第 38 卷 第 4 期
Vol.38 No.4

计 算 机 工 程
Computer Engineering

2012 年 2 月
February 2012

• 图形图像处理 •

文章编号：1000—3428(2012)04—0194—02 文献标识码：A 中图分类号：TP391

基于 Sobel 算子和均匀插值的非线性缩放算法

陈 锋，沈庆宏

(南京大学电子科学与工程学院，南京 210093)

摘 要：针对图像缩放后产生的图像畸形与拉伸问题，提出一种基于 Sobel 算子和均匀插值的非线性缩放算法。通过图像能量区分出图像强势区域和弱势区域，在保护强势区域的同时，对弱势区域进行非线性均匀插值缩放。实验结果表明，该算法可解决图像缩放时主体区域产生的畸变问题，保证边缘区域的平稳过渡。

关键词：非线性缩放；图像梯度；均匀插值；强势区域；弱势区域

Non-linear Scaling Algorithm Based on Sobel Operator and Uniform Interpolation

CHEN Feng, SHEN Qing-hong

(School of Electronic Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

【Abstract】To solve the image defects and image stretching generated by image scaling, a non-linear scaling algorithm based on Sobel operator and uniform interpolation is proposed in this paper. It uses gradient energy to distinguish the strong regions and the weak regions. Non-linear uniform interpolation scaling algorithm is used in weak regions, while it preserves those strong regions. Experimental results show that the algorithm can solve the problem of the main parts distortion generated by image scaling, and ensure a smooth transition between the region edges.

【Key words】non-linear scaling; image gradient; uniform interpolation; strong region; weak region

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.04.063

1 概述

在图像应用中，为使同一幅图像适应不同的显示要求，常常需要对该图像进行幅型比变换[1-3]。目前，常用的幅型比变换方法可分为 2 类：(1)无图像失真的方式，通过损失部分内容或浪费部分屏幕资源，如贴黑边、裁剪和移位[4-5]；(2)引起图像失真的方式，如线性变换和非线性变换的方式。线性变换是利用插值算法直接变换图像的宽高比，以达到显示的要求。但是，当水平和垂直方向缩放比例不同时，使用线性缩放会使图像拉伸、变形，有明显的失真。

针对上述问题，研究者们提出了非线性变换的方法。文献[6]提出基于中心区域的非线性缩放方法，以图像中心为主景区，使用可变缩放因子进行主景区到非主景区的过渡来减少失真。但是对于主体并不位于中心区域的图像，该方法很可能造成更大的失真。文献[7]提出基于彩色图像的势能，区分图像的强势区域和弱势区域，在保留强势区域的同时，对弱势区域进行线性插值。这种方法保护了图像的重要特征，但由于缩放系数的突变，在边缘区域很可能造成失真。为此，本文提出一种基于 Sobel 算子和均匀插值的非线性缩放算法。

2 基于 Sobel 算子和均匀插值的非线性缩放算法

2.1 梯度法与区域分割

如果需要突出图像的边缘纹理信息，可以通过锐化滤波器实现，它可以增强图像中物体的边缘轮廓并减弱图像的低频分量，使得除边缘以外的像元的灰度值趋向于 0。本文算法采用的锐化滤波方法为梯度法[8]。对于一幅图像 $f(x,y)$，其梯度可以表示为：

$$\boldsymbol{G}[f(x,y)]=\left[\frac{\partial f}{\partial x},\frac{\partial f}{\partial y}\right]^{\mathrm{T}} \tag{1}$$

$\boldsymbol{G}\left[f(x,y)\right]$是一个矢量，它指向 $f(x,y)$ 的最大变化率方向，其模(梯度的幅度)可表示为：

$$G_M\left[f(x,y)\right]=\sqrt{(\frac{\partial f}{\partial x})^2+(\frac{\partial f}{\partial y})^2} \tag{2}$$

式(2)中的微分运算在数字图像中一般采用差分形式，本文算法运用的梯度差分法为 Sobel 边缘算子[9]。Sobel 边缘算子计算垂直方向和水平方向的灰度差，然后再将这 2 个方向的所得组合起来形成边缘强度。其垂直方向和水平方向的模板如下：

(1) x 方向算子为：

$$\begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 0 & 0 & 0\\ -1 & -2 & -1\end{bmatrix}$$

(2) y 方向算子为：

$$\begin{bmatrix}1 & 0 & -1\\ 2 & 0 & -2\\ 1 & 0 & -1\end{bmatrix}$$

采用上述 Sobel 算子，梯度可表示为：

$$\begin{aligned}G_M\left[f(x,y)\right]=&\left|f(x-1,y-1)+2f(x-1,y)+f(x-1,y+1)-\right.\\ &f(x+1,y-1)-2f(x+1,y)-\left.f(x+1,y+1)\right|+\\ &\left|f(x-1,y-1)+2f(x,y-1)+f(x+1,y-1)-\right.\\ &\left.f(x-1,y+1)-2f(x,y+1)-f(x+1,y+1)\right|\end{aligned} \tag{3}$$

