

基于样本区域的线条画风格转换

任 石, 秦茂玲, 刘 弘

(山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014)

摘 要:针对某些线条画存在多于一种风格的线条的情况,提出了一种利用线条画作为样本对任意线条画进行风格转换的方法。该方法基于指定的样本区域和目标区域,通过指定单位长度对笔划分段进行风格相似性比较,并引入旋转和缩放参数进行笔划的规范化表示。与已有的方法比较,该方法算法简单并能产生新的风格转换效果。

关键词:线条画;笔划;样本;风格;非真实感绘制

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)11-0233-04

Style Translation for Line Drawings Based on Sample Regions

REN Shi, QIN Mao-ling, LIU Hong

(Information Science and Engineering Institute, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: Presents a new sample-based method to transform the style of line drawings by using line drawings as a sample, in view of the fact that there might be more than one kind of line style for some line drawings. Its application is based on the specified sample domain and target domain. It translates a target line into the style of samples interactively through assigns the length to the stroke and the introduction of rotation and scaling parameters for standardization of strokes. Compared with the former methods it is easier and much better in transforming styles.

Key words: line drawings; stroke; sample; style; non-photorealistic rendering

0 引 言

线条画作为一种具有独特表现力的艺术形式,被广泛应用于艺术创作、科技文献插图、工业图案设计以及平面广告设计等领域。线条画有丰富的表现风格,如速写、素描、漫画等,每种风格都有其鲜明的特点和艺术表现力,研究如何学习并利用已有的线条画作品,使计算机自动生成具有一定风格的线条画具有非常重要的理论和现实意义。事实上,艺术风格的转换与生成一直是近年来非真实感绘制(non-photorealistic rendering, NPR)研究的热点问题之一。现在研究的方法主要通过对样本风格的学习,将样本风格转换到目标图上,如 Hamel 和 Strothotte 运用风格模板的方法^[1],通过对输入模型绘制过程的学习,获取风格模板,然后运用该模板到新的模型以达到风格重用的目

的。Hertzmann^[2]提出了一种曲线类推的绘制算法,可以将已有线条画绘制风格传输到新的实例中。Jodoin^[3]借助统计学上的 N-gram 方法和纹理合成模型,通过对样本曲线分布的学习生成了影线画(hatching)风格。于金辉等^[4]用图像处理的方法,从样本中提取笔划元素,根据一个控制图片,把笔划元素映射到处理图像,从而合成手绘风格的中国画效果。文献^[5]借助于 eye-tracker 采用局部控制的方法对任意给定的彩色照片进行风格化和风格化的定制。徐晓刚等^[6]则研究用风格学习的方法从多个输入图中获得特征,然后把特征传输到目标图中,获得具有输入样图风格的效果图。上述方法有一个共同的特点,即所采用的方法都是将样图的整体作为学习的对象,把整幅样图看作是艺术家的同一种风格的完全表现,然而在实际中一幅样图可能包含多种线条风格,用不同的线条风格来突出表现不同区域的风格。如果是这样的样图,在进行线条艺术风格转换时仍然把样图整体作为一种线条风格,转换的结果将失去原来的表现力,因此,笔者借鉴文献^[7],提出了一种基于样本区域风格转换的方法,即由用户指定样图区域和目标图的区域,以获得不同的效果图。

收稿日期:2007-01-12

基金项目:国家自然科学基金(69975010, 60374054);山东省自然科学基金(Y2003G01, Z2004G02)

作者简介:任 石(1980-),女,山东潍坊人,硕士研究生,研究方向为计算机图形学;秦茂玲,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机图形学、图像处理、进化计算等;刘 弘,教授,博士生导师,研究方向为构件技术、软件 Agent、创新设计技术。

