

基于灰色预测的残缺图像的修复算法

吴长勤,段汉根

(安徽科技学院,安徽 蚌埠 233100)

摘 要:在分析基于 UDP 的图像传输数据丢失的原因和特点的基础上,发现其特点是图像按行进行传输,因而数据丢失而产生的图像残缺也是按行发生的。基于相邻点间的灰度值关联度较大的原理,提出按列处理数据的方法,对每一列的丢失数据采用预测方法,预测出各行丢失的数据,进而达到修复整幅图像的目的。借鉴灰色预测的思想,提出了对图像按列进行恢复的灰色预测方法,该算法基本满足了图像恢复的要求,并通过实验得到了该算法的适用条件。

关键词:图像;修复;灰色预测;算法

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)05-0124-04

An Algorithm for Image Reparation Based on Grey Prediction

WU Chang-qin, DUAN Han-gen

(Anhui Science and Technology University, Bengbu 233100, China)

Abstract: Based on the analysis of the features and the reasons for the data loss when UDP images are transferred, it is found its feature is that images are transferred in rows. It is the same with image imperfection. On the basis of the principle that the grey correlation degree is larger between the neighboring dots, the paper comes up with the new method to deal with data in the column. The lost data in each column will be dealt through the method of the prediction which predict the lost data in each row in order to repair and restore the imperfect images. Also makes use of the idea of the grey prediction and puts forward that the grey prediction method should be applied when images are restored by column. The new algorithm basically meets the needs of image restoration and attains the applicable conditons for the algorithm through the experiments.

Key words: image; reparation; grey prediction; algorithm

0 引言

图像是客观世界的再现,具有直观、信息量丰富等特点,被认为是 21 世纪信息的主要载体形式。据统计,人类获取的信息,大约 60% 来自于视觉,20% 来自于听觉,另外 20% 来自触觉等其他途径^[1]。由此,可见视觉信息的重要地位,而图像作为视觉信息获取和传播的主要载体,随着计算机技术的飞速发展,越来越受到人们的重视。所以,可以说 21 世纪是信息获取、处理和应用的世纪,更是图像处理和应用的世纪^[2]。

图像作为一种信息符号,有着语言文字不可比拟的优点,成为越来越重要的信息表达方式,其应用的领域和范围越来越广。但在日常生活和科学研究中,人

们经常会碰到图像信息缺损现象。如何对这些缺损或遮挡信息进行恢复和补偿,成为人们日益关注的问题。目前与该问题密切相关的两个研究方向就是图像修复和纹理合成^[3,4]。

早在文艺复兴时期,人们就开始修复中世纪的一些艺术品,他们的就是想通过填补一些裂缝来使中世纪的一些图画得到翻新,这样的工作就叫做“re-touching(润饰)”或者“inpainting(修补或修描)”。那时的修补工作主要是由专业修补师手工完成的,存在着费时、辛苦、主观和工作不易重复进行等缺点^[5]。

数字图像恢复技术作为数字图像处理科学的核心技术,吸引了国内外众多学者对其进行了广泛而深入的研究。由于数字图像恢复所处理的问题是一个病态问题,人们无法从退化影像中获得原始影像,使得该领域的研究具有一定的难度^[6]。

数字图像修补是数字图像处理技术的一个重要分支,就是用一定算法来处理图画、照片或影片,包括使

收稿日期:2009-09-12;修回日期:2009-12-15

基金项目:安徽省自然科学基金项目(KJ2009B121Z);安徽科技学院自然科学基金项目(2008180)

作者简介:吴长勤(1962-),男,安徽肥东人,副教授,从事计算机教学和研究工作。

受损的图像恢复、移走或取代照片中被选择的物体等等,在文物保护、剔除图像或视频中的一些文字、修复损坏的视频信息等方面都有很高的应用价值。其主要工作原理是利用数字图像待修补区的邻域或前后帧信息填充数字图像待修补区。数字图像修补的主要目的是使观察者无法察觉图像已被修改,或者获得更好的视觉效果。

随着计算机技术的发展,如何在数字图像的基础上实现半自动化或自动化地完成图像修补工作,成为数字图像修补领域研究的一项重要课题。非纹理图像修复方法一般都是基于偏微分方程或变分的方法,这些方法可以归结为如下两类:

