

各种颜色模型选用需求分析*

孟章荣

(航天局二院 204 所 北京 100854)

摘要 计算机彩色终端的广泛使用为可视计算发展提供了极大的推动力。本文就使用在可视计算环境中的颜色模型选用问题进行讨论和分析;提出一个让人参与,依靠人的直感,通过人机交互选用所需颜色的方法。

关键词 颜色模型,可视计算,人机交互,人因素,计算机彩色终端

1 引言

随着工作站的迅速发展,可视计算(Visual computing)越来越得到人们的重视和青睐,工作站的不断进展为各类可视计算提供了极为良好的物质基础。根据不同的用户可视计算能分成多种不同的类型。终端用户关心人机接口的直观化;程序开发人员关心程序的直观化及直观程序设计;工程科技人员,数据分析员,工艺美术等各类应用人员关心图表、映象的输入及动静态显示。因此各种可视化计算技术在计算机使用中近年来产生的重大变革,普遍地受到各类人员欢迎。直观化的人机交互,程序设计的直观工具和图表,映象的输入及动静态的直观显示等这些可视计算技术,在象CAD,智能决策系统,训练仿真系统、生物化学和广告美术设计等领域中,有着极为广泛的应用。彩色终端CRT的出现,在激发人类的形象思维,提高劳动生产率方面起着极为明显的重要作用。使图形显示更为有形有色,颜色使映象画面更为逼真,生动。因而在直观计算中如何选用颜色便成为用户极为关注的问题。本文就对在可视计算环境中如何处理这个问题进行讨论。

2 颜色模型

颜色模型是抽象表示和描述颜色的方法。由于

用户、历史年代、专业领域和各种需求的不同,目前存在着各种各样的描述颜色的模型。大部分通用的颜色模型从属于矩形直角(rec-tangular),对立的(opponent)和极状的(polar)三种几何结构定义的空间,以及CIE(Commission Internationaléde L'Eclairage)定义的标准^[1]。这些模型表示的颜色空间都分别具有各自的优缺点和局限性。

2.1 CNS

这是基于英语语言的颜色模型,可用巴科斯范式(BNF)严格定义其语法。它由31种色调(hue)术语,5种亮度(lightness)值,4种饱和(saturation)值,再加上7种非彩色颜色构成,可命名627种颜色,其中仅可区分出487种不同的颜色。这种用人类语言表示颜色的方法没有多少直感,颜色数量有限,在早期得到使用

2.2 RGB及CMY

这是属于矩形直角空间结构的模型,是对某种颜色进行加减,完成颜色综合的系统。RGB(在黑色中添加某些颜色的系统)模型,原色使用红(red)、绿(green),蓝(blue)三色,目前的荧光屏终端显示器通常都是利用这三元值变换成三个电压值控制显示。CMY(白光中移去某些颜色的系统)模型,原色

* 收稿日期:1996.03.24;收到修改稿日期:1996.04.16

使用深蓝(cyan),品红(magenta)、黄(yellow),用于非发射式显示,如喷式绘图仪等。这些模型从感知来说都是不均匀的,且它们还都直接对应并依赖于硬件设备,从事有关颜色工作的人员对这些模型有丰富的感性知识和实践经验,在一定程度上能克服上述缺陷。RGB 和 CMY 这两个原色集合产生的空间并不完全真正对应,引入了某些畸变,但有简单的近似公式可以相互变换。尽管目前认为 RGB 模型从心理感知来说是没有直感的,而且最终颜色坐标要变成控制显示的电压之前,还需将 RGB 的三元数值和由 CRT 发射的光密度之间的线性关系进行 Gamma 修正,但显示计算机产生的映象最通用的设备 CRT 仍是采用 RGB 模型,因此它也就成为人们熟知的颜色模型。

2.3 HSV,HCL,HLS 等

这些颜色模型属极坐标空间定义,是以近似于心理上能感知的特性作维数形成的空间,如色调(hue),饱和度(saturation)或色彩(chroma),亮度(lightness)。色调将一种颜色与色谱中的某个位置关联起来,红、绿、黄等都是色调的名字;饱和度是色彩的鲜艳程度、纯光谱颜色是全饱和色、灰度是非饱和色;在 HSV 中的 V 实际上是类似于亮度的一个量,但被认为是感觉的均匀量。这些模型从心理感知来说比 RGB 要更容易接受,是历史上艺术家等一直沿用的比较通用的模型,与 RGB 有算法可相互转换。Smith 还比较了 HSV 和 HSL,认为 HSV 在计算效率上更好,所以更为赞成用前者。

2.4 Opponent 颜色空间

按照现代标准的色视觉理论,在人类大脑层,假定颜色信号是组织成三个对立的通道,即在被传送到大脑之前,眼睛响应光线的刺激产生三种信号:由红、绿锥体叠加产生一个非彩色的亮度信号;红、绿锥体相减得红/绿信号;亮度和蓝色相减得黄/蓝通道信号,这可由图 1 表示。这是一个从心理感知角度定义的颜色模型,对人的感觉来说它比极坐标空间定义的历史上使用较多的模型(HSV,HSL 等)更为直感。

