



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111551955 A

(43)申请公布日 2020.08.18

(21)申请号 202010575766.8

(22)申请日 2020.06.22

(71)申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72)发明人 曹杰 郝群 周栋 张开宇 崔焕

(74)专利代理机构 北京正阳理工知识产权代理有限公司(普通合伙) 11639

代理人 郭晓楠

(51)Int.Cl.

G01S 17/89(2020.01)

G01S 7/481(2006.01)

G01S 7/48(2006.01)

G06T 3/40(2006.01)

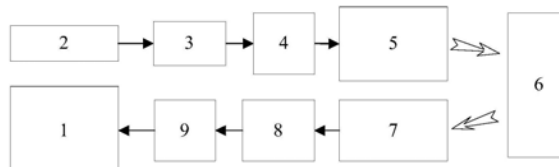
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种仿生分块鬼成像方法及系统

(57)摘要

本发明公开的一种仿生分块鬼成像方法及系统,属于光电成像技术领域。本发明的系统包括光源、准直光学系统、分光器、空间光调制器、接收光学系统、面阵探测器。本发明实现方法为:初始化用于产生仿生散斑的参数和鬼成像采样的参数;通过仿生散斑采样获得更高的成像质量;通过对仿生散斑分块,采用更低分辨率的仿生散斑能够降低鬼成像的采样次数;采用分块仿生散斑对目标采样,得到每个分块的测量值;根据分块仿生散斑和测量值,进行图像重构;对重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。本发明将仿生散斑与分块鬼成像结合,相比传统鬼成像系统,在成像质量相同的情况下有效提高鬼成像效率。



1. 一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:包括如下步骤,

步骤一、初始化用于产生仿生散斑的参数和鬼成像采样的参数;

步骤二、根据步骤一设定的仿生散斑参数生成一组仿生散斑,通过仿生散斑采样获得更高的成像质量;

步骤三、通过对仿生散斑分块,采用更低分辨率的散斑能够降低鬼成像的采样次数;

步骤四、采用步骤三的分块仿生散斑对目标采样,得到每个分块的测量值;

步骤五、根据步骤三的分块仿生散斑和步骤四的测量值,进行图像重构;

步骤六、对步骤五的重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。

2. 如权利要求1所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:步骤一实现方法为,

步骤1.1:初始化产生仿生散斑的参数;

设置图像分辨率 $X \times X$ 、分块数 N 、仿生散斑离散角度最大值 Q 、仿生散斑离散环数最大值 K 、以及仿生散斑内环半径 r_0 ;所述的分块数 N 为平方数;

步骤1.2:初始化鬼成像采样参数;

设置采样比为 a ,采样次数为 $A = X \times X \times a / N$, A 四舍五入取整。

3. 如权利要求2所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:步骤二实现方法为,

根据步骤一设定的仿生散斑参数,生成 A 张仿生散斑 P ,仿生散斑计算公式如式(1)所示;

$$\begin{cases} r_{k+1} = r_1 \cdot \varepsilon^k \\ \varepsilon = \frac{1 + \sin(\pi / Q)}{1 - \sin(\pi / Q)} \\ r_1 = \frac{r_0}{1 - \sin(\pi / Q)} \\ \theta_q = q \cdot \frac{2\pi}{Q} (q = 1, 2, 3 \dots Q) \\ \log_{\varepsilon}(r_k) = \log_{\varepsilon}(r_1) + k - 1 (k = 1, 2, 3 \dots K) \end{cases} \quad (1)$$

其中: r_k 代表散斑第 k 环的半径, $(1 + \sin(\pi / Q)) / (1 - \sin(\pi / Q))$ 代表增大系数 ε , θ_q 是 q 扇区的度数;仿生散斑 P 是分辨率为 $X \times X$ 的图像。

4. 如权利要求3所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:步骤三实现方法为,

对仿生散斑 P 进行 N 等分,得到 $p_1, p_2, \dots, p_N$,每个 p_i 为 $(X / \sqrt{N}) \times (X / \sqrt{N})$ 的矩阵;此处采用先行后列或者先列后行的方式对其进行拆分并编号,其中 p_1 为1号散斑, p_N 为 N 号散斑;

