

# 基于特征线段综合的图案元素生成

张玲莉 鲁东明 潘云鹤

(浙江大学人工智能研究所, 杭州 310027)

**摘要** 对于美术图案智能生成系统,其元素的获取、绘制及录入一直是一个瓶颈问题,为此提出了一种应用综合推理的思想来生成新的图案元素的方法.这种方法可以直接从已有图案元素的形象信息出发,根据一定的特征要求,迅速综合生成新的图案元素或原元素的多种变化形态,因而大大丰富了图案元素库,并在一定程度上缓解了元素获取、绘制及录入问题.

**关键词** 图案智能创作 综合推理 元素生成 特征线段

**中图法分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2001)06-0547-05

## The Synthetically Generation of Pattern Element Based on Eigenvector

ZHANG Ling-li, LU Dong-ming, PAN Yun-he

(AI Institute of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstracts** How to get pattern elements is a bottle-neck problem all the while in the computer-aided pattern design system. Firstly, this paper introduces the principle of synthetic reasoning and defines its three components: synthetic source S, synthetic constraint C, synthetic result R. Secondly, it discusses a way of the pattern element transformation and generation based on the synthetic reasoning. Thirdly, based on eigenvector, this paper present the pattern element generation model with very simple field strength function of components. Because this model is simple, intuitional and coincident with the data structure of synthetic source and result, the implementation is relatively easy and the effect is fairly good. Then some examples are presented. Finally, this paper proposes some evaluation and some suggestion about advanced research in the future. On all accounts, this method can use the visual information of acquired pattern elements, under some special requests, to produce new ones rapidly or transform them to other conformations, which will amplify greatly the resource of pattern elements and resolve fore-named problem at a certain extent.

**Keywords** Computer-aided pattern design, Synthesis reasoning, Element generation, Eigenvector

### 0 问题的提出

能帮助人们进行智能图案创作的计算机系统,是一个非常新颖,并具有极大市场潜力系统,其基本工作流程见图 1 所示.其中,元素是指构成图案的最基本的素材单元,可以是矢量结构的,也可以为点阵结构<sup>[1]</sup>.

由图 1 可发现有关元素处理存在的两个问题:

- ①元素的获取、绘制和录入工作比较烦琐,且耗时;
- ②从录入到最终成为图案的一部分,元素的形状变

化有限.由于元素需要专门的美工人员,用 Photoshop、CorelDraw 等软件工具,甚至有时还需要用笔和纸进行绘制,因此录入一个基本图案元素要用很长的时间,与定义构图知识和图案生成的时间相比,元素录入在整个工作流程中占的时间太多了.由此可见,在实际应用中,元素绘制、获取和录入的问题会成为一个很大的难题.如想运用 CART 图案智能创作系统来生成具有敦煌风格的图案,那么就必须要先把敦煌的图案基本元素绘制出来,然后依朝代,分类别存入元素库中.大家知道,敦煌艺术,历经北

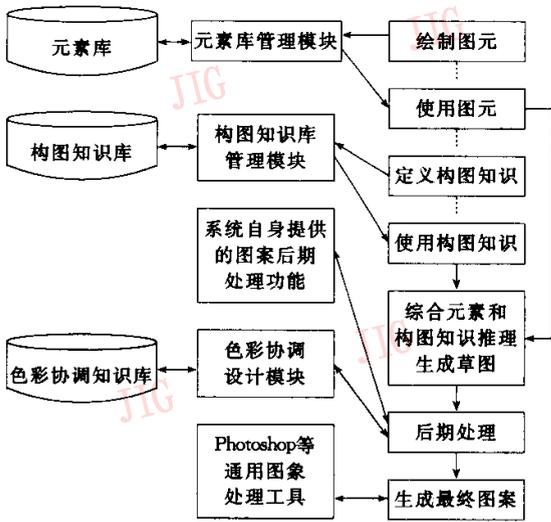


图1 系统工作流程

魏、西魏、北周、隋、唐、五代、宋、西夏和元代9个历史时代,形成了492个石窟,仅图案的种类就有藻井、龕楣、边饰、服装、圆光、背光、供器、建筑、动物、植物、华盖、花砖等,因而元素录入的工作量非常巨大。

另外,目前的美术图案智能创作系统在构图知识定义阶段虽然可以对元素进行放大、缩小、旋转、错切操作,使元素有了一定的变化,但变化还不够丰富。如果图案创作时,需要某个元素的各种形态,就不得不将该元素的多种形态都录入一遍,因此效率非常低,但如果能引入某种方法,使得系统能够直接从已有图案元素的形象信息出发,根据一定的特征要求,迅速综合和生成新的图案元素或原元素的多种变化形态,那么系统只需录入有限的最基本元素,就能使上述元素绘制、获取和录入工作量大的问题得到一定程度地缓解。