一类是包括 TV (Total Variation) 修复模型^[7]、Mumford-Shah-Euler 修复模型^[8]、Euler's elastica 修复模型^[9]等基于宏观修复机制的方法。该类方法难以得到高效、稳定的修复模型。

另一类是包括 BSCB 模型^[10]、CDD 模型^[11]和 Tschumperlé 模型^[12]等基于微观修复机制的方法,但从整体上就难以对其进行严格的数学分析。

基于 UDP 网络传输过程中数据丢失而导致图像缺损信息,当前还没有既快又较理想的修复算法。文中围绕这类缺损图像修复,从原理、方法和应用方面展开研究和探讨。

1 基于 UDP 残缺图像形成的原因

采用 UDP 协议作为传输层协议在网络上进行图像传输时,其特点是传输的整个过程是可以参数来控制的。如果传输过程中发生数据包丢失,系统可以不要求数据重发,但是接收端收到的图像会出现残缺现象。

有研究资料表明,在无线传输环境下,图像数据传输的丢包率可以达到 3.6%^[13],这就会影响到接收端图像的质量。

基于 UDP 协议的图像传输过程中,图像传输是按行进行的,由于数据丢失而产生的图像残缺也是按行发生的。如图 1 和图 3 所示,残缺的图像会出现横向条纹。修复的目的就是消除这些横的条纹,此类数据丢失对于某一行数据影响不大,如果从图像数据中抽出一列数据,那么原始图像的数据仍将占绝大多数,而丢失部分的数据仅仅占很少一部分,而如果某一行数据没有发生丢失,那么该行数据就是完全没被破坏的数据。

如果把丢失的数据看作是图像原始数据被一种脉冲噪声干扰,那么数据丢失问题就可以转换为图像复原问题,把修复丢失的数据看作是图像复原。

2 灰色预测修复算法

灰色系统理论是邓聚龙教授于 20 世纪 80 年代初提出的,在短短几十年间,得到了长足发展,目前,在我国已成功运用到了社会、经济、科教等各个方面,成为这些领域中进行预测、决策、分析和控制的有力工具^[14]。灰色系统理论是一种研究少数据、贫信息、不确定性问题的新方法,以“部分信息已知,部分信息未知”的小样本、贫信息不确定性系统为研究对象,主要通过部分信息的生成和开发,提取有价值的信息^[15]。

灰色预测是利用灰色动态 GM 模型,对序列进行数量大小的预测,自创建以来,已在许多领域得到成功应用。在灰色模型的建模过程中,灰色理论可充分开发并利用少量数据中的显信息和隐信息,根据行为特征数据找出因素本身或因素之间的数学关系,提取建模所需变量,通过建立离散数据的微分方程动态模型,了解系统的动态行为和发展趋势。

该方法具有以下特点:

①所需信息量较少(通常只要有 4 个以上数据即可建模)。

②不需已知原始数据分布的先验特征,通过有限次的生成,可将无规则分布(或服从任意分布)的任意光滑离散的原始序列转化为有序序列。

③建模精度较高,可保持原系统特征,能较好反映系统实际情况。

灰色预测领域一般都是由一维状态变量来描述的^[16,17],在由二维状态变量(如图像处理)描述的领域却不多见,所以将灰色系统理论知识引入到图像处理中有着重大的意义^[18]。

基于相邻点间的灰度值关联度较大的原理^[19],根据图像残缺数据丢失特点,文中提出按列处理数据的方法,对每一列的数据进行修复处理,进而达到修复整幅图像的目的。由于系统被噪声污染后,原始数列呈现出离散的情况,离散的数列即是灰色过程^[20],对灰色过程建立的模型就称为 GM(1,1)模型或灰色模型(Grey Model)。灰色建模(GM 模型)的基本方法是对原始数据列作生成后建立微分方程^[21,22]。

根据图像残缺的噪声已知性特点和行数据丢失特点,文中提出按列处理数据的方法,对每一列的数据进行修复处理,进而达到修复整幅图像的目的。

把一列像素的像素值看作是一个数据集, $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$, 该集合中大多数数据是来自原始图像的数据,小部分数据丢失,目的是使用那些来自原始图像的数据来恢复丢失的数据。

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (1)$$

对数据列 $x^{(0)}$ 作一次累加生成(1-AGO),得到如下结果:

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (2)$$

一次累加生成后的数列为:

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (3)$$

按灰色系统的预测原理思想,根据生成后的数列 $x^{(1)}$ 建立如下白化形式的微分方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (4)$$

微分方程(4) 参数 a, b 的确定方法如下。

将模型参数记为 $\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$, 根据最小二乘法原理,

求得 \hat{a} 为:

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T y_N \quad (5)$$

$$\text{其中, } B = \begin{bmatrix} -0.5(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)) & 1 \\ -0.5(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)) & 1 \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ -0.5(x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$y_N = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n))^T \quad (7)$$

据(5)式,求出微分方程(4) 参数 a, b 的值,便可确定微分方程(4) 的解为:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (8)$$

根据(8)式,生成如下数列:

$$\hat{x}^{(1)} = (\hat{x}^{(1)}(1), \hat{x}^{(1)}(2), \dots, \hat{x}^{(1)}(n)) \quad (9)$$

最后,根据公式: $\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) \quad k = 2, 3, \dots, n$, 对(9)式累减(1-IAGO)生成还原数列,得到

$$\hat{x}^{(0)} = (\hat{x}^{(0)}(2), \hat{x}^{(0)}(3), \dots, \hat{x}^{(0)}(n)) \quad (10)$$

利用(8)式,先预测出 $\hat{x}^{(1)}(n)$ 和 $\hat{x}^{(1)}(n+1)$,再根据累减(1-IAGO)生成 $\hat{x}^{(0)}(n+1)$,这个值就是灰预测的值,可以作为丢失的像素值。实现效果如图2和4所示。

具体设计算法时,利用判断数据突变的方法,对读入图像的像素值按行自上而下进行检测,这样就可顺序检测出数据丢失的行(即像素值发生突变的行)。设丢失的行为第 m 行,如果前面未丢失数据的行数 $m-1$ 大于指定的阈值(一般为5~6即可),则利用前面相邻 n 行各列像素值数据进行灰色预测,获得丢失数据行相应列像素值的预测值;如果前面未丢失数据的行数不大于指定的阈值,则利用后面数据未丢失的 n 行各列像素值数据进行灰色预测。

实验表明,当 n 取5~6时实现效果较为理想且修复速度较快。



图1 原图像



图2 修复后的图像(效果较好)

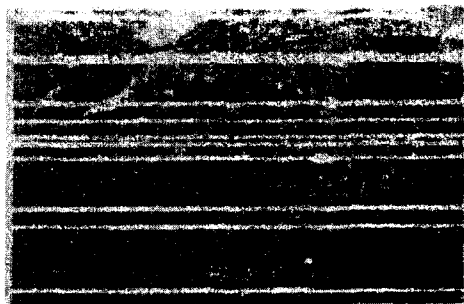


图3 原图像

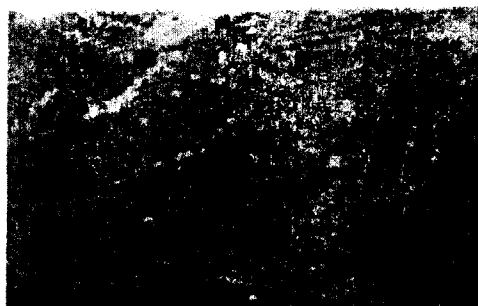


图4 修复后的图像(效果较差)

3 实验结论

这里取两组不同的试验数据(如表1所示)进行试验。

由实验结果可以看出,该算法对连续丢失数据较大时,恢复效果较差,如果连续丢包数据不是很大,即

使丢包率较高,图像恢复的效果都较好。因此在图像数据传输过程中,适当控制每个数据包的大小,有助于提高图像传输的质量。

表 1 实验结果比较

序号	丢包率 (%)	连续丢包数据	效果
1	21	512 像素	较好
2	8	1536 像素	差

4 结束语

文中在分析图像传输数据丢失的原因和特点的基础上,参照传统的图像复原技术,借鉴灰色预测的思想,提出了对残缺图像按列进行恢复的灰色预测方法。该算法的主要优点是数据可信度好、算法复杂度低、计算量不大。

该算法基本满足了基于 UDP 的图像传输数据丢失的图像恢复的要求及算法的适用条件,获得较好的修复结果。

参考文献:

[1] 丁 雯.一类非线性扩散问题及其在图像修复中的应用[J].上海交通大学学报,2004,38(1):153-156.

