

基于对称的随机图案生成方法^①

赵海英^{1,2}, 张俊慧³, 车跃跃²

¹(新疆师范大学 计算机科学技术学院, 乌鲁木齐 830054)

²(北京科技大学 信息工程学院, 北京 100083)

³(新疆师范大学 美术学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要: 图案风格设计是图案生成的关键问题, 针对新疆民族织物图案的特点, 提出一种对称性和随机性相结合的图案生成方法. 首先对导入的初始图案进行双线性插值运算, 生成一个正三角形作为第一个等边纹样基元; 然后通过正反 120 角旋转, 扩展成两个等边基元. 再利用对称和旋转变换把随机选择的不同等边纹样基元嵌入到六边形构型中, 最后平铺六边形构型生成一幅新图案. 该算法具有随机选择基元、堆砌对称构型和无缝平铺纹样的特点, 大量计算机仿真实验也证实算法虽然简单, 但是具有揭示新疆民族织物图案的对称、稠密特点, 而且可以推广应用于广告图案以及服装设计等领域.

关键词: 等边纹样基元; 图案平铺; 三角形堆砌; 随机图案

Generation Method of Random Pattern Based on Symmetry

ZHAO Hai-Ying^{1,2}, ZHANG Jun-Hui³, CHE Yue-Yue²

¹(College of Computer Science and Technology, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

²(School of Information Engineering University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

³(Academy of Fine Arts, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: To address how to use computer-digital patterns with the Characteristics design is a challenging problem. Taking the feature of Xinjiang Folk textile patterns as an example, a method is proposed in the paper to research generation a random pattern Triangle-based seamless to tile hexagonal. First, embedded pattern is transformed into a triangle as the first primitive using bilinear interpolation. Then, by positive and negative direction rotation of 120 angles, it is expanded into two equilateral primitives. A new design pattern is generated by tiling these equilateral primitives into the specified window which are randomly selected and transformed of geometric symmetry and rotation. There are the characteristics of random, symmetrical, and seamless tile in the proposed algorithm. The designing process validation was carried through experimental. The proposed method is closely keeping the national style of design, it has the nice generalization ability and a promising future in the digital design fields of Xinjiang Ethnic fabric pattern, advertisement and costume design.

Key words: equilateral pattern primitive; pattern tile; triangle pile; random pattern

1 引言

随机图案(Random Pattern)是一种自然界呈现纷繁复杂现象的外现. 它可以利用计算机的数据运算随机产生. 如果随机选择嵌入的基本元素, 使之产生随机的对称图案, 使单纯的随机过程不再是简单的运算, 而是赋予某些风格的美感, 扩展图案生成方法.

新疆民族织物图案在展示自然之美时, 以植物生命为象征蕴含着各民族的风格与特色. 图案对称和谐、颜色对比鲜明、构成有规可循, 其中某些元素的具有高重用性, 将图案中可重用“部件”抽取出来, 构建纹样基元集. 论文提出一种以纹样基元为单位, 结合对称性和随机性的图案生成方案, 显示自然界一种

^① 基金项目:新疆自然科学基金(2009211B15,2010211A19);国家自然科学基金(61163044)

收稿时间:2013-06-24;收到修改稿时间:2013-09-22

独特的风格魅力。

本文针对新疆民族织物图案“结构对称,纹样基元重复”的特点,提出一种基于正三角随机无缝拼贴六边形生成随机图案的方法。首先裁剪、变换得到不同方向纹样基元,然后利用三角形堆砌构型,平铺延展生成无缝图案。另外,由于计算机辅助生成随机图案容易更换构型和基本纹样,与用户手工设计相比,计算机辅助生成图案多变和丰富。

2 相关工作

对称性是自然界里普遍存在的一种现象。对称性的应用相当广泛,无论从理论上还是实际应用中都有其独特的魅力。一个系统具有某种对称性在数学上反映为该系统具有群作用下的不变性质,在集合上对称性反映了集合图形的各个部分之间的对应关系,即在某种变换下点之间的关系,二维离散平面对称群只有17种^[1]。这类群由两个方向的周期性变换和镜面反射、平移对称、旋转对称相互作用形成。平面对称群具有优美的对称性,构造迭代函数生成平面对称的艺术图案已经成为重要的研究方向^[2-5],但非周期的对称图案的更具强烈艺术效果,文献[6]从不映射的角度出发,构造出新的迭代函数来生成非周期堆砌的彩色艺术图案,揭示更为复杂的系统行为。Chunk等人^[7]将对称群理论进行了扩展,建立了扩展对称群,生成图案更具丰富、细腻特点。另外,分形是大自然普遍现象,它广泛存在于非线性科学中,其特有的理论使它具有重要实用价值。文献[8]根据对称混沌是对称性的动力系统所产生的吸引子^[9],奇怪吸引子是系统稳定性与局部性不稳定性集中表现,提出了一种基于对称混沌的动力系统来生成对称分形。

