

文章编号:1005-0523(2013)03-0089-07

基于量子指针的量子灰度图像处理

艾金根¹,周日贵²

(1. 江西省科技项目服务中心,江西 南昌,3300462. 华东交通大学信息工程学院,江西 南昌,330013)

摘要:为了解决量子灰度图像处理中量子图像的表示问题,利用量子态保存图像的灰度信息和位置信息,依据灰度图像灰度变化范围小的优势,提出并证明了一种量子灰度图像的存储表达式,而且在此表达式的基础上,提出了“量子指针”的概念。把量子指针作为图像像素灰度信息与位置信息联系的纽带,利用其双向性和子块性可使得量子灰度图像在存储及其他操作方面更为简单,方便,最后也验证了它的可行性。

关键词:量子图像处理;量子灰度图像;量子指针;量子灰度图像存储

中图分类号:TP391.41;TP183

文献标志码:A

量子力学与计算机的结合起源于Benioff利用量子力学来描述计算机^[1]。1982年,Feynman所提出的量子计算机^[2]使得量子力学这门深度、广度兼具的学科与计算机完全融合,于是也就有了量子计算发展的根本性突破。类似于经典计算机,要使量子计算机的体系更加完善,必然要有适应于该体系特点的独立算法来完成各种复杂的运算操作。有效利用量子并行性和量子态的叠加、纠缠、坍缩等性质,Deutsch提出了Deutsch量子算法^[3],该算法既证明了量子并行的特性,也体现出了相比于经典计算机而言,量子计算机的高速性和高效性。1994年,Shor提出了量子质因子分解算法^[4]。大数因子分解问题属于一类典型的NP(non-deterministic polynomial)完全问题,而Shor算法所解决的这类问题正是经典算法无法解决的。Grover量子搜索算法^[5]出现于1995年,该算法所做出的最大贡献在于将搜索复杂度从经典计算中的 N 缩小到了 $\sqrt{N}$ 。而对Grover算法的改进亦是接踵而至^[6-8]。量子算法的出现解决了很多经典计算所无法解决的问题,正因为这些优势而出现了更多与量子相结合的综合研究领域^[9],量子图像处理便是其中之一。

量子图像处理发展至今,其发展方向大致可分为三类:第一类是将图像信息存储于量子状态的量子态存储表达式;第二类是将经典数字图像中的各种变换向量子领域扩展;第三类则是将主要精力放在量子图像几何变换中。Qubit Lattice^[10-11]、Real Ket^[12]和Flexible Representation of Quantum Image(FRQI)^[13]表达式的提出归属于第一类。Qubit Lattice和Real Ket都是基于量子纠缠系统提出的,不同的是,前者的目的在于图像处理的各个环节,而后者则主要作用于图像压缩。FRQI的提出具有普遍意义,在图像存储、压缩及几何变换中都能够有很好的发挥^[14-16]。本文作者所提出的基于灰度图像的量子图像表达式,亦属于第一类。经典数字图像变换向量子方向延伸的主要有量子小波变换^[17],量子傅里叶变换^[9]和量子离散余弦变换^[18-19]。这些变换都充分利用了量子的并行、叠加、纠缠等特性,使得各种变换量子形式比经典形式在作用和效率等方面都有很明显的完善^[9]。在参考文献[15-16]中,作者给出了多类量子几何变换的西变换算子,并通过这些变换设计出量子线路^[20-21],从理论上证明了几何变换的应用性和可实施性。

在本文中,作者提出了一种表示较为简便的灰度图像量子表达式。在经典彩色图像中,像素拥有颜色与位置两个属性。而在灰度图像中,每个像素都是以其灰度值和位置两个方面来表示的,灰度值的范围较

收稿日期:2013-03-27

基金项目:国家自然科学基金项目(61065002)

