

图像颜色特征提取及其分类研究

张锡英¹, 车鑫²

(1. 东北林业大学信息与计算机工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 东北林业大学信息与计算机工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 在图像分类和检索中, 如何对图像进行特征提取及提取图像的哪些特征信息, 影响着图像分类的准确性。提出了一种基于颜色的特征提取算法, 同时利用最新的多层的深度学习算法对图像进行分类。结果表明, 该研究提出的图像分类方法比传统图像分类算法准确度有较大的提高。

关键词 图像颜色特征; 深度学习; 图像分类

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)07-02196-03

Study on Image Color Feature Extraction and Classification

ZHANG Xi-ying et al (College of Information and Computer Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract In image classification and retrieval, how to extract the feature of image and what kind of image feature information to extract influences the accuracy of image classification. An algorithm to extract color feature was proposed, the newest deep learning algorithm was adopted to classify the images. The results showed that the accuracy of the proposed image classification method is improved significantly compared with the traditional algorithm.

Key words Image color feature; Deep learning; Image classification

在图像分类和检索中, 如何对图像进行特征提取及提取图像的哪些特征信息(颜色、纹理、形状等), 不仅影响着图像分类的准确性, 而且对基于内容的图像检索(CBIR)起着至关重要的作用。由于图像特征提取不仅仅与图像本身的特征有关, 同时还与人对图像的视觉感知有很大关联, 找到一种行之有效的特征提取方法就显得颇为紧迫。颜色作为图像最重要的视觉特征, 与图像的纹理和形状特征相比, 具有旋转与平移不变等特点, 所以很多基于颜色特征的检索方法已被提出^[1]。Swain等提出了根据全局颜色直方图方法, 统计各种色彩在图像中出现的概率, 使用提出的颜色直方图相交方法, 度量图像的相似性, 但该方法使得图像的空间分布信息丢失。Stricker等提出了分块的颜色直方图^[2], 即先将图像分成几个子块, 再计算各个子块的颜色直方图, 该方法虽然思想简单, 但该算法却增大了空间和时间的复杂度。

图像的重要信息一般聚集在中心, 而对四边的信息不是特别重要。同时基于内容的图像分类的准确率在很大程度上取决于图像分类算法, 一个好的分类算法有助于大幅度提高图像分类的准确性。Hinton于2006年提出了在非监督的数据上建立了多层的神经网络的深度学习算法, 它克服了传统BP神经网络的以下缺点: 梯度下降稀疏, 收敛到局部最小值, 只能用有标签的数据进行训练。Hinton提出的深度学习算法带来了机器学习的革命, 机器视觉和语音识别利用深度学习的算法的效果有了大幅度提升。为此, 笔者提出了一种分块的颜色特征提取方法, 同时运用最前沿的深度学习算法, 利用该图像特征进行分类, 以便提高基于内容的图像检索的准确性。

1 颜色模型

1.1 RGB颜色模型 RGB模型采用CIE规定的三基色构成表色系统。自然界的任一颜色都可以通过这3种基色按不同比例混合而成。因此, 作为一个加色系统, RGB模型将3基色同时引入以产生新的颜色^[4]。RGB颜色模型是面向显示设备的, 而不符合人的感知心理^[5]。同时, RGB颜色空间分布不均匀, 两种颜色点之间的距离的大小不能代表其颜色的知觉差异^[6]。

1.2 HSV模型 HSV颜色模型是面向视觉感知的颜色模型。它的3个分量H、S、V分别对应于彩色信号的色调、饱和度和亮度, HSV颜色模型可以用一个倒置的圆锥体来表示。距离长轴的大小表示饱和度, 长轴表示亮度, 围绕长轴的角度表示色调。由于可感知的颜色差与欧几里德距离呈正比, 因此HSV更适合人的感知^[7]。

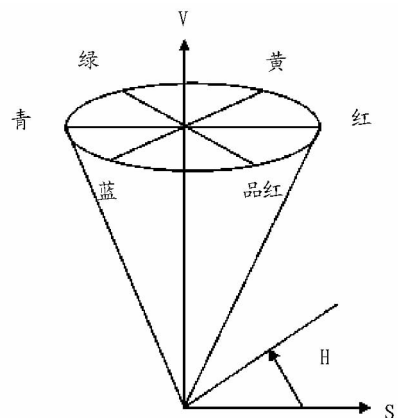


图1 HSV空间模型

1.3 颜色空间模型转换 设 $r, g, b \in [0, 1, \dots, 255]$, 从RGB颜色空间到HSV颜色空间的常用的转换公式见文献[9]。

1.4 一维特征向量的构造 颜色直方图是表示颜色特征的常用方法, 但是直方图的数据量过大, 因此一般需要量化直方图来简化颜色特征。为此, 曹莉华等构造了一维特征向

