间长。

[0011] 此外,配准的效果多用均方根误差来予以评价,当使用其他的评价目标来评价配准的效果时,常规的配准方法难以获得在该评价目标下的最佳位置配准。因此,需要一种配准方法能够实现在特定的评价目标下的最佳位置配准。

### 发明内容

[0012] 为了解决上述技术问题,本发明提出了一种图像配准方法,该方法使用遗传算法迭代更新旋转角度,对旋转角度有较强的全局搜索能力,能够减小因初始点的选取而陷入局部最优的几率;且该方法允许设定任意类型的效果评价目标,并且使用该评价目标来引导后续的迭代过程,使用不同的效果评价目标,能够获得在该目标下最佳的位置配准结果。

[0013] 本发明的方法包括以下步骤:

[0014] S1、建立旋转角度种群,所述旋转角度种群包括多个角度;

[0015] S2、以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度对待配准图像进行旋转,并对每个旋转后的待配准图像与参考图像进行平移变换配准;

[0016] 根据预设的效果评价目标对每次平移变换配准的结果进行效果评价,筛选出累计效果评价中最优的效果评价及与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;

[0017] S3、判断是否满足预定的终止条件,若是,则输出与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;若否,则更新步骤S2中的所述旋转角度种群,并根据更新后的旋转角度种群执行步骤S2。

[0018] 进一步地,所述效果评价目标为Gamma通过率、均方根误差或交叉熵。

[0019] 进一步地,还包括预处理步骤。所述预处理步骤可以在步骤S1之前,也可以在步骤S1与步骤S2之间。

[0020] 进一步地,所述预处理步骤包括调整待配准图像的分辨率,使待配准图像的分辨率与参考图像的分辨率相同。

[0021] 进一步地,所述预处理步骤包括对待配准图像进行降噪处理。所述降噪处理可以采用高斯滤波的方法。

[0022] 进一步地,所述预处理步骤包括:自动选取配准区域。

[0023] 进一步地,所述自动选取配准区域包括:

[0024] 使待配准图像的图像矩阵与参考图像的图像矩阵的中心点重合,在待配准图像的图像矩阵中绘制一条等值线,绘制能够包络该等值线的矩形,以矩形覆盖的区域作为配准区域。

[0025] 进一步地,步骤S3中的所述更新步骤S2中的所述旋转角度种群进一步包括:使用遗传算法更新步骤S2中的所述旋转角度种群,其中,所述遗传算法中父代选择的原则是以最近一次执行步骤S2中的效果评价较好的个体作为父代,以所述父代产生的子代角度作为更新后的旋转角度种群。

[0026] 进一步地,所述遗传算法采用轮盘赌作为父代选择算子。

[0027] 进一步地,步骤S3中的所述终止条件至少包含以下一种:更新步骤S2中的所述旋转角度种群的次数达到预设值、总体运行时间达到预设值、旋转角度种群的均方根误差小于预设值、最近一次执行步骤S2后得到的最优的效果评价与累计效果评价中的最优的效果评价的差值小于预设值或符合手动停止条件。

[0028] 进一步地,步骤S1中的所述旋转角度种群满足高斯分布,且所述旋转角度种群以预设的初始旋转角度为期望值。

[0029] 相应地,本发明提供了一种图像配准系统,包括:

[0030] 角度种群建立模块,用于建立旋转角度种群,所述旋转角度种群包括多个角度;

[0031] 平移配准模块,用于以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度对待配准图像进行旋转,并对每个旋转后的待配准图像与参考图像进行平移变换配准;

[0032] 根据预设的效果评价目标对每次平移变换配准的结果进行效果评价,筛选出累计效果评价中最优的效果评价及与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;

[0033] 判断模块,用于判断是否满足预定的终止条件,若是,则输出与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量;若否,则更新平移配准模块中的所述旋转角度种群,并根据更新后的旋转角度种群执行平移配准模块。

