

广义 M-J 集自动配色方案的研究与应用

张 敏, 王化雨

(山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014)

摘 要: 广义 M-J 集结构奇特, 色彩复杂, 在计算机艺术界被广泛应用, 但复杂的结构常常导致色彩繁杂, 表现主题过于灵活, 难以确定, 这实际上限制了广义 M-J 集在商业中的应用。文中利用中国水墨扩散原理, 提出了一种混合颜色生成的自动配色方案。该算法弥补了广义 M-J 集图案实用性弱的不足。实验表明, 利用该算法生成的配色方案协调合理, 生成的图案色彩具有明显的传统中国特色, 基本上可满足用户个性化配色的需求。

关键词: 广义 M-J 集; 混合颜色; 色彩协调; 配色方案

中图分类号: TP391.72

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)03-0059-04

Research and Application of an Automatic Color Scheme of Generalized M-J Sets

ZHANG Min, WANG Hua-yu

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

Abstract: Generalized M-J fractal maps, well-known for their unique structure and complex colors, are applied extensively in computer art. Because of the complex structures and diverse colors, topics of the patterns are far too inflexible and full of uncertainty, and meanwhile the business applications of generalized M-J fractal maps are limited. This paper, employing the principle of proliferation in Chinese ink and wash paintings, proposed an automatic color matching method for generation of blend colors. The method compensated for the poor practicability of generalized M-J fractal maps. The experiment shows that, color schemes produced by the method are matching and reasonable, patterns obtained have the color of characteristic of Chinese traditional culture and the method can satisfy personal need of matching color.

Key words: generalized M-J fractal maps; blend colors; color matching; color schemes

0 引 言

基于逃逸时间算法生成的广义 M-J 集图案由于其形状怪异、结构复杂、色彩奇特,使人惊叹不已,“被认为是至今所看到的最为复杂的科学研究对象之一”,是现代科学与艺术的结晶,是产生新思想和原始创造力的源泉^[1]。这使得广义 M-J 集图案具有极强的艺术性,并依此产生了用以展示非线性科学的超现实之美的艺术形式——分形图艺术。但正由于其结构复杂^[2],常常呈现缤纷绚烂、杂乱无章的配色效果,大大限制了广义 M-J 集图案在商业领域的应用。

文中采用自动地产生与用户需要的颜色主题相互

协调的配色方案的算法,并且把配色方案恰当地应用到用户的设计任务中,弥补了传统广义 M-J 集图案作为艺术设计,具有设计周期长,要求设计人员对分形理论认识和理解深刻的不足,以达到可读性强、整体协调的设计效果。

1 色彩空间的选择

计算机图案色彩的产生可依据多种色彩空间,如 RGB, CMYK, HSL, xvYCC 等,其中 HSL 是一种利用概念来表示的色彩空间,通过对色调(H)、饱和度(S)、亮度(L)三个颜色通道的变化以及它们相互之间的叠加来得到各式各样的颜色的, HSL 色彩空间的空间模型简单易懂,而且确能把色调、亮度和饱和度的变化情形表现得很清楚。在图像处理和计算机视觉中大量算法都可在 HSL 色彩空间中方便地使用,它们可以分开处理而且是相互独立的。因此,在 HSL 色彩空间可以大大简化图像分析和处理的工作量。

收稿日期:2009-08-12;修回日期:2009-11-22

基金项目:国家自然科学基金(60743010);山东省自然科学基金(Z2006G09)

作者简介:张 敏(1985-),女,硕士生,研究方向为分形算法与应用;王化雨,副教授,硕士生导师,研究方向为软件智能化、软件开发环境。

由于 RGB 和 CMYK 分别是加法原色和减法原色模型,以原色组合的方式定义颜色,而 HSL 以人类更熟悉的方式封装了关于颜色的信息:“这是什么颜色?深浅如何?明暗如何?”。笔者考虑到 HSL 色彩空间简单易懂,且混色真实度高,又能利用简单的算法来实现尽可能多的配色方案,因此选用 HSL 较为合适。

