

在 MATLAB 语言环境下基于小波变换的图像处理^①林宏裔^② 孔 亮

(北京铁路电气化学校 教育研究室, 北京 102202)

摘 要: 小波变换是近十几年发展起来的, 它集数学、信息处理于一体, 在图像处理中起着重要作用。本文简单介绍了基于小波变换的图像分解与重构, 在此基础上讨论了 MATLAB 语言环境下图像压缩和图像融合的基本方法。实验结果表明: 基于小波变换的图像处理具有理想的效果。

关键词: 小波变换; MATLAB 小波分析工具箱; 图像压缩; 图像融合

中图分类号: TP391 **文献标识码:** **文章编号:** 1008-8709(2003)-02-0060-05

小波变换在近十几年来得到迅速的发展, 是被广泛应用于图像处理、语言分析和数据压缩等众多领域的一种数学工具, 是继十九世纪 Fourier 变换之后在数学领域里的一个重大突破, 对现代应用技术的发展产生了深远影响。

一般来说, 小波变换在图像处理中主要应用在以下几个方面: 图像的分析、图像压缩、图像消噪、图像融合等。

MATLAB 是 matrix 和 laboratory 两个英文单词各自前三个字母的缩写组合, 意思是“矩阵实验室”, 是美国 MathWorks 公司于 20 世纪 80 年代推出的一种以矩阵为基本编程单元的高效数值计算语言。它的基本功能包括: 数值计算、符号计算、图形处理及可视化和可视化建模及动态仿真等。MATLAB 语言其特点是以矩阵计算为基础的程序设计语言, 语法规则简单易学, 用户不用花太多时间即可掌握其编程技巧。其指令格式与教材中的数学表达式非常相似, 用 MATLAB 编写程序如同在便笺上列写公式与求解, 因此被称为“便笺式或演算纸上”的编程语言。此外, MATLAB 语言提供了丰富的数学函数库和种类繁多且功能完备的工具箱。本文旨在阐述如何使用 MATLAB 的小波分析工具箱(wavelet toolbox)进行图像处理的技术和方法。

1 小波变换

1.1 分析小波

设 $\Psi \in L^2 \cap L^1$, 且 $a \in R - \{0\}$, $b \in R$, 则按如下方式生成的函数族 $\{\Psi_{a,b}(t)\}$:

$$\Psi_{a,b}(t) = |a|^{-\frac{1}{2}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

称为分析小波或连续小波。 $\Psi(t)$ 称为基本

小波或母小波(Mother Wavelet)。其中 a 是尺度参数, b 是时移参数。改变 a 的值, 对函数 $\Psi_{a,b}(t)$ 具有伸展和收缩的作用, 即 $|a| \neq 1$ 时 $\Psi_{a,b}(t)$ 伸展, 反之 $|a| = 1$ 时 $\Psi_{a,b}(t)$ 收缩。改变 b 的值, 对函数 $\Psi_{a,b}(t)$ 具有平移的作用。小波 $\Psi(t)$ 的选择既不是惟一的, 也不是任意的。这里 $\Psi(t)$ 是归一化的具有单位能量的解析函数, 它应满足如下两个条件:

1) 定义域应是紧支撑的(Compact Support), 即在一个很小的区间之外, 函数为零, 也就是函数应有速降特性。

2) 平均值为零。

上面两个条件可概括为, 小波应是一个具有振荡性和迅速衰减的波。

1.2 连续小波变换(CWT)

设函数 $f(t)$ 具有有限能量, 即 $f(t) \in L^2(R)$ 则小波变换的定义如下:

$$W_f(a, b) = \langle f, \Psi_{a,b} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

上式中 $f(t)$ 对应于目标信号, $\Psi_{a,b}(t)$ 代表具有变焦功能照相机的镜头, b 相当于是镜头相对于目标平行移动, a 的作用相当于镜头的变焦环, 当 a 较大时, 目标远推视野变宽而分析频率降低, 可以做平滑部分的观察, 当 a 较小时, 目标拉近视野变窄而分析频率提高, 可以对细节进行观察。

1.3 离散小波变换(DWT)