作者简介:艾金根(1962—),男,硕士,研究方向为量子图像处理。

小,这就简化了表达式的表示形式。所以将表达式向彩色图像延伸是今后可以继续研究的一个方向。另外,在所提出表达式的基础上,作者提出了一个新的概念——量子指针。这里所提出的量子指针同经典计算机中的指针有相似的地方,但也有很大的不同,其目的是要让量子图像的存储表示更加便捷,使图像在变换的过程中有更高的效率和更好的效果。

1 灰度图像量子表达式

1.1 表述

在经典灰度图像中,图像没有颜色信息,色彩饱和度为零,每一个像素都是由其灰度信息和位置信息构成的,而灰度则分为 256 个级别,从 0 到 255。同样,在量子灰度图像中,图像的像素由灰度和位置来表示,表达式如下:

$$|Q\rangle = \frac{1}{2^n} \sum_{j=0}^{2^n-1} |M\rangle \otimes |j\rangle \quad (1)$$

式中: $|Q\rangle$ 是存储整个灰度图像的量子状态表示; $|M\rangle$ 用于编码图像的灰度信息, M 所用的表达式是量子比特二进制字符串。因为需要表示的图像为灰度图像,其灰度值的变化范围为 0~255,范围较小,所以并没有使得图像的表述变得很复杂。但需要注意的是, M 只是一个灰度值二进制字符串的表示方式,不同位置的灰度可以相同,但同一位置上的灰度信息必须唯一,也就是说,一个位置上的 M 表达式必须只有一个,但 M 本身却可以在 0 到 255 这 256 个灰度值之间变化,是一个字符串的变量表达式; $|j\rangle$ 编码的是图像的位置信息, j 的表示方式依然是二进制字符串。 $j = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$; n 为编码所需的量子位数,而 $|j\rangle = |0\rangle, |1\rangle, \dots, |2^n - 1\rangle$ 则是参与灰度图像量子状态表示的 $2n$ 个量子基态;“ $\otimes$ ”是量子计算中的一个算符,称之为张量积。

在经典数字图像表示中,每一个像素都可以由坐标表示,那么根据横纵坐标的表示形式以及像素的表达式可以将量子灰度图像的位置状态表示进一步进行拆分,即

$$|j\rangle = |h\rangle |v\rangle \quad (2)$$

其中: $|h\rangle$ 表示 x 方向信息; $|v\rangle$ 编码图像在 y 方向上的信息。

因此,综合以上表述,对于图 1 所示的一个 2×2 的图像而言,其表达式的展开式为

$$|Q\rangle = \frac{1}{2} (|M_0\rangle \otimes |00\rangle + |M_1\rangle \otimes |01\rangle + |M_2\rangle \otimes |10\rangle + |M_3\rangle \otimes |11\rangle)$$

需注意的是,表达式中的 M_0, M_1, M_2, M_3 所代表的都是二进制字符串,因为图中每一个像素的灰度都不同,所以 M_0, M_1, M_2, M_3 互不相等,并且每一个位置都有唯一的灰度值。

1.2 证明

由量子算法可知,要证明该表达式的成立就是要从所制备的量子初始态,通过量子门变换向表达式的存储状态进行转换。

第一步:制备量子初始状态 $|S\rangle = |0\rangle^{\otimes 2n+1}$,并将初始态 $|0\rangle^{\otimes 2n+1}$ 分解为

$$|S\rangle = |0\rangle^{\otimes 2n} |0\rangle$$

第二步:应用 Hadamard 变换 $H^{\otimes 2n}$,即将 $2n$ 个 H 门同时作用于量子初始态的 $2n$ 个量子比特上。经过 Hadamard 门的作用后,可得中间量子态:

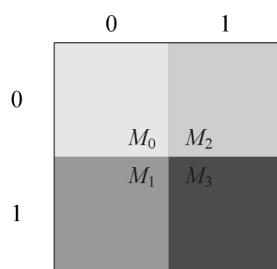


图 1 2×2 灰度图像
Fig.1 2×2 gray image

$$|G\rangle = H^{\otimes 2n}(|0\rangle^{\otimes 2n}|0\rangle) = \frac{1}{2^n}|0\rangle \otimes \sum_{j=0}^{2^n-1}|j\rangle$$

