

学校编码: 10384
学号: 23320061152635

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于斜坡边缘模型的图像插值方法

An image interpolation method based on ramp edge model

张慧芯

指导教师姓名: 闫敬文教授

专 业 名 称: 信号与信息处理

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2009 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

()2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年 月 日

摘 要

图像插值是数字图像处理中一项重要技术。传统插值算法模型简单，容易实现，它们原理基本相同，即需要找到与输出图像相对应的输入图像点，然后再通过计算该点附近某一像素集合的加权平均值来指定输出像素的灰度值，其他像素点都不考虑；他们之间的区别主要在于点周围像素序列的取法不同。传统插值算法已能达到较好的视觉效果，但是由于它们不能很好地处理图像中剧烈跳变的局部特征，如：边缘、纹理等细节，导致放大图像的边缘细节模糊。

当人们看待一幅重构图像时，对图像质量的主观评价主要受边缘质量的影响，所以有效地保留包含着几何正则性的边缘非常重要。于是越来越多的研究人员提出新的插值方法以较好的保持图像边缘。本文对目前流行的各种方法进行了归类，主要思想有：边缘保持、矢量量化、小波变换、插值核、分形技术以及边缘模型。通过总结和分析各算法的特点和不足，我们提出了基于斜坡边缘模型的图像插值方法。

对灰度图像进行插值时，该算法通过边缘检测算子 canny 把原图像的像素分为平滑区域、强边缘和弱边缘三大类。把放大图像中待插值的像素通过一定关系映射到原图像中，并判断所属的类型，对平滑、强边缘和弱边缘分别采用双线性插值法、基于斜坡边缘模型的插值法和基于边缘保持的插值法，且对放大图像进行修复。对彩色图像进行插值时，关键在于选择合适的颜色空间，本文选择了面向视觉感知且独立于设备的颜色空间—— $CIE L^* a^* b^*$ 。

实验结果证明本文算法能使放大图像的边缘更自然而清晰，取得更好的纹理效果，且在客观评价指标平均梯度上优于传统插值方法、NEDI 和 Jia-Guu Leu 的算法。

关键词：图像插值；斜坡边缘；边缘模型

Abstract

Image interpolation is an important technology in digital image processing. Traditional interpolation algorithm is simple and easily realizable. They had the same basic principal, that's to find an input pixel, weight another pixel nearby, then output the gray-value, taking no account of the others. The difference is the way of getting the pixels around. Traditional interpolation algorithm obtains good visional effect, but they can not process the pixel's local character of tempestuousness jump, such as edges, textures, they can lead to the edge detail to be fuzzy in the enlargement image.

When people view a reconstructed image, the edge quality takes a significant role in subjective evaluation, so keeping the edges including geometry regularity effectively is very important. More and more researchers have proposed new interpolation methods to preserve image's edges. And this paper classifies the popular methods, the main ideas are as follows: edge preserving, vector quantization, wavelet transform, interpolation kernel, Fractal technology and edge model. Through summarizing and analyzing various methods' characters and shortages, this paper proposes an image interpolation method based on ramp edge model.

When interpolating a gray image, the original image's pixels are classified as smooth areas, strong edges and weak edges by edge detecting operator—canny. The pixels of interpolated image are mapped to the original image by some relation, and we judge which type it belongs to. To smooth areas, strong edges and weak edges, we use bilinear interpolation, interpolation method based on ramp edge model and interpolation method based on edge preserving, respectively. Then we reconstruct the enlarged image. When interpolating a color image, the key point is to choose a good color space, and we select CIELA^{*}b^{*}, which is vision-oriented and equipment-independent.

The experiments show that our algorithm can not only make the enlarged image's edges more natural and clearer, but also obtain better texture effects, and outperform traditional methods, NEDI and Jia-Guu Leu's method in term of average grad.

