

印刷色彩管理的色域映射技术

王海文¹, 蒋文燕¹, 李 杰², 陈文革¹

(1 浙江科技学院 轻工学院, 杭州 310023; 2 浙江衢州学院 信息与电子工程系, 浙江 衢州 324000)

摘 要: 基于色域映射技术在印刷色彩管理与跨媒体图像复制中的核心地位, 阐述了色域映射的基本原则和色域映射的方式。初步探讨了色域映射技术研究的主要内容, 包括色域映射空间的选择、色域边界的计算、色域映射的类型、媒介色域与图像色域的选择、色域映射的方向, 并预见了色域映射技术的两个发展方向。
关键词: 色域映射; 印刷色彩管理; ICC 色彩管理技术; 跨媒体出版
中图分类号: TS801 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-8798(2008)01-0035-03

Color gamut mapping technology on printing color management

WANG Hai-wen¹, JIANG Wen-yan¹, LI Jie², CHEN Wen-ge¹

(1 . School of Light Industry, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China;
2 . Department of Information and Electronic Engineering, Zhejiang College of Quzhou, Quzhou 324000, China)

Abstract: Based on the core status of color gamut technology in the printing color management and in the cross-media image reproduction, we elaborate the basic principle and way of color gamut mapping, initially discuss the primary coverage of color gamut mapping technology research, including the choice of color gamut mapping space, the computation of color gamut boundary, the type of color gamut mapping, the choice of medium color gamut and image color gamut, the direction of color gamut mapping . Moreover, we forecast two development directions of color gamut mapping technology .
Key words: color gamut mapping; printing color management; ICC color management technology; cross-media publishing

色域映射技术是有效实施印刷色彩管理的关键,是解决跨媒体图像复制色彩正确传输与表达的核心。色域映射技术已成为国际上颜色科学与彩色图像处理领域的研究热点,国际照明委员会曾在1999 年专门设置了一个技术委员会 TC8 - 03,其目的就是为跨设备跨媒体的图像复制、研究与开发推

荐一种基本的解决方法,提供一个标准程序来计算图像、设备或其他媒体的色域,提供用于各种特定应用的色域映射算法和法则^[1]。中国照明学会也于2000 年底成立了图像技术委员会,同样把色域映射技术作为一个极为重要的研究课题。
针对高保真印刷、跨媒体图像复制的强烈社会

收稿日期: 2007-12-19
作者简介: 王海文(1978—),男,山东青岛人,助教,硕士,主要从事数字印前技术、印刷色彩管理技术的研究。

需求,直面现今印刷图像颜色复制的多变性和难控性,必须有效地运用印刷色彩管理技术实施精确的颜色控制,研发更加合理的色域映射技术,以保证颜色信息在开放式环境中的转换和失真更小、速度更快、再现更方便精确,从而为颜色的高保真印刷复制及跨媒体呈现提供核心支撑,推动印刷科技的跨越式发展。

1 色域映射的基本原则

色域映射技术作为颜色再现的关键技术之一,所解决的主要课题是:色域映射空间的选择、色域边界的计算、色域映射的类型和色域映射的方向^[1]。基于大量色彩复制的事实与经验,为获得理想的视觉效果,色域映射算法应满足以下基本原则:

- 1) 保持彩色图像的色调不变,即色相角不能偏移。
- 2) 保持最大的明度对比度。
- 3) 饱和度的改变尽可能的小,即允许饱和度有轻微的下降。

但上述色域映射原则之间存在矛盾的一面,因此为达到最佳的色彩转换效果,需要在这些原则之中找到一个平衡点,尽量保持颜色的色调、明度和饱和度有较好的整体再现效果。

2 色域映射的方式

颜色在不同色空间中进行转换时,常采用色域压缩、阶调压缩和白场映射 3 种映射方式进行设备间色域的映射^[2]。其中色域压缩采用以下 3 种方法进行:

- 1) 保持色域内的颜色不变,色域外的颜色由离它最近的颜色代替。
- 2) 保持色域内的颜色不变,色域外的颜色用尽可能高的饱和度颜色复制,即使色相角发生偏离。
- 3) 色域外的颜色投影到色域的边缘,其他所有颜色均匀压缩至色域中,色相角保持不变,但饱和度有所降低。

阶调压缩采用以下两种方法:

- 1) 色域内的亮度精确再现,色域外的亮度升高或降低,直至落在色域边界上,此种方法会造成颜色在高光或暗调处的反差丢失。
- 2) 保持两色彩空间的最大亮度相互重叠,其他亮度动态调节,即进行均匀压缩。

白场映射也采用两种方法:

1) 将输入设备颜色空间的色调值均匀投影至输出设备颜色空间,从而使新的白场与标准观察者的白场相对应。

2) 将输入设备颜色空间的色调值相对于纸白或承印物的白度转换至新的颜色值。

色域映射常用的 3 种基本方式,即色域压缩、阶调压缩和白场映射通常具有一定的关联性,并非各自独立,在色域映射时需要平衡考虑。一般的做法是先进行色域压缩,然后据此进行阶调压缩和白场映射,方能取得较好的色域映射效果^[2]。

3 色域映射技术研究的主要内容

色域映射技术是印刷色彩管理技术的核心,它所解决的主要课题是:色域映射空间的选择、色域边界的计算、色域映射的类型、媒介色域与图像色域的选择、色域映射的方向 5 个方面^[1]。

3.1 色域映射空间的选择

为了进行插值运算及使色域映射具有较高的精度,媒体设备的颜色特性和色域映射转换操作应在与设备无关的均匀颜色空间中进行。色度学中常用的几个独立设备颜色空间是 CIE1931XYZ 色空间、CIE1976LAB 色空间、CIECAM97s 色空间和 CIECAM02 颜色空间。

其中 CIE1931XYZ 颜色空间的缺点在于颜色空间的不均匀性。CIE1976LAB 颜色空间相对 CIE1931XYZ 颜色空间在均匀性方面具有很大提高,也是色域映射中最普遍使用的颜色空间;它对于评价大于人眼视觉可觉察的色差并小于孟塞尔系统中相邻两级的色差值的颜色极为有利,能较为准确地反映物体色的心理感受效果,但其缺点是颜色空间仍然具有一定的不均匀性,尤其在蓝色色相区存在蓝色色相的偏移现象。CIECAM97s 颜色空间中,蓝色区域的色相均匀性要好一些,可成功获得跨媒体彩色图像的复制效果。CIECAM02 颜色空间是对 CIECAM97s 颜色空间的修正,它对数据预测的方法做了很多改进,并使模型进一步简化,颜色空间的均匀性更好,更加利于跨媒体出版、多目标彩色图像复制的需要^[2]。

另外,美国孟塞尔实验室刚刚开发出 CIECAM04 颜色空间,其颜色空间的均匀性更好,是色域映射空间方面的最新成果,意义颇大^[3]。

3.2 色域边界的计算

色域映射首先是两个不同色域边界之间的压缩

映射,因此为实现两个媒体色域的颜色映射,必须准确计算色域的边界,为颜色的映射和转换确立范围和前提。

Jan Morovic and M. Ronnier Luot 提出了极为成功的适合媒体和图像色域边界的确定方法——分区最大边界描述符 (SMGBD, Segment Maxima GBD) 方法,它把色域计算分为色域边界计算和线色域边界计算两个部分^[4]。SMGBD 方法首先计算色域边界描述器 (GBD),即近似描述色域的一个全面的方法,称为色域边界的计算;然后找到色域边界与给定线之间的交点,即线色域边界的计算 (LGB),从而确定不同媒体色域的边界,为色域的映射转换奠定基础。