- [0034] 进一步地,所述效果评价目标为Gamma通过率、均方根误差或交叉熵。
- [0035] 进一步地,还包括预处理模块。所述预处理模块用于调整待配准图像的分辨率,使待配准图像的分辨率与参考图像的分辨率相同。
- [0036] 所述预处理模块还用于对待配准图像进行降噪处理。
- [0037] 所述预处理模块进一步用于自动选取配准区域。
- [0038] 进一步地,所述自动选取配准区域包括:
- [0039] 使待配准图像的图像矩阵与参考图像的图像矩阵的中心点重合,在待配准图像的图像矩阵中绘制一条等值线,绘制能够包络该等值线的矩形,以矩形覆盖的区域作为配准区域。
- [0040] 进一步地,判断模块中的所述更新平移配准模块中的所述旋转角度种群进一步包括:使用遗传算法更新平移配准模块中的所述旋转角度种群,其中,所述遗传算法中父代选择的原则是以最近一次执行平移配准模块中的效果评价较好的个体作为父代,以所述父代产生的子代角度作为更新后的旋转角度种群。
- [0041] 进一步地,所述遗传算法采用轮盘赌作为父代选择算子。
- [0042] 进一步地,判断模块中的所述终止条件至少包含以下一种:更新平移配准模块中的所述旋转角度种群的次数达到预设值、总体运行时间达到预设值、旋转角度种群的均方根误差小于预设值、最近一次执行平移配准模块后得到的最优的效果评价与累计效果评价中的最优的效果评价的差值小于预设值或符合手动停止条件。
- [0043] 进一步地,角度种群建立模块中的所述旋转角度种群满足高斯分布,且所述旋转角度种群以预设的初始旋转角度为期望值。
- [0044] 本发明将图像配准分为旋转变换和平移变换两个循环,旋转变换作为主循环,平移变换为子循环,子循环中包含对配准效果的评价,相对于现有技术具有如下有益效果:
- [0045] 1.本发明的配准方法适用于刚性配准,使用角度种群的概念,以初始的旋转角度为期望建立满足高斯分布的初始的旋转角度种群,并且依据配准效果评价目标来迭代更新角度种群,引导后续的迭代过程,从而获得在配准效果评价目标下最佳的配准角度和平移量。本发明通过迭代更新旋转角度实现对旋转角度较强的全局搜索能力,能够减小因初始点的选取而陷入局部最优的几率。
- [0046] 2.本发明允许设定任意类型的效果评价目标,使用不同的效果评价目标,能够获得在该目标下最佳的位置配准结果。本发明的方法适用于单模态配准和多模态配准,对于图像来源不同的多模态图像的配准,更能体现优势。
- [0047] 3.本发明对待配准图像进行预处理,通过降噪、配准区域自动选取来提升配准的速度和准确度。

## 附图说明

[0048] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案和优点,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它附图。

[0049] 图1是本发明的方法实现的流程图;

- [0050] 图2是本发明实施例提供的图像配准方法的程序流程图；
- [0051] 图3是本发明实施例提供的方法中配准区域选取的示意图。
- [0052] 图4是本发明实施例提供的Gamma分析示意图。

### 具体实施方式

[0053] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0054] 实施例:

[0055] 请参见图1、图2,本实施例中,待配准图像对应的图像矩阵为矩阵A,参考图像对应的图像矩阵为矩阵B,这里的矩阵A可以是实际测量得到的放射量矩阵,矩阵B可以是相应的计算出的放射量矩阵。本发明采用刚性配准的方法对待配准图像与参考图像进行配准。

[0056] 为了提升配准的效果,在对待配准图像与参考图像进行配准之前,可以先进行预处理。当然,也可以不进行预处理。

[0057] 预处理步骤可以包含多种操作,也可以只包含一种操作,在本实施例中,预处理步骤包括:调整待配准图像的分辨率,使得待配准图像的分辨率与参考图像的分辨率相同。

[0058] 如果矩阵A与矩阵B的分辨率不同,则可以对矩阵A的分辨率进行调整,例如,对矩阵A进行插值,使得矩阵A与矩阵B具有相同的分辨率,插值方法包括最近邻域法,双线性插值法,立方卷积插值法或其它插值方法;如果矩阵A与矩阵B的分辨率本来就相同,则不需要对矩阵A的分辨率进行调整。

[0059] 为了提高配准精度,预处理步骤也可以包括对矩阵A进行降噪处理,例如可以使用高斯滤波削弱矩阵A中的噪声。

[0060] 为避免无关区域的干扰,预处理步骤也可以包括:自动选取配准区域,所述自动选取配准区域包括:

[0061] 使得待配准图像的图像矩阵与参考图像的图像矩阵的中心点重合,在待配准图像的图像矩阵中绘制一条等值线,绘制能够包络该等值线的矩形,以矩形覆盖的区域作为配准区域。

