

一种基于 BP 网络的人体肤色模型

陈震¹, 王甦菁¹, 周春光¹, 曹欢欢¹

CHEN Zhen¹, WANG Su-Jing¹, Zhou Chun-Guang¹, CAO Huan-Huan¹

1. 吉林大学 计算机科学与技术学院, 吉林省 长春市 130012

1.College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China

E-mail: sujingwang@hotmail.com, Phn: +86-13756134800

A human skin color model using BP networks

Abstract: Facial recognition plays an important role in applications such as entrance security, video coding, video surveillance and tracking, and image retrieval based on content. However, skin detection is a key step of facial recognition and tracking. The merits of skin detection based color are simpleness, efficiency and perceptual intuition etc. This paper presents a new human skin color model using BP networks. For various illuminations, it is robust.

Key words: facial recognition; skin detection; neural network

摘 要: 人脸识别已在出入安全检查, 视频编码, 视频监控与跟踪, 基于内容的检索等方面都有着极其重要的应用。皮肤检测是人脸识别和跟踪的关键步骤。其中基于颜色的皮肤检测具有简单、快速、直观, 不受物体形状变化、视点改变等影响的优点。本文提出了一种使用 BP 人工神经网络建立的人体肤色模型。该模型在不同的颜色的光照下有很好的鲁棒性。

关键词: 人脸识别; 皮肤检测; 神经网络

文献标识码: A **中图分类号:** TP391.11

1 引言

皮肤检测不仅是人脸检测和跟踪的关键步骤; 而且也基于内容的图像检索技术来标记裸露内容, 以过滤可能的色情图片是有效的解决方案[1~3] 中的一个至关重要的步骤。

皮肤检测是指在图像中选取对应于人体皮肤区域的过程。已经有很多皮肤检测的算法被提出, 可以分为基于颜色的皮肤检测[5~10]、基于纹理的皮肤检测[11~12]以及多种手段相融合的皮肤检测[13~16]。其中基于颜色的皮肤检测具有简单、快速、直观, 不受物体形状变化、视点改变等影响的优点, 也不需要很多的参数, 是皮肤检测中最活跃的一类检测方法。

众所周知, 皮肤由真皮层和覆盖其上的较薄的表皮层构成, 光在表皮层中被黑色素吸收, 而在真皮层中则同时发生吸收和散射。不同个体的肤色差异主要表现为由表皮层中黑色素的浓度不同所引起的亮度变化, 其真皮层光学特性则基本相同, 而且同种族的个体肤色具有较强的共性, 并明显区别于大多数背景颜色, 在颜色空间中形成一个小而紧致的聚簇[17]。Angelopoulou指出, 不同种族、性别和年龄个体的皮肤光谱反射率曲线具有很

国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.50378042, 50338030)

作者简介: 陈震(1949 年一), 男, 硕士, 教授, 主要研究领域为数据库, 信息管理, 数据挖掘, 决策支持。王甦菁(1976 年一), 男, 硕士, 硕士研究生, 主要研究领域为机器学习, 数据挖掘;

好的相关性[18],人类学家Jablonski发现,皮肤反射率与紫外线辐射水平紧密相关,并从生物学上论证了肤色的一致性[19]。可见,采用颜色进行皮肤检测具有统计和物理上的有力依据。

肤色模型可分为基于物理的模型和统计模型两种,而统计模型还可进一步分为参数、非参数和半参数3种类型。参数模型具有明确的函数形式,可通过训练来调整参数以获得与样本数据集相适合的模型,而非参数模型则没有任何的特定形式,半参数方法一般指人工神经网络方法,它们具有相同的函数形式,以及不同数目的隐式参数

本文提出了一种使用 BP 人工神经网络建立的人体肤色模型。该模型在不同的颜色的光照下有很好的鲁棒性。全文组织如下:第2节中简单的介绍了颜色空间的选择;第3节讨论了用 BP 人工神经网络建模的过程;第4节实验结果和相关的讨论性并总结全文。

