

应用分形特征的景象匹配仿真

高世海 戴文刚 田 仲

(第二炮兵工程学院 101 教研室, 西安 710025)

摘要 为了提高数字景象匹配的技术性能, 将分形理论应用于景象匹配领域, 提出了一种用于景象匹配的采用归一化方法改进的双毯覆盖算法, 并阐述了数字景物图象分形维数的求解方法, 同时采用粗匹配和精匹配两级匹配来改善匹配性能. 通过仿真, 并与常规的平均绝对差算法(MAD)对比, 证明方案可行, 且技术性能有所提高. 另外, 还发现匹配概率与实时图的亮度和对比度等因素有关, 这对于进一步探索改善该算法的匹配性能, 具有重要意义.

关键词 双毯覆盖算法 分形特征 景象匹配

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)09-0730-04

Simulation of Image Registration in Fractal Character

GAO Shi-hai, DAI Wen-gang, TIAN Zhong

(101 Section, The Second Artillery Institute of Engineering College, Xi'an 710025)

Abstract To improve the performance of algorithm, theory of fractal is applied in fields of image registration in this paper. The algorithm improved by unitized covered carpet is provided, and registration probability and speed are improved effectively. The paper also presents the method of calculating fractal character. Through simulation and compared with MAD, the algorithm demonstrates its satisfying effect and value to image registration.

Keywords Carpet covered algorithm, Fractal character, Image registration

0 引言

分形现象广泛地存在于自然界中, 尽管绝大多数自然景物千奇百态, 错综复杂, 但它们均具有某种分形特征, 而分形特征的一个重要参数是分形维数. 目前分形理论已被广泛地应用于计算机图形学及图象数据压缩与处理、生物医学等多个领域. 虽然, 分形至今仍没有一个准确的定义, 但它具有如下许多独特的性质^[1]: ① 分形集是自相似的; ② 分形集具有精细的结构, 它包含任意小的比例细节; ③ 分形集可以由一迭代过程得到; ④ 分形集的分形维数大于其拓扑维数.

Pentand 最先把分形引入到图象处理领域, 即采用分形布朗模型研究图象处理问题. 本文又将分形理论应用于景象匹配领域, 并利用归一化方法对

原有的双毯覆盖算法进行改进, 同时采用两级景象匹配, 因而有效地提高了数字景象匹配的技术性能. 通过该算法与常规的平均绝对差算法(MAD)仿真对比, 证明技术性能有所改进.

1 图象分形维数的计算

计算图象的分形维数是源于“度量”的思想. 由于分形表面的面积变化独立于尺度, 而且任意两个不同尺度所作的测量都可以提供同样的分形维^[2]. 若将这种思想推广至二维表面, 并用象素灰度值代表空间深度, 则构成一个数字的纹理表面. 若以该表面中某点为中心, 且考虑与该中心点距离不超过 ϵ 的象素点的集合可用两个厚度为 ϵ 的“地毯”进行覆盖, 则双毯表面的面积可由双毯上下表面间的体积除以 2ϵ 得到^[3,4]. 双毯的上表面 $U(i, j, \epsilon)$ 和下表面

$L(i, j, \epsilon)$ 的定义是

$$U(i, j, 0) = L(i, j, 0) = \text{gray}(i, j) \quad (1)$$

$$U(i, j, \epsilon) = \max\{U(i, j, \epsilon - 1) + 1,$$

$$\max_{(k, m) \in \eta} [U(k, m, \epsilon - 1)]\} \quad \epsilon = 1, 2, \dots, \epsilon_{\max} \quad (2)$$

$$L(i, j, \epsilon) = \min\{L(i, j, \epsilon - 1) - 1,$$

$$\min_{(k, m) \in \eta} [L(k, m, \epsilon - 1)]\} \quad \epsilon = 1, 2, \dots, \epsilon_{\max} \quad (3)$$

其中, (i, j) 表示象素在图象灰度矩阵的第 i 行, 第 j 列位置, 定义左上角为 $(0, 0)$; gray 为象素灰度值; $\eta = \{(k, m) \mid \text{distance}[(k, m), (i, j)] \leq 1\}$; ϵ 是计算分形参数时所取的最大尺度, $\epsilon \in N$, 且 $\epsilon \geq 2$.