本文以等边三角形堆砌为基本构型,随机嵌入不同纹样基元,进行图案无缝平铺,实现视觉效果的对称图案生成方法。

3 基于对称的随机图案生成方法

3.1 纹样基元

(1) 载入一幅图像,利用双线性插值算法变换放大图像尺度,对切割后的三角形双线性插值转换成一个正三角形的纹样基元。

首先,通过双线性内插值算法对输入图像尺度放大,有利于连通区域的断线缝合获取。

双线性内插值算法描述如下:

对于一个待插入的目的像素,其坐标通过反向变换得到一个浮点坐标,设为 $(i+u, j+v)$ (其中 i, j 均为浮点坐标的整数部分, u, v 为浮点坐标的小数部分,是取值 $[0,1]$ 区间的浮点数),则这个像素得值 $f(i+u, j+v)$ 可由原图像中坐标为 (i, j) 、 $(i+1, j)$ 、 $(i, j+1)$ 、 $(i+1, j+1)$ 所对应的周围四个像素的值决定,即:

$$f(i+u, j+v) = (1-u)(1-v)f(i, j) + (1-u)vf(i, j+1) + u(1-v)f(i+1, j) + uvf(i+1, j+1) \quad (1)$$

其中 $f(i, j)$ 表示源图像 (i, j) 处的像素值,以此类推。

其次,对载入的一幅图像进行主对角线切分,如果图像是正方形,则切分出一个正三角形作为纹样基元,否则剪切出一个非正三角形,则以长边为基准,利用双线性插值,生成一个正三角形纹样基元。

(2) 不同方向纹样基元的生成

对纹样基元进行正反120度旋转变换得到其它方向的纹样基元。若旋转变换直接作用于屏坐标数据,由于屏坐标是左手坐标系,则应该顺时针方向作为度量转角的正方向,所以围绕原点 o 旋转 θ 角度时,应为:

$$\begin{bmatrix} x' & y' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

当 $\theta=120, \theta=-120$ 两次旋转变换后,得到其它两个纹样基元图案。

3.2 基于三角形堆砌六边形构型方法

(1) 三角形堆砌六边形构型

如图1所示,六边形构型的堆砌由对称、旋转等仿射变换完成。

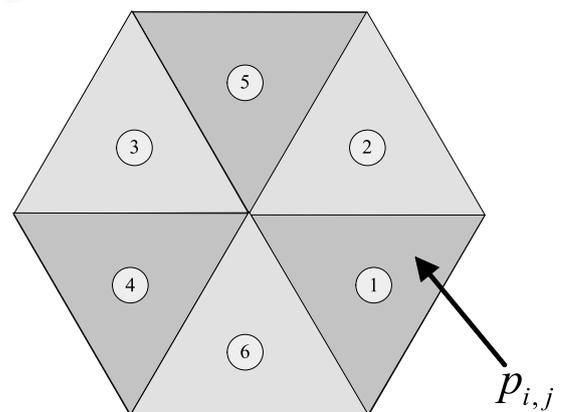


图1 三角形堆砌六边形构型

设 $p_{i,j}$ 是区域①上的任意一点,则变换规则有:

(1) 区域①上各点沿 x 对称生成区域②:

$$P_{i,j} \rightarrow P_{i,-j}$$

(2) 区域①上各点沿原点对称生成区域③:

$$P_{i,j} \rightarrow P_{-i,-j}$$

(3) 区域②上各点沿原点对称生成区域④:

$$P_{i,-j} \rightarrow P_{-i,j}$$

(4) 区域①上各点旋转 120° 生成区域⑤:

$$P_{i,j} \rightarrow P_{i,j}^{\wedge}$$

(5) 区域②上各点旋转 120° 生成区域⑥:

$$P_{i,-j} \rightarrow P_{i,-j}^{\wedge}$$

说明: 构型还可以进行拓展, 如图 2 的矩形构型、菱形构型等.

