



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780002099.7

[43] 公开日 2009年2月11日

[11] 公开号 CN 101366267A

[22] 申请日 2007.1.8

[21] 申请号 200780002099.7

[30] 优先权

[32] 2006.1.9 [33] US [31] 11/328,762

[86] 国际申请 PCT/US2007/060226 2007.1.8

[87] 国际公布 WO2007/082183 英 2007.7.19

[85] 进入国家阶段日期 2008.7.8

[71] 申请人 奥多比公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 M·汉堡

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
代理人 朱海波 李峥宇

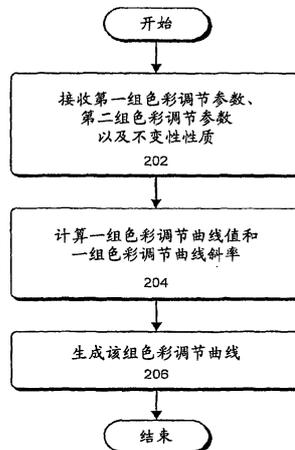
权利要求书4页 说明书11页 附图2页

[54] 发明名称

用于生成色彩调节曲线的方法和装置

[57] 摘要

本发明的一个实施方式提供了一种系统，该系统生成一组可以用于对单色或彩色图像进行色彩调节(或色偏调节)的色彩调节曲线。在操作期间，系统接收用于阴影区域的第一组色彩调节参数、用于高亮区域的第二组色彩调节参数、以及在色彩调节期间需要维持的不变性性质。色彩调节参数指定施加到阴影和高亮的色彩。系统使用第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来计算一组色彩调节曲线值和一组色彩调节曲线斜率。系统生成该组色彩调节曲线。本发明的重要方面在于，其可以简单地基于用户指定的用于阴影区域和高亮区域的色调来生成色彩调节曲线。



1. 一种用于生成一组色彩调节曲线的方法，该方法包括：
接收用于阴影区域的第一组色彩调节参数、用于高亮区域的第二组色彩调节参数以及在色彩调节期间需要维持的不变性性质；
使用该第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来计算一组色彩调节曲线值和一组色彩调节曲线斜率；以及
使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来生成该组色彩调节曲线。
2. 根据权利要求1所述的方法，其中一组色彩调节参数包括：
色相值；以及
饱和度值。
3. 根据权利要求1所述的方法，
其中该组色彩调节曲线用于从输入图像生成色彩调节后的图像；
其中该组色彩调节曲线用于基于该输入图像中相应像素的色彩通道值来计算色彩调节后的图像中像素的色彩通道值。
4. 根据权利要求3所述的方法，其中该不变性性质通过确保该色彩调节后的图像中像素的明度等于该输入图像中相应像素的明度保持明度。
5. 根据权利要求3所述的方法，
其中该输入图像是灰度级图像；
其中该色彩调节后的图像是彩色图像；
其中使用第一色相值和第一饱和度值来指定阴影色调；
其中使用第二色相值和第二饱和度值指定高亮色调。
6. 根据权利要求1所述的方法，其中计算该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率包括：
使用该第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来生成关于该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率的一组线性方程；以及

求解该组线性方程以确定该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其中生成该组色彩调节曲线包括使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来适配一组三次函数。

8. 一种计算机可读存储介质，其存储当由计算机执行时使得计算机执行用于生成一组色彩调节曲线的方法的指令，该方法包括：

接收用于阴影区域的第一组色彩调节参数、用于高亮区域的第二组色彩调节参数以及在色彩调节期间需要维持的不变性性质；

使用该第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来计算一组色彩调节曲线值和一组色彩调节曲线斜率；以及

使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率生成该组色彩调节曲线。

9. 根据权利要求 8 所述的计算机可读存储介质，其中一组色彩调节参数包括：

色相值；以及

饱和度值。

10. 根据权利要求 8 所述的计算机可读存储介质，

其中该组色彩调节曲线用于从输入图像生成色彩调节后的图像；

其中该组色彩调节曲线用于基于该输入图像中相应像素的色彩通道值来计算色彩调节后的图像中像素的色彩通道值。

11. 根据权利要求 10 所述的计算机可读存储介质，其中不变性性质通过确保色彩调节后的图像中像素的明度等于该输入图像中相应像素的明度来保持明度。

12. 根据权利要求 10 所述的计算机可读存储介质，

其中输入图像是灰度级图像；

其中色彩调节后的图像是彩色图像；

其中使用第一色相值和第一饱和度值指定阴影色调；

其中使用第二色相值和第二饱和度值指定高亮色调。

13. 根据权利要求 8 所述的计算机可读存储介质, 其中计算该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率包括:

使用该第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来生成关于该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率的一组线性方程; 以及

求解该组线性方程以确定该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率。

14. 根据权利要求 8 所述的计算机可读存储介质, 其中生成该组色彩调节曲线包括使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来适配一组三次函数。

15. 一种用于生成一组色彩调节曲线的装置, 该装置包括:

接收机构, 配置用于接收用于阴影区域的第一组色彩调节参数、用于高亮区域的第二组色彩调节参数以及在色彩调节期间需要维持的不变性性质;

计算机构, 配置用于使用该第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来计算一组色彩调节曲线值和一组色彩调节曲线斜率; 以及

生成机构, 配置用于使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来生成该组色彩调节曲线。

16. 根据权利要求 15 所述的装置, 其中一组色彩调节参数包括:

色相值; 以及

饱和度值。

17. 根据权利要求 15 所述的装置,

其中该组色彩调节曲线用于从输入图像生成色彩调节后的图像;

其中该组色彩调节曲线用于基于该输入图像中相应像素的色彩通道值来计算色彩调节后的图像中像素的色彩通道值;

其中该不变性性质通过确保色彩调节后的图像中像素的明度等于该输入图像中相应像素的明度来保持明度。

18. 根据权利要求 17 所述的装置,

其中该输入图像是灰度级图像；

其中该色彩调节后的图像是彩色图像；

其中使用第一色相值和第一饱和度值来指定该阴影色调；

其中使用第二色相值和第二饱和度值来指定该高亮色调。

19. 根据权利要求 15 所述的装置，该计算机机构配置用于：

使用该第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来生成关于该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率的一组线性方程；以及

求解该组线性方程以确定该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率。

20. 根据权利要求 15 所述的装置，其中该生成机构配置用于使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来适配一组三次函数。

用于生成色彩调节曲线的方法和装置

技术领域

本发明涉及用于色彩调节的技术。更具体地，本发明涉及一种用于生成一组色彩调节曲线的方法和装置，所述色彩调节曲线可以用于对图像进行色彩调节。

背景技术

术语“黑白”通常是当应用于单色印刷时的误称。因为纯的（非彩色）“黑白”图像通常看起来是“无生命的”，艺术家喜欢给单色图像添加色彩。例如，艺术家可能希望使图像中高亮区域变暖（使它们呈现更多橙色）而使阴影区域变冷（使它们呈现更多蓝色）。将对单色图像施加色彩的该过程称为“色彩调节”。注意，色彩调节（色偏调节）也可以应用于彩色图像。

对于色彩调节存在多种现有技术。一个方法使用多调节曲线，其指定特定量的墨以用于特定输入灰度级。然后，当打印时这些墨混合以产生色彩调节后的图像。例如，如果想要创建具有较冷阴影和较暖高亮的图像，则可以构建结合了黑墨、蓝墨以及橙墨的某种组合的三色调，其中施加的黑墨正比于灰度级，并且仅在阴影中应用蓝墨以及仅在高亮中应用橙墨。另一色彩调节方法使用梯度图，其指定图像中色彩的映射，并且主要提供一种方法用于指定在图像的特定区域中色彩的应用。又一方法是基于色彩平衡。在该方法中，通过调节高亮和阴影中的色彩平衡来生成分离的色调效果。

不幸地，这些现有技术具有多个缺点。首先，技术在使用上是麻烦的。典型地，用户必须手动指定色彩调节曲线。为此，在获得正确色彩调节曲线之前，用户可能需要经历多次试错法迭代。第二，技术可能生成较粗糙的调节曲线，其裁剪掉范围的若干部分以实现它们的