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & \cdots & p_{\sqrt{N}} \\ \vdots & & \vdots \\ p_{N-\sqrt{N}+1} & \cdots & p_N \end{bmatrix} \quad (2)$$

在拆分完 A 个仿生散斑后, $p_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iA}\} (i = 1, 2, \dots, N)$ 。

5. 如权利要求4所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:步骤四实现方法为,

将仿生散斑投射到待成像目标 O 进行采样,目标 O 与仿生散斑采取同样的方式区分为 o_1 、

$O_2, \dots, O_N$;

光源投射在待成像目标 O 上,探测器根据式(3)得到测量值 $y_1, y_2, \dots, y_N$, y_i 是编号为 i 所对应分块采样 A 次的测量值, $y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iA}\}$ ($i=1, 2, \dots, N$);

$$y_i = \iint p_i(x, y) \times o_i(x, y) dx dy, (i=1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

6.如权利要求5所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:步骤五实现方法为,

p_i 与 y_i 为编号为 i 的散斑与其对应编号的测量值,采用重构算法对其进行计算得到重构图像 o_i' ,计算公式如式(4)所示, o_i' 是分辨率为 $(X/\sqrt{N}) \times (X/\sqrt{N})$ 图像;

$$o_i'(x, y) = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^A y_{ij} p_{ij}, (i=1, 2, \dots, N) \quad (4)$$

7.如权利要求6所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:步骤六实现方法为,

按照步骤三中选用拆分散斑的方式,将 o_i' 进行图像拼接得到整幅重构图像 O' , O' 是分辨率为 $X \times X$ 的图像;所述拆分散斑的方式为先行后列或先列后行;

$$O' = \begin{bmatrix} o_1' & \dots & o_{\sqrt{N}}' \\ \vdots & & \vdots \\ o_{N-\sqrt{N}+1}' & \dots & o_N' \end{bmatrix} \quad (5)$$

8.一种仿生分块鬼成像系统,用于实现如权利要求1、2、3、4、5或6所述的一种仿生分块鬼成像方法,其特征在于:包括光源(2)、准直光学系统(3)、分光器、空间光调制器(5)、接收光学系统(7)、面阵探测器(8);

光源(2)、准直光学系统(3)、分光器、空间光调制器(5)按顺序依次位于同一光路上;光源(2)、准直光学系统(3)和分光器用于产生照射到空间光调制器(5)的面阵光;光源(2)、准直光学系统(3)、分光器和空间光调制器(5)用于产生携带已知光场分布信息的散斑投射到待成像的目标(6)上;接收光学系统(7)和面阵探测器(8)完成目标(6)反射光总光强的采集;相关运算器将仿生散斑信息和面阵探测器(8)采集的信息进行重构运算以及分块图像拼接运算。

9.如权利要求5所述的一种仿生分块鬼成像系统,其特征在于:光源(2)发出一束光,经过准直光学系统(3)和分光器分束后照射至空间光调制器(5)表面,空间光调制器(5)根据步骤二计算生成的仿生散斑反射光束至目标(6),目标(6)反射光束根据步骤四通过接收光学系统(7)到面阵探测器(8),目标(6)反射光的总光强被面阵探测器(8)接收;在重复多次测量后,根据步骤五对仿生散斑信息和面阵探测器(8)采集的光强信息进行互相关运算后即得到目标(6)分块的重构图像,按照步骤六对步骤五重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。

一种仿生分块鬼成像方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种仿生分块鬼成像方法及系统,属于光电成像技术领域。

背景技术

[0002] 相比于传统光学成像体制,鬼成像最大的不同在于通过关联光源光场强度分布信息和经目标调制后其总光强信息来进行图像重构。目前鬼成像技术具有结构简单、抗干扰能力强、成像分辨率超越衍射极限等优点,已经在二维和三维成像、遥感、显微成像等领域得到了广泛的应用。鬼成像要实现高质量成像的成像效率并不高,虽然降低采样次数能够提升成像效率,但成像质量也会随之降低。因此兼顾成像效率和成像质量仍然是一个难题。