1 相关研究

线条画由来已久, Bakergem 和 Obata 首次提出了画不正确线条的技术, 即是用计算机模仿手绘效果线条画。NPR 领域的先驱 Simon Schofield 奠定了线条画的理论基础, Elber 探索了线条的不同变异, S. C. Hsu^[8]提出了骨骼笔划的方法生成艺术性线条, 即定义了坐标系的图, 其中参考骨架规定了 X 坐标方向, 参考厚度规定了 Y 坐标方向, 对某一条具体的路径进行绘制时, 把笔划的参考骨架与路径进行对齐, 并相应地对笔划对应的图变形。运用该方法可以得到丰富的笔划效果, 通过预建立适宜的笔划库, 可以极大地方便艺术家的数字创作。Finkelstein 和 Salesin^[9]提出了多分辨率曲线的思想, 该方法建立在采样理论中的小波技术的基础之上, 通过小波来表示在不同细节层次的曲线, 即低分辨率曲线表现整体形状, 高分辨率曲线的细节变化来体现风格。

近几年来又出现了线条风格转换的研究, Hertzmann^[10]提出了曲线类比的方法。文献中输入一幅不具有任何风格的样本图 A, 一幅与 A 具有相同内容的但具有特殊风格的样图 A', 一幅目标图 B。通过学习使得输出图像 B' 具有和 A' 相同的风格, 但是内容保持不变。Freeman^[11]提出了一种基于样本笔划的线条画转换方法。文献中将事先建立好的样本笔划集合当作一个训练集, 对一条目标线条在训练集中挑选 k 个与目标线条足够相似的笔划, 通过对这些笔划进行线型组合来逼近目标线条, 使之与样本笔划具有相同的风格。另外, 文献[12]根据线条画和线条画中笔划的形状特征, 运用平面形状演化理论对线条画的形状进行平滑或增强, 并对宽度进行相应的调整, 最后得到不同风格的线条画。该方法不需要任何样本, 而且能够控制转换的程度。

针对一幅线条画可能存在多种线条风格的情况, 借鉴并改进了 Freeman 在文献[11]中对线条的表式方法, 提出了一种基于样本区域的线条画风格转换方法。

2 算法思想

文中算法的输入是一幅样本图和一幅需要转换的只有形状信息的目标图。在进行风格转换之前, 先指定样本图某个区域, 同时指定目标图需要转换的区域, 这样就可以使指定的目标图区域和相应的样本图区域具有相似的风格。通过指定不同的区域对, 可以获得不同的转换效果。

2.1 笔划的表示

假定线条画的风格由线条画中所有笔划的风格来体现, 笔划的风格则由笔划的弯曲程度和笔划的宽度

来表示。文中的每一条笔划由指定长度的笔划段组成, 包括如下信息:

- (1) 笔划段路径上控制点的位置和宽度: $(x_i, y_i, w_i), 1 \leq i \leq n$;
- (2) 笔划段的实际长度 l ;
- (3) 笔划段的起点 (x_0, y_0) ;
- (4) 笔划段的旋转参数 θ ;
- (5) 笔划段的缩放参数 sc 。

综合上述信息, 则对笔划段规范形式化为:

$$\{(x_i, y_i, w_i) | 1 \leq i \leq n; l; (x_0, y_0); \theta; sc\} \quad (1)$$

其中, n 为路径上点的个数, l 是笔划段的实际长度, 笔划段采用 n 个点的样条曲线绘制, (x_0, y_0) 为笔划段的起点坐标, θ 为笔划段规范化时所旋转的角度参数, sc 为笔划段规范化时的缩放参数, 即笔划段长度与指定单位长度 L 的比值 l/L (L 为指定的较短的单位长度)。

与笔划相对应的概念是线条, 线条只有形状, 没有风格特征。笔划是带有风格的线条(内容)的表示, 而线条只是用来表示内容, 与风格无关。

2.2 算法的基本过程

文中所采用的算法的基本过程如下: 首先, 由用户指定样本图区域和相应要转换的目标区域。其次, 由样本图区域提取出所有笔划, 并对笔划按照指定单位长度 L 进行分段, 把分段后得到的所有笔划段作为本次风格转换的样本笔划段集。采用同样的方法抽取目标区域的所有线条以形成目标线条段。定义目标线条段和样本区域风格差别的阈值 ϵ , 对一条目标线条段, 通过计算其形状和样本笔划段集合中各个笔划段的相似程度, 从样本笔划段集合中找一个足够相似的笔划段, 用该笔划段的风格来替换目标线条段。对目标区域中的所有线条段做同样的处理, 最后得到的就是具有指定样本图区域风格的目标图区域, 把目标图的所有区域都做上述处理, 就实现了基于样本区域的线条画风格转换。

