

基于灰预测模型的边缘检测新方法

胡鹏, 付仲良, 李炳生

(武汉大学遥感信息工程学院, 武汉 430072)

摘要: 提出了一种基于灰预测理论的边缘检测新方法。该方法基于 GM(1,1)模型, 根据图像不同区域间灰度级有较大变化的特性, 由同行(列)待检测像素之前的若干像素灰度值建立灰预测模型, 并利用模型预测此像素灰度值, 比较预测灰度值与实际灰度值之间的差值, 由差值来判断该像素是否为边缘像素。通过对不同类型测试图像利用本算法进行边缘检测效果比较表明, 该算法能取得比较好的效果。

关键词: 边缘检测; 灰色系统理论; GM(1,1)模型; 灰预测

Edge Detection Based on Grey Prediction Model

HU Peng, FU Zhongliang, LI Bingsheng

(School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072)

【Abstract】 This paper puts forward a novel algorithm of image edge detection based on grey prediction theory. The grey level of different region in same image changed dramatically, so this character can be used to decide whether a pixel is an edge pixel based on GM(1,1) model. This algorithm establishes GM(1,1) model using four pixel grey values before some pixel, then uses this model to forecast that pixel grey value, finally compares predicting gray value and practicality gray value, if the difference is less than threshold value, then this pixel is not an edge pixel otherwise it is an edge pixel. To testify the effect of this algorithm, the paper uses different types image to experiment the new algorithm, the result show this algorithm has some advantage comparing with traditional algorithm.

【Key words】 Edge detection; Grey system theory; GM(1,1) Model; Grey forecast

边缘是图像中局部区域像素灰度值的突变, 是图像的基本特征。边缘检测可以看作是处理许多复杂问题的关键, 它在图像分割、特征提取、图像识别等领域起着重要的作用。

目前经典的边缘检测方法中最具有代表性的有基于一阶求导的 Sobel 算子及二阶求导的拉普拉斯算子, 这类算子都是利用像素的邻域内灰度值的加权平均模板, 以基于方向导数掩模求卷积的方法完成边缘检测。不同的算子对不同方向上灰度值的变化敏感程度不同, 因而对于不同特性的边缘, 检测效果有很大差别, 各种算法中阈值的选择对边缘检测的结果也产生直接影响。由于图像的种类多样, 在图像上往往分布着各种类型不同的噪声, 而经典方法的模板都是固定的, 不能自适应各种图像复杂的情况。

近几年涌现的基于神经网络、小波理论、分形理论等进行边缘检测的研究在理论上取得了突破, 在实践上取得了很好的效果。灰色理论是产生于 20 世纪 80 年代的理论工具, 其应用几乎涵盖社会科学和自然科学的各个领域, 在这些领域, 利用灰色理论进行研究都取得了良好的效果。在图像处理中的应用有图像压缩^[3,4]、图像隐藏等。在边缘检测领域, 也有过研究^[5], 但现有方法对较复杂的图像, 检测出的边缘效果不是很理想, 有进一步研究寻求更佳方法的必要。

本文提出了一种基于灰预测模型的边缘检测的新方法, 此方法利用灰预测模型, 直接根据图像灰度的变化判断像素点是否为边缘点。此方法意义明晰, 计算简单, 并在实践中取得了较好的效果。

1 灰预测模型

灰色理论是研究小样本、贫信息的不确定性系统。其主要研究的方法是通过已知信息的综合、开发、建模、计

算.....提取有价值的信息, 实现对系统行为的正确认识和有效控制。

灰色理论中进行预测的模型主要是 GM(1,1)模型。GM(1,1)模型利用原始离散数据序列建立近似的灰微分方程, 其构造方法是把离散的原始数据列进行 m 次累加生成, 得到规律性较强的累加生成序列, 然后对累加生成序列建模, GM(1,1)模型的建立步骤如下:

(1)对原始数据序列进行一些处理, 得到灰微分方程所需数列; 设有 3 个数据序列, 分别为

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

$$X^{(1)}=(X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n))$$

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

其中 $X^{(0)}$ 为非负的原始数据序列, $X^{(1)}$ 是对原始序列进行一次累加生成, 形成 1-AGO 序列, 即

$$X^{(1)}(k)=\sum_{m=1}^k X^{(0)}(m), k=1,2,\dots,n$$

而 $Z^{(1)}$ 为 $X^{(1)}$ 的邻均值等权生成序列:

$$Z^{(1)}(k)=0.5X^{(1)}(k)+0.5X^{(1)}(k-1), k=2,3,\dots,n$$

(2)利用已生成的序列建立灰微分方程

灰微分方程的原始形式为

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

而在数列的情况下为

$$X(k)+aZ(k)=b$$

作者简介: 胡鹏(1976-), 男, 博士生, 主研方向: 遥感图像处理; 付仲良, 教授、博导; 李炳生, 硕士生

收稿日期: 2006-02-20 **E-mail:** hupeng19764@126.com

其中 a 为发展系数, b 为灰色作用量。 a 反映了模型即 $\hat{X}^{(1)}$ 及 $\hat{X}^{(0)}$ 的发展态势, a 的绝对值越大, 模型的发展速度就越快, 反之, 模型发展速度较慢; 而灰色作用量 b 是从背景值挖掘出来的数据, 它反映了外部对系统的刺激。

然后通过最小二乘法, 计算出 a 和 b 的估计值:

$$\hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$$

式中

$$B = \begin{pmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}$$

并且

$$Y_n = \begin{pmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{pmatrix}$$

针对不同的应用领域可得出时间响应和离散响应:

1) 时间响应:

$$\hat{X}^{(1)}(t) = (X^{(1)}(0) - \frac{b}{a})e^{-at} + \frac{b}{a}$$

2) 离散响应:

$$\hat{X}^{(1)}(k) = (X^{(1)}(0) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}, k = 2, 3, \dots, n$$

(3) 由已建立的 GM(1,1) 模型得到的 $\hat{X}^{(1)}(k)$ 是一次累加量, 为得到原始数据序列的预测值还必须将 $\hat{X}^{(1)}(t)$ 或 $\hat{X}^{(1)}(k)$ 做一次累减生成(1-IAGO), 还原为 $\hat{X}^{(0)}(t)$ 或 $\hat{X}^{(0)}(k)$, 即

$$\hat{X}^{(0)}(t) = \hat{X}^{(1)}(t) - \hat{X}^{(1)}(t - \nabla t) \text{ 或}$$

$$\hat{X}^{(0)}(k) = \hat{X}^{(1)}(k) - \hat{X}^{(1)}(k - 1)$$

以上即完成了建模过程, 由预测方程即可实现由已有数据预测数据序列发展方向及未知的数据。GM(1,1) 模型不但预测精度高且准确, 还能对系统作长期预测。它克服了传统预测方法需要数据量大, 要求数据分布较典型, 计算量大等缺点, 只需要少量数据就可以建立系统的模型, 并据此模型对系统将来的行为进行预测, 同时系统模型的抗噪声能力强, 显示出比传统预测方法更大的优越性。

2 算法原理

2.1 算法思想

边缘是指图像内不同区域的边界, 在一个区域内部相邻像素灰度值变化不大, 而处于不同的区域边界处像素, 其灰度值和相邻像素相比有较大的变化。边缘检测的思想可以通过在同一行或同一列上某像素之前的相邻几点建立灰预测方程, 并利用预测方程预测此像素的灰度值, 如果该像素的灰度值和预测值之间的差值在某个规定的范围内, 则认为此像素和之前相邻的几个像素属于同一灰度级, 此点不为边缘点, 否则, 可认为此点和先前的几个点是处于不同的灰度级上, 即认为此点可能为边缘点。

2.2 算法过程

设图像某一行或某一列所含的像素个数为 m , 集合 $P = \{p_0, p_1, \dots, p_{m-1}\}$ 为该行(列)的像素序列, 而集合 $G = \{g_0, g_1, \dots, g_{m-1}\}$ 为该行(列)的像素的灰度值序列。为方便叙述起见, 以行为例, 算法过程如下:

(1) 利用某行前 4 个像素灰度值 g_0, g_1, g_2, g_3 建立初始的 GM(1,1) 模型;