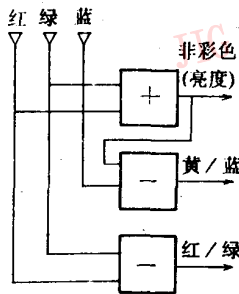


图 1
Fig.1

2.5 YIQ

在 1953 年被美国国家电视标准委员会(NTSC)采用为电视广播标准,此模型与黑白电视信号传输向下兼容。在该模型中 Y 轴指定为亮度的近似值;余下两轴为彩色信息,尽可能地被安排选择占用很小的带宽,I 轴作为蓝-绿彩色信号形成的橙色(orange)向量,Q 轴作为由黄-绿形成的品红(magenta)向量、这两个向量中任一个都不对应心理学上感知的量、因此人眼不能直接分辨。根据 CIE 定义、YIQ 和 RGB 通过与一个矩阵相乘可直接相互变换。该模型不仅向下与黑白电视兼容,且传输效率高。

2.6 CIE 定义的其它颜色空间

考虑各种需要,CIE 还定义了一些其它颜色模型,如为比较颜色的差别,CIE 还推荐了另外二个坐标系 CIE LAB 和 CIE Y_{xy} ^[3]。CIE LAB 颜色空间是为感觉均匀而设计的一个国际标准,企图使人接受颜色差别等同对应 CIE LAB 空间中相等的欧几里得距离,但 CIE、LAB 仅仅近似于这个困难的目标。另外像 Y_{xy} 空间也是一个标准的颜色坐标系统,利用颜色的激励值所描述的模型就基于这个系统。尽管空间定义是基于人的视觉模型,但一个颜色的 Y_{xy} 分量是不能被观察者所识别的,因此对颜色的直觉估计,用这些项是不行的。其特殊的重要性是专用的监视器在 CIE 和 RGB 坐标之间对应必需通过这个空间。

3 直观计算中的颜色选配

为了在不同应用中更好地选择或编辑所要用的颜色,用户接口的有效性是非常重要的,应有一个适合于人和计算机描述所希望颜色的方法。首先它应独立于具体设备;其次,现代色视觉理论认为,用 RGB 的三元数值来说明一个点的颜色是没有直感的,应代之以那个用户的心灵概念(即能使用户有直感的模型)。因此直观计算中选用颜色模型时必须考虑下列因素。

(1)选择描述颜色的模型,本质上就是选择有关用户与计算机如何通信颜色的语言。如果选择的是用户没有直感的语言,那就意味着成功选取颜色会是很困难的、麻烦的或者费时的。因此颜色最好用人类心理上能直感的一些量,如色调、色彩、亮度等来

描述和控制,象历史上艺术家、染色人员等传统沿用的 HSV、HSL 等模型、直至近年来发展的基于人类心理上有直感而定义的 opponent 颜色的模型等。

(2)颜色的判别主要是基于对其差别的评定,直观过程就能在很宽的条件变化范围内保持对颜色差别的评定,并希望所使用的颜色空间的度量必须均匀地表示颜色差别的大小。

(3)颜色通常可由观察者以不同的精确程度描述,一个给定激励值的外观依赖于观察者的感觉行为。在有 24 位彩色位面的计算机系统中,通常能生成高达 16×10^6 量级不同元素的颜色空间,所以如果用户希望高质量地精确定义颜色的话,看来只能采用逐步对照求精的办法。

(4)依赖于设备的颜色模型(如 RGB 或 CMY)和从它们推导出的颜色空间不能无疑义地定义一种颜色,这是因为不同的输出设备有不同的颜色度量特性。因而颜色若仅用依赖于设备的模型来标识,那么在另外的显示器或打印机上就不可能有同样的映象了。

(5)在交互环境中选取和编辑颜色,还必须考虑交互响应的速度,也就是要考虑计算处理,传输等方面的有效性问题。

我们考虑和分析了上述的一些因素,认为倘若满足某些前提,用直观交互的方法可以较好地解决直观计算中选配颜色的问题,这时需要遵循下列几项原则:

(1)在交互环境中一定要能获取不同的颜色模型来满足各方面的需要,因为仅选取 1—2 种颜色模型,就能适合于各种不同的应用和所有有关实践于颜色的不同用户是不可能的。从选择和编辑颜色来看,首先应有在用户心理上能有直感的颜色模型,同时还应有就感觉来说是尽可能均匀的颜色空间。

(2)必须有独立于设备的详细说明颜色的方法。通过与设备特性及校正方法的并接,独立于设备的颜色定义,就能关联到相应的专用设备所用的值(如 CRT 的 RGB)。显然还应包括为了变换需要或标准要求定义的那些模型。