[0003] 传统鬼成像系统采用的是单点探测器或桶探测器,每次投影散斑仅对应一个测量值,数据传输的带宽并没有得到充分占用,很大程度地限制了成像系统的实时性。采用分块并行传输的方案,可以在相同的时间内得到更多的数据信息,从而提升成像系统的成像效率。另外随着仿生技术的发展,基于中央高分辨、边缘低分辨的仿生投影散斑应用于鬼成像能够提升成像质量。鉴于此,利用这两者的特点,提出仿生分块鬼成像方法并设计成像系统,为高成像质量、高分辨的实时鬼成像提供一种全新的技术途径。

发明内容

[0004] 为了解决现有鬼成像方法中成像效率和成像质量难以兼顾的问题,本发明的目的是提供了一种仿生分块鬼成像方法及系统,能够兼顾成像效率和成像质量。

[0005] 本发明的目的是通过下述技术方案实现的。

[0006] 本发明公开的一种仿生分块鬼成像方法及系统,初始化用于产生仿生散斑的参数和鬼成像采样的参数;根据设定的仿生散斑参数生成一组仿生散斑,通过仿生散斑采样获得更高的成像质量;通过对仿生散斑分块,采用更低分辨率的仿生散斑能够降低鬼成像的采样次数;采用分块仿生散斑对目标采样,得到每个分块的测量值;根据分块仿生散斑和测量值,进行图像重构;对重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。本发明将仿生散斑与分块鬼成像结合,相比传统鬼成像系统,在成像质量相同的情况下有效提高鬼成像系统成像效率。

[0007] 本发明公开的一种仿生分块鬼成像方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤一、初始化用于产生仿生散斑的参数和鬼成像采样的参数。

[0009] 步骤1.1:初始化产生仿生散斑的参数。

[0010] 设置图像分辨率 $X \times X$ 、分块数 N 、仿生散斑离散角度最大值 Q 、仿生散斑离散环数最大值 K 、以及仿生散斑内环半径 r_0 。所述的分块数 N 为平方数。

[0011] 步骤1.2:初始化鬼成像采样参数。

[0012] 设置采样比为 a ,采样次数为 $A = X \times X \times a / N$, A 四舍五入取整。

[0013] 步骤二、根据步骤一设定的仿生散斑参数生成一组仿生散斑,通过仿生散斑采样获得更高的成像质量。

[0014] 根据步骤一设定的仿生散斑参数,生成A张仿生散斑P,仿生散斑计算公式如式(1)所示。

$$[0015] \quad \begin{cases} r_{k+1} = r_1 \cdot \varepsilon^k \\ \varepsilon = \frac{1 + \sin(\pi/Q)}{1 - \sin(\pi/Q)} \\ r_1 = \frac{r_0}{1 - \sin(\pi/Q)} \\ \theta_q = q \cdot \frac{2\pi}{Q} (q=1, 2, 3 \dots Q) \\ \log_{\varepsilon}(r_k) = \log_{\varepsilon}(r_1) + k - 1, (k=1, 2, 3 \dots K) \end{cases} \quad (1)$$

[0016] 其中: r_k 代表散斑第k环的半径, $(1 + \sin(\pi/Q)) / (1 - \sin(\pi/Q))$ 代表增大系数 ε , θ_q 是q扇区的度数。仿生散斑P是分辨率为 $X \times X$ 的图像。

[0017] 步骤三、通过对仿生散斑分块,采用更低分辨率的散斑能够降低鬼成像的采样次数。

[0018] 对仿生散斑P进行N等分,得到 $p_1, p_2, \dots, p_N$,每个 p_i 为 $(X/\sqrt{N}) \times (X/\sqrt{N})$ 的矩阵。此处采用先行后列或者先列后行的方式对其进行拆分并编号,其中 p_1 为1号散斑, p_N 为N号散斑。

$$[0019] \quad P = \begin{bmatrix} p_1 & \cdots & p_{\sqrt{N}} \\ \vdots & & \vdots \\ p_{N-\sqrt{N}+1} & \cdots & p_N \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0020] 在拆分完A个仿生散斑后, $p_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iA}\} (i=1, 2, \dots, N)$ 。