## 1 综合推理<sup>[3]</sup>

推理、摸索和约束满足是人工智能问题求解的三大方法。传统的推理指的是从一个或几个判断中得出一个新判断的思维形式,它包括演绎推理、归纳推理和类比推理。

随着推理范畴的拓展,现在所谓的推理早已不再是传统意义的推理,它所表示的是某种从某一个或几个事物通过一定的规则而得到一个新事物的思维形式和方法。综合推理较彻底地挣脱了传统推理模式的束缚,揭示了一种基于形象信息的思维过程

模型,这种模型是如此的朴素,以致于每个人都可以凭自己的思维体会来感觉到它的正确性和自然性<sup>[2]</sup>。

综合推理有综合源  $S$ 、综合约束  $C$  和综合结果  $R$  3个构成要素。

定义1 综合源(简称源,记为  $S$ ):一个综合源是一个具有如下结构的信息表达

$$S = \{P, M, F\} \quad (1)$$

其中,  $P$  是部件的集合,  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ , 它表示一个源是由  $n$  个部件构成;  $M$  是结构,它是一种描述  $n$  个部件是如何构成源  $S$  的方法;  $F$  是源影响场,它描述了参加综合时,其影响力场强的分布情况,  $F$  由  $FP, FM$  两部分组成,即  $F = \{FP, FM\}$ , 其中,  $FP$  是一个部件场强函数的集合,  $FP$  的每一个元素则表达一个对应部件在综合时,影响力大小的分布,  $FP = \{FP_1, FP_2, \dots, FP_n\}$ ;  $FM$  是一个结构的场强函数,它描述源的结构在综合时,影响力大小的分布。

定义2 综合空间(简称空间,记为  $SS$ )是由参加综合的源迭加而构成,这样  $m$  个具有  $n$  个部件的源的综合空间记为

$$SS = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (FP_{ij}P_{ij}, FM_jM_j) \quad (2)$$

综合空间中的每一位置都是一个潜在的综合结果。

人们可以看到,综合空间是一个复杂的空间,如考虑  $m$  个具有  $n$  个部件的源所构成的综合空间,则  $m$  个源相互对应的某一部件,由其各自的场强函数构成一个  $m$  维的空间,不妨称之为部件空间(记为  $PS$ )。在此空间中根据综合要求  $C$  进行定位则得到一个相对应的新部件,这一新部件也就是综合结果对应的部件。同样,  $m$  个源的结构  $M$  也构成一个  $m$  维的空间,称为结构空间。这样,综合空间实际上是  $n$  个部件空间和一个结构空间的迭加,是  $m$  维空间的  $n+1$  次迭加。

定义3 综合推理是一种通过综合源  $S$  来构造综合空间  $SS$ ,并根据综合要求  $C$  在综合空间进行定位,而获得综合结果  $R$  的推理方法。

根据场强函数的离散性或连续性,综合推理可分为离散场综合推理和连续场综合推理,特别地,当场强函数是两值函数时,称其为两值场综合推理;根据源  $A$  在综合结果定位时其场强函数值的正负,又称其为源  $A$  的正(逆)域综合推理;当综合结果的各个部件都定位在相应部件空间的相同位置时,也就

是说,综合结果的各个部件与任一综合源的各部件的相似程度一致时,这种综合推理则称为均衡综合推理,否则称为非均衡综合推理。

## 2 基于特征线段的图案元素生成方法<sup>[4,5]</sup>

用基于综合推理的方法来生成新元素,是一个非常直观的过程,这是由综合推理思想本身符合人的形象思维方式所决定的<sup>[2]</sup>。图 2 是一个综合的简单例子,其中,(a)、(b)分别为含有 9 个部件(眼 1,眼 2,耳 1,耳 2,头发,鼻子,嘴,眉毛,面孔的其余部分)的部件集的综合图象。

