

案例学习：素描模拟绘制方法

张家侨

张涵玮

张骏

张彬熠

张漫榕

袁均良

2017 年 12 月 24 日

1 引言

图像模拟绘制是数字图像处理领域重要的研究方向之一，许多科研工作者在这个方向发表过大量的论文。图像模拟绘制包括对各种艺术绘画的重现，即将一张真实自然图片模拟为油画、铅笔素描、彩色素描等绘画图像。

在艺术绘画中，素描绘画是普遍性较强，被广泛学习的一种绘画方法。本案例学习以潘、纪、陈等人 [1] 的彩色素描模拟方法为案例，学习其中的原理，并实现基于线积分卷积的彩色铅笔素描模拟绘制方法。

2 彩色铅笔素描绘制流程

2.1 总体流程

根据真实图像生成一张铅笔素描模拟图，属于底层图像处理，即输入与输出都是数字图像。根据 [1] 的方法，一张素描模拟图由三张图叠加而成，分别是颜色图、纹理图和轮廓图。颜色图由 K-means 聚类算法 [2] 和双色调映射方法 [3] 结合产生；纹理图由 3 部分叠加而成，分别是线积分卷积方法 [4] 产生的卷积纹理图、纸肌理图和噪声图；轮廓图则通过霓虹变换 [5] 的方法产生。

2.2 生成颜色图

颜色图的生成属于图像预处理。对于一般的自然图像而言，其颜色丰富程度极高，颜色渐变性很强，而彩色素描图由若干个有限的颜色绘制而成，丰富程度较为有限，因此应当将原图的颜色丰富程度以及分布规律向彩色素描图的方向靠拢。原文采用的是 K-means 聚类算法 [2] 和双色调映射 [3] 相结合的方法生成颜色图，即现将原图进行 K-means 图像聚类分割，然后通过双色掉映射的方法赋予每一个聚类主色调和副色调，最后进行两种颜色的融合。

2.2.1 K-means 聚类分割

使用 K-means 聚类分割算法，将原始图像的像素点分类，每一类单独赋予一种颜色。K 值的确定可以手工赋值，也可以根据图像的颜色丰富度计算得到。颜色丰富度的计算主要是通过计算图像在 HSV 色彩控件的 Hue 色调直方图确定。

2.2.2 基于双色调映射的颜色计算

原文中先确定一个基本颜色库，共有 12 种颜色，计算每个颜色到聚类中心的欧式距离，取距离最小的颜色作为该聚类的主色调。并通过双色调映射的方法计算出该聚类的副色调，具体方式是：将颜色转化到 XYZ 色彩控件，计算另外是一种颜色的映射结果色，取与聚类中心距离最小的颜色作为该聚类的副色调。主副色调计算完成之后，再通过双色调映射的方法融合并作为该聚类的颜色。

2.2.3 实现

双色调映射的方法是一种颜色重绘的方法，但是在实际情况中，发现这样做的效果并不能很好地模拟素描图像的颜色，在一些情况下颜色会产生较大的偏差，从图 1 可见，苹果的颜色甚至变为了黄褐色，显然不是想要的结果。

经过分析，主要有两方面的原因，第一，K-means 聚类算法的聚类中心可能并不适合作为该区域颜色的代表，尤其是当 K 值较小时；第二，由于基本颜色库的颜色数目较少，并不适合对原图进行大量的聚类，导致原图许多复杂的颜色区域可能被归为同一类，使得所求颜色被不合理地混合，从而产生错误的颜色。综上所述，根据我们小组当前掌握的知识，难以完美重绘产生彩色素描图像相应的颜色，因此在实现中直接采用原图作为颜色图；从艺术的角度来说，这样产生的素描图相当于一张艺术大师绘制的图像，相较于一般的素描图来说略微有一些不真实。是一个较为折中的解决办法。

2.3 生成纹理图

纹理图是本案例生成素描图像的重点部分，纹理图的质量直接决定了生成结果的模拟相似程度。这一部分原文的方法是比较合理的，产生的纹理图效果较好。

2.3.1 生成噪声图

噪声图的叠加是为了模拟铅笔碳粒的颗粒感，同时实际铅笔绘画中铅笔是有轻重变化的，因此生成的噪声图必须有梯度和层次，不能完全使用二值图作为噪声图。采用原文的公式，将 0 到 255 的灰度值分成 3 个不同的范围，添加一定的随机变量，使得噪声图的层次感更强，明暗变化更明显。采用 MATLAB 实现的噪声图如图 3 所示。



图 3：噪声图

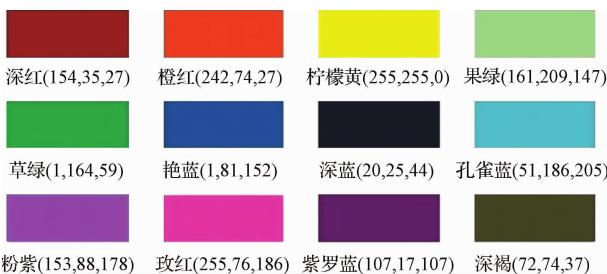


图 2：原文的基本颜色库

2.3.2 生成卷积纹理图

采用线积分卷积 [4] 的方法对噪声图进行卷积生成纹理图，其原理是因为黑白噪声图结合方向矢量场进行卷积的结果与手绘的铅笔素描纹理非常类似。采用 MATLAB 实现的纹理图如图 4 所示。