量,常用的量化方法如下^[8]:

$$H = \begin{cases} h \in [316, 20] \\ h \in [21, 40] \\ h \in [41, 75] \\ h \in [76, 155] \\ h \in [156, 190] \\ h \in [191, 270] \\ h \in [271, 295] \\ h \in [296, 315] \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \begin{cases} 0, s \in [0, 0.2] \\ 1, s \in [0.2, 0.7] \\ 2, s \in [0.7, 1] \end{cases} \quad (2)$$

$$V = \begin{cases} 0, v \in [0, 0.2] \\ 1, v \in [0.2, 0.7] \\ 2, v \in [0.7, 1] \end{cases} \quad (3)$$

按照 $G = HQ_sQ_v + SQ_v + V$ 构造一维特征向量,其中 Q_s, Q_v 分别等于 3, 所以 $G = 9H + 3S + V$ 。这样颜色特征就量化成了一个 0~71 的整数,方便后续的计算。

2 基于不均匀分块特征的图像分类算法

2.1 颜色分块与分块特征向量的构造 由于全局颜色直方图无法体现图像的空间分布,同时由于视觉特性,人们往往对图像的中心特别敏感,而对图像的 4 个边角不是特别关注,为此该研究提出了一种权值分块的方法。将图像分成 8 块,提取分块的主颜色,如图 2 所示。

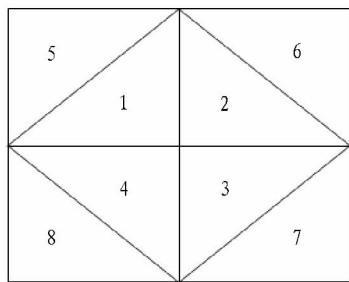


图 2 图像分块

周围四边的特征向量: $F5 = \{G_5\}$; $F6 = \{G_6\}$; $F7 = \{G_7\}$; $F8 = \{G_8\}$; 第 5~8 块的特征向量用 1 个特征值表示,其中 G_n (5~8) 表示第 n (5~8) 块主颜色特征值向量 G 。

图像中心的特征向量: $F1 = \{G_1, G_{\text{avg}}(1, 5)\}$; $F2 = \{G_2, G_{\text{avg}}(2, 6)\}$; $F3 = \{G_3, G_{\text{avg}}(3, 7)\}$; $F4 = \{G_4, G_{\text{avg}}(4, 8)\}$; 第 1~4 块的特征向量用 2 个特征值表示,其中 G_n (1~4) 表示第 n (1~4) 块主颜色的特征向量 G 。 $G_{\text{avg}}(m, n)$ 表示第 m 和 n 块颜色特征向量 G 的平均值, $G_{\text{avg}}(m, n) = \sum P_i G_i$, 其中 i 的取值范围为 1~71; P_i 表示第 i 种颜色出现的概率; G_i 表示该颜色量化的一维特征向量。

这样 F_1, F_2, F_3, F_4 不仅包含了 1、2、3、4 块的特征信息,同时还包含了整幅图像的特征信息。对颜色特征进行归一化处理,将特征量化在 0~1 区间上,以便利用深度学习算法对图像进行分类。

2.2 深度学习算法进行图像分类 2006 年, Hinton 在《Sci-

ence》上提出了 DBN 的概念。该文指出多隐层的人工神经网络具有优异的特征学习能力,学习得到的特征对数据有更本质的刻画,从而有利于可视化或分类,同时深度神经网络在训练上的难度,可以通过逐层初始化来有效克服,逐层初始化是通过无监督学习实现的^[10-11]。

2.2.1 深度学习的基本思想。 假设系统 S 用有 n 层的网络结构,如 S_1, S_2, \dots, S_n, I 是输入, O 是输出,可将其表示为 $I = > S_1 = > S_2 = > \dots = > S_n = > O$, 如果输入 O 等于输入 I 则证明输入在每一层的传输过程中没有损失信息量,每一层 S_i 都可以说是输入 I 的另一种表示。在深度学习的过程中,不需要进行任何的人工干预,它可以自动地进行特征学习。这样在输入 I 的过程中,经过 n 层网络,通过调整每一层的参数,使得输入 O 与输入 I “相等”,这样网络的层次特征 S_1, S_2, \dots, S_n 便构建完成。