作者简介：陈 锋(1987－)，男，硕士研究生，主研方向：图像处理，嵌入式系统开发；沈庆宏，副教授、博士

收稿日期：2011-07-29 **E-mail：**chenfhsh@yahoo.com.cn

常用的彩色图像颜色模型有 RGB、HIS、HSV，它们都有 3 个分量。彩色图像的梯度公式为：

$$T_p(x,y)=k\sum_{i=1}^{3}G_M\left[f(x,y)\right]\cdot h_i \tag{4}$$

其中，$T_p(x,y)$ 为图像像素点，3 个分量的梯度总和；k 为权系数；h_i 为 3 个分量的权重。计算出梯度后，产生梯度图像最简单的方法就是将 $T_p(x,y)$ 赋予图像中对应的点，公式为：

$$F(x,y)=T_p(x,y)$$
$$x=0,1,\cdots,m-1;\ y=0,1,\cdots,n-1 \tag{5}$$

由式(5)可得到图像的梯度差分图。

800×600 像素的原始图像如图 1 所示，其梯度差分图像如图 2 所示。

图 1　原始图像

图 2　梯度差分图像

每幅图像的梯度差分图都反映其能量，对于灰度变化较大部位，具有较大的梯度值，从而被反映成白色；相反灰度变化缓慢或相同区域，其梯度值较小甚至为 0，在图中接近于黑色。以图像在 x 轴横向缩放为例，梯度差分图列能量累加和公式为：

$$E_x(x)=\sum_{i=1}^{n}T_p(x,i);\ x=0,1,\cdots,m-1 \tag{6}$$

由此得到图像能量分布示意图如图 3 所示。

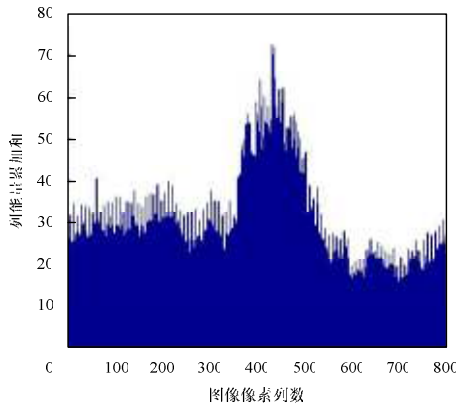

图 3　图像能量分布示意图

从图 3 中可以看到，能量形成了波峰和波谷部分，波峰可以认为是强势区域，在图像缩放时需要对其保护；而波谷是弱势区域，在图像缩放时，采用非线性均匀插值算法对其进行处理。

2.2　非线性均匀插值缩放

对于弱势区域，本文采用非线性均匀插值算法进行处理，算法的关键是选取合适的缩放函数。针对算法的复杂度和计算量的大小，非线性缩放函数可以简单地选取为：

$$T=\sum t=\sum(kx+1) \tag{7}$$

其中，x 表示原图中某个像素点；t 是相应的 x 对应的变换后的像素数；T 为全部 x 变换后目标图像中的像素数。

以图像横向放大为例，原始图像在某条 x 轴上有 m 个点，目标图像在该 x 轴上放大为 n 个点，则式(7)变化为：

$$n=\sum_{0}^{m-1}(kx+1)=k\frac{m(m-1)}{2}+m$$

由此就可计算出 k 的值，从而可知相应的 x 对应的 t 的值。非线性均匀插值算法计算过程如图 4 所示，其中，m=3，n=7，可得到 k=4/3。相应地，当 x=0 时，t=1；当 x=1 时，t=4/3+1=7/3；当 x=2 时，t=8/3+1=11/3。

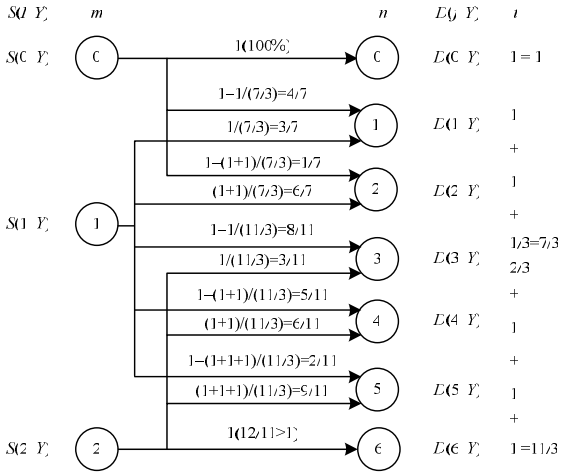

图 4　非线性均匀插值算法的计算过程

图 4 演示了非线性均匀插值算法从 3 个像素放大到 7 个像素时的运作过程，其均匀插值的思想体现为当放大倍数为 t 时，该原像素 x 在相关的第 1 个目标像素中所占的比重为 $1/t$，目标像素剩余的$(1-1/t)$部分则由前一个原像素填补；在第 2 个目标像素中所占的比重为$(1+1)/t$，如此下去，当$(1+1+\cdots+1)/t>1$ 时，这个目标像素只需复制 x 就行。

3　实验结果与分析

采用本文算法将图 1 横向放大 2 倍，得到如图 5 所示的效果，尺寸为 1 600×600 像素。可以看出，相比于原图，甲虫这关键区域并没有被拉伸，且图像拉伸后过渡平稳。

图 5　本文算法的放大效果

基于中心区域的非线性缩放算法横向放大 2 倍的效果见图 6。传统双线性插值算法横向放大 2 倍的效果见图 7。

图 6　基于中心区域的非线性缩放算法的放大效果

图 7　传统双线性插值算法的放大效果

(下转第 198 页)