(2) 利用初始的 GM(1,1) 模型预测像素 p_4 的灰度预测值

\hat{g}_4 , 并比较实际灰度值和预测灰度值之间的差值, 如果 $|g_4 - \hat{g}_4| < t$ 则认为像素 p_4 为非边缘点并转第(3)步, 否则认为其为边缘点转第(4)步(其中 t 为预先确定的阈值, 可根据图像的灰度分布来确定);

(3) 设 $g_n (4 \leq n \leq m-1)$ 为待处理像素的灰度值, $g_{n-4}, g_{n-3}, g_{n-2}, g_{n-1} (n-4 \geq 0)$, 分别为同行当前像素之前 4 个像素的灰度值, 如果这 4 个像素都不为边缘点则可利用 $g_{n-4}, g_{n-3}, g_{n-2}, g_{n-1}$ 建立 GM(1,1) 模型, 并利用此模型预测当前像素的灰度值, 设预测值为 \hat{g}_n , 如果 $|g_n - \hat{g}_n| < t$, 则当前点为非边缘点, 否则认为当前点为边缘点。

(4) 如果 $p_{n-1}, p_{n-2}, p_{n-3}, p_{n-4}$ 4 像素中有边缘点存在则要分成 4 种情况分别处理:

1) $p_{n-1}, p_{n-2}, p_{n-3}$ 3 像素都为非边缘点: 利用此 3 点建立 GM(1,1) 模型预测 p_n 的灰度值 \hat{g}_n , 如果 $|g_n - \hat{g}_n| < t$, 则当前点为非边缘点, 否则认为当前点为边缘点;

2) p_{n-1}, p_{n-2} 两点为非边缘点: 可以先计算此两像素的均值 $\mu_n = (g_{n-1} + g_{n-2})/2$, 均方差 $\sigma_n = |g_{n-1} - g_{n-2}|/2$, 梯度 $k_n = g_{n-1} - g_{n-2}$, 若 $\mu_n + k + \sigma_n + t > g_n > \mu_n + k - \sigma_n - t$, 则 p_n 为非边缘点, 否则 p_n 为边缘点;

3) p_{n-1} 点为边缘点: 计算 p_{n-1} 点灰度值和 p_n 点灰度值差值的绝对值 $|g_{n-1} - g_n|$, 若小于阈值 t , 则为非边缘点, 否则为边缘点;

4) p_{n-1} 点为非边缘点: 计算方法同情况 C。

(5) 处理同行下一个像素, 直到处理完每行的最后一个像素。

在按行处理完之后, 从第 1 列开始按同样的方法从列的方向再次对整副图像进行边缘检测。

2.3 需注意的问题

图像中在同一区域内会有大量的像素灰度值相同, 利用像素灰度值建立 GM(1,1) 模型的 a 值就会非常接近于 0, 在算法处理过程中, 如果出现此种情况, 则应直接用像素 p_{n-1} 的灰度值 g_{n-1} 作为像素 p_n 的灰度预测值即 $\hat{g}_n = g_{n-1}$ 。

文献[1]提出如果原始数据序列的个数为 4 个, 则建立 GM(1,1) 模型预测的精度较高, 本算法就利用 4 个像素灰度值建立模型, 但在实践中发现利用 3 个像素灰度值建立的模型预测效果也是可以接受的, 所以在算法第(4)步的情况 1) 也尝试利用 3 像素灰度值建立模型, 并进行预测。

3 实验及结果分析

为了检验算法的效果, 作者利用不同的复杂程度的图像分别利用本文所提出的算法和传统的算法分别做了实验, 实验结果的比较如下:

图 1~图 4 分别为同一幅原始图像和利用 Sobel 算子、Rober 算子和本文所提出的灰预测算法进行边缘检测的效果。



图 1 原始图像



图 2 Sobel 算子



图 3 Robert 算子

图 4 灰预测

图 5 ~ 图 8 为灰预测算法分别对另外两幅图像进行边缘检测的效果。



图 5 起跑



图 6 灰预测检测的边缘



图 7 lena 图



图 8 灰预测检测的边缘

从实验结果可以看出,和传统的方法相比,基于灰预测模型的边缘检测方法所得到的边缘,细节清晰,噪音很少,有比较好的效果。但在实验过程中可以发现,边缘检测的效果受阈值 t 的影响较大,如果 t 值取的较大,则会漏掉一些边缘,只保留灰度值变化较大的边缘;如果 t 值取的较小的话,则在将所有边缘检测出来的同时,还会引入一些灰度值略有变化的非边缘点。如图 9 ~ 图 11 所示,取得合适的 t 值对算法是否能取得合适的效果至关重要,考虑到 t 值是用来判断不同灰度区域之间差值的阈值,所以其取值应该和整副图像所有像素点的灰度的均方差有关。



图 9 原始图像



图 10 提取的边缘(t=15)



图 11 提取的边缘(t=35)

通过对大量图像的实验,统计不同图像的的均方差和边缘检测效果最好的 t 值,可以发现 t 值取所有像素的均方差的 $1/3$ 时效果较好。

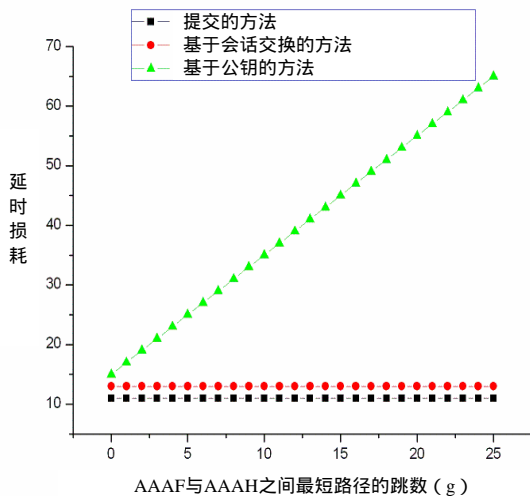
4 结束语

本文提出的算法直接根据某行某列的灰度值,利用 GM(1,1)模型预测下一像素灰度值,此方法算法简单,意义明晰,有比较好的自适应性,在实践中取得了比较好的效果。

但本算法还存在一些未解决的问题,需要进一步研究:GM(1,1)模型建模所需像素的个数,本文根据文献将其固定为 4 个,是否能采取灵活的方法,即建模的像素数目可以灵活选用,采用变长像素数目建模,是否能取得更好的效果。 t 值的选取,能否有更科学的方法。这些都有待以后的研究。

参考文献

- 1 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1986.
- 2 刘思峰, 郭天榜, 党耀国等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- 3 Hsu Y T, Yeh J. Grey-based Image Compression[J]. Grey System, 1998, 10(2): 105-121.
- 4 Hsu Y T, Yeh J. A Novel Image Compression Using Grey Models on Dynamic Window[J]. System Science, 2000, 31(9): 1125-1141.
- 5 马 苗, 樊养余, 谢松云等. 基于灰色系统理论的图象边缘检测新算法[J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(10): 1136-1139.



(上接第 150 页)

图 5.3 种切换方法的时延消耗的比较

6 结论

本文提出了一种新的用于移动 IP 注册和快速切换的认证方法。该方法对移动 IP 联合 AAA 的基本信任模型进行了增强,为 AAAF 增加了新的功能和任务,有效地降低了 AAA 网络的负载;通过在 NFA 和 OFA 之间建立新的双向隧道实现了低时延的切换;由于使用了对称密钥机制,该方法有效地降低了计算的复杂度并且能够完成文中所述的所有任务;该方法还对移动 IP 的注册和切换过程进行了安全增强。

参考文献

- 1 Perkins C. IP Mobility Support[S]. RFC 2002, 1996.
- 2 Perkins C E. Mobile IP Joins Forces with AAA[J]. IEEE Personal Communications, 2000, 7(4): 59-61.
- 3 Karim E M, Calhoun P R, Hiller T, et al. Low Latency Handoffs in Mobile IPv4[Z]. <http://www.ietf.org/rfc>, 2003-10.
- 4 Hyun G K, Doo H C. Session Key Exchange Based on Dynamic Security Association for Mobile IP Fast Handoff[C]. Proc. of International Conference on Computational Science and Its

Applications, 2004: 1151-1158.