

二维物体变形技术现状与发展

赖志豪,康宝生

(西北大学 信息科学与技术学院,陕西 西安 710127)

摘要:二维物体变形技术在计算机动画、工业造型设计、科学计算可视化、电影特技等领域有着广泛的应用,具有十分重要的意义。近年来,有许多研究者提出了一些效果不错的算法,文中对这些算法进行了分析,对二维物体变形技术做了较全面的综述,探讨了现有二维物体变形技术中需要改进的关键问题,并给出了变形技术在未来的发展方向。

关键词:物体变形;多边形变形;形状变换;匹配;插值

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)10-0120-03

Actuality and Development of 2-D Object Morphing

LAI Zhi-hao, KANG Bao-sheng

(College of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: 2-D object morphing is the process of continuously transformation one object into another, which is widely studied in computer animation, industrial modeling design, visualization in scientific computing and film stunt etc, and has great signification. Many morphing techniques have been proposed in recent years for 2-D objects morphing. An almost comprehensive survey of the different approaches of 2-D object morphing is presented in this paper. The final section analyzes the key points and the prospects of object morphing, which lead to the important problems to be considered and solved.

Key words: object morphing; polygon morphing; shape transformation; correspondence; interpolation

0 引言

变形(morphing 或 metamorphosis),顾名思义就是采用某种方法使初始物体在视觉上连续、光滑变化到目标物体。变形技术在计算机动画、工业造型设计、科学计算可视化、电影特技等领域都有着广泛的应用。

变形通常需要解决两个关键问题:一是建立初末物体的元素之间的对应关系,称为对应问题;二是通过插值初末两物体的对应元素产生中间状态,称为插值路径问题。对两个给定的物体而言,从其中一个变形到另一个可以有无穷多种情况,但令人满意的变形则应满足以下3个条件:一是变形过程中产生的中间状态应保持单调平滑的变换;二是中间状态的边界曲面应尽量保持光滑;三是初始物体和目标物体所共有的一些特征在变形过程中应该被保留。因此令人满意的变形应该是平滑的,在变形过程中尽量体现出初始物体特征的渐渐消失和目标物体特征的逐步凸现,且

无其他无关特征的出现。这里所说的物体包括二维图像、多边形、二维曲线、三维曲线、多面体等。文中主要讨论二维物体变形技术。

1 二维物体变形技术

二维物体变形过程包括匹配映射和插值。匹配映射就是建立两物体之间的一一对应关系,这一步通常需要人工参与。对应关系适当与否,对变形质量的好坏有着至关重要的影响。建立对应关系后,所要做的就是插值,即将初始物体的各部分(顶点、边、面等)随时间自然变化到对应部分所在的位置,并符合目标物体各部分的邻接关系。变化路径决定了中间插值的平滑性和自然性。如果变化路径不恰当,就可能出现中间插值的自交现象或是引入一些不希望出现的特征,产生病态的融合。变形过程可以用一个统一的数学公式进行描述。

设初始物体为 A , 目标物体为 B , 在由 A 到 B 的变形中产生的中间插值物体为 C , 则:

$$C = f(t)A \wedge g(t)B$$

其中, $f(t)$, $g(t)$ 是随时间 t 变化的函数, \wedge 表示 A 和 B 之间的插值变换。二维物体变形主要包括二维图像

收稿日期:2006-12-25

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2005A14)

作者简介:赖志豪(1981-),男,福建人,硕士研究生,研究方向为计算机辅助几何设计、计算机图形学;康宝生,教授,研究方向为计算机辅助几何设计、计算机图形学。

变形、平面多边形的变形以及自由曲线曲面的变形。

1.1 二维图像变形

图像变形也被称为图像的自交融合(Cross-dissolving),是通过初始图像和目标图像对应像素灰度值的融合来描述变形过程。由于二维图像能使人产生三维图形的感觉,因此,图像变形广泛应用于影视特技、教育、娱乐与计算机动画中。1992年 Beier 和 Neely^[1]提出基于特征的变形方法,这种方法先由用户在初始图像和目标图像中定义一系列特征直线对,对于目标图像中的每个点,根据它与各特征线的关系求得初始图像中的一系列对应点,然后将这些对应点进行加权平均求得目标点在初始图像中的最终对应位置。该方法允许用户用线对变形进行直观的控制,通过交互地指定图像的特征,可以方便地达到预期的视觉效果。1998年 Wolberg^[2]发表了一篇关于图像变形研究现状的文章,介绍了各种图像变形的方法及特点、不足。