Key words: image interpolation, ramp edge, edge model

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 图像插值的目的与应用	3
1.3 对图像插值方法的评价	4
1.3.1 主观评价标准	5
1.3.2 客观评价标准	5
1.4 本文工作安排	6
第二章 图像插值技术与相关算法	8
2.1 插值的基本定义	8
2.2 国内外研究现状	9
2.3 目前几种常见插值技术	10
2.3.1 传统插值技术	10
2.3.2 基于边缘保持的插值方法	16
2.3.3 基于矢量量化的插值方法	19
2.3.4 基于小波变换的插值技术	20
2.3.5 基于插值核的插值技术	21
2.3.6 分形插值方法	22
2.3.7 基于边缘模型的插值方法	23
2.4 小结	23
第三章 基于斜坡边缘模型的图像插值方法	25
3.1 边缘检测与Canny算子	25
3.1.1 边缘检测	25
3.1.2 Canny算子基本原理	25
3.2 斜坡边缘模型	26
3.3 斜坡边缘模型参数计算	27
3.3.1 梯度幅值和梯度方向 θ 的计算	27

3.3.2 灰度值 I_H 和 I_L 的计算	28
3.3.3 ρ 和 λ 的计算	30
3.4 IIBRED 中的双线性插值和基于边缘保持插值	31
3.4.2 双线性插值 (Bilinear Interpolation)	31
3.4.2 基于边缘保持插值	31
3.5 图像修复	33
3.6 算法实现	33
3.7 仿真实验和结果分析	35
第四章 彩色图像插值	40
4.1 彩色图像概述	40
4.2 颜色空间分析	40
4.2.1 面向设备的颜色空间	40
4.2.2 面向视觉感知的颜色空间	42
4.2.3 颜色空间小结	45
4.3 彩色图像插值	46
4.4 彩色图像仿真实验和结果分析	46
第五章 总结与展望	49
参考文献	51
致谢	55

Contents

Chapter 1 Forewaord.....	1
1.1Background of The Subject	1
1.2 The Purposes and Applications of Image Interpolation.....	3
1.3 The Evaluation of Image Interpolation Method	4
1. 3. 1 Subjective Evaluation Criterion.....	5
1. 3. 2 Objective Evaluation Criterion	5
1.4 Main Works of This Article.....	6
Chapter 2 Image Interpolation and Relative Algorithms	8
2.1 The Definition of Interpolation.....	8
2.2 The Research Status at Home and Abroad	9
2.3 Several Common Interpolation Methods.....	10
2.3.1 Traditional Interpolation Methods	10
2.3.2 Interpolation Based on Edge Preserving.....	16
2.4.3 Interpolation Based on Vector Quantization	19
2.4.4 Interpolation Based on Wavelet Transform.....	20
2.4.5 Interpolation Based on Interpolation Kernel.....	21
2.4.6 Interpolation Based on Fractal Technology	22
2.4.7 Interpolation Based on Edge Model	23
2.5 Summary.....	23
Chapter 3 Image Interpolation Based on Ramp Edge Model	25
3.1Edge Detecting and Canny Operator	25

3.1.1 Edge Detecting.....	25
3.1.2 Basic Theory of Canny Operator	25
3.2 Ramp Edge Model.....	26
3.3 Calculation of Model's Parameters	27
3.3.1 Calculation of Grads Magnitude and Direction.....	27
3.3.2 Calculation of Gray Value I_H and I_L	28
3.3.3 Calculation of ρ and λ	30
3.4 Bilinear Interpolation and Edge Preserving in IIBRED	31
3.4.1 Bilinear Interpolation.....	31
3.4.2 Interpolation Based on Edge Preserving.....	31
3.5 Image Reconstruction.....	33
3.6 Algorithm Realization.....	33
3.7 Experiment and Result Analysis.....	35
Chapter 4 Colour Image Interpolation	40
4.1 Summary of Colour Image.....	40
4.2 Analysis of Colour Spaces	40
4.2.1 Colour Space of Equipment-oriented.....	40
4.2.2 Colour Space of Vision-oriented.....	42
4.2.3 Summary of Colour Spaces	45
4.3 Colour Image Interpolation	46
4.4 Colour Image Experiment and Result Analysis	46
Chapter 5 Conclusion and Expectation	49

References 51

Acknowledgement 55

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

1.1 研究背景

随着计算机技术、现代通讯技术、网络技术和信息处理技术的高速发展，在人类社会进入信息时代的今天，人们对图像信息的需求也越来越迫切。图像通常是来源于自然景物等客观事物，其原始的形态是连续变化的模拟量。当图像以数字形式进行处理和传输时，由于具有质量好、成本低、小型化和易于实现等优点，图像的的这种存储和传输格式已经成为该领域当前和未来的主要发展趋势。