在连续小波变换中, 由于伸缩参数和平移参数连续取值不利于计算机处理, 因此连续小波变

^① 收稿日期: 2003-04-03

^② 作者简介: 林宏裔(1963~), 男, 大学毕业, 北京铁路电气化学校高级讲师, 教育研究室主任, 东南大学信号与信息处理专业在职硕士研究生。

换主要用于理论分析,在实际应用中离散小波变换更适用于计算机处理。离散小波的定义可由下式表示:

$$\Psi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \Psi\left(\frac{t - nb_0 a_0^m}{a_0^m}\right) \quad (3)$$

$$= a_0^{-\frac{m}{2}} \Psi(a_0^{-m} t - nb_0)$$

其中,一般选取: m, n 为整数, $a_0 \neq 1, b_0 \neq 0$ 。相对应的离散小波变换可由下式定义:

$$\langle f, \Psi_{m,n} \rangle = a_0^{-\frac{m}{2}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \Psi(a_0^{-m} t - nb_0) dt \quad (4)$$

为了便于计算机处理,对平移时间也进行离散化处理,且保证小波函数生成的小波为标准正交基,选择 $a_0 = 2, b_0 = 1$ 则式(4)变为二进离散小波变换:

$$\langle f, \Psi_{m,n} \rangle = 2^{-\frac{m}{2}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \Psi(2^{-m} t - n) dt \quad (5)$$

把式(5)简称为小波变换。进一步推广可以得到二维小波变换。

2 基于小波变换的图像分解与重构

二维离散小波主要解决二维多分辨率分析问题。如一幅二维离散图像 $\{c(m, n)\}$, 二维小波变换可以将它分解为各层各个分辨率上的近似分量 cA_j , 水平方向细节分量 cH_j , 垂直方向细节分量 cV_j , 和对角线方向细节分量 cD_j 。其二层小波图像分解过程如图1所示:

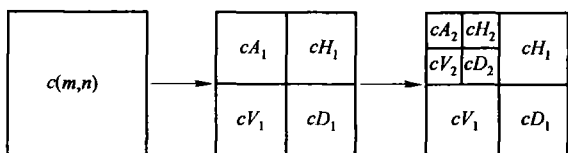


图1 小波图像分解过程

其二层小波图像重构过程正好与此相反,如图2所示:

基于小波变换的图像处理,是通过对图像分解过程中所产生的近似分量与细节分量系数的调整,使重构图像满足特定条件,而实现图像处理。

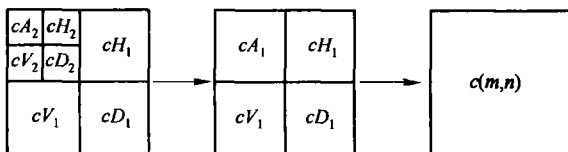


图2 小波图像重构过程

3 MTALAB 小波分析工具箱应用

MTALAB6.1 小波分析工具箱集成了小波分析的许多研究成果,不仅提供了丰富的工具函数,而且又提供了一个可视化的小波分析工具,是一个很好的算法研究、工程设计与仿真应用平台,特别适合于图像分析、去噪、压缩、融合的研究。

3.1 可视化的小波分析工具

首先启动 MTALAB6.1,在 Command Window 窗口下键入 wavemenu,将在 Windows 窗口中出现如图3所示的小波工具箱主菜单窗口(Wavelet Toolbox Main Menu)。在窗口中包含有二维离散小波分析(Wavelet 2-D)、二维离散小波包分析(Wavelet Packet 2-D)、二维离散平稳小波分析(SWT De-noising 2-D)和二维离散小波系数选择(Wavelet Coefficient Selection 2-D)等可视化小波分析工具按钮,选择所需的工具按钮并点击即可启动该项分析工具。

