基于分形维数的计算机生成图像检测方法

姚丹红， 苏　波， 李生红
（上海交通大学 电子工程系，上海 200240）

【摘　要】计算机图像生成技术的快速发展使计算机生成图像具有极强的真实感。通过肉眼来区分计算机生成图像和自然图像变得越来越困难。本文提出了一种基于分形维数的计算机生成图像检测算法。不同于传统的算法，该算法利用两种图像表面纹理特征和自相似性的不同，提取局部图像块的分形维数作为统计特征，进而区分计算机生成图像和自然图像。实验表明，该算法给出了计算机生成图像检测的新方向，具有很好的检测率和研究前景。

【关键词】计算机生成图像，图像鉴定，分形，分形维数
【中图分类号】TN92　　**【文献标识码】**A　　**【文章编号】**1002-0802(2008)12-0256-03

Fractal-dimension Based Algorithm to Detect Computer Graphics

YAO Dan-hong, SU Bo, LI Sheng-hong
(Dept. of Electronic Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

【Abstract】The fast development of computer graphics generating techniques makes computer graphics highly photorealistic. It is increasingly harder to distinguish photorealistic computer graphics and photographic images by human eyes. In this paper, a fractal-dimension based algorithm is proposed to cope with the above-mentioned problem. Being different from conditional algorithm, the proposed algorithm takes advantage of the surface texture feature and self-similarity differences between these two kinds of images, and extracts the local fractal dimensions for image blocks to distinguish the computer graphics and photographic images. The experiment indicates that this fractal-dimension based algorithm shows a new direction for detecting photorealistic computer graphics, and is of a satisfying detection rate and a bright future for research as well.

【Key words】Computer Graphic; Image Identification; Fractal; Fractal-Dimension

0 引言

近年来，计算机图像生成技术飞速发展，使计算机生成图像越来越逼近于真实场景，以至于人眼几乎无法将其与自然图像区分开来。图像的真实性和唯一性受到巨大挑战。

在计算机生成图像检测领域国内外已开展了许多研究，也取得了显著的成果。文献[1]通过对图像进行小波变换分解，提取其一阶和高阶小波系数作为统计量对两种图像进行区分，对自然图像的检测率达到67%。然而，但这种算法没有从原理上指出计算机生成图像和自然图像的本质区别。

文献[2]中通过计算所有图像子块的局部分形维数进行检测，但检测效果不佳。检测率仅为59.9%,且计算复杂度太高（128.1秒/图像）。究其原因，一是所选分形维数的计算方法欠佳，二是没有先对图像块进行筛选，从而影响了最终的检测效果。

针对文献[2]的不足，本文提出了一种基于分形维数的计算机生成图像检测算法。该算法首先对图像块进行筛选，将变化平缓的图像块去除，计算其余图像块的分形维数，最终提取出理想的检测特征。此外，在计算分形维数时，我们采用一种改进的“计盒维”法[3]，提高了分形维数的计算效率。实验结果显示，这种算法提高了计算机生成图像的检测效果。

收稿日期：2007-05-05。
作者简介：姚丹红（1984-），硕士研究生，主要研究方向为信息安全技术；苏　波（1972-），博士研究生，主要研究方向为网络内容安全、安全综合管理；李生红（1971-），教授，博士生导师，主要研究方向为信息安全技术、信息处理技术。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1 图像块筛选

我们先将字图像分割成若干个M*M大小的图像子块（本文取M=128），试图通过子块的局部分形维数分布对计算机生成图像和自然图像进行鉴别。然而文献[2]的结果显示，两种图像的局部分形维数分布区别并不是非常明显。本算法对其进行改进。我们发现图像变化平缓的图像子块分形维数都较低，无法很好地区分，这些图像子块的分形维数对整个检测过程没有实质性的作用。因此我们首先对图像块进行筛选，将变化平缓的图像块去除，只考虑那些变化较快的子块，通过研究这些子块的分形维数分布来区分自然图像和计算机生成图像。我们对每一个图像子块计算其方差 σ_i，小于特定阈值的则将其删除，否则保留该子块。对每一个子块进行上述操作，最终得到我们感兴趣的一组图像子块集。

2 局部分形维数计算

分形是一种具有自相似特性的现象、图像或者物理过程。也就是说，在分形中，每一组成部分都在特征上和整体相似。分形的主要特征量是关于它的不规则性和复杂性程度的度量，这可用“维数”来表征。