效果。第三，这些技术可能导致不期望的副作用。例如，现有技术可能使得阴影变得更暗而使得高亮变得更亮，这通常是不期望的。

因此，需要一种用于色彩调节的方法和装置，其易于使用，并且在各种色调之间形成平滑过渡，而不造成不期望的副作用。

发明内容

本发明的一个实施方式提供了一种系统，该系统生成一组色彩调节曲线，所述色彩调节曲线可以用于对单色或彩色图像进行色彩调节（或色偏调节）。在操作期间，系统接收用于阴影区域的第一组色彩调节参数、用于高亮区域的第二组色彩调节参数、以及在色彩调节期间需要维持的不变性性质。色彩调节参数指定将要施加到阴影区域和高亮区域的色彩。接着，系统使用第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来计算一组色彩调节曲线值和一组色彩调节曲线斜率。然后，系统使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来生成该组色彩调节曲线。本发明的重要方面在于，可以简单地基于用户指定的用于阴影区域和高亮区域的色调来生成色彩调节曲线。

在该实施方式的变型中，一组色彩调节参数包括色相（hue）值和饱和度值。

在该实施方式的变型中，该组色彩调节曲线用于从输入图像生成色彩调节后的图像。具体地，该组色彩调节曲线用于基于输入图像中相应像素的色彩通道值来计算色彩调节后的图像中像素的色彩通道值。

在该实施方式的另一变型中，不变性性质通过确保色彩调节后的图像中像素的明度（luminosity）等于输入图像中相应像素的明度而保持明度。

在该实施方式的另一变型中，输入图像是灰度级图像，并且色彩调节后的图像是彩色图像。另外，使用第一色相值和第一饱和度值指定阴影色调，并且使用第二色相值和第二饱和度值指定高亮色调。

在该实施方式的变型中，系统通过使用第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来首先生成关于该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率的一组线性方程，以便计算该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率。系统然后求解该组线性方程以确定该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率。

在该实施方式的变型中，系统通过使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率以适配一组三次函数来生成该组色彩调节曲线。

附图说明

图 1A 示出根据本发明实施方式的对单色图像操作的一组色彩调节曲线。

图 1B 示出根据本发明实施方式的对彩色图像操作的一组色彩调节曲线。

图 2 示出根据本发明实施方式的用于生成一组色彩调节曲线的过程的流程图。

具体实施方式

提供以下描述以使得本领域任何技术人员能够实现和使用本发明，并且在特定应用及其需求的上下文中提供以下描述。对所公开实施方式的各种修改对于本领域技术人员是显而易见的，并且在此定义的一般原理可以应用于其他实施方式和应用，而不脱离本发明的精神和范围。因此，本发明不限于所示实施方式，而是将符合与在此公开的原理和特征相一致的最广泛的范围。

在本具体实施方式部分描述的数据结构和代码典型地存储在计算机可读存储介质上，所述计算机可读存储介质可以是存储代码和/或数据以由计算机系统使用的任何设备或介质。这包括但不限于磁存储设备和光存储设备，例如磁盘驱动器、磁带、CD（压缩盘）和 DVD（数字通用盘或数字视频盘）、以及具体化在传输介质中（通过或不通过其上调制信号的载波）的计算机指令信号。例如，传输介

质可以包括通信网络，例如因特网。

色彩调节曲线

无论可以怎样定义对于灰度级图像进行色彩调节的曲线，经由所述曲线进行色彩调节可以在数学上当作通过三个函数映射灰度值 x 以产生输出色彩通道值，例如 RGB（红，绿，蓝）三元组。

图 1A 示出根据本发明实施方式的对单色图像操作的一组色彩调节曲线。

例如曲线 100、102 和 104 的色彩调节曲线指定如何将色调施加到图像。每个色彩调节曲线典型地与色彩通道相关联，并由数学函数表示。例如，曲线 100、102 和 104 可以分别与红、绿和蓝色彩通道相关联，并且可以分别由数学函数 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 表示。

在图 1A 中，横坐标表示输入通道强度（例如，灰度强度），并且纵坐标表示输出色彩通道（例如，RGB 三元组）的强度。例如，如果输入单色图像中的像素具有强度 $x=0.6$ ，则输出色彩通道将分别具有强度 $R(0.6)$ 、 $G(0.6)$ 和 $B(0.6)$ ，如点 106、108 和 110 所示。

在一个实施方式中，对单色图像进行色彩调节不改变原始图像数据。相反，动态（on the fly）生成输出色彩信息。这可能是有益的，因为其保持原始图像内容。另一方面，在另一实施方式中，原始图像数据由色彩调节后的图像数据代替。