[0062] 配准区域的自动选取方法如下:如图3所示,使矩阵A与矩阵B的中心点重合,这里的中心点指矩阵的几何中心;

[0063] 在待配准图像的图像矩阵中绘制一条等值线,并绘制能够包络该等值线的矩形,以矩形覆盖的区域作为配准区域。

[0064] 在实际操作时,绘制等值线时优选为在矩阵B中绘制值为矩阵B中最大值的10%的等值线,如果矩阵B是计算出的放射量矩阵,则矩阵B中最大值为矩阵B中的最大放射量值;

[0065] 绘制能够包络该等值线的矩形时,优选绘制能够包络该等值线的面积最小的矩形,并将该矩形外扩一定比例,使外扩的矩形边长增加一定比例,比如30%,当然,该比例也可以是其他数值,比如40%或50%或其它。绘制好外扩的矩形后,以该矩形所包含的区域作为配准区域。

[0066] 预处理步骤后,对矩阵A和矩阵B进行配准,本实施例中以刚性配准为例进行说明,

刚性配准包括旋转变换和平移变换,配准过程包括以下步骤:

[0067] 步骤S1,建立旋转角度种群,所述旋转角度种群包括多个角度。

[0068] 当然,步骤S1可以在预处理步骤之前。

[0069] 为了提高配准速度,预设一个初始的旋转角度,初始的旋转角度的选取可以是人工设定的旋转角度,例如通过比较矩阵A与矩阵B根据经验初步判断得到的旋转角度。以预设的初始的旋转角度为期望建立满足高斯分布的旋转角度种群。当然,旋转角度种群中的多个角度也可以是以任意方式分布的多个角度。

[0070] 步骤S2、以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度对待配准图像进行旋转,并对每个旋转后的待配准图像与参考图像进行平移变换配准;根据预设的效果评价目标对每次平移变换配准的结果进行效果评价,筛选出累计效果评价中最优的效果评价及与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量。

[0071] 步骤S2对应图2中的平移变换子循环,平移变换子循环执行过程如下:

[0072] 第一步、角度旋转:首先以所述旋转角度种群中的一个角度对待配准图像进行角度旋转;在本实施例中,是指根据所述角度对矩阵A执行旋转变换;

[0073] 第二步、平移变换配准:角度旋转后,对待配准图像和参考图像进行平移变换配准;

[0074] 以模板匹配法为例,对矩阵A与矩阵B进行平移变换配准的过程如下:

[0075] 首先在矩阵B中随机选取一个 $M \times N$ 大小的区域,称为模板。然后将矩阵A作为目标区域,在其中使用 $M \times N$ 大小的窗口自上而下、自左向右依照像素点大小为步距进行遍历移动,每移动一步,就根据模板比较函数将移动到的窗口与在参考图像中选取出的模板进行比较,得到误差值。常用的模板比较函数有平均绝对误差(MAD)、均方误差(MSE)、最大匹配像素数量(MPC)等。当窗口在目标区域中移动时,如果遇到了比前面的误差更小的误差值,则更新当前最小误差。搜索完整幅图像,得到误差最小的位置,那么这个位置就是通过遍历搜索得到的最佳匹配。该位置对应的平移量就是平移变换配准步骤需要输出的结果。

[0076] 第三步、配准效果评价:平移变换配准后,根据预设的效果评价目标对配准进行效果评价;

[0077] 效果评价目标可以是Gamma通过率,也可以是均方根误差或交叉熵,或者其他类型的效果评价目标,本发明的方法适用于任何类型的效果评价目标。

[0078] 本实施例中,选取Gamma通过率为效果评价目标,平移变换配准后,计算参考图像相对于待配准图像的Gamma通过率,并保存与Gamma通过率对应的选择角度和平移量。

[0079] Gamma通过率是一种常用的放射量计算评价分析指标,其用于评价计算得到的放射量与实际测量得到的放射量之间的差异,下面对Gamma通过率进行简要说明:Daniel A. Low于1998年提出了 $\gamma$ 值评估方法(Gamma分析),该方法将放射量偏差分析和位置偏差分析结合了起来。