[0021] 步骤四、采用步骤三的分块仿生散斑对目标采样,得到每个分块的测量值。

[0022] 将仿生散斑投射到待成像目标0进行采样,目标0与仿生散斑采取同样的方式区分为 $o_1, o_2, \dots, o_N$ 。

[0023] 光源投射在待成像目标0上,探测器根据式(3)得到测量值 $y_1, y_2, \dots, y_N$, y_i 是编号为i所对应分块采样A次的测量值, $y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iA}\} (i=1, 2, \dots, N)$ 。

$$[0024] \quad y_i = \iint p_i(x, y) \times o_i(x, y) dx dy, (i=1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

[0025] 步骤五、根据步骤三的分块仿生散斑和步骤四的测量值,进行图像重构。

[0026] p_i 与 y_i 为编号为i的散斑与其对应编号的测量值,采用重构算法对其进行计算得到重构图像 o_i' ,计算公式如式(4)所示, o_i' 是分辨率为 $(X/\sqrt{N}) \times (X/\sqrt{N})$ 图像。

$$[0027] \quad o_i'(x, y) = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^A y_{ij} p_{ij}, (i=1, 2, \dots, N) \quad (4)$$

[0028] 步骤六、对步骤五的重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。

[0029] 按照步骤三中选用拆分散斑的方式,将 o_i' 进行图像拼接得到整幅重构图像 $0'$, $0'$ 是分辨率为 $X \times X$ 的图像。所述拆分散斑的方式为先行后列或先列后行。

$$[0030] \quad O' = \begin{bmatrix} o_1' & \cdots & o_{\sqrt{N}}' \\ \vdots & & \vdots \\ o_{N-\sqrt{N}+1}' & \cdots & o_N' \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0031] 本发明还公开一种仿生分块鬼成像系统,用于实现所述仿生分块鬼成像方法,所述系统包括光源、准直光学系统、分光器、空间光调制器、接收光学系统、面阵探测器。

[0032] 光源、准直光学系统、分光器、空间光调制器按顺序依次位于同一光路上;光源、准直光学系统和分光器用于产生照射到空间光调制器的面阵光;光源、准直光学系统、分光器和空间光调制器用于产生携带已知光场分布信息的散斑投射到待成像的目标上;接收光学系统和面阵探测器完成目标反射光总光强的采集。相关运算器将仿生散斑信息和面阵探测器采集的信息进行重构运算以及分块图像拼接运算。

[0033] 本发明还公开一种仿生分块鬼成像系统的工作方法为:光源发出一束光,经过准直光学系统和分光器分束后照射至空间光调制器表面,空间光调制器根据步骤二计算生成的仿生散斑反射光束至目标,目标反射光束根据步骤四通过接收光学系统到面阵探测器,目标反射光的总光强被面阵探测器接收。在重复多次测量后,根据步骤五对仿生散斑信息和面阵探测器采集的光强信息进行互相关运算后即得到目标分块的重构图像,按照步骤六对步骤五重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。

[0034] 有益效果:

[0035] 1、相比传统鬼成像系统,本发明公开的一种仿生分块鬼成像方法及系统,采用仿生视觉机理结合分块鬼成像的方法,在成像质量相同的情况下大幅提升成像效率,能够实现高质量实时成像。

[0036] 2、本发明公开的一种仿生分块鬼成像方法及系统,采用分块鬼成像的方法,即在步骤三中对仿生散斑分块降低鬼成像采样次数和重构算法的计算量,提高鬼成像的成像效率。

附图说明

[0037] 图1仿生分块鬼成像系统原理图;

[0038] 图2仿生散斑图案(分辨率64*64);

[0039] 图3仿生分块鬼成像方法流程图;

[0040] 图4在相同采样次数下仿生分块鬼成像与传统鬼成像的重构图像对比(采用全变分重构算法);