第三步:应用 swap 操作,将状态 $|0\rangle$ 转换为我们想要的任意 $|M\rangle$ 态,从而得到最终态:

$$|F\rangle = \frac{1}{2^n} \sum_{j=0}^{2^n-1} |M\rangle \otimes |j\rangle$$

通过证明可知,作者提出的灰度图像量子表达式 $|Q\rangle = \frac{1}{2^n} \sum_{j=0}^{2^n-1} |M\rangle \otimes |j\rangle$ 可以通过一系列量子酉变换从初始量子态 $|0\rangle^{\otimes 2n+1}$ 转换而来,为接下来表达式的应用提供了基础。

2 量子指针

在经典计算机中,指针是用来表示内存单元存储的地址,通过指针就能找到以它为地址的内存单元,也就是说一个变量的地址就是该变量的指针。在灰度图像量子表达式中,灰度表示使用的是8位的二进制字符串,位置表示使用的亦是二进制字符串,用图表示也就是每一个像素无论是位置还是灰度信息其表达形式都是二进制的字符串。对于量子灰度图像而言,每一个像素都由灰度值和其位置表示而成,这二者的组合恰好类似于经典计算机中的指针,于是产生了量子指针的想法。

2.1 双向性

量子指针并不同于经典指针。在经典指针中,地址就是指针,并且这种表示是固定的。但在量子指针中,指针并不是固定的,而是具有双向指向性的。也就是说,在灰度值与位置值二者中,灰度值可以表示为指针,位置值也可以表示为指针,而这种选择则是根据我们所需要的量子图像处理具体操作来决定的。量子指针的双向性具体表述为

- 当量子灰度图像的灰度值表示量子指针时,图像的位置值即为指针所指向的内容;
- 当量子灰度图像的位置值表示量子指针时,图像的灰度值即为指针所指向的内容。

需注意,在一幅正常的灰度图像中,各像素的灰度值不可避免的会有相同的情况,所以在以灰度值作为量子指针时就会有相同的指针。而同时,这种表示方式方便了像素量子状态的存储,在无形中便将各像素的量子状态进行了分类,使得在进行某些处理过程时,操作变得相对简单。

灰度值与位置值二者指针选择的依据就是要看在不同的图像处理过程中,选用哪一个作为指针时,能使处理过程相对简单,较易施行。例如当我们需要调整图像中同一灰度像素的灰度值时,我们就可以将灰度看作指针,找到该灰度的指针,然后直接改变灰度值,这样指针对应位置的灰度也就随之改变了。看到这个例子必然会想到,如果将位置看作量子指针会产生哪些便捷作用? 这里就涉及到了量子指针的下一个性质——子块性。

2.2 子块性

量子指针的子块性是指将指针进行块的划分与组合。因为指针的表达式是二进制的字符串,由0和1组成,所以按照0,1的分隔可以对量子指针进行不同类型的划分。

在以位置值作为量子指针时,当遇到像素较多的情况时,我们可以将指针进行分块(或者拆分)表示。

同理,当灰度值作为量子指针时,我们同样可以将表示灰度的二进制字符串划分,将不同灰度的位置划分到一个大的子块中。

3 量子灰度图像存储应用

由于量子指针的双向性,量子指针有灰度和位置两种可能性,所以量子灰度图像的存储依然按照量子指针的分类进行划分。当以像素灰度作为量子指针时,指针所指向的单元则为像素的位置信息;当以像素的位置作为量子指针时,指针指向的是像素的灰度。

3.1 图像的存储

3.1.1 基于量子灰度指针的存储

在所提出的表达式中, $|M\rangle$ 用于编码图像的灰度信息, 假定将灰度信息作为量子指针。在一幅固定的灰度图像中, 每一个像素都有灰度信息, 并且这些像素中都会有一些像素的灰度是相同的。将同一灰度值的灰度指针指向具有相同灰度信息的像素位置, 这样所建立起来的关系便不再是经典图像中一对一的关系, 而是一对多的关系, 一对多的关系使得像素不用单一变化, 而是能在形成像素子块之后, 进行较大规模地变换。因为灰度值是在 0 到 255 之间变化的, 那么将同一灰度值的位置进行统一存储, 最多也只是需要 256 个单位的量子态进行存储。