随着数字时代的发展，需要将这些图像输入到计算机中，并在计算机中存储、处理，在网络中传输，从计算机中输出。例如人们为了纪念生活中美好的瞬间拍摄的照片，或者从太空传回的记录大气和地面信息的卫星照片，为了广告宣传需要制作，打印长宽几十米的海报。而目前的图像数字化输入设备，扫描仪，数字相机，等等都是通过采样图像上的微小区域，产生对应的像素点，从而形成一个点阵化的图像数据。即对于固定的图像输入条件，和固定的图像而言，可以获取的数据量是相对固定的。

可是，很多情况下，例如为了纪念生活中美好的瞬间需要将拍摄的照片放大后挂在墙上，为了观察细节需要将太空传回的记录大气和地面信息的卫星照片放大，为了广告宣传需要将一张小小的胶片剧照制作、打印成长宽几十米的精致的海报，经常需要将图像进行插值放大。这时就带来了一个问题。图像的插值首先意味着这个记录图像数据量的增加。那么，如何从原图得出需要的数据呢？

这里将图像放大的起点定位为输入后的数字化图像，也就是将之作为原始图像。也就是研究图像插值技术的起点。显然由于原始图像是点阵化的，可以说，原始图像和需要插值放大的图像所需要的数据量是不相等的。为了放大图像，需要更多的数据量。例如当图像上只有一个点时的极端情况，如果要将此图像放大为原来的2倍，只是需要复制4个像素点就可以了。可是图像上有如下相邻的4又4个点，当要将图像放大为原来的2倍的时候，那么右边的矩阵的值“应该”是多少呢。而事实上所处理的图像远远比此复杂的多。这是一个数据补充问题，从这个角度讲有时图像复杂反而意味着可以利用的信息量更多。

				3	?	4	?	8	?	7
				?	?	?	?	?	?	?
				4	?	7	?	5	?	6
				?	?	?	?	?	?	?
				7	?	6	?	9	?	5
				?	?	?	?	?	?	?
				4	?	6	?	5	?	1
3	4	8	7							
4	7	5	6							
7	6	9	5							
4	6	5	1							

图 1.1 图像放大的数据填充示意图

如何补充不足的数据呢?图 1.1 中右边的矩阵的值是多少呢?没有办法给出唯一的确定的解, 因为无法建立一个映射。

在设计和实现数字化图像处理的运算方案时有两种观点:离散的观点和连续的观点。

一方面, 人们可以把数字图像看成离散采样点的集合(实际情况也是如此), 每个点具有其各自的属性。这样, 处理运算就是对这些离散单元的操作。处理是对每个像素进行处理进行的。

另一方面, 人们感兴趣的图像通常源自物理世界, 它们可用连续函数很好的描述。基于这种考虑, 图像及其内容经常可由连续函数来更好的描述。这样, 当对一个整数阵列进行操作时, 人们可以以为他正在进行的处理步骤实际上是对暂时用数字图像表示的连续函数做的。

尽管数字图像是以离散为基础的, 但由于图像所对应的景物中的物体及成像的设备用连续函数能更好的表示, 另一方面, 本质上是用离散的技术来处理连续世界的图像, 同时从信息表示的角度看, 采用连续的观点才可能找到信息补充的途径, 所以, 在图像放大过程将坚持连续的观点。

目前, 已经完全实用化的数字图像放大技术主要是内插值放大方法, 包括最近邻插值, 双线性插值, 双平方插值, 双立方插值, 其他高阶方法。由于最近邻插值和双线性插值放大质量不好, 容易出现锯齿, 所以一般在要求高的场合下不采用。而高阶方法, 由于运算量大一般多不采用。折衷的方法是双平方插值和双立方插值,

由于以上方法的实质是“低通滤波器”，所以会使图像不同程度的细节产生退化。在增强图像平滑效果的同时丢失了高频信息。而有时这些细节信息恰恰是非常重要的信息，所以如何保证平滑效果的同时尽可能保留细节信息无疑是非常有价值的。

同时，随着新的图像处理方法的出现，如小波、分形、编码、模式识别等新理论在图像领域的应用，也出现了一些可能应用到图像插值中的技术思想。本文旨在分析图像插值的各种新技术并提出基于斜坡边缘模型的图像插值方法。