则双毯两个表面间的体积为

$$V(i, j, \epsilon) = \sum_{k=i-\epsilon}^{i+\epsilon} \sum_{m=j-\epsilon}^{j+\epsilon} [U(k, m, \epsilon) - L(k, m, \epsilon)] \quad (4)$$

地毯所占据的表面积为

$$A(i, j, \epsilon) = \frac{\sum_{k=i-\epsilon}^{i+\epsilon} \sum_{m=j-\epsilon}^{j+\epsilon} [U(k, m, \epsilon) - L(k, m, \epsilon)]}{2\epsilon} = \frac{V(i, j, \epsilon)}{2\epsilon} \quad (5)$$

将上式作归一化处理

$$A_1(i, j, \epsilon) = A(i, j, \epsilon) / (2\epsilon + 1)^2 \quad (6)$$

假定度量特性满足

$$M(\epsilon) = K \epsilon^{D_T - D} \quad (D_T \text{ 为拓扑维数}) \quad (7)$$

由式(7)可以计算出图象中每一点在不同尺度 ϵ 上的 D 和分形常数 K . 计算步骤如下:

- (1) 在尺度 $\epsilon = 1, 2, \dots, \epsilon_{\max}$ 上, 分别计算各个尺度的上表面 $U(i, j, \epsilon)$ 和下表面 $L(i, j, \epsilon)$;
- (2) 当尺度为 ϵ 时, 则围绕图象中的象素 (i, j) , 设置一个 $(2\epsilon + 1) \times (2\epsilon + 1)$ 的求和窗口;
- (3) 在象素 (i, j) 周围的 $(2\epsilon + 1) \times (2\epsilon + 1)$ 窗口中, 分别计算各个尺度上的 $V(i, j, \epsilon)$ 和 $A(i, j, \epsilon)$;
- (4) 计算归一化面积 $A_1(i, j, \epsilon)$;
- (5) 改变 ϵ 的大小, 分别计算各对 $\log \epsilon$ 和 $\log(A_1(i, j, \epsilon))$ 的值, 然后再利用最小二乘法求出 D 和分形常数 K 的值, 则分形维数为 $D_T - D$.

2 基于地毯覆盖法的景象匹配算法

由于绝大多数自然景物的分形特征可以用分形维数来度量. 并且不同的区域, 其分形维数亦有差别. 利用这一点, 我们就可以将其引入到景物图象匹配算法中来.

2.1 粗匹配

通过粗匹配, 先初步找到匹配区域的位置, 其方法是:

① 计算实时图的分形维数 首先将实时图划分为若干大小相同的小区域, 并以小区域的中心代表该区域, 然后利用地毯覆盖算法, 计算其分形维数.

② 计算参考图的分形维数 在参考图中, 每隔 3~4 个象素, 取与实时图大小相同的矩形区域, 先按实时图划分分子区域的方法, 在选取的区域中划分分子区域, 然后计算其分形维数.

③ 进行参考图与实时图的初匹配 采用类似于平均绝对差算法进行边匹配边比较. 然后设定一个较大的门限值, 并计算实时图与参考图中第一个区域的分形维数差的绝对值之和, 将此值代入门限值, 以后, 每次计算实时图与参考图中余下区域的分形维数差的绝对值之和时, 边求和, 边与门限值比较, 如果, 和大于门限值, 则余下的绝对差之和不用计算, 转入计算参考图中下一个区域, 如果, 实时图与参考图中所选区域绝对差之和全部小于门限值, 则将和代入门限值, 记录此时所选区域的位置. 这样计算下去, 直到找到具有最小绝对差之和区域的位置.

2.2 精匹配

通过精匹配实现精确定位, 方法是:

以粗匹配点为中心取一个 9×9 的区域, 依次以每个象素为左上角在参考图中取一个实时图大小的区域, 按照初匹配的方法, 计算出实时图在参考图中的精确位置. 这样, 就实现了景象匹配, 再精确地求出匹配误差, 从而实现了精确定位.