对同一个目标图和样本图, 每次指定的区域对不同, 就能获得不同效果的风格转换效果图。

3 算法实现

3.1 指定区域对

由用户在样本图中用鼠标选定任意区域作为本次风格转换的样本区域, 再在目标图中用同样的方法指定本次风格转换的目标区域, 这样就指定了一次风格转换对应的区域对。在进行区域指定的时候, 同一个样本区域或者样本区域中的笔划可以被多次指定应用在不同的目标区域上, 但是目标图中的线条却不能

被重复指定。

3.2 笔划段的规范化表示

3.2.1 笔划段的提取

文中假定给定的样本图为一幅灰度图像,笔划提取就是获得指定样本区域的所有笔划并将它们按照指定长度 L 进行分段。

首先把样本图由灰度表示转换为二值图像,然后对其中的线条细化得到单像素宽度表示的笔划,同时,对二值线条画求边界,以获得线条上每点的宽度。根据细化的结果和指定的单位长度 L 对线条画的每一个笔划进行分段得到指定长度的笔划。在进行分段时如果遇到交叉点或者粘连处,直接在交叉点处断开来获得笔划段。对所得到的分段进行规范化处理来获得样本笔划段集和目标线条段集。

3.2.2 笔划段规范化

如果得到的笔划段的实际长度 l 小于指定长度 L ,则要对此笔划段进行放大,使其长度达到指定长度 L 。对目标线条段也采用同样的处理方法,同时在进行样本线条段替换目标线条段的时候要采用将样本线条段缩短的方法,以保证目标线条段的真实长度。

文中所有笔划段由相同数目 N 个特征点来表示。考虑到同一曲线中各点对曲线形状的不同影响,采用了逐层细分非均匀采样,将一笔画逐层细分,找出各子分区间的极值点作为采样点,具体算法描述如下:

Step1. 初始化笔划段区间为该笔划段的始末端点;

Step2. 找出该区间局部极值点;

Step3. 将该极值点分别作为末(始)端点分别组成新的笔划段区间组;

Step4. 细分后的各笔划段区间均为同一优先级,转 Step2,如此循环往复,直到找出所需 N 个采样点。

该算法的关键是找出局部极值点,经过前面的几个步骤,可以获得笔划路径的起点和终点,假设笔划段的起点为 St ,末端点为 Ed ,连接始端点 St 和末端点 Ed ,把由起点到终点的这条直线作为 x 轴的正方向,以 St 为原点建立坐标系。找出新坐标系下该笔划段期间中 Y 值最大(最小)的点,作为局部极大(小)值点 Ex ;若在该区间中既有极大值也有极小值,取极大值为采样点;若没有极值点,取中间点作为采样点。其坐标转换为:

$$\begin{bmatrix} x^* & y^* & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -St.x & -St.y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

其中, $\cos\alpha = (Ed.x - St.x) / |StEd|$, $\sin\alpha = (Ed.y - St.y) / |StEd|$, (x, y) 为原坐标, (x^*, y^*) 为新坐标。这样就可以把笔划表示成式(1)的形式。

$y - St.y) / |StEd|$, (x, y) 为原坐标, (x^*, y^*) 为新坐标。这样就可以把笔划表示成式(1)的形式。

3.3 风格插值扩充样本集

在进行风格转换时,如果所指定的样本图中笔划数量和目标线条的数量之差大于阈值 sum dif ,则采用笔划特征插值操作来扩大笔划样本集合,以便于在进行相似性比较时能找到足够相似的笔划进行风格转换。