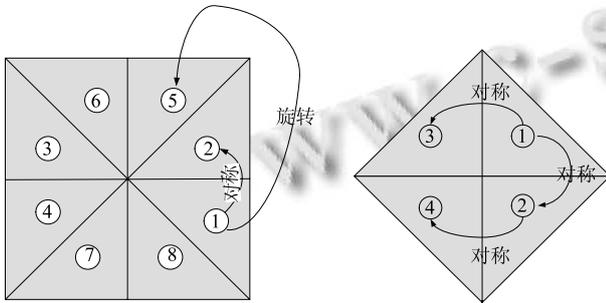


图 2 三角形堆砌矩形、菱形构型

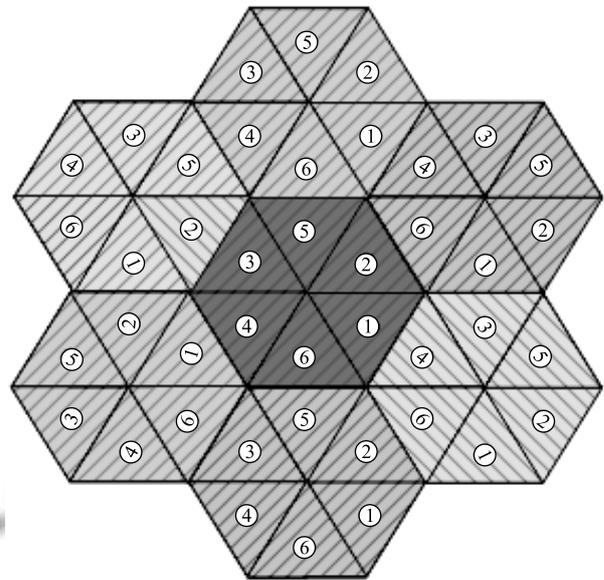


图 3 三角形堆砌六边形构型的平铺延展

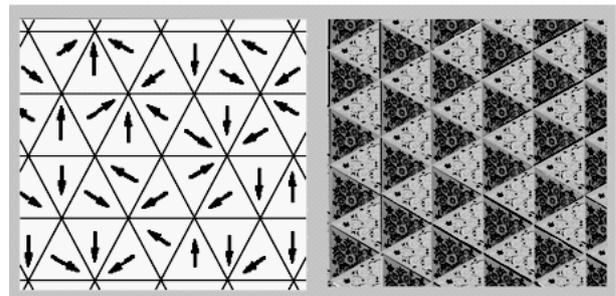


图 4 在构型中随机插入纹样基元形成无缝平铺的连续图案

图 4 左图为构型示意, 右图为随机插入纹样基元形成平铺图案示意图.

3.3 图案平铺延展

新疆民族织物图案具有连续平铺特性, 前一个图案与后一个图案首尾相接. 适合用连续平铺(也称无缝平铺、连续图案), 可以“星火燎原”, 用较小的图案来制作较大的区域, 且无论区域大或者小, 都不会影响平铺的整齐性. 现在我们来仔细分析一下刚才定义的菱形图案, 为什么它能够无缝平铺呢? 因为在图案最左端的 1 个像素部分, 与图案最右端的 1 个像素部分有良好的像素承接关系. 这种承接关系体现在位置和颜色上. 我们据此定义图案构型可以进行平铺的规则.

设: 一条线段作为图案, 那么有下列规则成立:

(1) 线段的两个端点分别位于图案的左右边界, 且处在同一水平线上, 那么这条线段的平铺效果最好, 首尾相连, 可以形成无缝平铺.

(2) 线段的两个端点都没有或只有一个到达边界, 那么平铺效果其次, 首尾虽不能相连, 却也不会产生断接感.

(3) 线段的两个端点分别位于图案的左右边界, 但不在同一水平线上, 那么平铺效果最差, 因为首尾既不能相连, 还产生了断接感.

4 仿真与分析

在本文系统中, 图案造型的创作可通过纹样的可视化插入和编辑完成. 用户可以随机选取不同方向纹样基元创作出各种织物图案, 下面以图 5 所示的织物图案为例介绍如何用本文系统进行可视化创作:

step1 导入一个初始纹样图案

step2 通过双线性插值将输入图案转换为等边纹样基元图案, 然后进行正反 120 度的旋转, 得到另外两个等边纹样基元图案.

step3 选用系统提供的图案构型(三角形构建一个六边形构型).