3 匹配仿真及结果分析

选用对某地区所拍摄的大小为 256×256 象素、256 灰度级的航片为原参考图. 应用“奔腾”233 PC 微机, Visual C++ 5.0 for Windows95 软件平台进行仿真, 即先在原参考图中随意截取一大大小为 64×64 象素的矩形区域作为实时图(如图 1). 将原参考图迭加上方差为 36 的高斯噪声, 进行 3×3 模板的加权平均得参考图 1(图 1(a)). 再将原参考图降低一倍的分辨率, 以进行模糊得到参考图 2(图 1(b)). 然后, 按照图 2 所示的分形特征的景象匹配算法流程进行计算机匹配仿真:

- (1) 将图 1(a) 与图 1(c) 进行匹配仿真, 并将匹

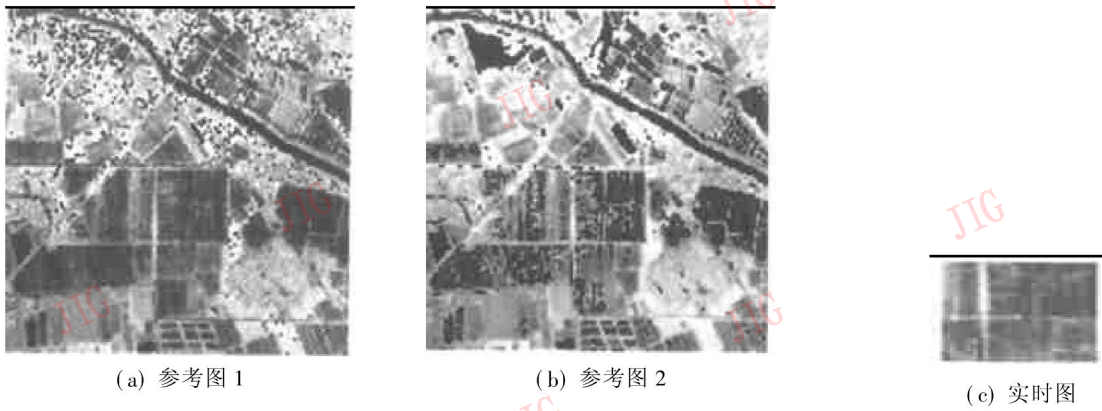


图1 仿真所用的参考图与实时图

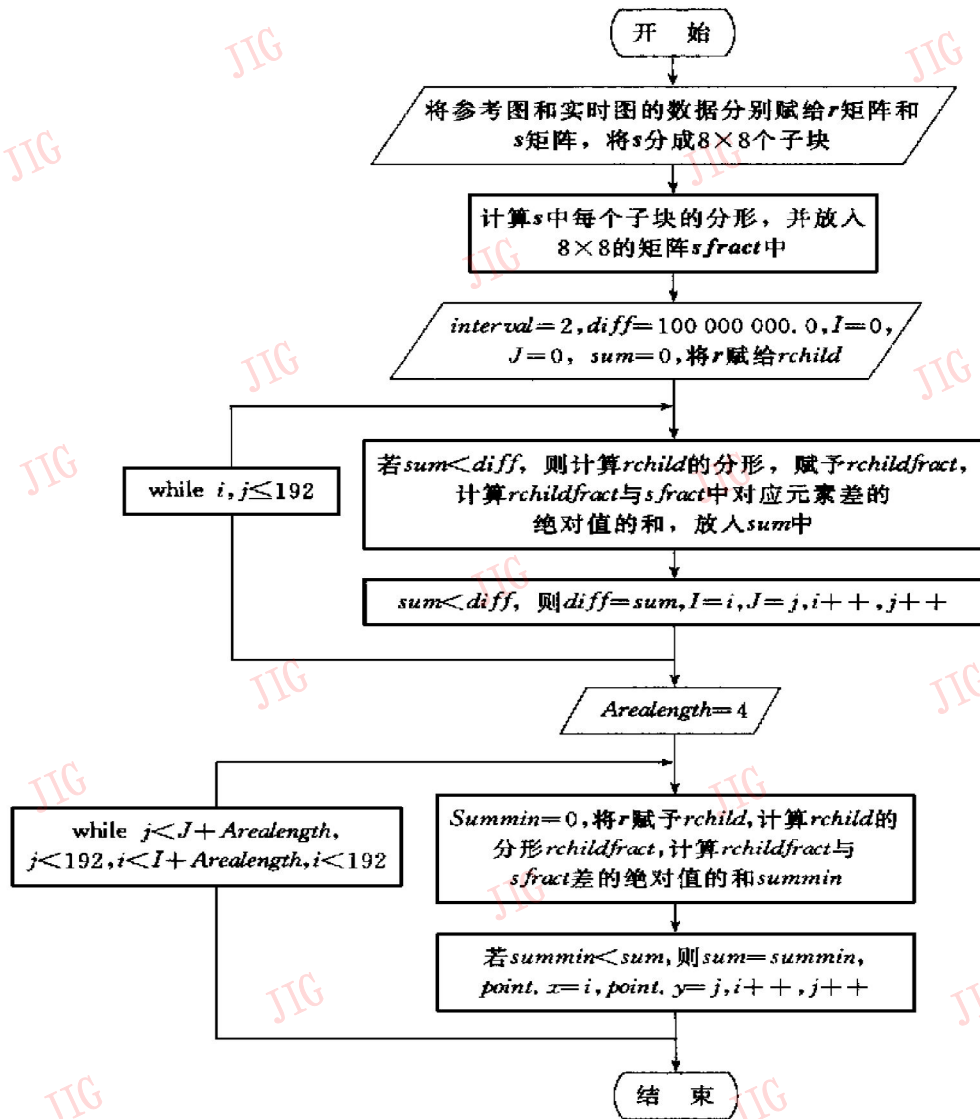


图2 分形特征景象匹配算法流程

图中: $sfract$ 表示实时图分形维数矩阵; $interval$ 为像素间隔控制变量; $diff$ 为门限; sum 为粗匹配分形维数差绝对值之和; $rchild$ 表示参考图子矩阵; $rchildfract$ 为参考图子矩阵分形维数矩阵; I, J 为粗匹配点; $Arealength$ 为区域长度; $summin$ 为精匹配分形维数差绝对值之和; $point$ 为精匹配匹配点; i, j 为算法循环控制变量.

配结果与平均绝对差法结果进行比较. 经过 30 次仿真, 发现本算法所用的时间与实时图在参考图中的相对位置有关, 最长时间与平均绝对差(MAD)算法相差不大, 而匹配概率(误判不大于二个像素的距离就算匹配成功)比平均绝对差算法高, 用平均绝对差算法进行匹配时的匹配概率为 83%, 而用本算法的匹配概率为 89%.