2 色彩协调混合生成技术

2.1 HSL 数字模型的实现

HSL 色彩空间在数学上定义为在 RGB 空间中的颜色的 R, G 和 B 的坐标的变换。

(1) 从 RGB 到 HSL 或 HSV 的转换。

设 (r, g, b) 分别是一个颜色的红、绿和蓝坐标,它们的值是在 0 到 1 之间的实数。设 \max 等价于 r, g 和 b 中的最大者。设 \min 等于这些值中的最小者。要找到在 HSL 空间中的 (h, s, l) 值,这里的 $h \in [0, 360)$ 是角度的色相角,而 $s, l \in [0, 1]$ 是饱和度和亮度,计算为:

$$h = \begin{cases} 0^\circ & \text{if } \max = \min \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 0^\circ & \text{if } \max = r \text{ and } g \geq b \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360^\circ & \text{if } \max = r \text{ and } g < b \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ & \text{if } \max = b \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{2}(\max + \min)$$

$$s = \begin{cases} 0 & \text{if } l = 0 \text{ or } \max = \min \\ \frac{\max - \min}{\max + \min} = \frac{\max - \min}{2l} & \text{if } 0 < l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\max - \min}{2 - (\max + \min)} = \frac{\max - \min}{2 - 2l} & \text{if } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

h 的值通常规范化到位于 0 到 360° 之间。而 $h = 0$ 用于 $\max = \min$ (即灰色) 时而不是留下 h 未定义。

(2) 从 HSL 到 RGB 的转换。

给定 HSL 空间中的 (h, s, l) 值定义的一个颜色,带有 h 在指示色相角度的值域 $[0, 360)$ 中,分别表示饱和度和亮度的 s 和 l 在值域 $[0, 1]$ 中,相应地在 RGB 空间中的 (r, g, b) 三原色,带有分别对应于红色、绿色和蓝色的 r, g 和 b 也在值域 $[0, 1]$ 中,它们可计算为:

对于每个颜色向量 $\text{Color} = (\text{Color}_R, \text{Color}_G, \text{Color}_B) = (r, g, b)$

$$\text{Color}_C = \begin{cases} p + ((q - p) \times 6 \times t_c) & \text{if } t_c < \frac{1}{6} \\ q & \text{if } \frac{1}{6} \leq t_c < \frac{1}{2} \\ p + ((q - p) \times 6 \times (\frac{2}{3} - t_c)) & \text{if } \frac{1}{2} \leq t_c < \frac{2}{3} \\ p & \text{otherwise} \end{cases}$$

2.2 混合颜色的生成

1) 色彩协调说明。

色彩协调是指两个或两个以上的颜色,有秩序、和谐地组织在一起,能使人心情愉快,产生喜欢、满足的视觉心理现象^[3]。进入 20 世纪,色彩学建立了量化、理性化的表色体系,色与色之间建立了严整的关系与体系化的秩序,从而为确立现代色彩调和理论创造了良好的条件。这期间产生的孟塞尔色彩调和理论、奥斯特瓦德色彩调和理论、孟·斯宾瑟色彩调和理论等,皆试图用数理方法对色彩调和方法进行定量的总结。色彩调和理论的确立,使色彩设计在相当程度上摆脱了象绘画那样几乎完全依赖于画家对色彩的感性直觉,使色彩设计方法在一定程度上纳入了工程的范畴。

近年来, Tokumaru 等人在 Matsudas Color Coordination 的基础上,利用模糊集的概念,运用模糊推理给出了评估颜色协调程度的方法^[4]。利用此评估方法对传统的广义 M-J 集颜色进行评估,发现很多具有精美结构的广义 M-J 集色彩极不协调。文中根据中国传统国画教程中常会出现这样的指示“用笔先蘸藤黄,笔尖蘸墨加胭脂,中锋用笔由外及内快速运笔”。这样在一笔中就会出现多种颜色的混合,水墨在由棉麻纤维制作而成的生宣纸的表面混合、流动,产生完美的色彩过渡。由此提出颜色混合算法,将中国传统国画水墨扩散与分形相结合,计算给定色彩混合过渡及协调颜色的生成^[5]。