1.2 平面多边形变形

由于一般的平面物体都可以用其边界线来描述其形状,因此用平面多边形逼近物体边界线就可将二维物体的变形简化为平面多边形的变形来处理。Sederberg 和 Greenwood^[3]于 1992 年提出基于物理做功的方法,其核心是将两个多边形看作线框,多边形之间的渐变过程被看作初始线框变化到目标线框的过程,而线框之间的变化做功可分为伸缩和弯曲做功两部分,通过最小化做功函数来建立顶点对应关系。该方法由于考虑到物体在变化过程中的物理做功,因此比较符合物体在实际变形过程中相关几何量的变化,对应效果较好,但是算法过于复杂,且不能保证初始多边形和目标多边形特征相似区域的对应。

1995年,Goldstein 和 Gotsman^[4]利用图形的多分辨率表示来对两个简单多边形变形,该方法对两个重合部分较多的多边形具有较好的变形效果,但不能避免多边形的边界自交现象。Shapira 和 Rappoport^[5]提出一种基于星形骨架(Star skeleton)方法,利用同构星形骨架来实现变形。该方法由于同时考虑了多边形的边界和内部,一定程度上减少了中间多边形边界自交的可能性,变形效果较好,且能用于图像变形和多个多边形变形的情况。图 1 是该算法的变形实例,简单星形多边形间的变形。

1997年,Cohen-Or 和 Carmel^[6]提出了一种基于 DFI(Distance Field Interpolation)的插值方法,该方法首先由用户选择一系列锚点定义一个弯曲函数,使得初始多边形与目标多边形在几何形状上达到尽量对齐的

目的,然后用曲线演化的方法建立顶点对应关系,再通过弯曲函数的刚性变换和弹性变换实现对应顶点的插值问题。该方法变形效果良好,但仍不能避免中间多边形的边界自交现象。

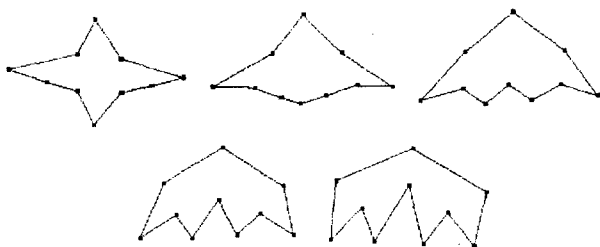


图 1 简单星形多边形间的变形

2000年,Alexa 等人^[7]在 SIGGRAPH 会议上提出了基于同构平面三角网络剖分的方法。该方法首先对初始多边形和目标多边形的内部作同构的三角剖分,在对应三角形间建立仿射变换,并将仿射变换分解为旋转变换和伸缩变换分别线性插值,然后用最小二乘原理求得实际期望的仿射变换,并由此确定中间多边形。该方法可使得多边形在变形过程中达到局部形状扭曲最小的效果,且中间过程不易产生自交,缺点是总体形状扭曲效果未必是最佳的。图 2 是该算法的变形实例,枫叶到飞机的变形过程。