[0080] 如图4所示,该方法以参考数据测量点 $\vec{r}_m$ 作为坐标系中心,以x轴和y轴表示空间位置,以 $\delta$ 轴表示放射量偏差,建立笛卡尔坐标系。 $\Delta D_M$ 表示容许的放射量偏差, $\Delta d_M$ 表示容许距离偏差(DTA,distance-to-agreement),临床上通常选取 $\Delta D_M=3\%$ 和 $\Delta d_M=3\text{mm}$ 的标准。 $\vec{r}_c$ 表示计算点的位置, $\vec{r}_m - \vec{r}_c$ 表示测量点和计算点的空间距离。 $D_m(\vec{r}_m)$ 表示测量点的放射



量,  $D_c(\vec{r}_c)$  表示计算点的放射量。

[0081] 该方法引入了一个“接受椭球”的标准, 每个测量点  $\vec{r}_m$  对应一个“接受椭球”, 椭球主轴分别为容许位置偏差  $\Delta d_M$  和容许放射量偏差  $\Delta D_M$ , 该椭球的表面可以描述为:

$$[0082] \quad 1 = \sqrt{\frac{r^2(\vec{r}_m, \vec{r}_c)}{\Delta d_M^2} + \frac{\delta^2(\vec{r}_m, \vec{r}_c)}{\Delta D_M^2}}$$

[0083] 其中,  $r(\vec{r}_m, \vec{r}_c) = \vec{r}_m - \vec{r}_c$ ,  $\delta(\vec{r}_m, \vec{r}_c) = D_c(\vec{r}_c) - D_m(\vec{r}_m)$ 。

[0084] 如果任意计算点的放射量  $D_c(\vec{r}_c)$  在上述椭球描述的范围, 则测量点  $\vec{r}_m$  的计算值通过。

[0085] 由上可推出, 测量点  $\vec{r}_m$  的  $\gamma$  值由下式计算:

$$[0086] \quad \gamma(\vec{r}_m) = \min\{\Gamma(\vec{r}_m, \vec{r}_c)\} \forall \{\vec{r}_c\}$$

$$[0087] \quad \text{其中, } \Gamma(\vec{r}_m, \vec{r}_c) = \sqrt{\frac{r^2(\vec{r}_m, \vec{r}_c)}{\Delta d_M^2} + \frac{\delta^2(\vec{r}_m, \vec{r}_c)}{\Delta D_M^2}}$$

[0088] 对于任意测量点, 若  $\gamma \leq 1$ , 则该测量点可被接受; 若  $\gamma > 1$ , 则该测量点不能被接受。

[0089] Gamma通过率为可被接受的测量点占有所有测量点的百分比。

[0090] 在Gamma通过率的实际计算中, 由于客观原因, 无法获得测量得到的放射量矩阵  $D_m$  和计算得到的放射量矩阵  $D_c$  之间的相对位置关系, 因而需要使用配准算法来确定两个矩阵之间的相对位置。而且, 配准的结果可以使用Gamma通过率来评估, 使得Gamma通过率最高的配准是在Gamma通过率计算中最优的配准, 即Gamma通过率越高, 两矩阵配准的效果越好。

[0091] 第四步、结果保存与刷新; 以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度执行第一步到第三步的操作, 保存每次平移变换配准后的Gamma通过率和对应的旋转角度和平移量, 并筛选出Gamma通过率的极大值及与Gamma通过率的极大值对应的旋转角度和平移量, 例如按照Gamma通过率从高到低的顺序进行保存, 每个角度配准之后都对排序进行刷新, 当遍历旋转角度种群中所有角度之后, 一个平移变换子循环执行完毕。

[0092] 步骤S3、判断是否满足预定的终止条件, 若是, 则输出与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量, 也可以输出最优的效果评价; 若否, 则更新步骤S2中的所述旋转角度种群, 并根据更新后的旋转角度种群执行步骤S2。步骤S3也对应图2中的旋转变换主循环。

[0093] 步骤S3中的所述终止条件至少包括以下一种:

[0094] 1. 更新步骤S2中的所述旋转角度种群的次数达到预设值; 也就是图2中旋转变换主循环的执行次数或迭代次数;

[0095] 2. 总体运行时间达到预设值, 即图2的流程图中从开始的累计运行时间达到预设值;

[0096] 3. 旋转角度种群的均方根误差小于预设值, 如果旋转角度种群有更新, 则计算最近一次更新后的旋转角度种群的均方根误差;