1.2 图像插值的目的与应用

自从有了计算机图形学和图像处理，就有了图像插值。所谓图像插值就是一个图像数据再生的过程，即由原始具有较低分辨率的图像数据再生出具有更高分辨率的图像数据^[1]。图像插值是图像处理中重采样过程的第一个重要组成部分，能把一个离散的矩阵转换成一幅连续的图像，而重采样广泛用于离散图像处理中以改善图像质量，例如：在显示设备上或在编码过程丢弃一些像素或帧而在解码时又要通过现有信息再生的有损压缩中，因而图像插值在图像处理中占据着特殊位置^[1]。图像插值包括图像内的插值(如应用于图像放大)和图像间的插值(如应用于序列切片之间的插值)。本文讨论的主要是图像放大，即根据一幅较低分辨率的图像转化成一幅较高分辨率的图像。图像插值的直接后果是由粗糙的图像变为精细的图像。

我们可以采用两种方法来提高分辨率：提高传感器的质量和设计一些有效的插值算法。前者关系到硬件技术和经济因素，后者通过一种合适的放大算法来提高分辨率，事实也证明了它在很多领域取得了重要的成果。比如：(1)在遥感方面，卫星图像的分辨率越高，识别军事目标的可能性就越大、准确度越高，对军事和国防事业具有重要的意义，但是由于硬件性能的限制，航空照片或卫星照片往往达不到所需的分辨率。若从硬件上改进需要付出较昂贵的代价，而采用图像插值技术来提高图像的分辨率，从软件方面弥补硬件的不足，有很大的实际意义；(2)在数字医学领域中，往往希望根据断层图像重建物体的三维形状，建立虚拟的器官和组织，以便进行医学分析和诊断。一般而言，断层图像的层间分辨率较低，即层与层之间的差距较大，于是要通过算法根据已有的层片计算出新的层片，而且在诊断和治疗时，对获取的医学图像经常要进行放大或旋转，这时插值方法和某些系统一起实现计算机辅助诊断；(3)在视频传输中，为了有效利用有限的带宽，可以传输低分辨率的视频流，然后在接收端使用图像插值算法获得高分辨率的视频流；(4)在图像恢复时，

一些已经被损坏的图像，如身份证上的照片存在污损，可使用图像插值技术来对图像进行重建和恢复；(5)在大多数的视频监控中，摄像头的位置通常离目标物体非常远，因此目标物体图像通常比较小，以至于难以对目标物体图像进行识别。为了更好的识别它们，可以先对它们进行插值放大，从而使识别成为可能；(6)对于侦查卫星，卫星图像的分辨率和清晰度越高，识别军事目标的可能性越大、准确度越高，对军事和国防事业具有重要的意义 (7)在图像采集、传输和显示的过程中，不同的显示设备有着不同的分辨率，需要对视频序列进行降采样和插值；(8)在高清晰度电视、数字投影仪、图像打印驱动程序以及通常的图像的编辑和处理软件方面通常要用到插值技术；(9)对CCD和CMOS彩色图像传感器获取的原始图像也要进行插值。

通常，图像采集时所用的分辨率和图像处理所需要的分辨率并不相同。这是因为图像采集时还不清楚后继处理需要怎样的分辨率；也可能因为图像采集的设备不能达到后继处理所需要的分辨率；还可能因为受采集时间的限制等原因。因此，在图像的显示、处理和分析中，需要使用插值来获得所需分辨率的图像。

1.3 对图像插值方法的评价

由于数字图像和人的视觉本身的特点，使得在评判图像时产生了两种评判标准（又称保真度准则）：主观评价标准，客观评价标准。这两种标准是互相依赖，互相影响的。

1.3.1 主观评价标准

图像插值的目的就是提高图像的视觉效果，而人眼对于图像的清晰度是比较敏感的。第一：看边缘是否产生了锯齿，缩小图像时，看是否有干扰条纹，边缘是否平顺；第二：边缘是否清晰；第三：过渡带的层次感细节感怎么样。这种方法就是通过人来观察图像，对图像的优劣做出主观评定，然后对评分进行统计平均得到评价结果。这种评价出的图像质量与观察者的特性及观察条件等因素有关。为了得到对图像的较好的主观评价，在保证测试条件尽可能与使用条件相匹配的前提下，通常在选择观察者方面要考虑以下几个方面：