[0041] 图5在相同PSNR下仿生分块鬼成像与传统鬼成像的重构效率对比(传统鬼成像成像时间/仿生分块鬼成像成像时间)。

[0042] 其中:1-上位机,2-光源,3-准直光学系统,4-衍射光学元件,5-空间光调制器,6-目标,7-接收光学系统,8-面阵探测器,9-采集卡。

具体实施方式

[0043] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行说明。

[0044] 本实施例公开的一种仿生分块鬼成像方法,所应用系统结构如图1所示,具体实现步骤如下:

[0045] 步骤一、初始化用于产生仿生散斑的参数和鬼成像采样的参数。初始化产生仿生散斑的参数,设置图像分辨率 64×64 、分块数16、仿生散斑离散角度最大值24、仿生散斑离散环数最大值4、以及仿生散斑内环半径19.7;初始化鬼成像采样参数,采样比0.1、采样次数为26次。

[0046] 步骤二、根据步骤一设定的仿生散斑参数生成一组仿生散斑,通过仿生散斑采样获得更高的成像质量。

[0047] 根据步骤一设定的仿生散斑参数,生成26张仿生散斑图案P并加载到DMD(数字微镜器件),仿生散斑计算公式如式(6)所示。

$$[0048] \quad \begin{cases} r_{k+1} = r_1 \cdot \varepsilon^k \\ \varepsilon = \frac{1 + \sin(\pi/Q)}{1 - \sin(\pi/Q)} \\ r_1 = \frac{r_0}{1 - \sin(\pi/Q)} \\ \theta_q = q \cdot \frac{2\pi}{Q} (q = 1, 2, 3 \dots Q) \\ \log_\varepsilon(r_k) = \log_\varepsilon(r_1) + k - 1, (k = 1, 2, 3 \dots K) \end{cases} \quad (6)$$

[0049] 其中: r_k 代表散斑第k环的半径, $(1 + \sin(\pi/Q)) / (1 - \sin(\pi/Q))$ 代表增大系数 ε , θ_q 是q扇区的度数。仿生散斑P是分辨率为 64×64 的图像,如图2所示。

[0050] 步骤三、通过对仿生散斑分块,采用更低分辨率的散斑能够降低鬼成像的采样次数。

[0051] 对仿生散斑P进行16等分,得到 $p_1, p_2, \dots, p_{16}$,每个 p_i 为 16×16 的矩阵。

$$[0052] \quad P = \begin{bmatrix} p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \\ p_5 & p_6 & p_7 & p_8 \\ p_9 & p_{10} & p_{11} & p_{12} \\ p_{13} & p_{14} & p_{15} & p_{16} \end{bmatrix} \quad (7)$$

[0053] 在拆分完26个仿生散斑后, $p_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{i26}\}$ ($i = 1, 2, \dots, 16$)。

[0054] 步骤四、采用步骤三的分块仿生散斑对目标6采样,得到每个分块的测量值。

[0055] 光源2通过准直透镜和DOE(衍射光学元件4)进行准直和分束,分束后的光投射到DMD微镜镜面进行调制,将调制后的光照射到待成像目标60进行采样。

[0056] 阵列光照射在待成像目标60上,CCD探测器根据式(8)得到探测值 $y_1, y_2, \dots, y_{16}$, y_i 是编号为i所对应分块采样26次的测量值, $y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{i26}\}$ ($i = 1, 2, \dots, 16$)。

[0057] $y_i = \iint p_i(x, y) \times o_i(x, y) dx dy$, ($i = 1, 2, \dots, 16$) (8)

[0058] 步骤五、根据步骤三的分块仿生散斑和步骤四的测量值,进行图像重构。

[0059] p_i 与 y_i 为编号为i的散斑与其对应编号的测量值,采用TV(全变分)重构算法对其进行计算得到重构图像 o_i' , o_i' 是分辨率为 16×16 图像。

[0060] 步骤六、对步骤五的重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像

效率和成像质量的仿生分块鬼成像。

[0061] 按照步骤三中选用拆分散斑的方式,将 o_i' 进行图像拼接得到整幅重构图像 O' , O' 是分辨率为 64×64 的图像。所述拆分散斑的方式为先行后列或先列后行。得到的重构图像 O' 如图4所示。

$$[0062] \quad O' = \begin{bmatrix} o_1' & o_2' & o_3' & o_4' \\ o_5' & o_6' & o_7' & o_8' \\ o_9' & o_{10}' & o_{11}' & o_{12}' \\ o_{13}' & o_{14}' & o_{15}' & o_{16}' \end{bmatrix} \quad (9)$$