[0097] 4. 最近一次执行步骤S2后得到的最优的效果评价与累计得到的最优的效果评价的差值小于预设值; 如果只执行一次步骤S2, 则默认前一次执行步骤S2后得到的最优的效果评价为0; 本实施例中, 该项终止条件为最近一次执行步骤S2后得到的Gamma通过率最大

值与保存在系统中的先前计算的Gamma通过率最大值的差值小于预设值；也可以说，是每次迭代后，Gamma通过率最大值的增加量小于设定值；

[0098] 5.符合手动停止条件，手动停止条件例如可以是手动停止标志位为真。

[0099] 上述多个终止条件，只要满足其中一个即可判定满足终止条件。

[0100] 当然终止条件不限于此，本领域的技术人员可以根据实际情况进行设定，均在本发明的保护范围之内。

[0101] 一个平移变换子循环执行完毕后，判断是否满足终止条件，若满足终止条件，则输出与Gamma通过率的最大值对应的旋转角度和平移量；若不满足终止条件，则更新旋转角度种群，并根据更新后的旋转角度种群执行步骤S2。以一个新的旋转角度种群执行步骤S2称为一次迭代，保存每次平移变换配准后的Gamma通过率和对应的旋转角度和平移量；按照Gamma通过率从高到低的顺序进行保存，每个角度配准之后都对排序进行刷新，这里的排序和刷新的内容包含最近一次和先前执行步骤S2时的所有角度对应的配准结果；筛选出Gamma通过率的最大值及与Gamma通过率的最大值对应的旋转角度和平移量。

[0102] 更新旋转角度种群的方法有多种，包括遗传算法、粒子群算法，蚁群算法等。

[0103] 本实施例中，为了更快地获取全局最优解，使用遗传算法更新步骤S2中的所述旋转角度种群，其中，所述遗传算法中父代选择的原则是以最近一次执行步骤S2中的效果评价较好的个体（例如，Gamma通过率高的个体）作为父代，以所述新的子代角度作为更新后的旋转角度种群；产生的子代的角度个数和初始角度种群中角度个数相同。所述遗传算法使用的交叉公式为 $c = \delta p_1 + (1 - \delta) p_2$ ，其中， $p_1, p_2$ 为父代角度， $c$ 为新的子代角度， $\delta$ 为0至1之间的随机数；遗传算法中，优选轮盘赌方法选取父代，选取Gamma通过率高的个体作为父代的几率较大。

[0104] 本实施例中，将Gamma通过率最高的配准结果（平移量与旋转角度）作为最终的结果输出，配准完毕。

[0105] 相应地，本发明提供了一种图像配准系统，包括：

[0106] 角度种群建立模块，用于建立旋转角度种群，所述旋转角度种群包括多个角度；

[0107] 平移配准模块，用于以所述旋转角度种群中的每个角度为旋转角度对待配准图像进行旋转，并对每个旋转后的待配准图像与参考图像进行平移变换配准；

[0108] 根据预设的效果评价目标对每次平移变换配准的结果进行效果评价，筛选出累计效果评价中最优的效果评价及与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量；

[0109] 判断模块，用于判断是否满足预定的终止条件，若是，则输出与所述最优的效果评价对应的旋转角度和平移量；若否，则更新平移配准模块中的所述旋转角度种群，并根据更新后的旋转角度种群执行平移配准模块。

[0110] 所述效果评价目标为Gamma通过率、均方根误差或交叉熵。

[0111] 本发明的图像配准方法，首先建立旋转角度种群；其次分别以所述旋转角度种群对待配准图像进行旋转和平移变换配准；根据预设的效果评价目标对每次配准进行效果评价，筛选出最优的效果评价，最后依据配准效果评价目标来迭代更新角度种群，引导后续的迭代过程，从而获得在配准效果评价目标下最佳的配准角度和平移量。本发明方法使用遗传算法迭代更新旋转角度，对旋转角度有较强的全局搜索能力，能够减小因初始点的选取而陷入局部最优的几率；且本发明允许设定任意类型的效果评价目标，并且使用该效果评