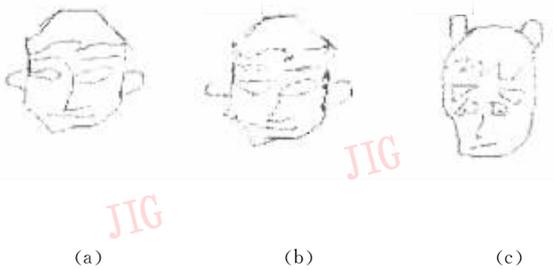


图 2 从部件集出发得到新的综合图象

令  $t_i$  表示类似于  $b_i$  而不类似于  $a_i$  的程度,  $c_i = F_i(t_i, a_i, b_i)$  (不仅仅是线性关系), 其极值为当  $t_i = 0$  时,  $c_i = a_i$ ; 当  $t_i = 1$  时,  $c_i = b_i$ 。对于  $i = 1, 2, \dots, n$  对应有不同的函数  $F$ 。例如在位置图 2(c), 分别有  $t_1 = 1, t_2 = 1, t_3 = 0.8, t_4 = 0.8, t_5 = 0.6, t_6 = 0.6, t_7 = 0.4, t_8 = 0.4, t_9 = 0.2$ 。从这个例子可以看到类似参数  $t_i$  的变化可以是连续的,也可以是离散的。特别当  $t_i$  在 0 和 1 二值之中选其一时,综合过程则呈现一种两值的替代过程。由此可见,替代是综合的一种极端情况。

在本文的元素生成模型中,首先把部件简化为特征线段,元素的综合就变成成为特征线段的综合,然后根据特征线段再在各源图案中采集相应的素点,综合生成目的图案中的各素点,从而得到新的元素。

### 2.1 基于单条特征线段的综合

如图 3 所示,假设求图案  $I$  和  $I'$  之间的综合,即在  $I$  中定义一条矢量线段,相应地在  $I'$  中找到变化后的矢量线段。这时在  $I$  和  $I'$  中对应的矢量线段也就决定了两个图象中各象素点的对应关系。

图 3 中,  $S$  是象素点  $P$  到  $AB$  的交点,  $u$  是一个比率,它的值等于线段  $AS$  的长度与  $AB$  长度的比,其正负表示了  $S$  点在  $AB$  上的位置,一般地说当  $s$

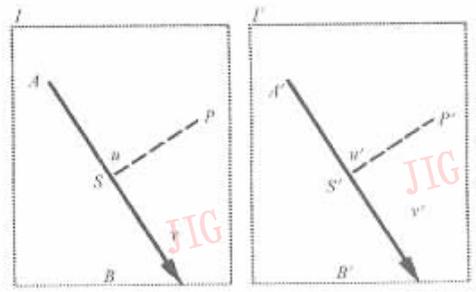


图 3 基于一条特征线段的综合原理

在  $A$  和  $B$  ( $A'$  和  $B'$ ) 之间时,  $0 < u < 1$ ; 当  $s$  在  $A$  和  $B$  ( $A'$  和  $B'$ ) 之外, 则有  $u < 0$  ( $A$  之外) 或者  $u > 1$  ( $B$  之外)。  $v$  是图象中一点到  $AB$  ( $A'B'$ ) 的距离。这两个图象间的变化可以用如下的过程描述:

For ( $I$  中每个  $P$ )

计算出相应的  $(u, v)$  值;

利用此  $(u, v)$  在图象  $I'$  中求得一点  $P'$

$$I(P) = I'(P')$$

其中

$$u = \frac{(X - A) \cdot (B - A)}{\|B - A\|} \quad (3)$$

$$v = \frac{(X - A) \cdot \text{Perpendicular}(B - A)}{\|B - A\|} \quad (4)$$

$$X' = A' + u \times (B - A) + \frac{v \times \text{Perpendicular}(B - A)}{\|B' - A'\|} \quad (5)$$

$\text{Perpendicular}()$  所表示的是与  $B'A'$  垂直, 且等长的矢量线段(显然存在两个方向相反的矢量, 可以任取一个, 但要保证所有选取方向的一致性)。这个算法可使每个点完成旋转、平移、放大或缩小等变换, 进而完成整个图象的变换。图 4 即为用单条特征线段实现了旋转过程的变换。这样, 通过从已有元素出发, 将之镜像, 并定义对角线为特征线段, 就可综合产生若干个旋转的中间形态。当然, 旋转本身就可以用图象变形函数来非常简单地实现, 这个例子要说明的只是基于单条特征线综合的简易性及其灵活性。

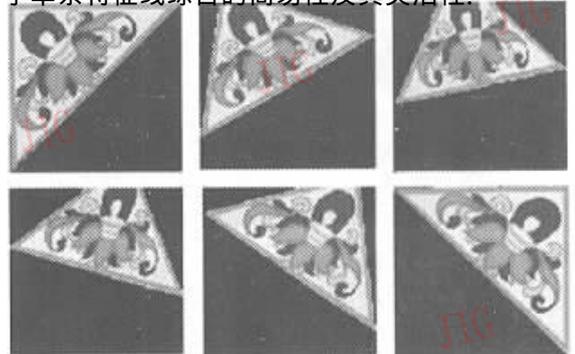


图 4 单条特征线完成旋转过程变化

### 2.2 基于多条特征线段的综合

应用多条特征线段可以实现更复杂的变换,它的基本思想是对于目标图象中任意一点  $P$ ,先分别由每条特征线计算出各自变换后的点  $P'_i$ ,然后计算它们与点  $P$  的矢量差  $D_i = P'_i - P$ ,这些矢量差的加权平均和,再加上初始位置  $P$ ,就是最终的点  $P'$ .