step4 随机选择不同方向的纹样基元填充六边形构型, 然后对单一构型进行四个方向镜像, 平铺生成

一个对称图案。

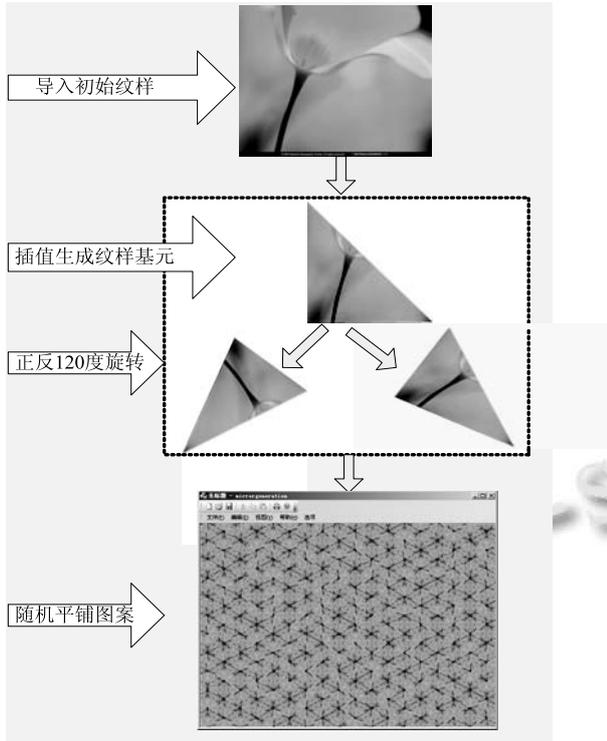


图 5 随机图案创作过程

下面图 6 所示为应用本文系统辅助生成的随机图案，由于纹样基元编辑修改的灵活性，用户可以灵活地变换一些不同的图案纹样，生成图 6 所示的不同的随机图案。图 7 所示为通过置换纹样获得了更复杂变化的随机对称图案。

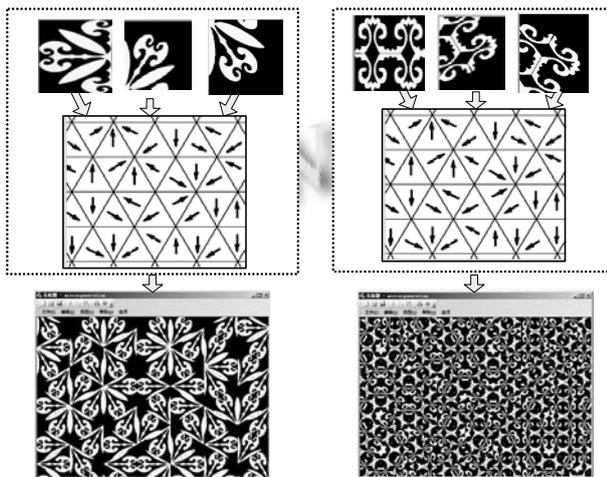


图 6 计算机辅助生成的对称

在图 6 和图 7 的展示中可以发现如下一些规律：

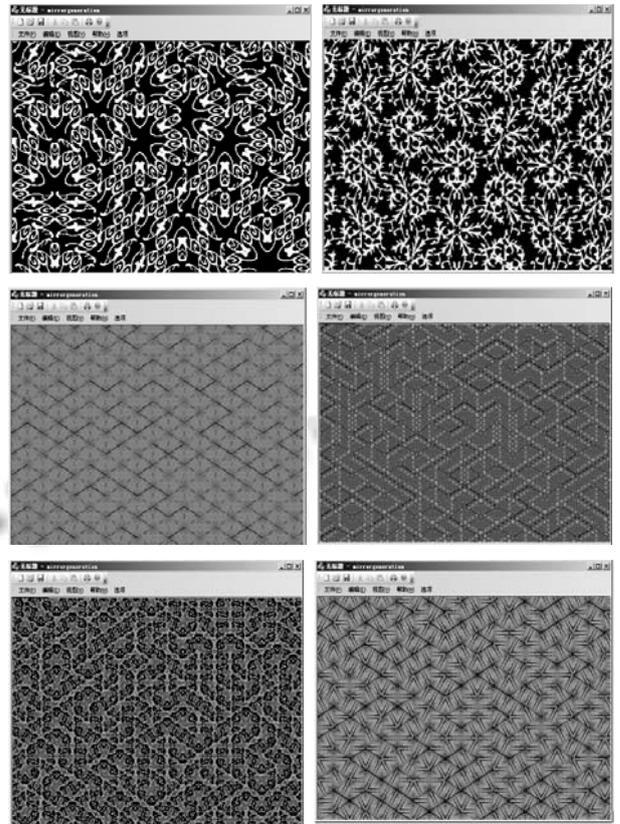


图 7 一组计算机辅助生成具有不同纹样的随机对称图案

(1) 选择灰度图案作为纹样基元，其线条要复杂，弯曲程度要高且黑白对比度明显，生成的图案具有对称平稳之美，加上纹样基元的随机选择，更添“稳中有异”的动态之感。

(2) 选择彩色图案作为纹样基元，纹理可以很复杂，但颜色不易过多，因为构型的对称，是可以生成大自然赋予的“和谐之美”，但嵌入的纹样基元是可以随机选取的，颜色过多的纹样会形成更多的颜色过渡带，从而使得图案细节过于杂乱，减少了“稳中之美”的效果。