2 颜色空间的选择

2.1 RGB颜色模型

基于 RGB 三基色的颜色表示称为 RGB 颜色模型。

RGB 颜色空间可以用图 1 所示的 RGB 直角坐标定义的单位立方体来说明。坐标原点(0, 0, 0)表示黑色,坐标点(1, 1, 1)表示白色,坐标轴上的三个顶点表示 RGB 三个基色。因此彩色空间是三维的线性空间,任意一种具有一定亮度的颜色光都可以用空间中的一个点或一个矢量来表示。

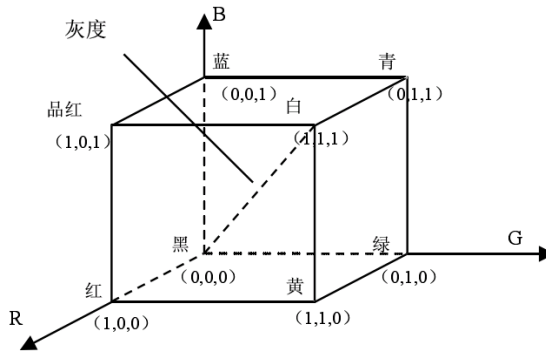


图 1. RGB 颜色模型

RGB 适合用来进行显示,广泛用于视频监视器显示和彩色摄像机中。但是由于其各分量之间有高的相关性,所以它不适合用来进行场景分割和分析。高相关性是指如果光强变化了,那么色调,饱和度和灰度三个分量都会发生改变。而且,在 RGB 空间一个颜色值的测量并不代表颜色的变化,因此,不能在此空间中比较两个颜色的相似性。

2.2 YCbCr颜色模型

在 DVD、摄像机、数字电视等消费类视频产品中,常用的色彩编码方案是 YCbCr,其中 Y 是指亮度分量,Cb 指蓝色色度分量,而 Cr 指红色色度分量。人的肉眼对视频的 Y 分量更敏感,因此在通过对色度分量进行子采样来减少色度分量后,肉眼将察觉不到的图像质量的变化。

数字电视的色彩空间和计算机不同,不是 RGB 空间,而是采用一个亮度信号(Y)和两个色差信号(R-Y、B-Y)的 YUV 空间或者叫 YCbCr 空间。数字电视采用 YUV(YCbCr)色彩空间的原因主要就是为了减少数据存储空间和数据传输带宽,同时又能非常方便的兼容黑白电视(R-Y 和 B-Y 信号为零)。YUV(YCbCr)空间和 RGB 空间可以相互转换,转换公式如下:

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$Cb = -0.1687 R - 0.3313 G + 0.5 B + 128$$

$$Cr = 0.5 R - 0.4187 G - 0.0813 B + 128$$

反过来也可以:

$$R = Y + 1.402 (Cr-128)$$

$$G = Y - 0.34414 (Cb-128) - 0.71414 (Cr-128)$$

$$B = Y + 1.772 (Cb-128)$$

3 用 BP 人工神经网络建模的过程

在颜色空间上, RGB 空间虽然适用于彩色监视器等某些硬件的显示, 但由于其有高度的相关性, 使得三个分量之间相互依赖, 并且和亮度高度相关, 所以不能用来进行彩色空间中的分割。很多文章选择了 YCbCr 空间, 并且指出肤色在 Cb 和 Cr 分量上是紧致的。图 2 显示了单幅图象中皮肤区域和非皮肤区域在 CbCr 上的分布。从图上可以看出单幅图象中皮肤区域和非皮肤区域大体上各自集中在一个区域, 而从图 3 中可以看出把 16 幅图片中的皮肤区域和非皮肤区域在 CbCr 上的分布上看出皮肤区域和非皮肤区域形成叠加, 聚集在若干个不同的区域内。所以我们在设计输入向量时, 不仅输入每个象素点的 Cb 和 Cr 的值, 而且输入整幅图象的 Cb 和 Cr 的均值。