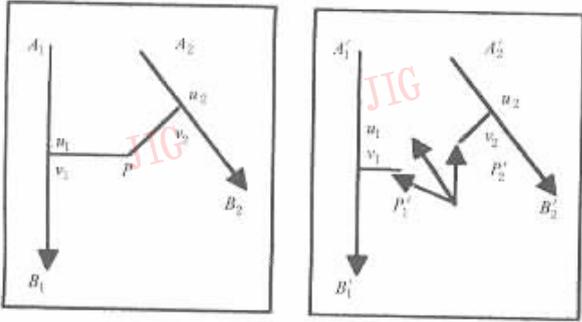


图5 基于多条特征线段的综合原理

一般,权值  $w$  是由点  $P$  到各个特征线段的距离决定的,其与距离成反比,即距离越小,权值越大,而对于在特征线上的点,该点对于此特征线,则将赋予最大的权值.具体计算公式如下

$$w = \left( \frac{l^p}{a + d} \right)^b$$

$$P' = P + \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot (P'_i - P)}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (6)$$

其中,  $l$  是特征线的长度,  $d$  是点到这条特征线的距离,  $a, b, p$  是一些常数,可以通过控制它们来调整不同特征线的作用.

如果  $a$  是接近 0 的常数,而且点在特征线上(即点到特征线的距离是 0),那么权值  $w$  将接近无穷大.通过设置这样的  $a$  值,即可确定特征线上该点的变化位置.如果把  $a$  取得大一些,将会得到比较平滑

的变化,但却难以保证准确的控制.变量  $b$  决定了点到特征线距离的相对作用力大小,如果  $b$  增大,那么图象中的点将主要受它所接近的特征线的影响;如果  $b$  是 0,那么每个点将受到所有线段均匀的影响,通常  $b$  取的范围为  $[0.5, 2]$ .变量  $p$  控制特征线段的长度对于点的影响力,如果  $p$  为 0,那么线段的长短将没有影响;如果  $p$  为 1,那么长的特征线将比短的特征线具有更大的权值,通常  $p$  取值范围为  $[0, 1]$ .

对于图象  $I$  和  $I'$ ,从  $I$  到  $I'$  变化的算法如下:

```

For 目标图象 I' 中的每一点 P
    DSUM = (0, 0); weightsum = 0;
    For 每对特征线 A_i B_i
        计算相对于 A_i B_i 的 u_i, v_i;
        由 u_i, v_i 和 A_i B_i 求出 X'_i;
        计算出矢量差 D_i = P'_i - P;
        d = P 到 A_i B_i 的距离;
        w = (l^p / (a + d))^b
        DSUM += D_i * w;
        weightsum += w;
    X' = X + DSUM / weightsum;
    I(X) = I'(X);
    
```

Next  
Next

这种多条特征线的变换已经不再是均匀变换了,因为它受到所有特征线的牵制.总体上,图象中的象素点主要依赖离它最近特征线的变化而进行变换,且这种依赖是与距离相关的,即离任何一个特征线越近,则受它的牵制就越大.由此可见,通过控制特征线的准确变化,即可实现图象间的平滑过渡,而且特征线越多,计算量也越大.图 6 是一个更具有现实意义的图案元素生成的例子.其生成过程是先从两个飞天中各截取了一个胳膊,然后精细地定义两源图案的对应特征线段,再通过综合即得到了这个胳膊从空中向