注意，色彩调节（或色偏调节）也可以用于彩色图像。

图 1B 示出根据本发明实施方式的对彩色图像操作的一组色彩调节曲线。

曲线 150、152 和 154 可以用于确定在对彩色图像应用了色彩调节之后的像素的色彩通道强度。例如，假设输入图像是 RGB（红，绿，蓝）图像，其中红色强度 $r=0.25$ ，绿色强度 $g=0.4$ ，蓝色强度 $b=0.6$ 。此外，假设曲线 100、102 和 104 分别与红、绿和蓝通道相关联，并且分别由数学函数 $R(r)$ 、 $G(g)$ 和 $B(b)$ 表示。在这种情况下，输出色彩通道强度将分别由 $R(0.25)$ 、 $G(0.4)$ 和 $B(0.6)$ 给出，如点 156、158 和

160 所示。

显然，色彩调节的质量很大程度上取决于色彩调节曲线的质量。不幸地，很难手动地构造高质量色彩调节曲线。

如果可以通过简单地要求用户指定他/她希望应用于阴影区域和高亮区域的色彩（例如，色相和饱和度）来自动生成高质量色彩调节曲线，将是非常有利的。回忆到，现有技术不能基于这种直觉输入规范来生成高质量色彩调节曲线。相反，现有技术典型地要求用户花费大量时间设法通过试错法生成高质量色彩调节曲线。

本发明的一个实施方式提供了一种用于生成分离的色彩调节曲线的方法，其要求用户针对高亮和阴影二者提供较简单的色彩规范。该实施方式生成平滑的色彩调节曲线，该曲线不会消减通道中的细节，同时保持总体明度。此外，由实施方式产生的色彩调节效果优于使用现有技术（例如，“色彩平衡”）产生的效果，并且比现有技术（例如，多色调模拟和梯度映射）更容易控制。

本发明使用以下非显而易见观点：如果希望将特定色相引入到阴影区域或高亮区域中，可以这样做，通过在那些极值点集中于红色、绿色和蓝色曲线的斜率，仍将黑色映射到黑色以及将白色映射到白色。

色相和饱和度

首先基于红色、绿色和蓝色分量的分类定义色相空间中的六分位（sextant），以及然后查看中间值相对于最小值和最大值位于何处来定义色相。例如，在从在 0 度的红色到在 60 度的黄色执行的传统色相角测量中，色彩分量的顺序是：蓝色 ≤ 绿色 ≤ 红色。在该区域中的色相角可以使用表达式 $60 \times \frac{(\text{绿色} - \text{蓝色})}{(\text{绿色} - \text{红色})}$ 来确定。

在 HSL（色相，饱和度，亮度（lightness））色彩空间中，色相角使用以下表达式来确定：

$$H = \begin{cases} 60 \times \frac{G-B}{\text{最大}-\text{最小}} + 0, & \text{如果最大} = R \\ 60 \times \frac{B-R}{\text{最大}-\text{最小}} + 120, & \text{如果最大} = G \\ 60 \times \frac{R-G}{\text{最大}-\text{最小}} + 240, & \text{如果最大} = B \end{cases}$$

饱和度直观地指的是特殊色相的“纯度”。高饱和度色相具有鲜艳、强烈的色彩，而低饱和度色相显得更柔和以及灰暗。在完全没有饱和度的情况下，色相成为灰度阴影。在 HSL 色彩空间中，饱和度使用以下表达式来定义：

$$S = \begin{cases} \frac{\text{最大}-\text{最小}}{\text{最大}+\text{最小}} = \frac{\text{最大}-\text{最小}}{2L}, & \text{如果 } L \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\text{最大}-\text{最小}}{2-(\text{最大}+\text{最小})} = \frac{\text{最大}-\text{最小}}{2-2L}, & \text{如果 } L \geq \frac{1}{2} \end{cases}$$

其中， $L = (\text{最大} + \text{最小}) / 2$

生成一组色彩调节曲线的过程

图 2 示出根据本发明实施方式的用于生成一组色彩调节曲线的过程的流程图。

过程通常开始于接收用于阴影区域的第一组色彩调节参数、用于高亮区域的第二组色彩调节参数、以及在色彩调节期间需要维持的不变性性质（步骤 202）。

色彩调节参数指定将要施加于阴影和高亮的色彩。在一个实施方式中，色彩调节参数包括阴影和高亮色调的色相和饱和度。不变性性质可以由指定输入和输出色彩通道值之间的关系的等式表示。