下面以对两个笔划为例来说明笔划特征插值来扩充样本集。假设样本集中的两个笔划分别为: s_1 和 s_2 ,假定它们的形式化表示分别为: $s_1: \{(x_{i1}, y_{i1}, w_{i1}) | 1 \leq i \leq n; l_1, (x_{01}, y_{01})\}$, $s_2: \{(x_{i2}, y_{i2}, w_{i2}) | 1 \leq i \leq n; l_2, (x_{02}, y_{02})\}$,又假定两个笔划的相对比例为 a, b 。将笔划 s_1 和 s_2 进行插值得到的结果笔划 s_3 可表示为:

$$s_3 = \frac{a}{a+b}s_1 + \frac{b}{a+b}s_2: \{(x_{i3}, y_{i3}, w_{i3}) | 1 \leq i \leq n; l_3, (x_{03}, y_{03})\} \quad (2)$$

$$\text{其中 } l_3 = L; x_{03} = 0; y_{03} = 0; x_{i3} = \frac{a}{a+b}x_{i1} + \frac{b}{a+b}x_{i2}; y_{i3} = \frac{a}{a+b}y_{i1} + \frac{b}{a+b}y_{i2}; w_{i3} = \frac{a}{a+b}w_{i1} + \frac{b}{a+b}w_{i2}.$$

3.4 风格转换过程

假设指定的样本区域为 S ,指定的目标区域 D ,其中 S 中提取出的样本笔划段集合 strokes 共有 s 条笔划段, D 中任意一条目标线条为 line ,共有 m 条线条。算法过程如下:

Style Translation($S, D, \text{strokes}, \text{line}$)

if $s < \text{sum dif} // \text{sum dif}$ 为阈值

利用风格插值来扩充样本集为 strokeset ;

else

$\text{strokeset} = \text{strokes}$;

for $i = 1$ to m do

for $j = 1$ to s do

计算每一目标线条段与所有样本笔划段的相似度;

按相似度升序排序(值越小越相似);

if 没有满足阈值 com dif 的笔划

从 strokeset 中找出最相似的笔划段进行风格转换;

return;

else

找出满足阈值 com dif 的所有笔划段;

由 KNN 算法生成风格转换后的笔划段 stroke ;

if 线条段的实际长度小于指定长度 L

对生成的笔划 stroke 进行缩放的逆操作;

对生成的笔划 stroke 进行旋转的逆操作;

进行 line 到 stroke 的风格转换;

return;

return;

3.5 相似性比较

笔划和目标线条的相似性比较,采用欧氏距离方法。由式(1)可知,每个笔划有 n 个控制点,每个控制点有 3 个分量 x_i, y_i, w_i ,取前两个分量 x_i, y_i ,将它们按顺序组合,得到 $(x_1, y_1, w_1, x_2, y_2, w_2, \dots, x_n, y_n, w_n)$ 。对目标图中的线条作同样的处理得到 $3n$ 维空间中的另一点。通过计算 $2n$ 维空间对应点的欧氏距离判断它们形状是否相似,取距离满足阈值 com dif 的笔划采用 KNN 算法进行属性替换。对所有的目标线条都进行上述操作,得到的结果就是风格转换后的效果图。