目前有许多分形维数的计算方法，考虑到计算的准确性和速度，本文采用B.B.Chaudhuri法，又称“盒子”维算法。具体算法如下：将大小为M×M的图像考虑成一个三维空间，坐标 (x,y) 代表二维平面，图像灰度值代表Z轴方向。将 (x,y) 二维平面分割成大小为 $s\times s$ 的格子（s 为整数，$M/2\geq s>1$）。令 $r=s/M$，在每一个格子中有许多体积为 $s\times s\times s$ 的小盒子的堆砌。使第 (i,j) 个格子中的灰度表面最大值和最小值分别落入堆砌的序号（从下往上数）为 k 和 l 的盒子中。

令

$$n_r(i,j)=l-k+1, \tag{1}$$

对所有格子的 $n_r(i,j)$ 求和，得到

$$N_r=\sum_{i,j}n_r(i,j), \tag{2}$$

通过 s 的变化引起 r 的变化，用最小二乘法拟合 $\lg N_r-\lg(1/r)$（如图1所示），求出的斜率即为盒子维数D。

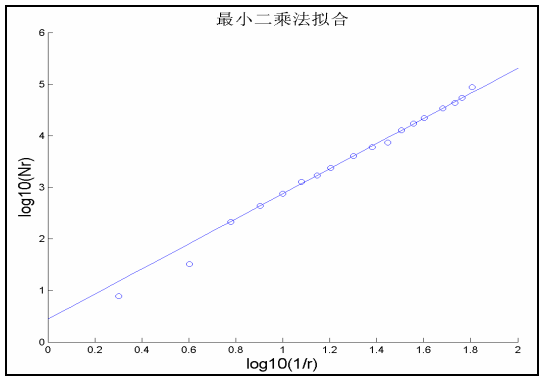


图1 最小二乘法拟合 $\lg N_r-\lg(1/r)$

在B.B.Chaudhuri的盒子维法中所有的立方体都放在固定的位置上，这样在尺度 s 较大时会造成立方体包裹曲面不紧，影响盒维数的测量精度。受文献[3]的启发，本文采用一种改进的盒维数计算方法，将式（1）修改为：

$$n_r(i,j)=(\max I_k-\min I_k)/r, \tag{3}$$

这种方法实际上是不再固定立方体的大小为 $s\times s\times s$，而是用可变高度的长方体 $s\times s\times s'$ 作为包裹曲面的盒子，这样盒子包裹曲面时会更加紧密，得到的盒维数更加精确。

3 实验结果及讨论

3.1 图片库

利用本文前述方法，在 Matlab6.5 环境下对实验图像提取其局部分形维数。实验中对 800 幅图像进行了检测，其中 400 幅为自然图像，400 幅为计算机生成图像，图片格式均为 jpeg，图片大小从 400*600 到 1024*768 不等。图片一部分来自哥伦比亚大学的图片库[4]，另一部分来自个人收藏。图片内容涵盖了人物、自然风景、建筑、静物等各个方面。其中，计算机生成图像所使用到的软件有 3Dmax、Maya、Renderman、Shake、ZBrush 等。

3.2 数据分析及判定

对筛选得到的所有子块用上述改进的计盒维法计算其局部分形维数 D_i。为了便于分析，我们对得到的子块分形维数进行加权平均，从而将其投影到一维空间，得到D=$\sum k_iD_i$。至此，对每一幅待检测图像我们可以计算得到一个实数值D，我们称其为加权分维。我们对800幅图像依次提取加权分维后发现，绝大多数的自然图像的加权分维的取值范围都在2.0～2.3之间，而大多数的计算机生成图像的值都大于2.3，很多甚至大于2.5。因此我们选取2.3作为检测的阈值。加权分维小于2.3的图像我们将其判定为自然图像，加权分维大于2.3的图像我们将其判定为计算机生成图像。

3.3 检测结果

采用本文算法对图片库中800幅图片进行检测，检测结果如表1所示。

表1 检测结果

	自然图像	计算机生成图像	总计
图片总数	400	400	800
检测正确率	93.25%	66.75%	78.75%

由检测结果可见平均检测率达78.75%，检测效果相比于文献[2]的59.9%有了很大的提高。检测正确率的提高，主要得益于图像块的筛选。此外，计算复杂度仅为1.90秒/图像，比文献[2]的128.1秒/图像有了极大的提高。 这主要是因为本文采用的“盒子维”算法的运算量非常小，而且由于先对图像块进行了筛选，后续算法的处理量也变小了。总而言之，本文算法在检测正确率和速度上都取得了不错的效果，具有很好的研究前景。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4 结语

本文从计算机生成图像和自然图像的生成原理出发，根据两者对象模型的不同，提出了利用分形维数进行检测的方法。通过图像块的筛选以及改进的分形维数算法，提取出加权分维作为检测特征值。实验表明，该方法取得了很好的检测效果，具有很广阔的研究前景。