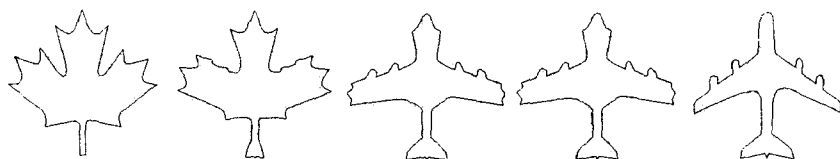


图 2 枫叶到飞机的变形

2001年,Surazhsky 和 Gotsman^[8]提出了一种可避免边界自交的平面多边形的变形方法,使平面多边形的变形技术取得了突破性的进展。不同于以往直接致力于多边形本身变形的研究方法,Surazhsky 和 Gotsman 基于 1999 年 Floater 和 Gotsman^[9]提出的基于平面三角网格的内顶点的凸组合表示方法,定义平面三角网格内顶点的均值重心坐标,并将其应用于平面多边形的变形。该方法首先将初始多边形和目标多边形分别嵌入凸边界相同的平面同构三角网格中去,并用均值重心坐标表示出三角网格的内顶点,通过插值得到中间网格内顶点的均值重心坐标表示,再求解一个线性方程组得到中间网格的内顶点坐标,在计算机上显示时去除不属于中间多边形的边和顶点,即得多边形的变形过程。由于在变形过程中,中间网格始终与初始网格及目标网格同构,故中间多边形不会出现边界自交现象。但该方法需要对初始多边形和目标多边形做同构的三角剖分,使用了较多的额外点,故算法较复杂,且难以保证刚体变形。变形实例如图 3 所示。

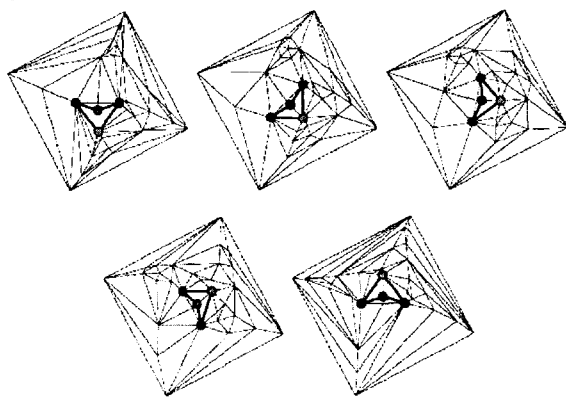


图 3 两个简单四边形间的变形过程

2005 年,杨文武等^[10]提出一种基于视觉特征对应的 2-D 多边形渐变方法,由用户交互地对多边形进行同构的特征分解建立初始多边形和目标多边形间的特征对应,通过对讨论特征子多边形的光滑过渡与控制来实现变形。该方法直观、简单、计算量较小,能实现多边形的特征保留,但用户手工劳动量较多,且不能避免边界自交现象。西北工业大学的谷留新^[11]等人对 Surazhsky 和 Gotsman^[8]的可避免边界自交的平面多边形的变形方法进行改进,提出一种基于多边形星形分解的同构三角网格剖分算法。该方法选择正多边形作为三角网格的边界,并采用刚体变形技术以保持初始多边形和目标多边形尽可能刚性地变形,使用较少的额外点,取得了较好的变形效果。

1.3 自由曲线曲面的变形

自由曲线曲面造型是计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的主要研究内容,对自由曲线作变形,首先须对曲线做分段线性逼近。最简单的方法是在曲线的参数域内作均匀分割,由此得到曲线上一批离散样本点及其依次相连而成的平面或空间多边形,从而转化为多边形变形问题。1998 年, Samoilov 和 Elber^[12]给出了一种可避免自交的二维自由曲线的变形算法,具有较好的变形效果。2002 年, Surazhsky 和 Elber^[13]又提出了对平面参数曲线的曲率插值来实现变形的一种方法。该方法基于微分几何理论,即一条以弧长为参数的平面曲线,它的形状完全由其曲率函数所决定,只是所在位置顶多差一个刚体运动变换。该方法利用曲线的内在量曲率变形,效果良好。但对于一般的非弧长参数曲线,若用该方法变形需重新弧长参数化,这不仅增加了运算量,而且一般情况下可能没有解析解,无法继续施行,故该方法通用性较差。