设 $|P_i\rangle = \{|p_{i1}\rangle, |p_{i2}\rangle, \dots, |p_{im}\rangle, \dots\}$, 此处, $|P_i\rangle$ 集合用于表示灰度值 M_i 对应的所有位置状态, 而 $|p_{im}\rangle$ 即是代表灰度值为 M_i 的各个位置, 假设每一种灰度值所对应的位置有 m 个, 那么 $0 \leq m \leq 2^{2^n} - 1$, 所以与灰度值 M_i 对应的该灰度值像素的量子存储表达式为

$$|Q_i\rangle = \frac{1}{\sqrt{m}} \sum |M_i\rangle \otimes |P_{im}\rangle$$

需要注意的是, M_i 与 P_i 中的 i 必须是对应的, 而 $|Q_i\rangle$ 则是表达式 $|Q\rangle = \frac{1}{2^n} \sum_{j=0}^{2^{2^n}-1} |M\rangle \otimes |j\rangle$ 的子表达式, 也即对应同一个灰度值的一个分量。

3.1.2 基于量子位置指针的存储

基于量子位置指针的存储主要依靠的是量子指针的子块性, 通过对位置信息比特的子块划分, 达到分块存储图像像素信息的目的。

假设像素位置表示为 $|j\rangle = |P\rangle = |h_1 h_2 \dots h_n\rangle |v_1 v_2 \dots v_n\rangle$, 其中 $|h_1 h_2 \dots h_n\rangle$ 和 $|v_1 v_2 \dots v_n\rangle$ 分别是位置比特在 x 方向和 y 方向的量子比特表示。量子位置指针的确定是通过位置字符串表达式, 也就是 $|h_1 h_2 \dots h_n v_1 v_2 \dots v_n\rangle$ 中的最大匹配量子比特位来确定的。最大匹配量子比特位字符串将整幅图像的像素分成了一些不同的大块。在大块中, 再通过寻找匹配字符串将大块分成不同的小块, 这样也就实现了量子指针的子块性, 完成了基于量子位置指针的灰度图像存储。实际应用案例将在 3.3 节中做出介绍。

3.1.3 混合指针

从两种量子指针的描述中, 我们不难发现, 二者存在结合的可能性。在量子灰度指针中, 对于同一灰度而言, 其指向的所有位置仍然能够进行子块的划分, 从而产生量子位置子指针。相同的道理, 在被处理的像素块中, 如果块中所包含的灰度种类并不是特别多, 还是可以以灰度为依据进行结合。这个也可以作为以后研究实际应用中的一个方向。

从以上的两种量子指针的对存储的表示来看, 对于不同的量子图像处理操作, 两者各有优势, 所以在各种不同的操作中选择最恰当的指针是量子指针应用的关键。

3.2 灰度变换

灰度变换所要达到目的是改变图像中的某一灰度值, 并且要求灰度为该灰度值的所有像素都必须改变, 也就是说该灰度所对应所有位置的灰度值都要相应发生改变。

首先完成如 3.1 节所描述的基于灰度指针的量子图像存储, 然后对图像的灰度量量子比特进行处理。因为灰度值的范围是 0~255, 所以需要的是一个最多 8 位的二进制字符串的表示。因此灰度值的变化就是这 8 位字符 0 与 1 的变化。将原始灰度值同目标灰度值进行对比, 找出两者不同的比特位, 然后通过 swap 门, 实现 0 与 1 的变换。