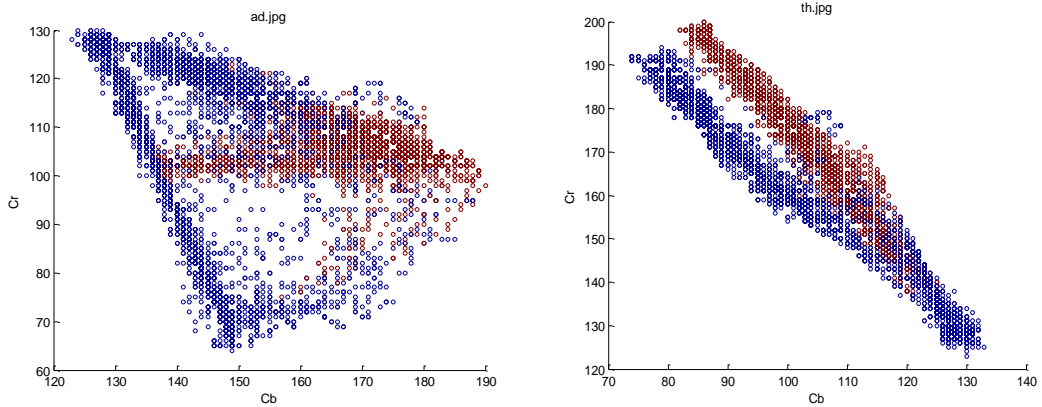


图 2 单幅图象中皮肤区域和非皮肤区域在 CbCr 上的分布

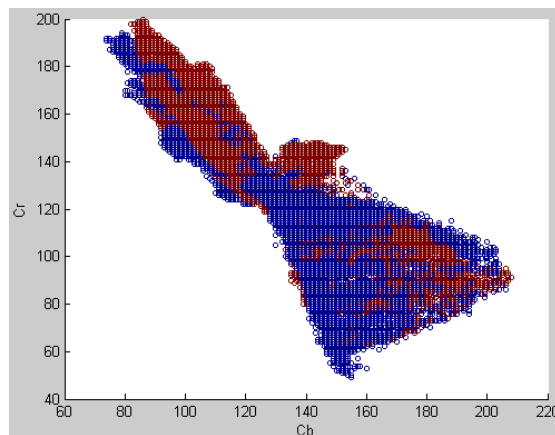


图 3 多幅图象中皮肤区域和非皮肤区域在 CbCr 上的分布

人体肤色检测本质上是根据象素点的颜色把它们分为皮肤区域和非皮肤区域的分类问题。对于复杂的数据来说人工神经网络是一个很好的分类器。

人工神经网络我们采用已经被广泛使用的多层感知器模型。多层感知器是一种典型的前馈神经网络, 它

通常是由一个输入层, 一个输出层以及若干隐层组成。每一层包含若干个神经元, 第 k 层中的第 j 个神经具有下列输入输出关系:

$$y_j^{(k)} = f_j^{(k)} \left(\sum_{i=1}^{N_{k-1}} W_{ij}^{(k-1)} y_i^{(k-1)} - \theta_j^{(k)} \right)$$

$$j = 1, 2, \dots, N_k; \quad k = 1, 2, \dots, M$$

式中, $W_{ij}^{(k-1)}$ 为第 $k-1$ 层中第 i 个神经元到第 k 层第 j 个神经元的连接权值; $\theta_j^{(k)}$ 为对应神经元的阈值; $f_j^{(k)}$ 为神经元的传递函数; N_k 为第 k 层神经元的数目, M 表示总层数。

为了使模型具有更好的槽棒性, 我们把每幅图象的 Cb 和 Cr 分量的均值计算出来, 分别记为 aCb 和 aCr。把四维向量 $[aCb, aCr, Cb, Cr]^T$ 作为人工神经网络的输入向量。输出向量是一个一维的布尔向量, 0 代表非皮肤区域, 1 代表皮肤区域。传递函数都使用 sigmod 函数。