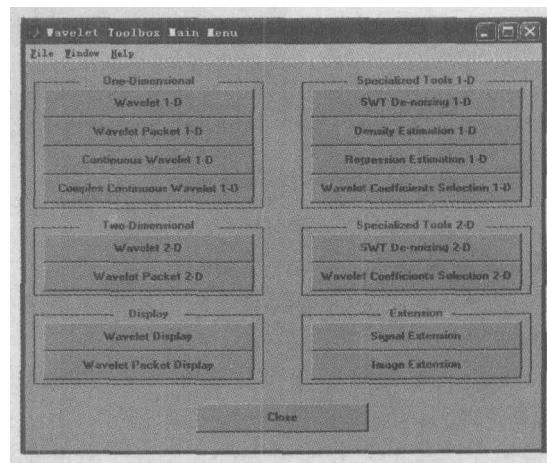


图3 小波工具箱主菜单窗口

在已启动的小波分析工具中,单击菜单栏中【File】→【Load Image】菜单命令,选择 MTALAB 安装目录下的 toolbox \ wavelet \ wavedemo 子目录下的 * . * .mat 文件,完成图像文件装载。按小波分析工具中提供的功能即可完成基于小波变换的图像处理,关于使用小波分析工具进行图像处理的方法,在有关参考书中已介绍很多,这里就不再赘述。

上面装载的图像文件是由 MATLAB 软件提供的,并且具有 MATLAB 特定图像文件格式,如果使用小波分析工具处理 Windows 通用图像文件格式,就必须进行图像格式转换。供 MATLAB 小波分析工具使用的特定图像文件格式有三点要求:1. 图像类型为索引图像;2. 图像数据类型为

双精度型;3. 对图像数据矩阵进行伪彩色编码,并保存为扩展名为 mat 的文件。

对 bmp 格式图像数据转换 MATLAB 源程序代码:

```
% 图像数据格式转换源程序
[Y,map]=imread('cat.bmp'); % 读入图像文件
X=im2double(Y); % 将图像矩阵中无符号整形数据
转换为双精度型数据
nbcol=size(map,1);
```

```
X=wcodemat(X,nbcol,'mat',0); % 对图像矩阵数据
进行伪彩色编码,格式扩展名为 mat
```

```
save cat X; % 按新格式保存图像数据文件
```

mat 格式图像数据文件被保存在 MTALAB \ work 子目录下,为了便于 MTALAB 小波分析工具与自编图像处理程序调用 cat.mat 数据文件,再将 cat.mat 复制到 MTALAB \ toolbox \ wavelet \ wavedemo 子目录下保存。

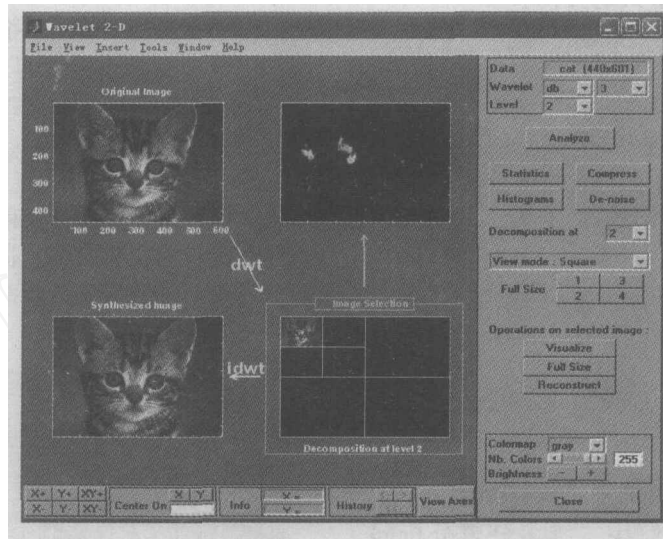


图4 在小波分析工具中处理自选图像

3.2 图像压缩

图像压缩的方法有变换压缩与相邻像素去相关方法之分。

变换压缩方法在图像压缩中起着重要的作用,其基本原理是将图像信号做域的变换,由于在变换域中图像的主要能量大都集中在少数的变换系数上,对少数的变换系数进行量化、编码,就实

现了对图像压缩的目的。

基于小波变换的图像压缩,首先选择适当的小波基,然后按照图1所示方式对图像进行分解,由于分解后图像的主要能量集中于近似分量 cA_j ,再对近似分量 cA_j 进行编码就可以得到不同压缩比例图像,其实验结果如图5所示。