3.3 位置变换

位置变换是基于量子位置指针的变换, 属于量子图像几何变换, 是实现与位置移动及改变相关的变

换。下面将用一幅 8×8 的灰度图像来说明位置的变换。

如图2所示的是一幅 8×8 的灰度图像,各像素的横纵标识如图所示。对于图中的块1而言,它所包含的位置为 $|P_1\rangle = \{|010110\rangle, |011110\rangle, |010111\rangle, |011111\rangle\}$,而块2所包含的位置有 $|P_2\rangle = \{|000110\rangle, |001110\rangle, |000111\rangle, |001111\rangle\}$ 。通过将位置1与位置2中对应位置存储量子比特的对比,即 $|010110\rangle$ 与 $|000110\rangle$, $|011110\rangle$ 与 $|001110\rangle$, $|010111\rangle$ 与 $|000111\rangle$, $|011111\rangle$ 与 $|001111\rangle$ 的分别对比,可以看到这两个位置中仅有第2个比特位是不同的,并且对于每一个量子比特对而言,只需将原量子比特的第2位从1变换至0,便可完成从原始位置到目标位置的变换。

图3所描述的就是上面操作的存储与变换过程。首先将位置 $|P_1\rangle$ 进行存储。横向来看图3所示的交换图示,虚线框a便是量子指针的第一个子块,也就是指针的第1层;第2个子块是一个选择块,提供选择的量子比特是0和1;第3个子块是由“11”组成的子块;第4个子块同样是一个选择块,由0,1构成。从我们所划分的子块来看,需要做出变换的是第一个子块,即虚线框a中箭头所示的1到0的转换,而第2,3,4子块则构成了一个存储的完全配对组合,如图中的虚线框b所示。将量子比特字符串分块存储,能让我们很快找到需要变换的块,从而之间实施比特位的转换,而不同图像的不同子块划分也能改变图像处理的效率。变换完成后的图像如图4所示。

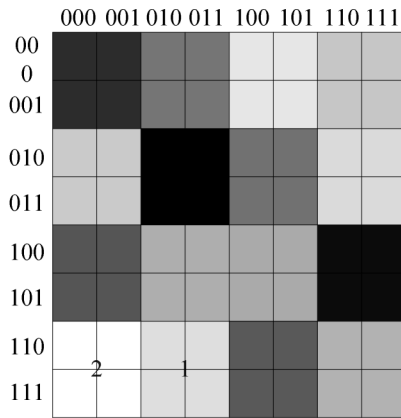


图2 8×8 原始灰度图像
Fig.2 8×8 original grey image

如图5所示的是一组移动组图,目的是要通过有内容图像块同空白块的不断交换达到块的移动,从而将图像从I所示的原始图像得到VI所示的我们需要的图像。每幅图像都是 16×16 的灰度图像,同时将整幅图像划分为16个大小尺寸等同的块,然后通过移动这些块来完成整幅图像。首先描述块移动的第一步,也就是将块2同空白块16的交换为例。

像素块2和16都是由 4×4 个像素组成。依据表达式(2),每个像素的位置表示都是由8位的量子比特组成。块16和块2的位置集合为(量子比特字符串过长,未在图中标出,参考可见图2)

$$|P_{16}\rangle = \left\{ \begin{aligned} &|01000000\rangle, |01010000\rangle, |01100000\rangle, |01110000\rangle, |01000001\rangle, |01010001\rangle, |01100001\rangle, |01110001\rangle, \\ &|01000010\rangle, |01010010\rangle, |01100010\rangle, |01110010\rangle, |01000011\rangle, |01010011\rangle, |01100011\rangle, |01110011\rangle \end{aligned} \right\}$$