2.3.3 叠加纸肌理

纸肌理的叠加主要是为了模拟在不同画材上绘制铅笔画的质感，主要考虑要素是纸材质平面的凸起和凹陷，原文将其作为高度场考虑，但是实际



图 4: 纹理图、噪声图、纸肌理三者叠加后的结果

上纸肌理对图像的作用较小，起到一个细节修饰的作用。图 4 是已经叠加完成了纸肌理的纹理图像。

将三者叠加起来的效果如图 4 所示。

2.4 生成轮廓图

轮廓是素描绘画的重要组成部分之一，原文采用的霓虹变换 [5] 的方法是一种效果较好的方法，能够生成连续、精致的边缘，并且没有多余信息，采用原文方式产生的轮廓图如图 5 所示。



图 5: 轮廓图

3 实现结果

走完上述流程之后，即可生成一张完整的彩色铅笔素描图像，为了体现卷积纹理的效果，也做了灰度图像的铅笔素描图像生成，实现的结果如图 6 所示。

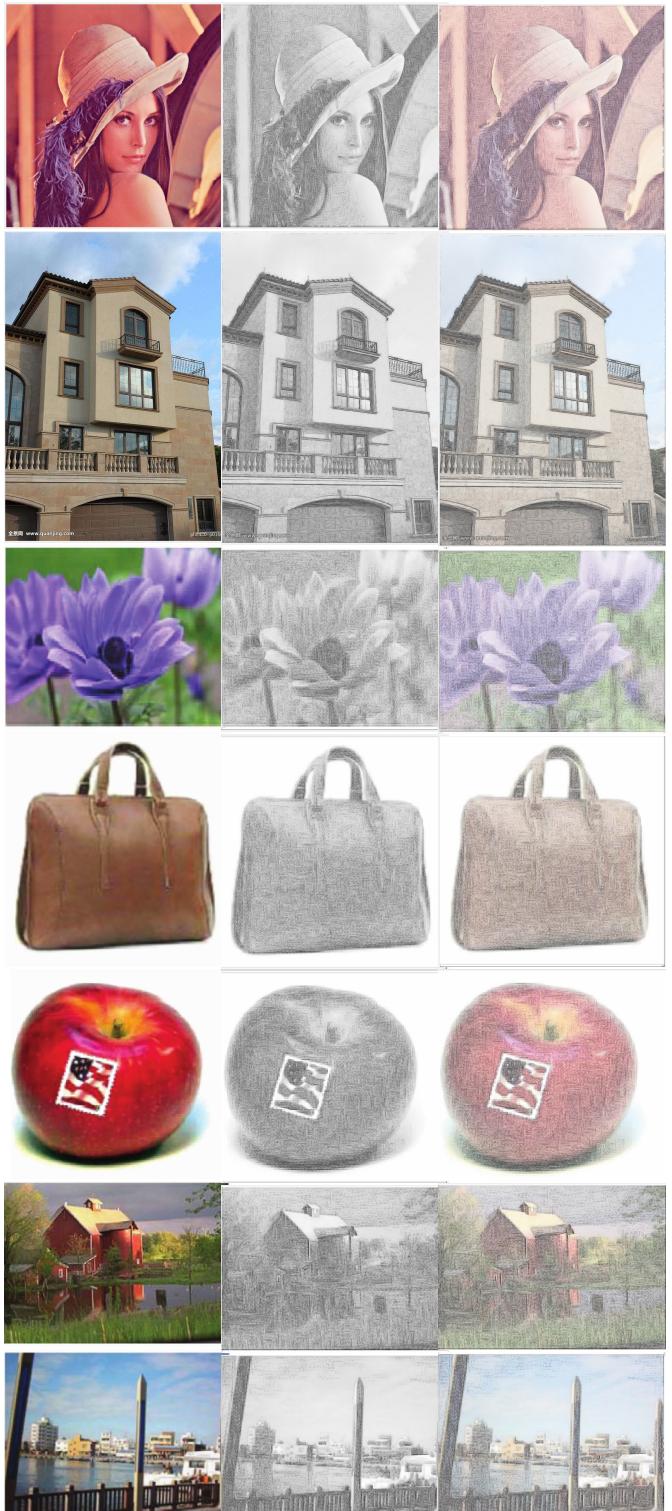


图 6: 实现结果

参考文献

- [1] 潘龙, 纪庆革, 陈靖. “线积分卷积与双色调映射相结合的彩色素描模拟方法”, 中国图像图形学报, vol. 22, p875-885, 2017.
- [2] Burney S M A, Tariq H. “K-means cluster analysis for image segmentation[J],” in *International Journal of Computer Application*, 2014, 96(4): 1-8. [DOI: 10.5120/16779-6360]
- [3] Power J. L., West B. S., Stollnitz E. J., et al. “Reproducing color images as duotones[C],” in *Proceedings of the 23rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, New York: ACM, p237-248, 1996.
- [4] Cabral B., Leedom L. C.. “Imaging vector fields using line integral convolution[C]” in *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, New York: ACM, p263-270, 1993.
- [5] 李龙生, 周经野, 陈益强, 等. “一种改进的铅笔画的生成方法 [J],” 中国图像图形学报, vol. 12, p1423-1429, 2007.