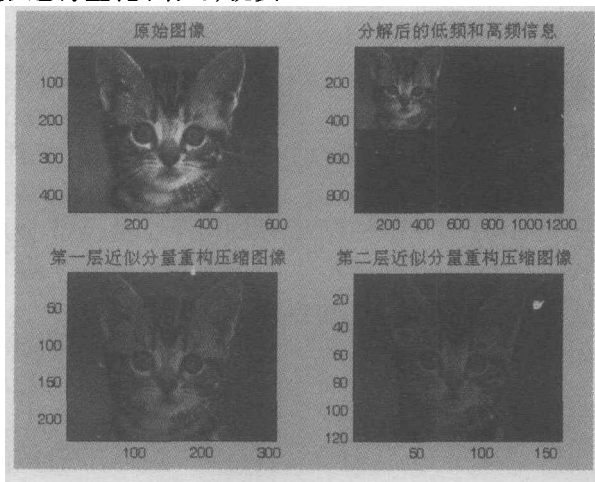


图5 基于小波变换的图像压缩

原始图像与不同压缩比例图像的数据对比如表1所示:

表1 图像“cat”不同压缩比例下数据对比

状态	名称	尺寸	大小/字节
压缩前图像	cat	440x601	2115520 double array
第一层压缩图像	cat1	227x308	559328 double array
第二层压缩图像	cat2	121x161	155848 double array

在图像数据中,相邻两点之间像素灰度往往是高度相关的。因此采用小波包变换去除相关,从而达到图像数据压缩的目的。其算法流程如图6所示,其实验结果如图7所示。

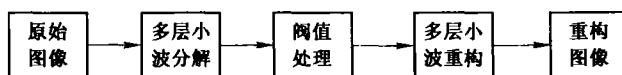


图6 算法流程图

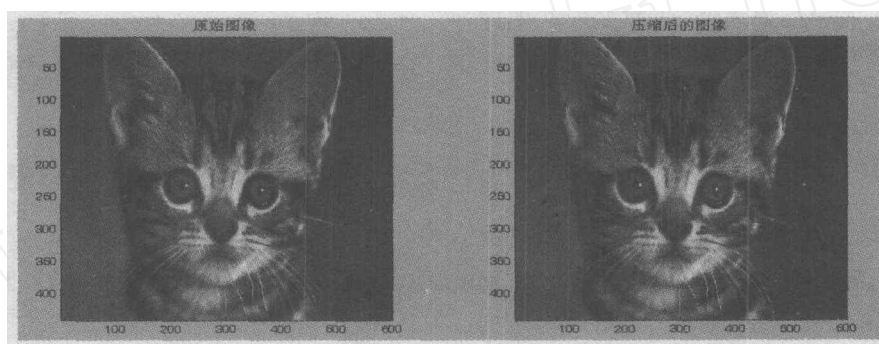


图7 预置阈值图像压缩

小波分解系数中置0的系数个数百分比: 91.5732%

压缩后图像剩余能量百分比: 99.7828%

3.3 图像融合

图像数据是由图像像素的亮度值构成的,对

图像数据进行二维离散小波变换,经多分辨率分解后生成小波系数矩阵,然后对两幅图像小波系数矩阵进行数据融合处理,最后,由融合小波系数矩阵进行图像重构,生成融合图像。其实验结果如图8所示。