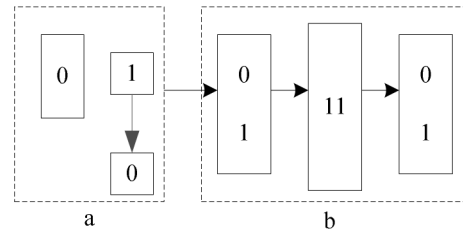


图3 量子位交换图
Fig.3 Quantum bit swap

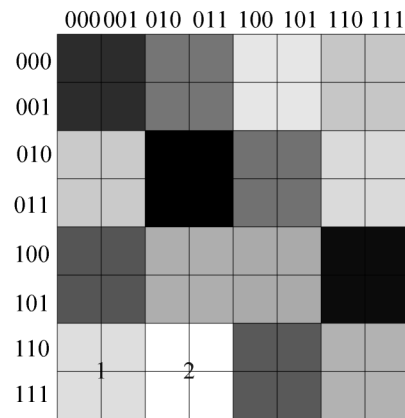


图4 8×8 目标灰度图像
Fig.4 8×8 target grey image

$$|P_2\rangle = \left\{ \begin{aligned} &|01000100\rangle, |01010100\rangle, |01100100\rangle, |01110100\rangle, |01000101\rangle, |01010101\rangle, |01100101\rangle, |01110101\rangle, \\ &|01000110\rangle, |01010110\rangle, |01100110\rangle, |01110110\rangle, |01000111\rangle, |01010111\rangle, |01100111\rangle, |01110111\rangle \end{aligned} \right\}$$

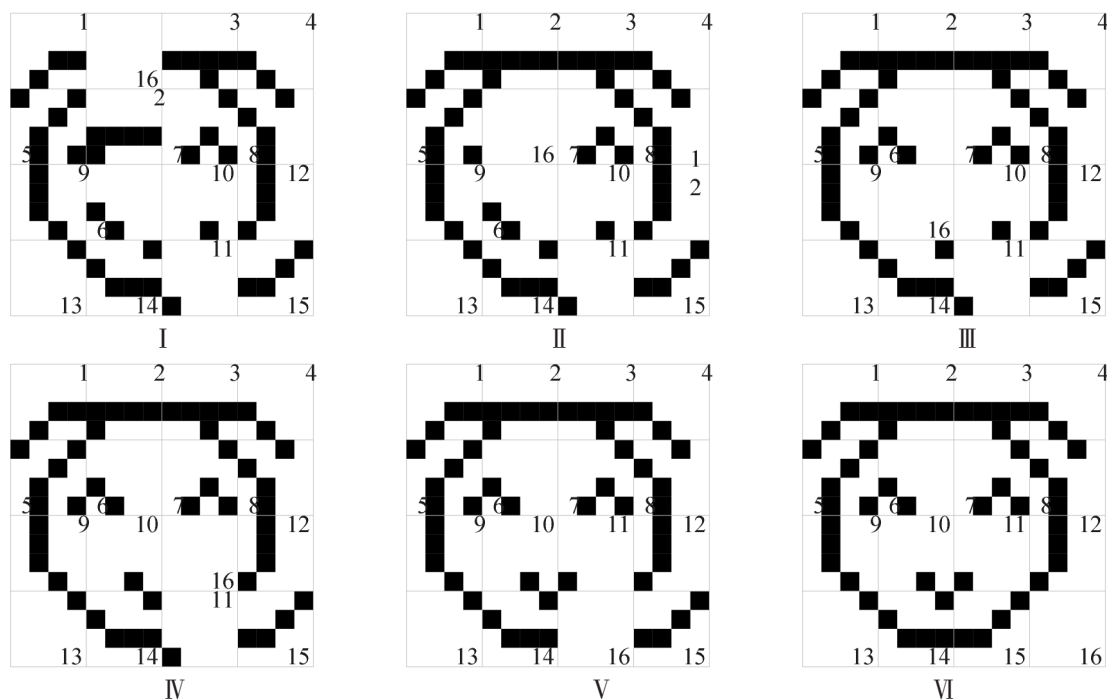


图5 原始图像、目标图像及图像变换过程中所得到的中间图像

Fig.5 Original image, target image and middle image got by the image transformation

需要改变的是块2和块16,所以仅列出了块2同块16的存储。图6表示的是两个变换块的存储以及需要实现的量子比特位的转换。将列出的位置集合 $|P_{16}\rangle$ 和 $|P_2\rangle$ 进行相应位置的对比,可以看出在相应位置上仅仅是 $|P_2\rangle$ 集合中用虚线箭头所标出的比特位不同。所以根据图6中所示的虚线箭头的交换,便可完成块16与块2的交换。因为量子指针是具有指向性的,所以我们只需要改变像素的位置,然后量子位置指针的指向作用就可以是对应位置的灰度改变,这也是量子指针的一大优势。