2) 混合颜色生成算法。

为了生成协调的配色方案,文中解决的主要问题是求得给定颜色的混合色彩,并将几种色彩按照“水墨扩散”的方式进行和谐的过渡。HSL 的色轮如图 1 所示。

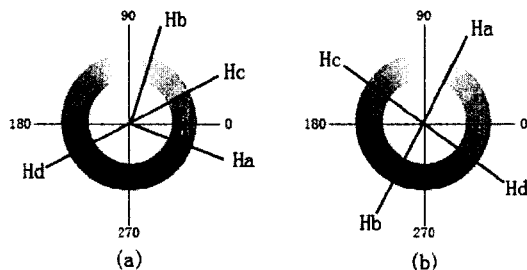


图 1 HSL 混合中的 H 计算

如图 1(a) 所示,有 a, b 两个颜色混合,它们的色相分别为 H_a, H_b , 则 a, b 混合后的颜色的 H 计算方法如下:

(1) 计算 H_a, H_b 在色轮中的角度差。

(2) 若 H_a, H_b 之间的差值不为 180° 。则 a, b 两种颜色 1:1 混合所得的颜色 H_c 应处于 H_a, H_b 的角平分

线上,且处于 H_a 、 H_b 夹角较小的一侧。如在图 1(a) 的例子中 H_c 所示。

(3) 若 H_a 、 H_b 相差 180° , 如图 1(b) 所示。令 H_a 、 H_b 都在 0 到 360° 之间且 $H_a < H_b$, 此时 H_a 在 0 到 180° 之间。 H_b 在 $h = \begin{cases} 0^\circ \\ 60^\circ \times \text{到 } 360^\circ \text{ 之间} \end{cases}$ 。在这种情况下两种颜色混合所得颜色的色相应处于 H_a 、 H_b 的角平分线上,且在 H_a 按逆时针方向转向 H_b 所经过的那一侧。如在图 1(b) 中 H_c 。

当 a 、 b 两种颜色按任意比例 $p_a : p_b$ ($0 < p_a, p_b < 1$ 且 $p_a + p_b = 1$) 混合后,所得颜色的色相应按 $p_a : p_b$ 的 E 比例,在从 H_a 到 H_b 经过 H_c 一侧的那个角度区间。

为了使任意满足 $0 < H_a, H_b < 360^\circ$ 的 H_a, H_b 可以通过下面的公式计算混合后的 H : $H = H_a \times p_a + H_b \times p_b$ 同时,混合后的 S 、 L 满足:

$$\begin{cases} S = S_a \times p_a + S_b \times p_b \\ L = L_a \times p_a + L_b \times p_b \end{cases} \quad (1)$$

需要对 H_a, H_b 进行调整,若 $|H_a - H_b| > 180^\circ$, 则给 H_a, H_b 中较小的一个加上 360° 后按上式混合,若混合的结果大于 360° , 则减去 360° 。

需注意的是在 HSL 色彩空间中,任何无色系的颜色(黑、白、灰,特征为 $R = G = B$) H 都会被设置成 0 ^[6]。因此在使用式(1)进行计算前,还要检查 a 、 b 两种颜色中是否有无色系颜色,若有,则把无色系颜色的 H 设置成另一颜色的 H , 否则在混合过程中会出错。经试验发现,在 HSL 色彩模型中,不管 H 为何值,所有 $S = 0$ 的颜色都表现为灰色,若一个 $H = 0$ 的灰色与绿色混合,在混合的过程中,随着 S 值从 0 (灰色) 过渡到不为 0 (绿色),必然会呈现出灰色的 H 值所描述的色相(在 HSL 模型中, $H = 0$ 代表红色)对混合结果的影响,在此情况下,若不事先把灰色和绿色的色相统一起来,混合过程中必会出现红色和绿色混合的特征。

综上所述,HSL 的混色过程可以总结为如图 2 所示。

3 自动配色方案的生成算法

3.1 已有广义 M-J 集图案主要颜色的提取

对广义 M-J 集图案图片进行均匀采样^[7]。为了控制后续步骤的计算量,规定采样的最大频率 $M_x \times M_y$; 如果图片的分辨率超过 $M_x \times M_y$, 系统以这个最大频率对它进行子采样:

$$\text{Sampled_colors} = \{(R, G, B) \mid (R, G, B) = \text{Input}(x, y)\}$$

$$\forall x = k_x q, k_x, k_y \in N, p = \text{Max} \left\{ 1, \left[\frac{D_x}{M_x} \right] \right\}, q = \left\{ 1, \left[\frac{D_y}{M_y} \right] \right\}$$

