

# 基于数码相机的图象数字变焦(视图插补)算法

王博

王惠祥

(佛山企业博士后工作站,暨南大学,广州 519000) (广东星光机电有限公司,广东 528031)

潘泉 张洪才

(西北工业大学博士后流动站,西安 710072)

**摘要** 相邻像素之间的相关是图象数字变焦(视图插补)、图象平滑及滤波处理的理论基础。为此以图象的相关系数为量化参数,讨论了像素的空间和灰度相关性;定义了像素的空间距离和灰度距离,并在此基础上构造了基于空间相关和灰度相关的邻域变焦(插值)算子,给出了该算子的高散算法、软件实现和仿真。仿真结果表明:该算法最大限度地减小了图象的几何失真和色彩失真,可满足数码相机数字变焦的视觉要求。本算法已应用于i.Photo系列数码相机。

**关键词** 数字变焦 相关 灰度距离

**中图分类号:** TN713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2002)02-0187-03

## Image Digital Zoom (View Interpolation) Algorithm with Digital Still Camera

WANG Bo<sup>1)</sup>, WANG Hui-xiang<sup>2)</sup>, PAN Quan<sup>3)</sup>, ZHANG Hong-cai<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(Foshan Post Doctor Work Station, Fushan 52800)

<sup>2)</sup>(Guang Dong Xingguang Mechanical & Electronic Co., Ltd., Guangdong 528031)

<sup>3)</sup>(Northwestern Polytechnical University (Multi-Target Tracking Research Center), Xi'an 710072)

**Abstract** As the most important technology bass of information industry, digital image processing technology has been entering into a brilliant developing era in theory and application under the drive of internet and media application. A variety of algorithms and products have come forth, growing or disappearing out of competition in marketing. Image digital zoom (view interpolation) is one of the most important image processing technology for digital still camera, which is used to improve the vision resolution and to satisfy demands out of some special processing algorithms. The correlativity theory is the base of image digital zoom (view interpolation), smoothing and filtering. The spatial and gray correlativity between pixels are studied in the respect of the correlative coefficient, and the spatial distance and gray distance are defined. Based on these results, the digital zoom (view interpolation) and its discrete algorithm are constructed. The emulation result shows that the algorithm is available and efficient in digital still camera zoom function for its least distortion in color and geometry. The discrete algorithm has been used in I. Photo serial digital still camera.

**Keywords** Digital zoom, Correlation, Gray distance

## 0 前言

图象数字变焦是基于图象像素相关的图象插补

算法<sup>[1]</sup>,其主要目的在于提高图象的视觉分辨率(而非图象的信息量),实质是基于原图象的像素位置和灰度的内插<sup>[2]</sup>。作为一种图象处理技术,其广泛应用于数码相机中。常规的图象内插技术往往产生较大

基金项目:佛山市科技发展专项基金(0003015D)

收稿日期:2000-12-18;改回日期:2001-06-18

的几何和色彩失真,表现为具有规则几何图案的图象经过插值而产生几何畸变或在图象的边缘处产生不规则色斑<sup>[3,4]</sup>。

本文提出了一种基于数码相机的图象数字变焦(图象插值)处理算法,该算法已应用于 i. photo (100A、200A、300A) 系列的 CIF 和 VGA 数码相机中。

### 1 图象的空间和灰度相关性

图象中相邻像素高度相关<sup>[3]</sup>。定义图象的自相关系数为<sup>[4]</sup>

$$\rho = \frac{E\{[f_0(i,j) - m] \cdot [f_1(i,j) - m]\}}{\sigma^2} = \frac{E\{f_0(i,j) \cdot f_1(i,j)\} - m^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

式中,  $f_0(i,j)$  为原图象,  $f_1(i,j)$  为  $f_0(i,j)$  平移某一间隔而形成的图象,  $m$  和  $\sigma$  分别为图象  $f_0(i,j)$  的灰度均值和方差,且有

$$m = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_0(i,j) \quad (2)$$

$$\sigma^2 = E[f_0(i,j) - m]^2 = E[f_0(i,j)^2] - m^2$$

设  $f_1(i,j)$  对  $f_0(i,j)$  的偏移为  $\tau$ , 令

$$f_1(i,j) = f_0(i,j + \tau) \quad (3)$$

$$f_1(i,j) = f_0(i + \tau, j)$$

那么根据上式,可计算图象的自相关系数。表 1 为图版 1 图 1 在  $\tau=0\sim 6$ pixels 时的自相关系数,可以看出,一维相关系数随像素间隔增加,按指数规律衰减。