完成了图5中I到II的转换,那么其他的转换便是类似的。从原始图像I到目标图像VI共需要进行5次转换,图6所完成的是第一步变换,其他的4次存储转换的交换同理。

相比于其他的量子图像几何变换,使用量子指针首先在形式上使得像素的移动与变换不再是每一个像素的单独变化,而是以大小不一的像素块为单位进行变化,这样能减少不必要的操作冗余,简化操作步骤。再者,量子指针的指向作用能产生一系列的连锁反应,缩短锁定操作范围的时间,提升图像处理操作的效率。

4 总结与展望

根据灰度图像像素的灰度属性和位置属性提出了一种量子灰度图像的表达式,并依据这种图像的表达式提出了量子指针的新概念,在基于量子指针性质的基础上进行了量子灰度图像理论上的灰度变换和位置变换。在不同的图像处理操作中使用不同的量子指针类型,能简化操作的复杂性。从示例可以看

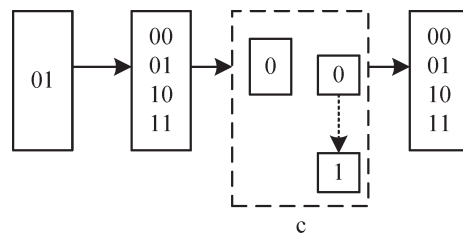


图6 变换第一步:块16同块2的交换

Fig.6 First transformation: exchange between 16 and 2

出,量子指针的连接作用使得图像在改变灰度或者位置信息的基础上便能完成整个图像变换的操作,复杂度减半。

参考文献:

- [1] PAUL BENIOFF. Quantum mechanical hamiltonian models of turing machines[J]. Journal of Statistical Physics, 1982,29(3):515-546.
- [2] RICHARD P FEYNMAN. Simulating physics with computers[J]. International Journal of Theoretical Physics, 1982,21(6/7):467-488.
- [3] DAVID DEUTSCH. Quantum theory, the church-turing principle and the universal quantum computer[J]. Proceeding of the Royal Society of London, 1985,400(18):97-117.
- [4] PETER W SHOR. Algorithms for quantum computation; discrete log and factoring[C]//Foundations of Computer Science, Proceedings of the 35th Annual Symposium, Washington: Proceedings of IEEE, 1994:124-134.
- [5] LOV K GROVER. A fast quantum mechanical algorithm for database search[C]//Proceedings of the twenty-eight annual ACM symposium on Theory of computing, New York: ACM, 1996:212-219.
- [6] GUI LU LONG, WEI LIN ZHANG, YAN SONG LI, et al. Arbitrary phase rotation of the marked state can not be used for grover's quantum search algorithm[J]. Commun Theor Phys, 1999,32:335-338.
- [7] GUI LU LONG. Grover algorithm with zero theoretical failure rate[J]. Physical Review A, 2001,64(2):22307-0.
- [8] GUI LU LONG, XIAO LI, YANG SUN. Phase matching condition for quantum search with a generalized initial state[J]. Physics Letters A, 2002,294:143-152.
- [9] NIELSEN M, CHUANG I L, Quantum computation and quantum information[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000:216-271.
- [10] VENEGASANDRACA S E, BOSE S. Storing, processing and retrieving and image using quantum mechanics[J]. Quantum Information and Computation, 2003,5105:137-147.
- [11] VENEGAS-ANDRACA S E, BALL J L. Processing images in entangled quantum systems[J]. Quantum Information Processing, 2010,9(1):1-11.
- [12] JOS'E I. LATORRE. Image compression and entanglement[J]. Arxiv: Quant-ph10510031V1, 2005:1-4.
- [13] PHUC Q LE, FANGYAN DONG, KAORU HIROTA. A flexible representation of quantum images for polynomial preparation, image compression, and processing operations[J]. Quantum Information Processing, 2011,10(1):63-84.
- [14] PHUC Q LE, ABDULLAH M ILIYASU, FANGYAN DONG, et al. Efficient color transformations on quantum images[J]. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2011,15(6):698-706.
- [15] PHUC Q LE, ABDULLAH M ILIYASU, FANGYAN DONG, et al. Fast geometric transformations on quantum images[J]. IAENG International Journal of Applied Mathematics, 2010,40(3):2-12.
- [16] PHUC Q LE, ABDULLAH M ILIYASU, FANGYAN DONG, et al. Strategies for designing geometric transformations on quantum images[J]. Theoretical Computer Science, 2010,412(15):1406-1418.
- [17] AMIR FIJANY, COLIN P WILLIAMS. Quantum wavelet transforms: fast algorithms and complete circuits[J]. Quantum Computing and Quantum Communications, 1999,1509:10-33.
- [18] ANDREAS KLAPPENECKER, MARTIN ROTTELER. Discrete cosine transforms on quantum computers[C]//Image and Signal Processing and Analysis, New York: IEEE Press, 2001:464-468.
- [19] PANG CHAOYANG, ZHOU ZHENGWEI, GUO GUANGCAN. Quantum discrete cosine transform for image compression [J]. Quantum Physics (quant-ph), 2006, quant-ph/0601043v2.
- [20] ADRIANO BARENCO, CHARLES H. Elementary gates for quantum computation[J]. Physical Review A, 1995(52):3457-3467.