接着，系统使用第一组色彩调节参数、第二组色彩调节参数以及不变性性质来计算一组色彩调节曲线值和一组色彩调节曲线斜率（步骤 204）。

本发明的重要方面在于其可以简单地基于用户指定的色相和饱和度值来生成色彩调节曲线。计算曲线斜率是重要且非显而易见的步骤，其允许本发明生成色彩调节曲线。以下描述计算该组色彩调节曲线斜率的一种技术。

注意，不针对其中分量全都相等的非彩色（灰度级）色彩定义色

相角，因为这涉及由 0 除以 0 的情况。现在，如果希望将灰度级图像中的黑色 ($x=0$) 映射到色彩调节后的图像中的黑色 ($r=g=b=0$)，则主要指定 $R(0)=G(0)=B(0)=0$ ，因此在黑色处不存在色相。

然而，当将对色相函数 $H(R(x),G(x),B(x))$ 的极限视为 x 逼近 0 时，在黑色处存在色相。这是由本发明用来生成该组色彩调节曲线斜率的重要观点。

具体地，使用 l'Hospital's 规则，极限将等于 $H(R'(0),G'(0),B'(0))$ ，其中 $H(R(x),G(x),B(x))$ 是色相函数，并且 $R'(x)$ 、 $G'(x)$ 和 $B'(x)$ 分别是 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 的一阶导数。这意味着给定色相角，可以计算在 0 处需要保持的 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 的斜率之间的比率，以实现在黑色处的极限情况下的特定色相。

此外，如果坚持将灰度级图像中的白色 ($x=1$) 映射到在色彩调节后的图像中的白色 ($r=g=b=1$)，则在 $x=1$ 的色相角处再次形成 0/0，但使用 l'Hospital's 规则可以再次发现等于 $H(R'(1),G'(1),B'(1))$ 。

注意，上述数学公式给出色彩调节曲线的斜率之间的关系，但没有给出实际斜率值。然而，如下所述，色彩调节曲线的实际斜率可以通过对色彩调节曲线使用其他约束来计算。

首先，描述用于计算 HSL (色相，饱和度，亮度) 色彩空间中斜率的实际值的方法。HSL 定义亮度为最大和最小分量的平均。例如，在从青色到蓝色的色相范围中，存在：红色 \leq 绿色 \leq 蓝色。因此，亮度定义为 $L=(\text{红色}+\text{蓝色})/2$ 。如果希望曲线保持 HSL 亮度，则将希望 $L(R(x),G(x),B(x))=x$ 。写出用于 $L(R(x),G(x),B(x))$ 的公式，获得对色彩调节曲线的以下约束：

$$0.5 \cdot (\text{Min}(R(x),G(x),B(x))+\text{Max}(R(x),G(x),B(x)))=x$$

注意，因为 Min 和 Max 函数，不能轻易地在上面等式中取左侧的导数，但在已定义色相角的区域中，从而也定义了分量的顺序。例如，在上述色相位于青色和蓝色之间的情况下，Min 等于 $R(x)$ ，Max 等于 $B(x)$ 。因此，上述约束缩减为 $(R(x)+B(x))/2=x$ 。现在可以取左侧的导数。取导并简化，得到 $R'(x)+B'(x)=2$ 。在 $x=0$ 处，存在

$R'(0)+B'(0)=2$ ，其给出了斜率之间的关系。（针对其他色相六分位可以确定类似约束）。

为了获得斜率之间的其他关系，现在看饱和度。如上所述，针对亮色和暗色在 HSL 中定义不同的饱和度，但在每种情况下，其基于在最大和最小分量之间的差异，当分量相等时值为 0，当值尽可能远离时值为 100%，给出其他约束。

在阴影中，HSL 饱和度如下给出：

$$S(R(x),G(x),B(x)) = \frac{\text{Min}(R(x),G(x),B(x)) - \text{Max}(R(x),G(x),B(x))}{\text{Min}(R(x),G(x),B(x)) + \text{Max}(R(x),G(x),B(x))}$$