价目标来引导后续的迭代过程,使用不同的效果评价目标,能够获得在该目标下最佳的位置配准结果。

[0112] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

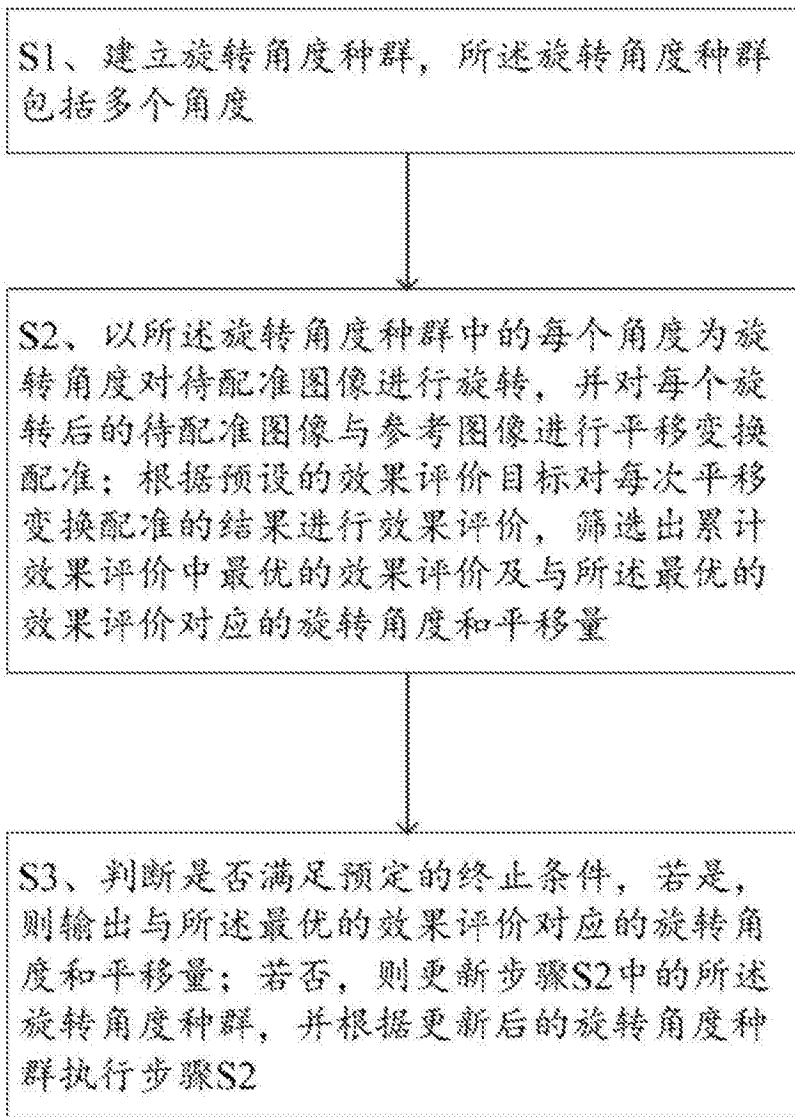