(下转第100页)

- [6] 肖寅东,赵辉,王厚军. 基于锁相放大的微弱信号检测电路的前置滤波器设计[J]. 测控技术,2007,26(3):86-88.
- [7] 倪家升,刘统玉,王昌,等. 用于痕量检测微弱信号提取的锁相放大电路设计及实现[J]. 山东科学,2009,22(5):51-53.
- [8] 张国雄. 测控电路[M]. 北京:机械工业出版社,2008:10-11.

Application of Mutual Correlation Analysis in Clamped Grounding Resistance Testing

Yu Weiqing

(Key Laboratory of Conveyance and Equipment of Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper discusses the clamped grounding resistance testing principle based on the signal correlation analysis, focusing on how to extract the weak induced current signal with noise. With reference to the ML2035 signals, the signal processing module with the AD630 lock-in amplifier as the core is established, which realizes lock-in amplification of the ground loop induced current signal, reduces the noise effectively and determines the grounding resistance calculation coefficient by experiments. The results show the circuit structure is simplified and the signal can be got easily since the output signal is DC.

Key words: grounding resistance; mutual correlation; lock-in amplification; AD630

(上接第95页)

- [21] GLENN BEACH, CHRIS LOMONT, CHARLES COHEN. Quantum Image Processing (QuIP)[C]//32nd Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, New York: IEEE Press, 2003: 39-44.
- [22] 周日贵,张满群,吴茜,施洋. 新型BCD加法器及其可逆逻辑实现[J]. 华东交通大学学报,2011,28(4):1-6.

Quantum Gray-Scale Image Processing Based on Quantum Pointer

Ai Jingen¹, Zhou Rigui²

(1. Science and Technology Service Center of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China; 2. School of Information Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In quantum gray-scale image processing, the storage in quantum states is the color information and the position information. According to the advantage of small range of the gray scale in a gray-scale image, this paper proposes and demonstrated a novel storage expression of quantum gray-scale image. Besides, based on the expression, a new concept of “quantum pointer” is put forward. Quantum pointer is the vinculum between the information of gray-scale and position of each pixel in quantum gray-scale images. The paper verifies the feasibility of the proposed quantum pointer and finds it made the storing and other operations of quantum gray-scale image simpler and more convenient with the properties of bi-direction and sub-block.

Key words: quantum image processing; quantum gray-scale image; quantum pointer; quantum gray-scale image storing