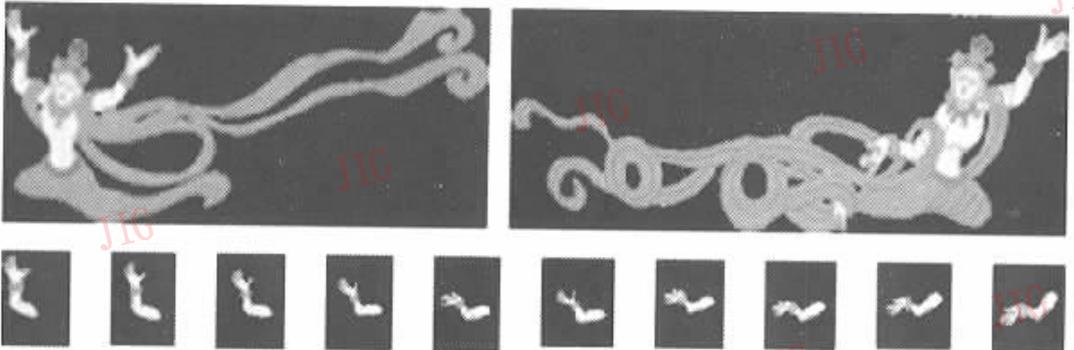


图6 同一元素不同形态的综合生成

下挥舞的全过程,而且通过调整场强函数,即可以得到更多中间形态.同理,如果精细地定义整个飞天的对应特征线段,还将得到同一飞天的各种形态,而不再需要将每种形态的飞天都从头录入了,这将大大促进敦煌风格的图案智能创作的实用性.

以上的例子是综合推理在同一个元素不同形态生成中的运用.同样,还可以拿不同的元素作为综合的源,通过定义一定的场强函数来生成新的元素.图7就示意了用一片梧桐叶和一片银杏叶作为源图案来生成新的叶子元素的过程.

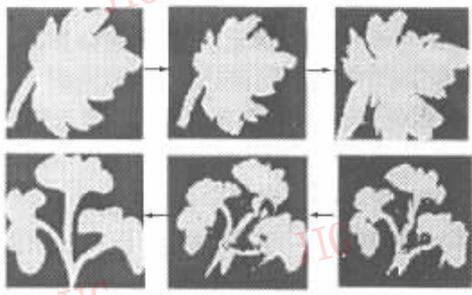


图7 叶子的综合

### 2.3 特征线段的提取

本文算法的效果主要取决于特征线的提取,即取决于各源部件集的定义.目前提取的过程是用鼠标在图象上直接描画,并遵循以下原则:

(1) 需保证源图象和目标图象的特征线一一对应,这里使用的方法是要求提取时,同时展现源图象和目标图象两个视图,这样每在源图象上画一条特征线,就在目标图象上显示出一条对应的特征线;

(2) 特征先要反映对象的主要特征(如飞天脸部的五官、身体的形状轮廓、飘带的轮廓和飘逸的方向等),这样才能保证这些特征的准确变换.

## 3 结束语

本文将综合推理的思想引入到图案元素的变换及生成模块的工作中,构造了基于特征线段变化,用已有的图案元素来生成该元素的多种形态或生成新图案元素的方法.这里使用的是最简单的两值场推理模型或部件场强函数非常简单的推理模型(它几乎由权重  $w_i$  一个参数决定),因为比较简明、直观,且与综合源、结果的数据结构比较吻合,所以实现起来相对比较容易,其产生的效果也确实相当不错,但将综合部件简化为特征线段,则丢失了一部分形象

信息,而且特征线段定义的好坏也在很大程度上影响着元素生成的效果,因此尚需要寻求更方便的特征线段定义的方法.另外,它的推理模型相对还太简单,且缺乏推理面上的丰富变化,如果能给出变化丰富的部件场强函数集合和结构场强函数,那么一定能产生更好的效果.如果能够广泛地引入综合推理的原理和方法,来寻求自动生成美术图案的新的推理机制则必将使系统具有更高的智能化程度,也将可能创作出更加绚丽多彩、变化丰富、风格独特的美术图案来.

### 参考文献

- 1 陆玮琳,潘云鹤,蒋建东.基于模糊文法的图案生成机制.计算机学报,1996,19(8):636~641.
- 2 潘云鹤.形象思维中的形象信息模型的研究.模式识别与人工智能,1991,4(2):9.
- 3 潘云鹤.综合推理的理论.模式识别与人工智能,1996,9(3):201~208.
- 4 陈霖.拓朴性质检测——计算理论的一朵可能的云.关于思维科学.上海:上海人民出版社,1986.7
- 5 戴汝为等.智能系统的综合集成.杭州:浙江科学技术出版社,1995.

张玲莉 1976年生,硕士研究生.主要研究领域为智能CAD及多媒体技术的研究.

鲁东明 1968年生,副教授,研究生导师.主要从事虚拟现实、基于内容图象检索、色彩图象处理、人工智能、多媒体协同、网络管理等相关的研究开发工作.

潘云鹤 1946年生,教授,中国工程院院士,博士生导师.主要从事人工智能、形象思维模拟的研究.