5 结论

论文分析新疆民族织物图案的特点，发现有一类图案的构图具有重复对称的规律性，主要是对称构型的区域反复堆砌，延展成一幅浩大的致密画幅。另一类图案是由具有特色的民族寓意元素组成(如巴达木、石榴、葡萄等)。图案以简单的弧线、直线、圆等性状勾勒，加以变形扭曲，以中心旋转、轴对称、延曲线切

线方向排列的规律特点,组成整体随性而无规律的致密画幅。

综上所述,本文系统在生成对称的随机图案,具有的特点是:致密,构图密集紧凑,图案复杂,疏密间隙统一,充分运用六边形对称,随机嵌入纹样图案,如含有民族寓意的花型等。后期算法可进一步优化,如添加仿射变换、参数随机扰动等,使在一定偏差允许范围内图案富有更大的变化,并模仿手工绘制的纹样基元效果,让生成图幅更自然亲近。

参考文献

- 1 叶瑞松,邹玉茹.平面晶体对称拼砌图像的计算机生成方法.工程图学学报,2006,5:86-93.
- 2 Carter NC, Eagles RL, Hahn AC, et al. Chaotic attractors with discrete planar symmetries. Chaos, Solitons and Fractals, 1998, 9(12): 2031-2054.

- 3 Jones KC. Chaotic attractors with cyclic symmetry revisited. Computers & Graphics, 2000, 24(2): 271-282.
- 4 Chung KW, Wang BN. Tessellations with symmetries of the triangle groups from dynamics. International Journal of Bi-function and Chaos, 2003, 11(13): 3505-3518.
- 5 Field M, Golubitsky M. Symmetry in chaos. New York, Oxford University Press, 1992.
- 6 邹玉茹,李文侠,鲁坚. Chair Tilings 非周期艺术图案的生成. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(4): 498-501.
- 7 Chung KW, Chan HSY, Wang BN. Automatic generation of nonperiodic patterns from dynamical systems. Chaos, Solitons and Fractals, 2004, 19(5): 1177-1187.
- 8 叶瑞松,张建刚.对称分形的计算机生成.湛江海洋大学学报, 2001, 21(1): 65-69.
- 9 Chung KW, Chan HSY. Symmetrical patterns from dynamics. Computer Graphics Forum, 1993, 12(1): 33-40.

(上接第100页)

从上图表可以看到,本系统所设计的读卡器最远读卡距离为 4.5m,在最远读卡距离上可读取卡的最大移动速度为 50km/h,在 3.5m 范围以内可读卡的最大速度均可达到 75km/h。而现在城市车道宽度一般为 3.5m 左右,车辆限速一般为 60km/h-70km/h,完全可以满足如今城市路况环境。软件效果截图可看到把 GPS 信息已经清楚的分类显示了,地面航向是指以正北方为基准向东偏转的角度。综合测试结果可见,本系统基本完成设计之初的目标。

5 结语

本系统采用超高频 RFID 技术替代传统的 FCD 技术采集城市道路车辆 GPS 信息,很好的解决了 FCD 技术的信道不稳定、抗干扰能力、信息安全性低等问题。能实时、准确、安全的采集到车辆信息,如果未来应用能采用更高性能的硬件设备,该系统就能够为未来城市的智能交通管理及交通诱导提供可靠的数据。

参考文献

- 1 张赫,杨兆升,王炜.基于实时交通流信息的中心式动态路径诱导系统行车路线优化技术研究.公路交通科技,2004, 21(9):91-94.
- 2 邹娇,吴坚,高万宝,鲁传武.基于 FCD 和 DAB 交通信息采集与服务系统研究.交通信息与安全,2012,30(4):104-108.
- 3 郭建文.无线通信技术在车联网中的应用探讨.交通科技, 2012,(4):124-126.
- 4 刘宏伟,李成.ISO/IEC 18000-6C 简析.信息技术与标准化, 2007,(7):17-20.
- 5 周立功,张华.深入浅出 ARM7-LPC213x/314x(上册).北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- 6 谭海燕,崔如春,等.基于 AS3990/AS3991 的超高频 RFID 读写器的设计.电子技术应用,2010,36(3):23-25.
- 7 刘宏伟,李成.ISO/IEC18000-6C 简析.信息技术与标准化, 2007,(7):32-33.