2 结 论

文中对二维物体变形技术的发展做了简单的总结,对具有代表性的算法做了简要的评价,指出各种

算法的适用条件,以及它们各自的优缺点。可以看出,现有的物体变形方法各有优缺点,现有变形技术中存在的不足之处及发展方向主要表现在:

(1)关于平面物体的变形,现有方法只对处理形状、大小较为相似的物体较理想,而对于拓扑结构不同、形状、大小差异较大的物体变形则鲜有行之有效的算法,有必要作深入研究。

(2)基于形状的渐变方法,一般都需要人工进行匹配阶段的工作,完全自动的方法不能产生令人满意的渐变效果。在限定被变形物体的形状,并增加一些人工干预的情况下,某些方法才可以获得令人满意的结果。

(3)判定算法及变形质量或效果“好坏”的标准是以观察者的主观判断为基础,而没有客观判断的准则和方法,因此制定评价变形质量的客观标准也是值得研究的课题。

参考文献:

- [1] Beier T, Neely S. Feature - based Image Metamorphosis[J]. Computer Graphics, 1992, 26(2): 32 - 42.
- [2] Wolberg G. Image morphing: a survey[J]. The visual computer, 1998, 14: 360 - 372.
- [3] Sederberg T W, Greenwood E. A physically based approach to 2 - D shape blending[J]. Computer Graphics, 1992, 26(2): 25 - 34.
- [4] Goldstein E, Gotsman C. Polygon morphing using a multiresolution representation[C]// Proceedings of Graphics Interface' 95. Paris: [s. n.], 1995: 247 - 254.
- [5] Shapira M, Rappoport A. Shape blending using the star - skeleton representation[J]. IEEE Transactions on Computer Graphics and Application, 1995, 15(3): 44 - 51.
- [6] Carmel E, Cohen - Or D. Warp - guided object - space morphing[J]. The Visual Computer, 1997, 13: 465 - 578.
- [7] Alexa M, Cohen - Or D, Levin D. As - rigid - as possible shape interpolation[C]// Proceedings of SIGGRAPH' 2000, New York: ACM Press, 2000: 157 - 164.
- [8] Surazhsky V, Gotsman C. Guaranteed intersection - free polygon morphing[J]. Computer and Graphics, 2001, 25(1): 67 - 75.
- [9] Floater M S, Gotsman C. How to Morph Tilings Injectively [J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 1999, 101: 117 - 129.
- [10] 杨文武, 冯结青, 金小刚, 等. 基于特征分解的 2-D 多边形渐变[J]. 软件学报, 2005, 16(2): 309 - 315.
- [11] 谷留新, 刘克轩. 改进的基于 mean value 重心坐标的多边形变形[J]. 计算机工程与应用, 2005, 29: 74 - 76.
- [12] Samoilov T, Elber G. Self - intersection elimination in meta-

(下转第 126 页)

2003 服务器,选用 VC++ 6.0 编程环境。数据来源为蚌埠学院教务处学籍管理数据,数据库采用 SQL server 2000,属性有 15 个。

支持度 5%,用项目增长法分别求得不同事务数的频集测试结果(见表 1)。

表 1 使用项目增长法测试数据描述(时间单位:s)

记录数	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
支持度 5%	8.12	9.69	11.09	12.5	13.91	14.06	16.72

支持度 5%,先用项目增长法求得事务数为 10000 的频繁项集,然后利用负增量维护方法计算每递减 1000 事务的频繁项集,测试结果(见表 2)。

表 2 利用负增量维护方法测试结果(时间单位:s)