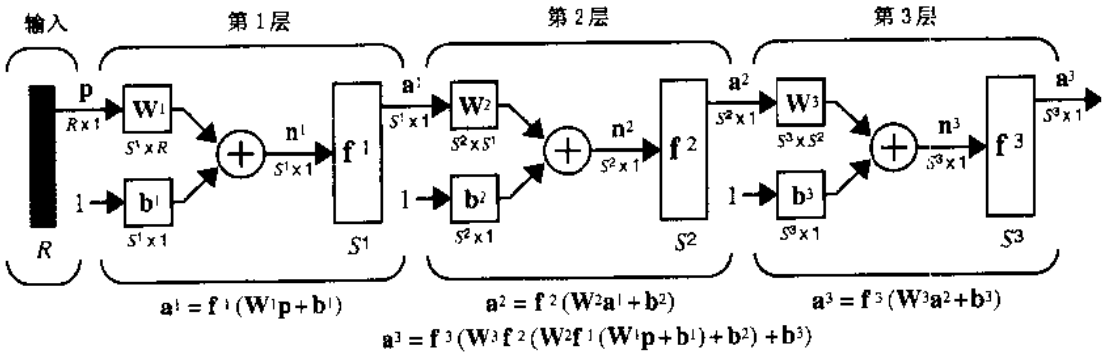


图 4 一个多层感知器模型

4 实验结果

为了进行实验评价, 我们从网上随机的下载了 200 张图片, 结合 Oulu 大学的人脸数据库中的 person94 在不同光照下的 16 张照片, 如图 5, 用人工标识了皮肤区域。用其 32 张照片作为训练样本进行训练。为了加快训练速度, 我们将每张图片缩小到 100×100 像素点以内。在提取像素点, 建立训练样本的输入向量时, 每幅图片的中相同的像素点我们按比例的减少训练样本的量。

我们采用了 4-25-1 结构的人工神经网络, 为了使网络更快收敛, 我们使用了 Levenberg-Marquardt 算法, 传递函数都使用 logsig 函数。网络经过 2000 次迭代后误差小于 0.1。我们使用这样的网络进行皮肤检测, 效果如图 6 所示。