[2] 梁 雯,刘松林.图像中心加权中值滤波的改进与应用[J].中国图像图形学报,1997(8):629-633.

[3] 邵肖伟,刘政凯,宋 璧.一种基于 TV 模型的自适应图像修复方法[J].电路与系统学报,2004,9(2):113-117.

[4] 曲大健.数学形态学在指纹图像处理中的应用及指纹比对算法[D].北京:清华大学,1989.

[5] 龚声蓉,刘纯平,王 强.数字图像处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2006.

[6] 周廷方,汤 锋,王 进,等.基于径向基函数的图像修复技术[J].中国图像图形学报,2004,9(10):1190-1196.

[7] W3C HTML working group XHTMLTM1.0, the extensible hypertext markup language (Second Edition)[EB/OL]. 2000-01-26[2002-08-01]. <http://www.w3.org/TR/xhtml1/>.

[8] JTIty[CP/OL]. 1999-03-06. <http://jtidy.sourceforge.net/>.

[9] A vantGo[CP/OL]. 2000-07-02. <http://www.avantgo.com/>.

[10] OperaMini - Browser[CP/OL]. 2000-02-14. <http://www.opera.com/products/mobile/operamini/>.

[11] ucWEb - Browser[CP/OL]. 2001-09-21. <http://www.ucfly.com/product.shtml/>.

[12] Chang E. An image coding and reconstruct scheme for mobile-computing[C] //Proceedings of 5th IDMS. [s.l.]:Springer-Verlag,1998:5-10.

[13] 樊红丽,焦永和,程 颖.基于插值的残缺图像的修复算法[J].兵工学报,2005(1):86-89.

[14] 王学萌.灰色系统分析及实用计算程序[M].武汉:华中科技大学出版社,2001.

[15] 陶剑峰,陈伏虎,李方菊,等.基于灰色关联度的图像自适应加权均值滤波[J].声学电子工程,2006(2):15-17.

[16] 冯星奎.指纹图像的获取及其预处理后处理[D].西安:第二炮兵工程学院,1998.

[17] 冯星奎,肖兴明,尹洪君.方向加权中值滤波算法[J].中国图像图形学报,2000(7):609-611.

[18] 洪俊田,陶剑峰.基于灰色关联的数字图像去噪研究[J].武汉理工大学学报:交通与工程版,2006,30(4):639-641.

[19] 曹 奎,谭水木,冯玉才.基于灰色聚类的图像检索技术[J].计算机工程,2006,32(1):195-197.

[20] 曹 奎,冯玉才.一种图像检索中的灰色相关反馈算法[J].计算机工程,2004,30(6):18-20.

[21] 何仁贵,黄登山,陈金兵.基于灰色预测模型的图像边缘检测[J].西北工业大学学报,2005,23(1):15-18.

[22] 彭 春,吴国平.一种基于 GM 的无损图像压缩[J].现代计算机,2001(11):21-23.

(上接第 123 页)

proach to color image segmentation[J]. Pattern Recognition, 2003,36(7):1545-1562.

[2] 金立左,夏粮正,杨世周.图像分割的自适应模糊阈值法[J].中国图像图形学报,2000(5):390-392.

[3] 文 波,甄子洋,刘媛媛,等.改进的基于二维直方图的最大模糊熵分割方法[J].南京航空航天大学学报,2008,40(5):496-596.

[4] 周礼平,高新波.图像分割的快速模糊 C 均值聚类算法[J].计算机工程与应用,2004(8):68-70.

[5] 潘建江,杨勋年,汪国昭.基于模糊连接度的图像分割及算

法[J].软件学报,2005,16(1):67-76.

[6] Pal S K, King R A, Hashim A A. Automatic graylevel thresholding through index of fuzziness and entropy[J]. Pattern Recognition Letter, 1983(1):141-146.

[7] Murthy C A, Pal S K. Histogram thresholding by minimizing graylevel fuzziness[J]. Information Sciences, 1992(60):107-135.

[8] Murthy C A, Pal S K. Bound for membership function: A correlation-based approach[J]. Information Scieices, 1992(65):143-171.