记录数	9000	8000	7000	6000	5000	4000
支持度 5%	12.36	12.2	11	10.5	9.1	8

两种测试结果的性能对比如图 4 所示。

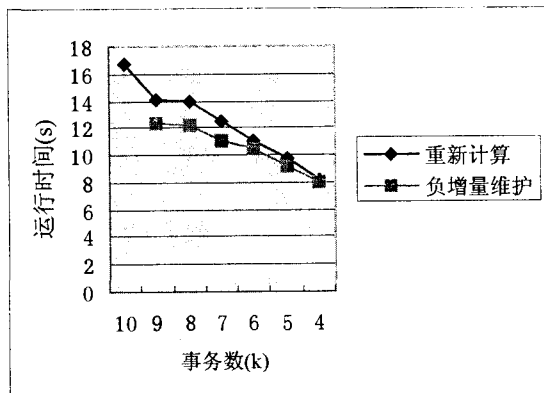


图 4 两种测试结果的性能对比

可以看出,利用负增量维护方法计算变化后的数据集的频集时,所用的时耗比重重新计算要小,故效率高。从而验证了文中讨论的方法的正确性、可行性和有效性。

4 结束语

关联规则的更新是数据挖掘技术中的一个重要内容。笔者在对正负增量式关联规则更新技术^[8,10,11]深入研究基础上,提出了相应的算法。通过分析可以看出:整个更新过程只扫描一次数据集,避免了反复扫描事务数据集的 I/O 负载;通过连接项集产生候选项,增强了产生候选项的针对性和有效性,提高了候选项的支持事务计数的效率;充分利用已知挖掘结果和正在挖掘过程中得到的信息,获得无需计算支持数便已知

的 L_{D-d} 中的项目,剪枝过程贯穿于整个算法,大大减少了需要在 $D-d$ 中计算支持事务计数的候选集的规模。在算法的运行时耗上具有很明显的优势。历史数据集越大,剪枝效果越加明显,越能显现出本算法的优越性。

参考文献:

- [1] Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘概念与技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [2] Agrawal R, Imielinski T, Swami A. Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases[C]//Proc. of the ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data (ACM SIGMOD'93). Washington, USA: [s. n.], 1993:207-216.
- [3] Agrawal R, Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules[C]//Proc. of the 20th Int. Conf. on Very Large Databases (VLDB'94). Santiago, Chile: [s. n.], 1994:487-499.
- [4] Park J S, Chen M S, Yu P S. An Effective Hash-based Algorithm for Mining Association Rules[C]//Proc. of the ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data (ACM SIGMOD'95). San Jose, California: [s. n.], 1995:175-186.
- [5] Savasere A, Omiecinski E, Navathe A. An Efficient Algorithm for Mining Association Rules in Large Databases[C]//Proc. of '95 Int. Conf. Very Large Database (VLDB'95). Zurich, Switzerland: [s. n.], 1995.
- [6] Cheung D W, Han J. Maintenance of Discovered Association Rules in Large Databases: An Incremental Update Technique [C]//Proc. of the 12th Int. Conf. on Data Engineering (ICDE'96). New Orleans, Louisiana: [s. n.], 1996.
- [7] Cheung D W, Lee S D, Kao B. A General Incremental Technique for Maintaining Discovered Association Rules [C]//Proc. of the 5th Int. Conf. on Database Systems for Advanced Applications. Melbourne, Australia: [s. n.], 1997:185-194.
- [8] 冯玉才,冯剑琳.关联规则的增量式更新算法[J]. 软件学报,1998,9(4):301-306.
- [9] Ayan N F. An Efficient Algorithm To Update Large Itemsets with Early Pruning [C]//Proc. of the 5th Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'99). San Diego, California, USA: [s. n.], 1999.
- [10] 朱红蕾,李 明.关联规则挖掘的维护算法研究[J]. 微机发展,2004,14(2):37-40.
- [11] 朱玉全,宋余庆.关联规则挖掘中增量式更新算法的研究[J]. 计算机工程与应用,2005(15):186-187.

(上接第 122 页)

morphosis of two-dimensional curves[J]. The Visual Computer, 1998, 14:415-428.

- [13] Surazhsky T, Elber G. Metamorphosis of Planar Parametric Curves via Curvature Interpolation[J]. International Journal of Shape Modeling, 2002, 8(2):201-216.