其中, $\text{Input}(x, y)$ 是分辨率为 $D_x \times D_y$ 的输入图片。由于 RGB 空间中相同距离引起的视觉感知的变化是不均匀的,系统将采样得到的颜色转化到 HSL 空间,对色调、彩度和明度进行量化,并且运用递归的、垂直于主方向二分的方法对颜色聚类^[8]。当每一类中颜色分布的方差小于阈值 δ 时候,聚类过程终止。每一类的平均颜色就是输入图像的主要颜色,每一类包含颜色的数目就是对应主要颜色的在图片中的权重。

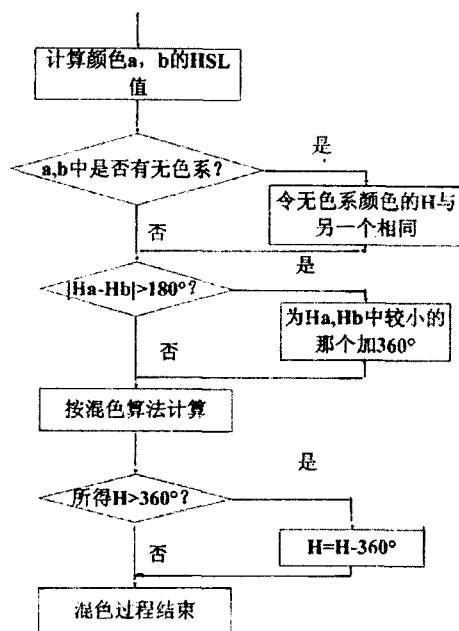


图 2 HSL 混色过程示意图

3.2 配色方案的生成

对于已给定的广义 M-J 集图案,由上述的颜色提取算法可得到图片的主要颜色。将以给定的配色方案对其进行配色,具体配方方案生成算法如下:

(1) 根据实际主题需要设定配色方案的主色调 N 种,用 N 种主色调替换上述广义 M-J 集图案中的主要颜色,如果上面得到的颜色组合中颜色的数目与用户指定的不一致,这个颜色组合需要进行后处理。如果当前的颜色数目超过用户指定的,去掉上面颜色组合中权重较小的色调。

(2) 用 2.2 中所述的颜色混合算法产生新的主色调之间的过渡及混合颜色,由此可以得到与输入图片主要颜色协调的颜色组合,也就是新的配色方案。

为了满足一些特殊的需求,在由用户指定主色调时,可用一些具有特殊意义的颜色组合来达到绘制出具有特殊意义的视觉效果图案,如用传统的黄、绿、

褐为主色,配以协调的混合色彩,可绘制出具有唐三彩韵味的广义 M-J 集图案。

4 实际设计效果展示

采用以上的自动配色方案可以为指定的广义 M-J 集图案提供合适的配色方案,以生成适合网页、宣传册、产品包装等应用的实用性较强的图片,并且生成最后设计方案(见图 3)。

这里将给出几个设计实例。图 3(a)是原始的广义 M-J 集图案。可以看到其图案构思奇特,但颜色绚丽杂乱。图 3(b)是采用中国传统艺术中的青花瓷配色方案,以浅蓝、黑蓝、青翠为主色调,利用自动配色方案生成结果的对比。生成的图片可用于青花瓷艺术中。图 3(c)是采用唐三彩的一种配色方案,以黄、绿、褐为主色调生成的结果。

5 结束语

文中介绍的自动配色方案可以根据用户给出的一个输入图片和指定的颜色偏好,生成与需求协调的配色方案,并依据色彩构成理论将配色方案应用到给定的布局上得到最终的设计方案。虽然在光度学、视觉心理学、视觉生理学的发展下,颜色视觉有了很大的进步,但仍是一个充满未知的领域,颜色协调也仍是充满了神秘感。计算机辅助颜色设计还有很多需要解决的问题,如根据应用的不同提供严肃的、活泼的等不同的风格等。以更加准确详细地描述用户的设计需求,从而进一步提高自动配色方案的实用性。

参考文献:

- [1] Peitgen H O, Richter P H. The Beauty of Fractals[M]. Berlin:Springer - Verlag, 1986.