- 1) 观察者既要有未经过训练者，同时也考虑有一定经验者；
- 2) 参加评分的人员至少要有 20 名。

在图像质量的主观评价方法中有国际上通行的 5 级评价的质量尺度和妨碍尺度两种方法，如表 1.1 所示。它是基于观察者根据自己的经验，对被评价图像做出质

量判断，在有些情况下，也可以根据一组标准图像来帮助观察者对图像质量做出合适的评价，一般来说，对非专业人员多采用质量尺度，对专业人员则使用妨碍尺度为宜^[2]。

表 1.1 两种尺度的图像 5 级评分

得分	质量尺度	妨碍尺度
5	非常好	无觉察
4	好	刚觉察
3	一般	觉察但不讨厌
2	较差	讨厌
1	差	难以观看

1.3.2 客观评价标准

尽管质量的主观评价是最权威的方式，但是在一些研究场合，或者由于实验条件的限制，也希望对图像有一个定量的客观描述。

(1) 复杂度

复杂度是评价算法优劣的一个重要标准，算法的复杂度是指在整个运算过程中所需要的加法和乘法次数。到目前为止，各种应用领域对图像插值方法的选择一般根据特定的需要在算法和插值图像质量之间取得平衡，在插值过程中根据所需的插值效果选择具有合适复杂度的插值方法。

(2) 峰值信噪比 (PSNR)

另一种客观评价方法，即拿一幅图像先按一定比例缩小，然后用被评价的图像放大方法将此图像放大到原始大小，最后定量分析放大图像与原始图像之间的差别，最常用的是峰值信噪比 (PSNR)。PSNR 是“Peak Signal to noise Ratio”的缩写。Peak 的中文意思是顶点，而 ratio 的意思是比率或比列。整个意思就是到达噪音比率的顶点信号，PSNR 是一般用于最大值信号和背景噪音之间的一个工程项目，为了衡量经过处理后的影像品质，我们通常会参考 psnr 值来认定某个处理程序够不够令人满意。PSNR 值定义如下：给定一幅大小为 $M \times N$ 的数字化图像 $f(x, y)$ 和参考图像 $f_0(x, y)$ ，则图像 f 的 PSNR 为：

$$PSNR = 10 \lg \frac{f_{\max}^2}{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - f_0(x, y)]^2} \quad (1.1)$$

其中, f_0 和 f 分别表示原始图像和放大后的图像, f_{\max} 是函数 $f(x, y)$ 的最大灰度值, M 和 N 表示图像的长和宽。 $PSNR$ 值越大, 就代表失真越少。

(3) 平均梯度值

$PSNR$ 是使用最普遍, 最广泛的客观量测法, 不过许多实验结果都显示, $PSNR$ 的分数无法和人眼看到的视觉品质完全一致, 有可能 $PSNR$ 较高者看起来反而比 $PSNR$ 较低者差。这是因为人眼的视觉对于误差的敏感度并不是绝对的, 其感知结果会受到许多因素的影响而产生变化 (例如: 人眼对空间频率较低的对比差异敏感度较高, 人眼对亮度对比差异的敏感度较色度高, 人眼对一个区域的感知结果会受到其周围邻近区域的影响)。而且在图像放大过程中, 人们更加关注的是图像细节的变化, 在这些方面上看来, 用平均梯度值 (Average Gradient) 来评价图像放大质量的好坏更加合适^[2], 本文即采用这种评判标准。平均梯度 T 定义为:

$$T = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sqrt{(\Delta I_x^2 + \Delta I_y^2) / 2} \quad (1.2)$$

其中, M 和 N 分别是图像的长和宽, 并且有

$$\Delta I_x = f(i+1, j) - f(i, j) \quad (1.3)$$

$$\Delta I_y = f(i, j+1) - f(i, j) \quad (1.4)$$

平均梯度有敏感反映图像对微小细节反差和纹理变化特征的表达能力, 同时也能反映图像的清晰程度。

1.4 本文工作安排

本研究工作主要是在分析传统插值算法不足的基础之上, 对近年来新提出的各种新插值算法进行了研究, 重点了解了基于边缘模型的插值算法, 并进行了改进。

本论文的第一章是绪论, 介绍了研究背景, 图像插值的目的和应用以及评判标准; 第二章阐述了插值的基本定义, 主要对国内外插值技术发展现状以及目前的一些流行的图像插值算法的特点进行了比较分析; 第三章是本文的重点, 分析了本文提出的基于斜坡边缘模型的图像插值方法的原理、具体算法以及对实验结果进行了

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库