表 1 不同  $\tau$  下的自相关系数

	0	1	2	3	4	5	6
$\rho$	1	0.9704	0.9431	0.9033	0.8666	0.8329	0.8041

令  $\tau=1$ pixels, 则图象在垂直和水平方向相邻像素的差值图象为

$$D(i,j) = f_0(i,j) - f_1(i,j) \quad (4)$$

对于一般图象,其  $D(i,j)$  满足 Laplace 分布。

由表 1 和图版 1 图 1 可以看出,相邻像素之间的差值主要集中在零或绝对值小的亮度范围,差值分布基本满足 Laplace 分布

$$P(d) = \frac{1}{\sqrt{2} \sigma_d} \exp\left[-\frac{\sqrt{2}}{\sigma_d} |d|\right] \quad (5)$$

其中,  $d$  为像素空间距离,  $\sigma_d$  为差值信号均方根。

图象的灰度差分布有和空间相关相似的分布特征,即像素之间灰度差值也具有 Laplace 分布的形式

$$P(q) = \frac{1}{\sqrt{2} \sigma_q} \exp\left[-\frac{\sqrt{2}}{\sigma_q} |q|\right] \quad (6)$$

其中,  $q$  为像素灰度距离, 定义为

$$q = |f(i,j) - f(x,y)| \quad (7)$$

根据上述分析,对一般图象可作如下假定:

(1) 像素间的相关性随像素间空间距离的增大而减弱;

(2) 像素间的相关性随灰度差的增大而减弱。

设像素  $(x,y)$  的邻域为  $R$ 。对  $\forall (i,j) \in R$  定义像素  $(x,y)$  对像素  $(i,j)$  的空间距离  $L(i,j;x,y)$  和灰度距离  $G(i,j;x,y)$  分别如下

$$L(i,j;x,y) = \sqrt{(x-i)^2 + (y-j)^2} \quad (8)$$

$$G(i,j;x,y) = |f(x,y) - f(i,j)|$$

### 2 数字变焦(图象插值)算法及实现

数字变焦是基于图象的空间和灰度相关而实现的一种图象增强算法,目的在于提高图象的视觉分辨率。根据上节分析,构造基于空间相关和灰度相关的邻域变焦(插值)算子如下

$$\hat{f}(x,y) = \frac{\sum_{i,j \in R} f(i,j) e^{-(k_1 L(i,j;x,y)^2 + k_2 G(i,j;x,y)^2)}}{M} \quad (9)$$

式中,  $k_1, k_2$  为空间相关和灰度相关的调制系数,且  $k_1, k_2 > 0$ , 当  $k_1, k_2$  较大时,算子有较强的保留细节的能力。

数码相机所产生的图象为以 R、G 和 B 为分量的 RGB 矢量矩阵。数字变焦即实现  $Y=(r,g,b)$  到  $\bar{Y}=(\bar{r},\bar{g},\bar{b})$  的映射,其中,  $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$  分别定义为

$$\bar{r}(x,y) = \frac{\sum_{i,j \in R} r(i,j) e^{-(k_1 L(i,j;x,y)^2 + k_2 G(i,j;x,y)^2)}}{M}$$

$$\bar{g}(x,y) = \frac{\sum_{i,j \in R} g(i,j) e^{-(k_1 L(i,j;x,y)^2 + k_2 G(i,j;x,y)^2)}}{M} \quad (10)$$

$$\bar{b}(x,y) = \frac{\sum_{i,j \in R} b(i,j) e^{-(k_1 L(i,j;x,y)^2 + k_2 G(i,j;x,y)^2)}}{M}$$

### 3 数字变焦算法的软件实现

数字变焦算法如下:

$m=n+1; //n$  变焦系数

Width1=(Width/n)m+(Width%n); //Width, Height 为

原图象参数

Height1 = (Height/n) m + (Height%n); // Width1,

Height1 为变焦图象参数

行循环

ii = (i/n)m + i%n;