虽然本算法取得了不错的效果，但还有一些不足之处，今后可从以下几个方面加以改进：对图像进行其他预处理，如边缘提取、图像增强等，使图像的自相似性得到更好的体现；寻找更好的分形维数算法，提高计算精度；采用自适应的判别阈值，增强对不同内容图像检测的灵活性；与其它检测方法相结合。

参考文献

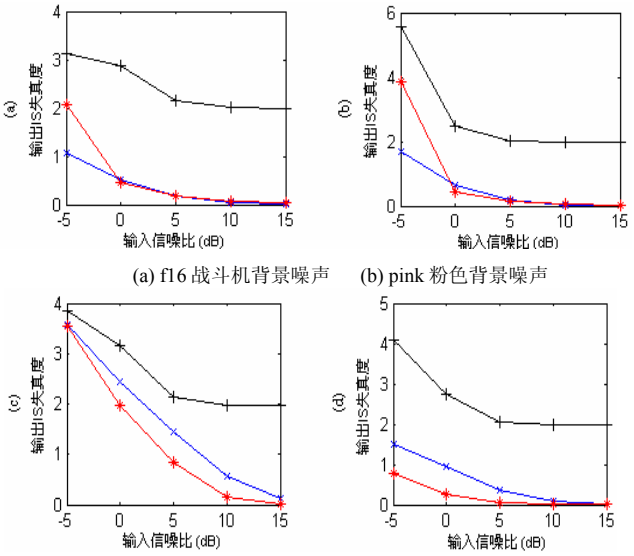
[1] Lyu S, Farid H. How realistic is photorealistic[J]. IEEE Trans. Signal Processing, 2005, 53(2):845－850.

[2] Tian-Tsong Ng, Shih-Fu Chang, Mao-Pei Tsui. Physics-motivated features for distinguishing photographic images and computer graphics[C].in ACM Multimedia, Singapore, November 2005.

[3] 于子凡，杜贵君，林宗坚. 图像盒子维数特征计算方法改进[J]. 测绘科学,2006，31（1）： 87-89.

[4] T.-T. Ng, S.-F. Chang, J. Hsu, M. Pepeljugoski.Columbia photographic images and photorealistic computer graphics dataset[C]. ADVENT Technical Report 205-2004-5, Columbia University, Feb 2005.

（上接第255页）



(a) f16 战斗机背景噪声　(b) pink 粉色背景噪声

(c) factory 工厂背景噪声　(d) m109 坦克背景噪声

图 3 不同背景噪声下几种方法处理后 IS 尺度比对

‘+’ 代表多带谱减法处理的结果

‘x’ 代表感知加权法处理的结果

‘*’ 代表本文算法处理的结果

5 结语

本文仅针对加性非平稳背景噪声环境，利用人耳感知特性，提出了一种基于噪声整形的语音去噪声算法。算法中通过感知加权函数对噪声谱整形，改变了噪声分布特性；同时引入频率补偿因子补偿非平稳噪声谱对语音影响的不均匀性；采用快速噪声估计算法实现对非平稳的估计。实验表明，该算法能更有效的抑制背景噪声，减少了语音听觉的失真，提高了去噪后的语音清晰度。但是，由于噪声特性不同，在不同背景噪声下算法的鲁棒性还需要进一步研究。

参考文献

[1] 姚天任，孙洪. 现代数字信号处理[M].武汉：华中科技大学出版社，1999:19-27.

[2] Tsoukalas D E, Mourjopoulos J N, Kokkinakis G. Speech enhancement based on audible noise suppression[J]. IEEE Trans. Speech and Audio Processing, 1997,5: 497 -514.

[3] Sarikaya R Hansen J H L. Auditory masking threshold estimation for broadband noise sources with application to speech enhancement[C]. In Proc Euro speech, 1999:2571-2574.

[4] Nathalie Virag Single channel speech enhancement based on masking properties of the human auditory system[J] . IEEE Trans. Speech and Audio Processing, 1999,7(2): 126- 137.

[5] 刘海滨，吴镇扬，赵力,等. 非平稳噪声环境下基于人耳听觉掩蔽特性的语音增强[J]. 信号处理，2003, 19 (4): 303-307.

[6] Johnston J D. Transform coding of audio signals using perceptual noise criteria[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Comm, 1988,6: 314-323.

[7] Tsoukalas D E, Paraskevasa M. Speech Enhancement Using Psicho-acoustic Criteria[A]. Proc. IEEE ICASSP 1993[C]. 1993:359- 361.

[8] Hu Y, Loizou P C. A Perceptually Motivated approach for Speech Enhancement[J]. IEEE transactions on speech and signal Processing, 2003, 11(5): 457-465.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net