当最小分量为 0 时饱和度达到其最大值（100%），当最大和最小分量相等时，达到其最小值（0）。注意，当趋近黑色时，S 变得不确定。然而，可以使用 l'Hospital's 规则计算在极限情况下的饱和度值。如上所述，基于色相角求解 Max 和 Min。例如，当色相角位于青色和蓝色之间时，Min 等于 $R(x)$ ，Max 等于 $B(x)$ 。在 $x=0$ 处，得到 $S(R(0),G(0),B(0)) = \frac{B'(0) - R'(0)}{B'(0) + R'(0)}$ 。简化，得到 $(S(R(0),G(0),B(0)) - 1) \cdot B'(0) +$

$(S(R(0),G(0),B(0)) + 1) \cdot R'(0) = 0$ 。回忆到， $S(R(0),G(0),B(0))$ 是已知量（因为其是用户输入），而 $B'(0)$ 和 $R'(0)$ 是设法要确定的未知量。

连同来自亮度的线性方程，存在两个关于 $R'(0)$ 和 $B'(0)$ 的独立线性方程。现在，求解线性方程以确定 $R'(0)$ 和 $B'(0)$ ，然后使用阴影色相角（其是已知量，因为其是用户输入）以及使用色相角公式 $H(R'(0),G'(0),B'(0))$ 计算 $G'(0)$ 。

使用类似过程，可以计算 $R'(1)$ 、 $G'(1)$ 和 $B'(1)$ 。在该步骤结尾，得到在 $x=0$ 和 $x=1$ 处的 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 的值和斜率。

注意，如果任何斜率太高或太低，则它们可以使得曲线变成递减或超过范围 $[0,1]$ 。因此，重要的是确保斜率在“有效”斜率范围内。如果斜率在该范围外，则斜率值可以适当地设置为“有效”斜率范围的最大值或最小值。例如，假设“有效”斜率范围是 $[0.2,5]$ 。此外，假设求解线性方程给出 $R'(0)=7$ 和 $B'(0)=0.1$ 。注意， $R'(0)$ 和 $B'(0)$ 都处于“有效”斜率范围外。因此，在继续计算之前可以设置 $R'(0)=5$ 和 $B'(0)=0.2$ 。

确保斜率处于“有效”范围内的另一方法是强制用户选择不具有高饱和度值的色调。又一方法可以是如果用户输入非常高的饱和度值，则减少饱和度值。例如，如果用户输入具有 100%饱和度值的色调，则可以在继续计算之前将其减为 70%（或任何其他适当值）。保持斜率在“有效”范围内的另一方法是将饱和度控制当作调节受到保持明度的附加约束的最大和最小分量斜率之间的分布。

存在多种技术确保斜率处于“有效”范围内的原因是，因为尽管色相是用于色彩的明确指定的概念并因此存在实现特殊色相必须使用的硬性约束，饱和度倾向于作为较不严格指定的概念，其通常解释为存在多少色彩的概念。例如，HSV 和 HSL 色彩空间共享相同的色相定义，但它们使用不同的饱和度定义。因此，只要技术保持期望的效果，即较低饱和度更接近非彩色灰度，而较高饱和度具有较强彩色感觉，则该技术将足以满足用户需要。

继续图 2 中的流程，然后系统使用该组色彩调节曲线值和该组色彩调节曲线斜率来生成该组色彩调节曲线（步骤 206）。

在本发明的一个实施方式中，系统基于这些值和斜率适配各个用于 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 的三次函数。（显然，如果知道在曲线上两个不同点处曲线的值和斜率则可以确定唯一三次曲线。）

注意，上述技术和系统实际上是通用的，并且可以应用于其他色彩空间和/或不变性性质。

例如，RGB 的明度通常定义为红色、绿色和蓝色的加权平均。正式地，明度定义为： $Y(R(x),G(x),B(x)) = Y_{RGB}(x) = w_R \cdot R(x) + w_G \cdot G(x) + w_B \cdot B(x)$ ，其中 w_R 、 w_G 和 w_B 分别是红色、绿色和蓝色的权重。

代替保持亮度，如果希望保持明度，则得到不变性性质 $Y_{RGB}(x)=x$ 。扩展 $Y_{RGB}(x)$ ，并取两侧的导数，得到以下约束：

$$w_R \cdot R'(x) + w_G \cdot G'(x) + w_B \cdot B'(x) = 1$$

如前所述，上述约束引起当 $x=0$ 时关于 $R'(0)$ 、 $G'(0)$ 和 $B'(0)$ 的线性方程（并且同样地，对于 $x=1$ 引起另一线性方程）。