列循环

jj = (j/n)m + j%n;

RData1[ii][jj] = RAW[i][3j];

GData1[ii][jj] = RAW[i][3j+1];

BData1[ii][jj] = RAW[i][3j+2];

END

END

行循环

列循环

$RData1[i][j] = \frac{1}{2}(RData1[i-1][j] + RData1[i+1][j]);$

$GData1[i][j] = \frac{1}{2}(GData1[i-1][j] + GData1[i+1][j]);$

$BData1[i][j] = \frac{1}{2}(BData1[i-1][j] + BData1[i+1][j]);$

END

END

利用上述算法,可实现  $X_2 \sim X_0$  间的任意数字变焦。

## 4 算法仿真

图版 I 中图 2、图 3 为 CIF 和 VGA 图象数字变焦的仿真图象。

由仿真图象可以看出,本算法较好的保留了图象的边缘和细节,同时,不产生几何失真。

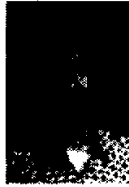
## 5 结 语

数字变焦是基于数码相机的主要图象处理算法之一,主要目的在于在保持原图象信息的前提下,增强图象的视觉分辨率,满足某些后期图象处理与制作的特殊要求,图象中象素的相关性是该算法的理论基础。

本文以图象的相关系数为量化参数,讨论了象素的空间和灰度相关性,定义了象素的空间距离和灰度距离,并在此基础上构造了基于空间相关和灰度相关的邻域变焦(插值)算子,给出了该算子的高散算法和软件实现。仿真结果表明:该算法有较强的保留图象细节和边缘的能力,同时不会对图象产生几何和彩色失真且计算简单,便于软件实现,本算法已应用于 i. photo 系列数码相机。

## 参 考 文 献

- 1 吴福朝等. 与视点相对应的视图插补[J]. 中国图象图形学报, 1999,4(12):1034~1037.
- 2 Werner Hersch R D. Rendering real-world objects using view interpolation[A]. In Proc 5th Conf. Computer Vision[C],1995: 957~962.
- 3 崔屹. 数字图象技术与应用[M]. 北京:电子工业出版社,1997.
- 4 王润生. 图象理解[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1995.



王 博 1966 年生,博士,西北工业大学博士后流动站及佛山企业博士后工作站博士后研究人员,现为暨南大学珠海学院副教授,研究方向为数字图象处理。



王惠祥 1961 年生,高级工程师,现任广东星光机电股份有限公司副总经理。多年来一直从事计算机多媒体产品的研发与生产工作。



潘 泉 1961 年生,博士,现为西北工业大学教授、博士生导师,研究生院副院长。研究方向为数字图象处理、机动多目标跟踪、数字图象处理。曾承担国家自然科学基金 2 项,国防科学预研项目多项。



张洪才 1937 年生,硕士,现为西北工业大学教授、博士生导师,机动多目标跟踪研究中心主任,自动控制研究所所长。研究方向为数字图象处理、机动多目标跟踪、自动控制理论与应用。



图1 复原结果图

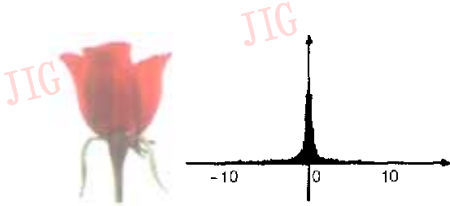


图2 分层例子图



图3 边缘检测示例

王博等:基于数码相机的图象数字变焦(视图插补)算法



(a) 原图象 (b) 图象的空间相关分布直方图

图1 图象的空间相关分布直方图



(a)原图象 (b)1/4 变焦结果 (c)1/3 变焦结果 (d)1/2 变焦结果  
(640 × 480) (800 × 600) (960 × 720) (1280 × 960)

图2 图象(a)的数字变焦结果



(a) 原图象 (b)1/4 变焦结果 (c) 1/3 变焦结果 (d) 1/2 变焦结果  
(352 × 288) (469 × 384) (528 × 432) (704 × 576)

图3 图象(a)的数字变焦结果