4 实验结果

效果图如图 1~3 所示:对同一样本图和目标图采用整体风格转换文中给出的指定区域风格转换进行了效果比较。

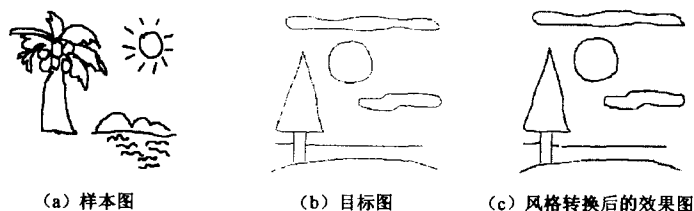


图 1 整体风格转换示例

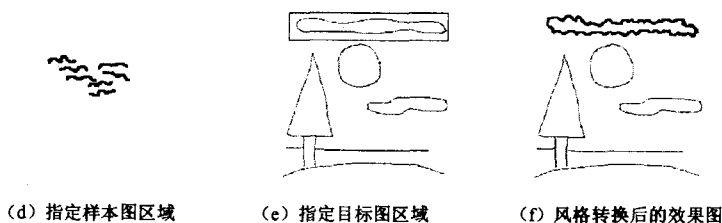


图 2 指定区域风格转换示例

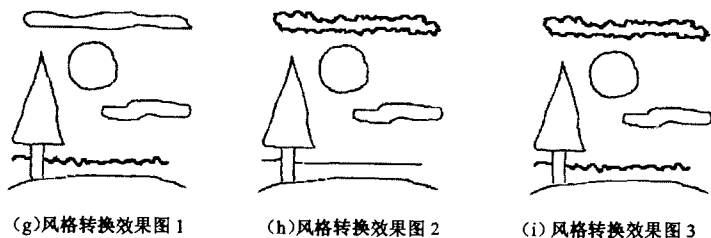


图 3 其它风格转换效果图

基于样本区域风格转换可以给用户很大的主动性,用户可以根据自己的想法,选定样本图中某一区域的笔划转换到目标图中指定区域上,以满足不同用户的不同需要,实现用户的个性化风格转换。

5 结论和未来工作

针对某些线条画存在多于一种风格线条的情况,

提出了一种基于指定样本区域的线条画风格转换方法。该方法在满足用户的个性化风格转换时能达到较理想的效果。但对于复杂的线条画风格转换还存在很多不足之处。如在提取笔划时,按照指定单位长度进行笔划和线条的分段处理,这样虽然能满足从样本集中找到相似笔划的要求,并且实现也比较简单,但是,这样做却忽略了线条画的整体性和线条画的结构性,也容易增加线条的不连续点;另外,在样本集很小时,可以引入遗传算法来生成新的样本笔划段。这些在以后的工作中需要进一步的改进和完善。

参考文献:

- [1] Hamel J, Strothotte T. Capturing and reusing rendition styles for non-photorealistic rendering[C]// Computer Graphics Forum(Eurographics'99). [s.l.]:[s.n.],1999:173-182.
- [2] Hertzmann A, Jacobs C E, Oliver N, et al. Image analogies[C]// In: Proceedings of the Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH. Los Angeles, California:[s.n.],2001:327-340.
- [3] Jodoin P M, Epstein E, Granger Piche M, et al. Hatching by example: A statistical approach[C]// In: Proceedings of NPAR, ACM/SIGGRAPH. Annecy:[s.n.],2002:29-36.
- [4] Yu Jin Hui, Luo Guo-Ming, Peng Qun-Sheng. Image-based synthesis of Chinese landscape painting[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2003,18(1):22-28.
- [5] Decarlo D, Santella A. Stylization and abstraction of photographs[J]. ACM Transactions on Graphics, 2002,21(3):769-776.
- [6] 徐晓刚,张泉方,黄劲,等.艺术风格学习[J].计算机辅助设计与图形学学报,2002,14(9):866-869.
- [7] 徐文华,魏宝刚,潘云鹤.基于纹理合成的图像艺术风格学习[J].武汉大学学报:工学版,2003,36(3):115-119.
- [8] Hsu S C, Lee I H H. Drawing & animation using skeletal strokes[C]// In: Proceedings of ACM SIGGRAPH 94, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series. New York:[s.n.],1994.
- [9] Finkelstein A, Salesin D H. Multiresolution curves[C]// In: Proceedings of SIGGRAPH'94, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series. New York:[s.n.],1994.
- [10] Hertzmann A, Oliver N, Crussell B, et al. Curve analogies[C]// In: Proceedings of the 13th Eurographics Workshop on Rendering. Pisa:[s.n.],2002:233-245.
- [11] Freeman W T, Tenenbaum J B, Pasztor E C. An example-