(3)在选取颜色模型时,还必须考虑适合在交互环境中使用,如计算效率高的颜色模型应优先考虑。交互环境也可能是分布网络环境,要考虑传输方便,与黑白电视信号兼容等。

(4)每个颜色空间要能直观地考察。因此在直观交互环境中选取和编辑颜色的过程,应当是从粗到精,逐步调整,产生各种颜色的过程。

4 适合交互直观选用颜色的软件系统

在基本满足上述原则的基础上,并附带一些实现的约束,实际上已有一些商用系统供用户使用。如在 1989 年由 Tektronix 引入的 Tedcolor,但只实现在 Tektronix 的 x 终端/打印机和 Apple Macintosh 计算机上。近年来不同厂家、各种档次的工作站竞相出现,一方面为软件系统的实现提供了更好的条件;另一方面迫切要求有更理想的直观交互选配颜色的系统供不同的应用领域使用。

图 2 所示为适合于直观交互环境中选配颜色的模型及其相互关系。颜色的选择和编辑组织成一个

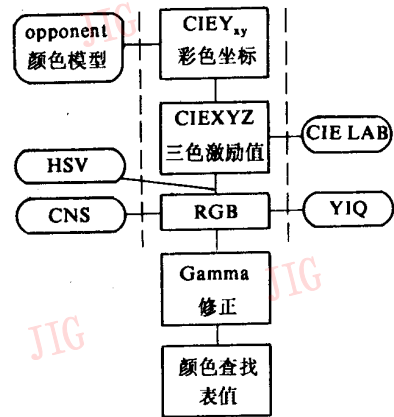


图 2

Fig. 2

三维空间中的多层次搜索,用户和系统间对话基于直观语言,代替使用命令或用它们的数值坐标指定颜色。用户界面应使颜色选配不用考虑它的内部表示、物理特性或名字。直观交互主要使用目前最流行的 WIMP(Windows, Icons, Menus and Pointing)技术。在某个描述颜色的精确层上选择一种颜色,然后其相邻的颜色用图符在屏幕上显示出来,用户就可按照直感用指针选择所要求的颜色;如果还不满意,近似所要求颜色的有关颜色,在更精确一层上再一次可用图符显示出来,供直观选取,直至用户满意为止。图 2 左排的颜色模型,是按直感程度从上到下递减的次序排列的,可用作按直感要求选用颜色时使用的模型,根据具体情况,系统可选用其中一二种或全部。右排是 CIE 从感知均匀或传输效率角度定义的标准模型,同样要依据具体应用选用。像工作站,一般都连接到网络上,常作为大型机等的直观显示终端使用,并考虑颜色信息的传输效率问题。中间一排是为各种颜色模型之间的变换需要而提供的一些

模型,通常根据需要加入系统中。总之图2仅表示一个粗略的构想,一个针对具体应用设计的系统应根据其实际目标,相应地确定其具体内容。

5 结束语

近年来随着科学技术的发展,对人类视觉的认识也有了重要进展。实验表明,人类的视觉系统能够区分大约350000种颜色。从生理和心理学角度发现眼睛可辨认出三种不同的刺激,从而认定了颜色的三维本性,但具体的各种颜色模型中所使用的三个因次量是不一样的。这几年来工作站的异军突起和计算机应用的深入,为多媒体的广泛应用及发展提供了极为良好的条件,而多媒体的使用又为各领域的计算机用户提供了直观、易用、形象的人机接口。如何按照人的直感选取和编辑所需的各种颜色,是可视计算中绘制和应用各种彩色图形及界面迫切需要解决的问题之一。本文针对有关颜色模型的选用作了需求分析。提出了如下一些基本思路和想法:

(1)根据一般的分类原则,介绍了一些常用的基本颜色模型,并分析和比较了各类的相应用途和优缺点;

(2)指出在可视计算环境中,用户选配颜色模型应遵从的几项基本准则,并提出了从人因素角度考虑的以直观交互选配颜色的方法;

(3)给出了依靠人的直觉、通过直观交互选用颜色软件系统的基本构想,颜色选择窗口等具体实现可参看有关文献(如[4]等)。

参考文献

- [1]Motta R. J. color encoding computer images. *Information Display*,1991,3:4-7.
- [2]M. W. Schwarz. An Experimental Comparison of RGB, YIQ, LAB,HSV and Opponent color models *ACM Tran. on Graphics*. 1987, Vol. 6, No 2.
- [3]Taylor *et. al.* Device-independencv color matching you can buy now. *Information Display*,1991,4:20-22.
- [4]Lindbloom BJ. Accurate color reproduction for computer graphics applicacions. *Comput Graph*,1989,23(3):117-26.



孟章荣,航天局二院北京计算机应用和仿真技术研究所高级工程师,主要从事实时软件系统,多媒体应用和人因素等研究及设计。

The Requirement Analysis on Selections among Various Color Models

Meng Zhangrong

(Astro-bureau The Beijing Institute of Computer application and simulation technology, Beijing, 100854)

Abstract The wide uses of computer color terminals provide big impacts to visual computing. This paper discusses and analyses the problem of color model selection in visual computing environments. It Proposes a selection methodology of required colors which makes use of human intuition of man-machine interactions.

Keywords Color model, Visual computing, Man-machine interaction, Human factor computer color terminal