(上接第 58 页)

参考文献:

- [1] LI Xu, ROUX M, HE Mingyi, et al. A New Method of Image Fusion Based on Redundant Wavelet Transform[M]. [s. l.]:Institution of Engineering and Technology, 2008: 12 - 16.
- [2] 闫敬文. 数字图像处理(MATLAB 版)[M]. 北京:国防工业出版社, 2007:181 - 184.
- [3] Borwonwatanadelok P, Rattanapitak W, Udomhunsakul S. Multi - Focus Image Fusion based on Stationary Wavelet Transform and Extended Spatial Frequency Measurement[C] // International Conference on Electronic Computer Technology. [s. l.]: IEEE computer society, 2009: 78 - 79.
- [4] Song Yu, Li Mantian, Li Qingling, et al. A new Wavelet

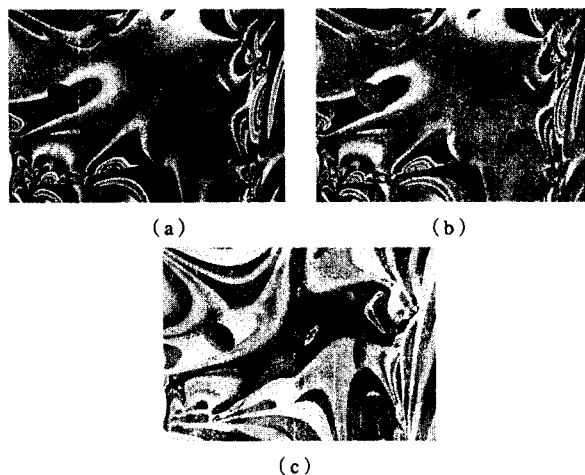


图 3 最终效果展示

- [2] 王兴元, 黄 丽. 广义 Mandelbrot - Julia 集的内部结构[J]. 工程图学学报, 2005, 26(5): 98 - 103.
- [3] 张宪荣, 张 萱. 设计色彩学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [4] Tokumaru M, Muranaka N, Imanishi S. Color design support system considering color harmony[C] // In: IEEE, ed. Proc. of the 2002 IEEE Int' l Conf. on Fuzzy Systems. Honolulu: IEEE Press, 2002: 378 - 383.
- [5] 齐亚峰, 孙济洲, 商 毅. 中国水墨画的基本艺术特征及其计算机仿真实现[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(5): 562 - 566.
- [6] 李莉婷. 色彩·构成·设计[M]. 合肥: 安徽美术出版社, 1999.
- [7] Ren Qi, XU Ying - Qing, Zhuang Yue - Ting, et al. Auto-Color: An Automatic Color Scheme Generating and Authoring System[J]. Journal of Software, 2005, 16(5): 691 - 699.
- [8] Wu X L. Color quantization by dynamic programming and principal analysis[J]. ACM Trans. on Graphics, 1992, 11(4): 348 - 372.

Based Multi - focus Image Fusion Scheme and Its Application on Optical Microscopy[C] // Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. Kunming, China: [s. n.], 2006: 401 - 404.

- [5] 於时才, 吕艳琼. 一种基于小波变换的图像融合新算法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(1): 390 - 391.
- [6] Lu Yinghua, Feng Xue, Zhang Jingbo, et al. A Multi - focus Image Fusion Based on Wavelet and Region Detection[C] // EUROCOM2007. The International Conference on "Computer as a Tool". Warsaw: [s. n.], 2007: 294 - 297.
- [7] 张素兰, 王 铮. 基于区域锐度的多聚焦图像融合[J]. 计算机工程, 2009, 35(4): 221 - 222.
- [8] 龙 燕, 姜 威. 基于改进的空域相关的多聚焦图像融合[J]. 光学技术, 2008, 34(3): 431 - 433.