图1

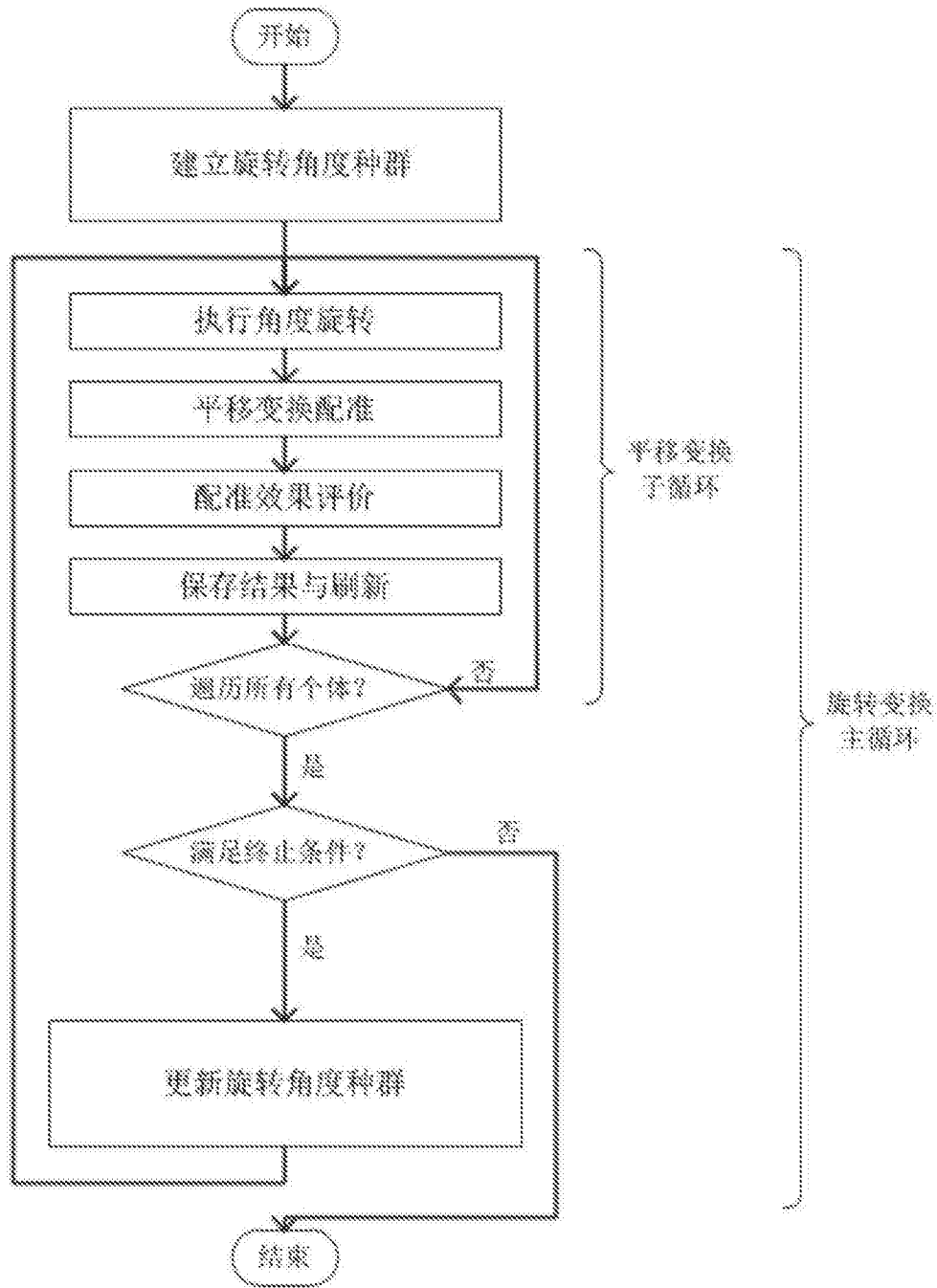


图2

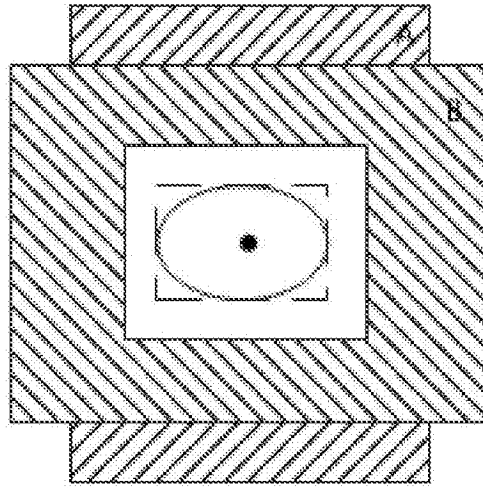


图3

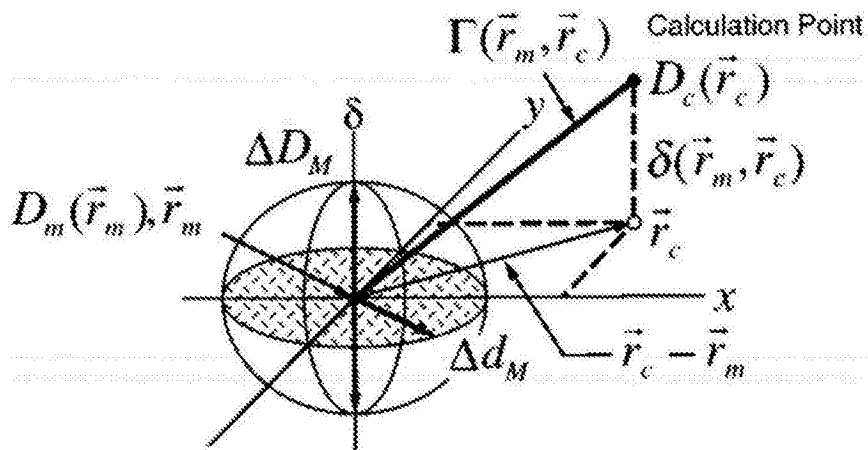


图4