接着，可以获得一组线性方程，其可以求解以确定所需曲线值和

斜率。然后可以使用该值和斜率来适配三次曲线以获得色彩调节曲线 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 。

三次曲线的良好性质在于它们将真正地保持明度。这是因为如果 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 都是三次曲线，则 $Y_{RGB}(x)$ 也是，因为它是 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ 的线性组合。

此外，注意，对于 $x=0$ 和 $x=1$ ，存在 $Y_{RGB}(x)=x$ 并且 $Y'_{RGB}(x)=1$ 。换言之，存在 $Y_{RGB}(0)=0$ ， $Y_{RGB}(1)=1$ ， $Y'_{RGB}(0)=1$ ， $Y'_{RGB}(1)=1$ 。注意，满足这些边界条件的三次函数简单地是恒等函数，即 $Y_{RGB}(x)=x$ 。因此，如果使用明度约束计算斜率，以及如果使用三次曲线，则将容易地在整个 $[0,1]$ 范围保持亮度。

简而言之，本发明的一个实施方式提供了一种生成用于灰度级（或彩色）图像的色彩调节曲线的方法，该方法基于对阴影和高亮的色相和饱和度控制，同时满足不变性性质，例如明度或 HSL 亮度的保持。这些曲线在黑色和白色的极限处使阴影和高亮为指示的色相和饱和度值，同时实际上仍将黑色映射到黑色以及将白色映射到白色。此外，这些曲线确保从阴影色调到高亮色调的过渡是平滑的。

注意，这些曲线可同等地应用于 RGB 图像。例如，代替计算 $R(x)$ 、 $G(x)$ 和 $B(x)$ ，可以计算 $R(r)$ 、 $G(g)$ 和 $B(b)$ 。这将施加色偏调节到彩色图像的阴影和高亮，同时以类似于用于灰度级图像的分离调节的方式保持黑色和白色。

本发明的实施方式向用户提供了直观色彩调节控制。相比于现有技术，本发明的实施方式不需要用户手动指定色彩调节曲线。代替地，本发明的实施方式可以简单地基于用于阴影区域和高亮区域的色相和饱和度值自动生成色彩调节曲线。本发明之所以可以这样，是因为其使用了以下非显而易见观点：可以通过求解关于斜率的一组线性方程计算色彩调节曲线的斜率，其中该组线性方程通过取色相、饱和度和不变性函数的极限来生成。然后斜率可以用于生成色彩调节曲线。

此外，注意，因为在色彩调节期间保持明度（或亮度），本发明的实施方式可以减少或消除不期望的副作用。

本发明的实施方式的前文描述仅出于说明和描述目的。所述描述不旨在穷举或将本发明限制于所公开的形式。因此，对于本领域技术人员，许多修改和变型将是显而易见的。

例如，使用较高次曲线（多于三次曲线）的一个方法是观察链式法则，即如果构造一系列函数则可以将导数相乘以得到最终导数。因此，可以构造两个或多个三次曲线，选择端点斜率相乘在一起成为最终目标斜率。这可以在端点之间产生不同的过渡。同时，因为每组三次曲线构造为保持明度，同样可以在最终结果中保持明度。