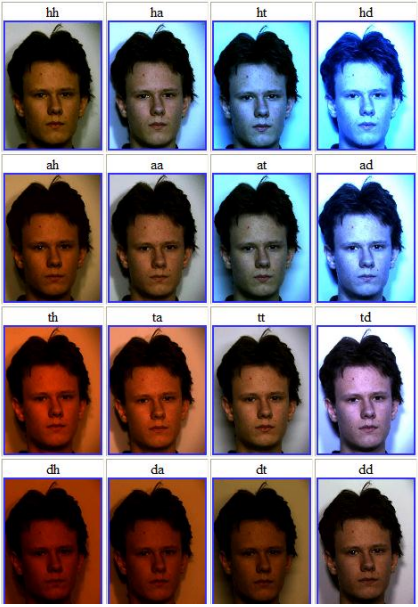


图 5 Oulu 大学的人脸数据库

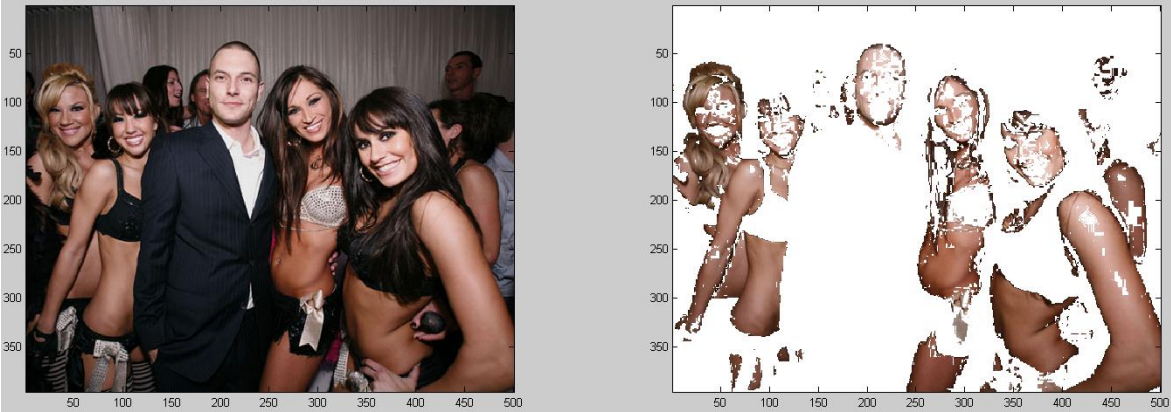


图 6 皮肤检测的结果

参考文献:

[1] ArentzW A, Olstad B. Classifying offensive sites based on image content [J]. Computer Vision and Image Under2standing, 2004, **94** (123) : 295 ~ 310.

[2] Forsyth D A, FleckM M. Automatic detection of human nudes [J]. International Journal of ComputerVision, 1999, **32** (1) : 63 ~ 77.

[3] Zheng H C, DaoudiM, Jedynak B. Blocking adult images based on statistical skin detection [J]. Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis, 2004, **4** (2) : 1 ~ 14.

[4] F. Boussaid, D. Chai and A. Bouzerdoun. On-chip skin color detection using a triple-well CMOS process [C]. Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng. 5274,205, 2004

[5] D. Brown, I. Craw and J. Lewthwaite. A SOM base approach to skin detection with application in real time systems [C]. Proc of British Machine Vision Conf. 2001

[6] D. Chai, S. L. Phung and A. Bouzerdoun. A Bayesian Skin/Non-skin Color Classifier using Non-Parametric Density Estimation [C]. Int'l Symposium on Circuits and Systems, 2003, 2:464 ~ 467

[7] K. M. Cho, J. H. Jang and K. S. Hong. Adaptive Skin-color filter [J]. Pattern Recognition, 2001, 34:1067 ~ 1073.

- [8] M. Kinouchi, N. Takada. Quick Learning for Batch-Learning Self-Organizing Map [J]. *Genome Informatics*, 2002, 13: 266~267.
- [9] R. Kjeldsen, J. Kender. Finding skin color images [C]. *Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition*, 1996, 312~317.
- [10] V. Novak Detection of Humans Using Color Information. <http://cmp.felk.cvut.cz/~xnovakv/>
- [11] Y. Dai, Y. Nakano. Face-texture model based on SGLG and its application in face detection in a colour scene [J]. *Pattern Recognition*, 1996, 29(6):1007~1017.
- [12] K. Rapantzikos, N. Tsapatsoulis. Enhancing the Robustness of Skin-Based Face Detection Schemes through a Visual Attention Architecture [C]. *Pro. Of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Genova, Italy, 2005. 2:1298~1301.
- [13] C. H. Lee, J. S. Kim and K. H. Park. Automatic face location in a complex background using motion and color information [J]. *Pattern Recognition*, 1996, 29:1877~1889.
- [14] S. L. Phung, A. Bouzerdoum and D. Chai. Skin segmentation using color and edge information [C]. *IEEE ICME '03*, Baltimore, USA, 6-9 Jul. 2003.
- [15] H. Rowley, S. Baluja and T. Kanade. Neural Network-based Face Detection [J]. *IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1998, 20(1):23~38.
- [16] E. Saber, A. M. Tekalp. Frontal-view face detection and facial feature extraction using color, shape and symmetry based cost functions [J]. *Pattern Recognition Letters*, 1998, 19:669~680.
- [17] Jones M J, Rehg J M. Statistical color models with application to skin detection [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2002, **46** (1) : 81~96.
- [18] Angelopoulou E. Understanding the color of human skin [A]. In: *Proceedings of the SPIE Conference on Human Vision and Electronic Imaging [C]*, San Jose, CA, USA, 2001, **4299**: 243~251.
- [19] Jablonski N G, Chaplin G. The evolution of human skin coloration [J]. *Journal of Human Evolution*, 2000, **39** (1) : 57~106.