减少了 40%。

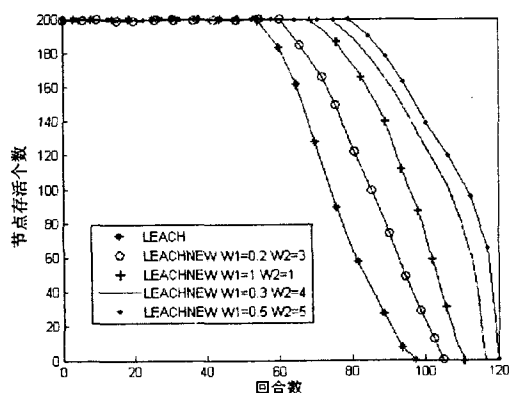


图 3 相同回合数下节点存活个数对比

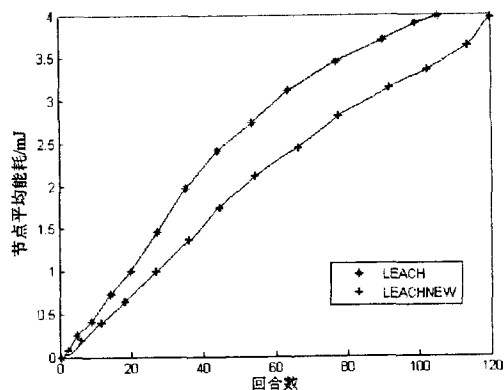


图 4 相同回合数下节点平均能耗对比

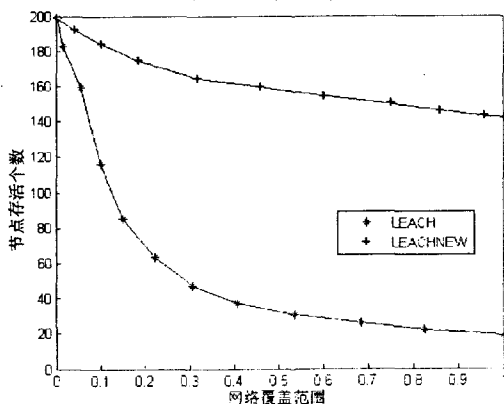


图 5 不同网络覆盖范围节点存活个数

5 总结

在 LEACH 协议的基础上使用新型的簇首选择机制来保证节点能量负载的均衡化,算法通过综合考虑候选节点的剩余能量、地理位置等参数来优化簇首的选择,从而有效地避免了低能量与位置不佳的节点被

选为簇首的可能性,进一步保证网络内节点能量负载的均衡性。仿真实验结果表明,新型的簇首选择机制使网络内节点能量负载均衡,并且延长节点与网络的寿命。

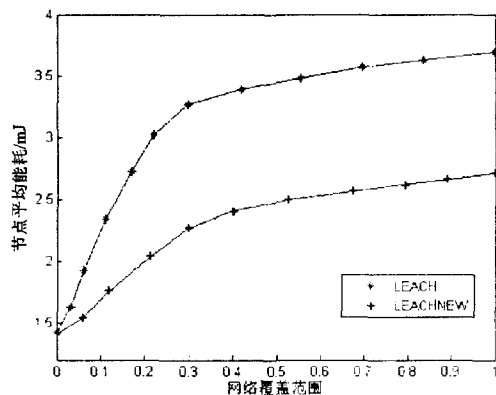


图 6 不同网络覆盖范围节点平均能耗(第 60 轮)

参考文献:

- [1] Estrin D, Govindan R, Heidemann J, et al. Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks[C]//Proceeding of the 5th ACM/IEEE international Conference on Mobile Computing and Networking. Washington, USA: [s. n.], 1999: 263 - 270.
- [2] Chong C Y, Kumar S. Sensor networks evolution, opportunities, and challenge[J]. Proceedings of the IEEE, 2003, 91: 1247 - 1256.
- [3] Heinzelman W B, Chandrakasan A P, Balakrishnan H. An Application - Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks[J]. IEEE Trans on Wireless Comm, 2002, 1(4): 660 - 670.
- [4] Handy M J, Haase M, Timmermann D. Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic cluster - head selection [C]//In: Proc of the 4th IEEE Conf on Mobile and Wireless Communications Networks. Stockholm: IEEE Communications Society, 2002: 368 - 372.
- [5] Heinzelman W. Application - Specific protocol architectures for wireless networks[D]. Boston: Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- [6] Younis O, Fahmy S. Heed: A hybrid, energy - efficient, distributed clustering approach for ad - hoc sensor networks [J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2004, 3(4): 660 - 669.

(上接第 236 页)

based approach to style translation for line drawings[R]. Technical Report TR99 - 11, MERL. Cambridge: [s. n.], 1999.

- [12] 孙玉红, 屠长河, 孟详旭. 基于形状演化的线条画风格转换与变形[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(2), 208 - 211.