使用较高次曲线的另一方法是要求用户提供更多数据，例如从阴影色过渡到高亮色的色彩调节曲线速率。

上述公开并非旨在限制本发明。本发明的范围由所附权利要求书限定。

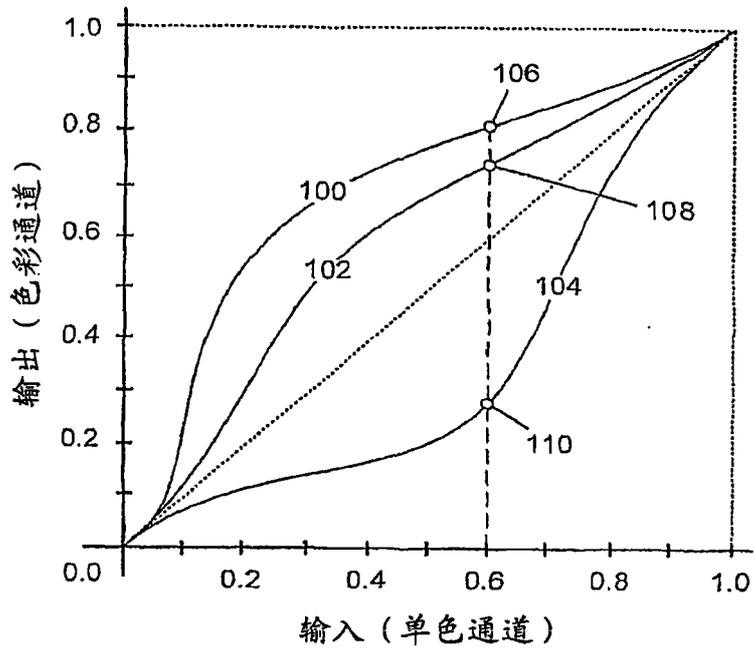


图 1A

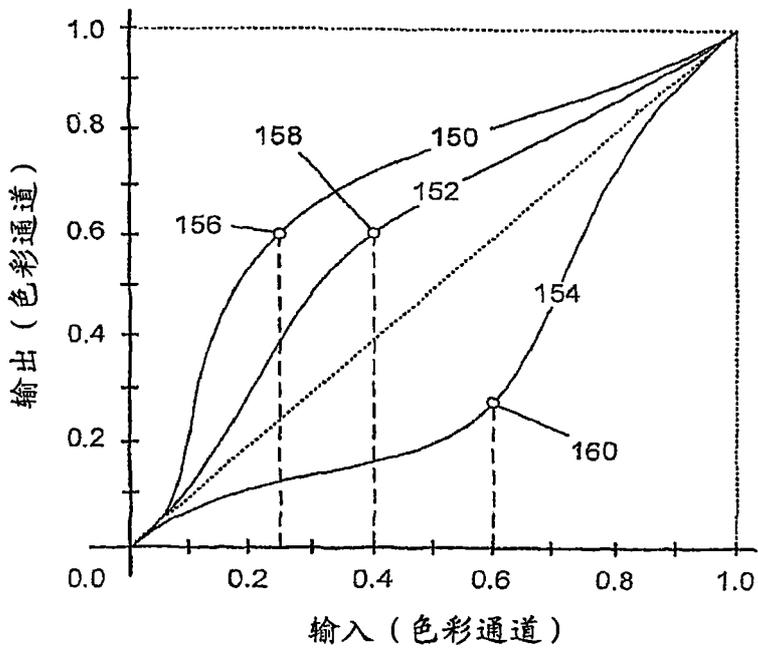


图 1B

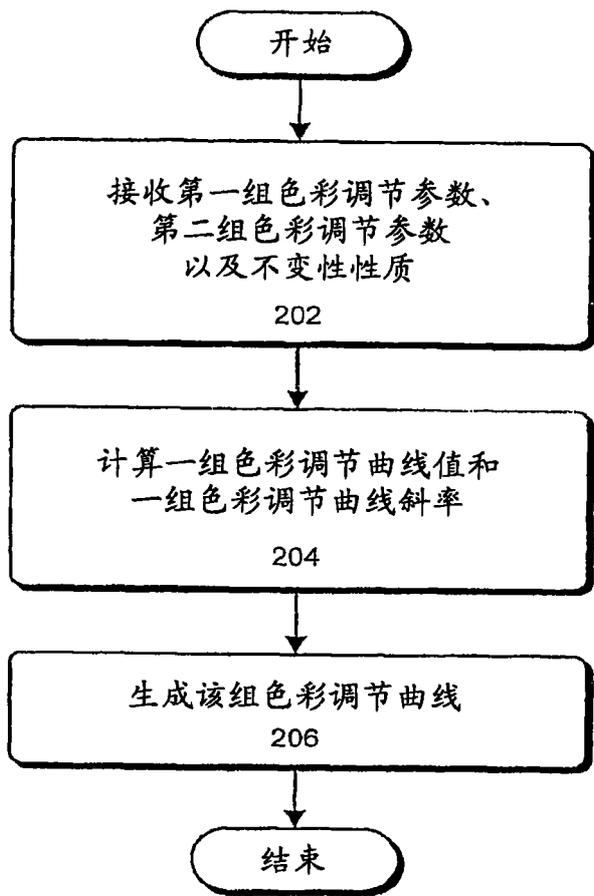


图 2