3.3 色域映射的类型

实现色域映射需要特定的映射算法,但色域映射算法不具有唯一性,因而色彩管理的精髓就在于色域映射算法的合理性,就映射结果而言,色域映射可分为色域裁切和色域压缩两种类型。

3.3.1 色域裁切 此种色域映射方式是保持复制色域内的颜色不变,色域外的颜色用目标色域边界的颜色进行替代。此种色域映射方式比较适合于源色域超出目标色域不多的情况,可以保证原始影像绝大部分的色度。反之,如果输入影像的色域范围比复制色域大许多,则会造成源色域外色彩层次的损失。

3.3.2 色域压缩 色域压缩是使用某种压缩方法将源色域中的全部颜色压缩至目标色域内,它可保证压缩前后颜色的整体对比情况不变,但也可能导致某些颜色发生不利于人们认知习惯的情况,因此选择合理的压缩方法极为重要。常用的色域压缩方法有线性压缩法、非线性压缩法、分段线性压缩法、高阶多项式压缩法和混合压缩方法等^[5]。

在实际应用中,这两种色域映射方法可分别应用于不同的渲染目的。目前国际色彩联盟 ICC 规定了 4 种不同的渲染目的,即感觉目的、饱和度目的、相对色度目的和绝对色度目的^[5]。其中感觉色度目的保证了整体视觉效果和阶调再现;饱和度目的优先考虑颜色的饱和度,进行的是色域裁切;相对色度目的考虑了介质特性,原理上属于色域裁切;绝对色度目的保证目标色域内颜色色度值的准确复制,进行了色域的裁切。

另外,色相匹配法考虑了 CIEL^{*}A^{*}B^{*} 色空间中色相的不均匀性问题,能在视知觉保持色相不变,

是重视色知觉的色域压缩方法,也是色域匹配方法中极具发展潜力的处理方法之一。

3.4 媒介色域与图像色域的选择

为了尽可能忠实地在再现原稿,采用图像的色域作为原稿的色域是较为合适的,因为只有当图像中有超色域的颜色时才会对其进行处理,能极大地保证颜色的正确还原再现^[6]。反之,如果采用媒介色域作为原稿的色域,那么,即使给定图像中没有的颜色也必须考虑在内,图像的颜色将发生较大的改变。

当然采用媒介色域进行颜色匹配也有好处,它可以建立两色域之间的查找表,通过查找表进行颜色之间的转换,这样就无需知道原图像具体的色域了,尤其在多种媒体设备场合也易于建立统一的色彩管理平台^[7]。因此通常选择图像色域作为原稿色域,但在开放式环境与多元化处理和输出时常用媒介色域。

3.5 色域映射的方向

色域映射不仅仅是采用哪一种映射方式的问题,而且还涉及映射时沿着特定方向的选择问题,即锚点的选择问题。在表色空间或者色度平面上,将色域外的颜色向明度轴进行移动,会有一个或者数个焦点,当焦点位置确定以后,便决定了色域映射的方向。

另外,就空间维数来说色域映射可分为一维映射、二维映射和三维映射^[1]。一维映射就是保持色相不变,仅对颜色的明度或饱和度单独做映射;二维映射也是保持颜色的色相不变,但在 L-C 平面上对颜色的明度和饱和度都做映射;三维映射方式是指在三维颜色空间中,仅对超出色域的颜色进行色相、明度和饱和度的同时映射。在色域映射时可以通过调整颜色的色相、明度和饱和度等设定来实现色域适度的压缩或扩张,保持最佳的色域映射效果。通常色域映射后会出现以下 3 种情况^[2]:

- 1) 彩度不受影响,明度被压缩。
- 2) 明度不受影响,彩度被压缩。
- 3) 明度和彩度都受到影响。

从未来色域映射技术的发展趋向看,在三维色彩空间中设计更加合理的色域映射算法,直至实现各种设备间的通用式交换,是未来色域映射技术一个主要的发展方向^[8]。

(下转第 59 页)