[0063] 本实施例公开的一种仿生分块鬼成像系统,用于实现所述仿生分块鬼成像方法,所述系统包括激光光源2、准直光学系统3、DOE、DMD、接收光学系统7、CCD探测器。

[0064] 激光光源2、准直光学系统3、DOE、DMD按顺序依次位于同一光路上;激光光源2、准直光学系统3和DOE用于产生照射到DMD的面阵光;激光光源2、准直光学系统3、DOE和DMD用于产生携带已知光场分布信息的散斑投射到待成像的目标6上;接收光学系统7和CCD探测器完成目标6反射光总光强的采集。计算机将仿生散斑信息和面阵探测器8采集的信息进行重构运算以及分块图像拼接运算。

[0065] 本实施例公开的一种仿生分块鬼成像系统的工作方法为:光源2发出一束光,经过准直光学系统3和分光器分束后照射至空间光调制器5表面,空间光调制器5根据步骤二计算生成的仿生散斑反射光束至目标6,目标6反射光束根据步骤四通过接收光学系统7到面阵探测器8,目标6反射光的总光强被面阵探测器8接收。在重复多次测量后,根据步骤五对仿生散斑信息和面阵探测器8采集的光强信息进行互相关运算后即得到目标6分块的重构图像,按照步骤六对步骤五重构后的分块图像拼接,得到整幅重构图像,即实现兼顾成像效率和成像质量的仿生分块鬼成像。

[0066] 以上所述的具体描述,对发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

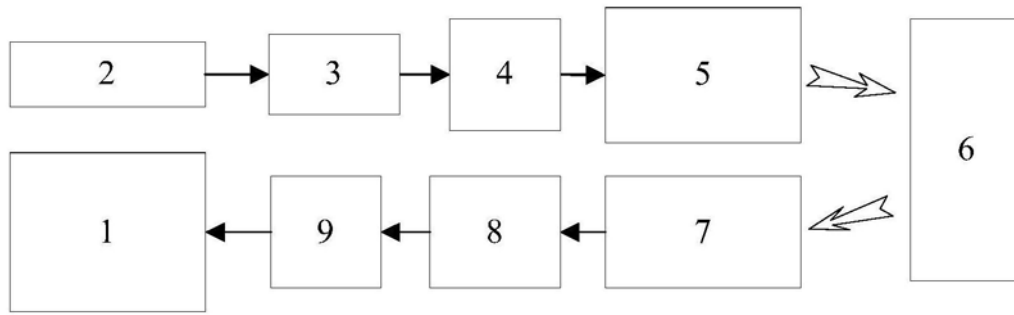


图1



图2

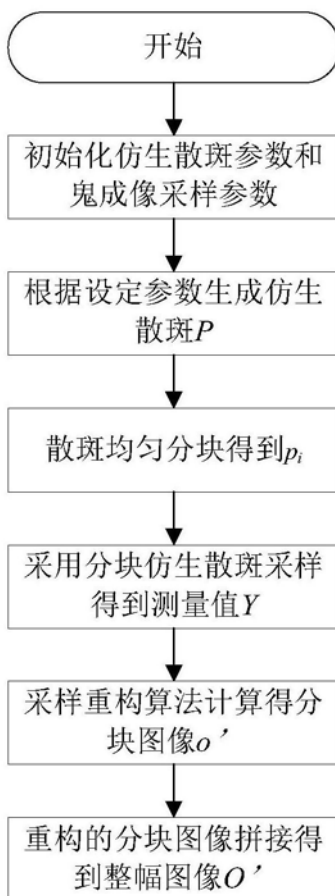


图3



图4

分辨率 分块数	32*32	64*64	128*128
4*4	3.0	21.6	59.4
8*8	2.7	23.1	245.2

图5