(2) 将图 1(b) 与图 1(c) 应用该算法进行 30 次匹配仿真, 并将匹配结果与平均绝对差算法进行比较, 发现平均绝对差法的匹配概率降低到 75%, 而本文提供的方法的匹配概率均在 81% 以上, 说明该算法可有效地提高数字景象匹配的技术性能, 其中又以模糊图象更突出. 实验中还发现, 若实时图的亮度较高, 且对比度较强的话, 其匹配概率会提高, 若实时图亮度较暗, 则匹配效果变差. 显然, 图象匹配的概率与图象的质量有关.

4 结 论

本文提出的利用归一化方法改进的图象分形特征景象匹配算法, 可有效地提高景物图象的匹配概率. 同时, 还发现了实时图的质量(诸如亮度、对比度)也影响匹配概率. 因此对于进一步探索改善景物图象的匹配性能具有重要参考价值.

参 考 文 献

1 MandelBrot B B, Fractal brownian motions. Fractional Noises and Applications, SIAM Rev, 1968, 10(4): 422~ 436.

- 2 Pentland A, Fractal based description of national scenes. IEEE. PAM, 1984, 6(6): 661~ 674.
- 3 王润生. 图象理解. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995.
- 4 魏洛刚, 汪国有, 张天序等. 景象的多特征快速提取算法研究. 武汉: 华中理工大学出版社, 1996: 233~ 240.



高世海 教授, 1964年毕业于炮兵技术学院自动控制专业. 现主要从事精确制导技术、自动化测量与计量、智能诊断、图象图形处理的研究. 获国家、军队科技进步和教学成果奖多项. 已发表学术论文 60 余篇.



戴文刚 硕士, 1996年毕业于第二炮兵工程学院自动控制专业, 获工学学士学位, 1999年3月获该院信号与信息处理专业工学硕士学位. 现为二炮驻某厂军代表, 主要研究方向是精确制导技术、图象图形处理. 发表学术论文 5 篇.



田 仲 1996年毕业于第二炮兵工程学院计算机专业, 现为该院信号与信息处理专业硕士生. 主要研究方向是精确制导技术、图象图形处理. 发表学术论文 3 篇.