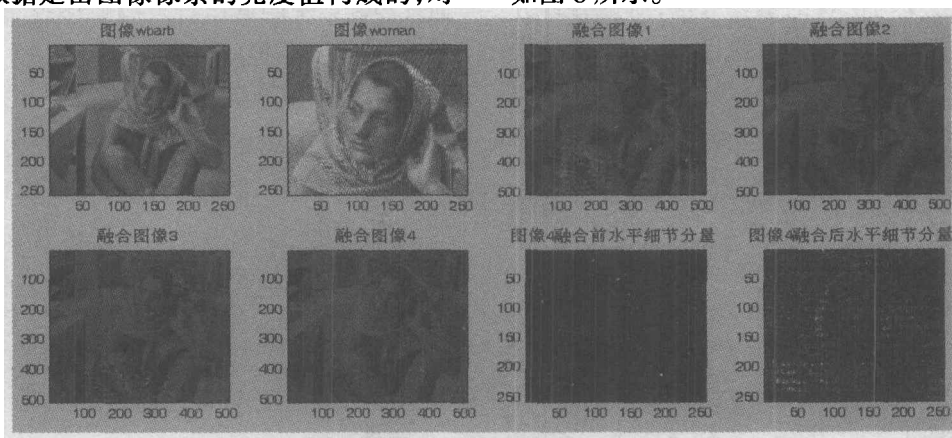


图8 图像融合处理

图像 wbarb、woman 为原始图像。

融合图像1重构前的图像小波系数矩阵是由图像 wbarb 的近似分量系数和图像 woman 细节分量系数组成。

融合图像2重构前的图像小波系数矩阵是由

图像 wbarb 的近似分量系数、水平方向与垂直方向细节分量系数和图像 woman 对角线方向细节分量系数组成。

融合图像3重构前的图像小波系数矩阵是由图像 wbarb 的近似分量系数、水平方向与对角线

方向细节分量系数和图像 woman 垂直方向细节分量系数组成。

融合图像 4 重构前的图像小波系数矩阵是由图像 wbarb 的近似分量系数、垂直方向与对角线方向细节分量系数和图像 woman 水平方向细节分量系数组成。

4 结束语

本文就小波变换理论与 MATLAB 语言的小波分析工具箱做了简单的阐述,重点讨论了应用 MATLAB 小波变换函数进行图像压缩和图像融合的基本方法。实验结果表明:小波变换在图像处理中具有理想的效果和很高的工程价值。

参考文献:

- [1] 阮秋琦. 数字图像处理学 [M]. 北京:电子工业出版社,2001
- [2] Kenneth.R.C 数字图像处理 [M]. 朱志刚等译. 北京:电子工业出版社,1998.
- [3] 伯晓晨,李涛,刘路. Matlab 工具箱应用指南 [M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [4] 秦前清,杨宗凯. 实用小波分析 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1994.
- [5] 孙兆林. MATLAB 6.x 图像处理 [M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [6] 郁晓红,姚敏. 小波变换及在图像处理中小波系数分析 [J]. 计算机应用,2001(2)
- [7] 雷寒生,朱小平. 基于小波变换和矢量量化的人脸图像压缩 [J]. 中国图象图形学报,2002(7).

Wavelet Transform In Image Processing Using MATLAB Toolbox

Lin Hongyi Kong Liang

(Beijing Railway Electrification School Education Research Department Beijing 102202, China)

Abstract: In this paper, emphasis is placed on the wavelet theory and its application in image processing. At first we made a brief introduction of image decomposition and reconstruction by way of wavelet transformation technique. Then based on the knowledge of this theory we discuss the essential ways of image compression and image fusion being chained to MATLAB platform. At the end of this paper an experimental example is given and it proves the result that we have correct.

Key Words: Wavelet transform; MATLAB Wavelet Toolbox; Image Compression; Image Fusion

(上接第 48 页)

时应用并行分支与汇合的编程方法,所谓并行分支指的是各分支流程可同时执行,待各流程动作全部结束后,根据相应执行条件,汇合状态动作。如选择三层托盘进出车,可使一层、二层同时平移(左移或右移),如图 5 所示。这样,设备动作顺序

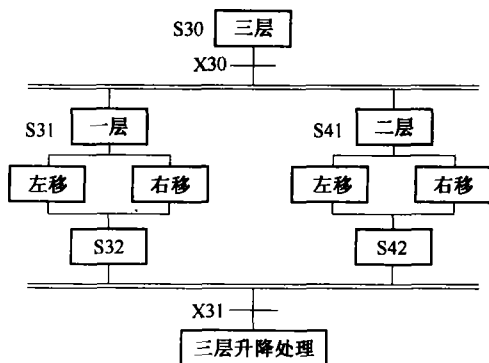


图 5 并行分支与汇合状态转移图

之间的连锁或双重输出,控制系统均能自动处理,而且控制系统的试运行及故障检查非常方便,可节约大量时间,提高工作效率。

3 结语

立体车库的控制系统采用 PLC 控制,使整个控制系统的可靠性大大提高,完全实现了进出车的自动控制。如果需要进行二次开发,扩大系统控制规模,只需增加相应的扩展模块及通讯模块增加 PLC 控制点数并实现 PLC 与 PLC 之间和 PLC 与上位机之间的通讯,就可构成 PLC 的网络控制系统,实现计算机的现代化管理。

参考文献:

- [1] 三菱可编程序控制器编程及操作手册[S]. 三菱公司,1999.
- [2] 机电一体化技术与系统[M]. 北京:机械工业出版社,1997.