2.2.2 深度学习常用的方法。

(1) 自动编码器。假设给定某个神经网络,并且要求输入输出相等,通过训练该网络,调整每层的权重,可以得到输入的不同表示。自动编码器就是一种尽可能复现输入信号的神经网络。如果约束每一层中的节点中大部分为 0,就得到了稀疏自动编码的方法。

(2) 稀疏编码。如果放松输入和输出相等的要求限制,同时利用线性代数中基的概念,即 $O = a_1 * \Phi_1 + a_2 * \Phi_2 + \dots + a_n * \Phi_n$, Φ_i 是基, a_i 是系数,就得到了该问题的优化问题即 $\min(|O - I|)$ 。如果加上稀疏性的限制,得到 $\min |O - I| + u * (|a_1| + |a_2| + \dots + |a_n|)$, 该方法便是稀疏编码方法。

3 受限玻尔兹曼机

在二部图中有两层,并且每一层的节点之间没有链接,一层是输入数据层(v),一层是隐藏层(h)。如果假设所有的节点只能取值 0 或 1,同时假设全概率分布 $p(v, h)$ 满足 Boltzmann 分布,这就是玻尔兹曼机模型。

当增加隐藏层数增加,便可以得到深度玻尔兹曼机即 DBM。如果在靠近隐藏层的部分使用层中节点没有连接的有向图模型,在远离可视层部分使用限制玻尔兹曼机,这就是深度置信网络即 DBNs(图 3)。

该研究通过一组多个 RBM 结构组合而成的 DBNs 构建了 5 层的 DBN 网络,通过调整每层节点数调整分类效果,最后在顶层加一个逻辑回归层,使得每个图像能够映射到所对映的类别信息。将每幅图像的 F_1, F_2, F_3, F_4 特征作归一化处理之后放在一行,作为图像的输入。最后的 5 列作为图像 5 类的标签,分别代表建筑、人物、汽车、蓝天、花卉五类图像。利用深度学习算法对图像进行分类试验。

4 结果及分析

试验中选取了 300 幅真彩色图像进行测试。分别利用全局颜色直方图方法、平均分块方法、该研究提出的基于深度学习的分类方法进行对比试验。试验图像包括建筑、人物、汽车、蓝天、花卉共 5 类。通过对比试验显示,该研究提出的基于深度学习的图像分类方法基本达到预想结果。

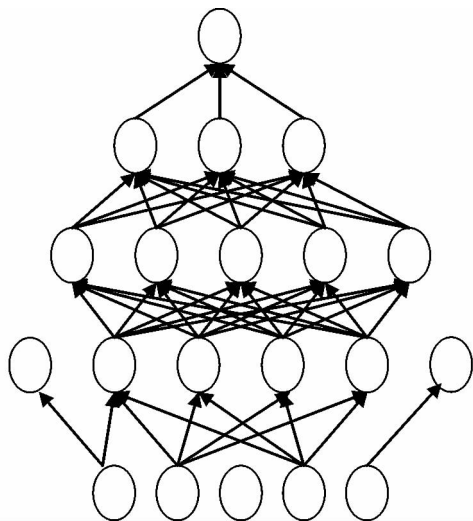


图3 深度置信网络 DBN

表1 3种方法对图像分类准确性的比较 %

算法	建筑	人物	汽车	蓝天	花卉	平均
全局颜色直方图	60.1	39.2	40.3	50.9	28.9	43.88
平均分块	62.5	45.9	38.8	48.6	27.6	44.68
本文方法	66.5	63.5	41.6	48.5	35.5	51.52

从检索的结果中可以看出,全局颜色直方图方法由于缺乏图像的空间信息,不能保证检索结果令人满意。而基于平均分块的局部颜色直方图方法不能很好地体现出图像不同位置对人的视觉影响程度不同。该研究提出的基于权值分块的局部颜色直方图方法基本上做到了这一点,同时结合人的视觉系统的特点,利用多层网络的深度学习方法进行图像分类,较全局颜色直方图的算法准确性提高了6.28个百分点,

较平均分块的算法提高了5.48个百分点(表1),检索结果令人满意。

5 结语

该研究在基于全局颜色直方图方法的基础上提出了一种新的分块颜色直方图方法,同时结合视觉系统的特点,利用深度学习的分类算法进行基于内容的图像分类,结果表明,该方法弥补了传统的全局颜色直方图方法不能描述空间信息的缺点,同时结合人的视觉特点对图像中心的信息加大权重,不仅提高了图像的查准率,而且提高了用户对检索的满意度。

参考文献

- [1] BERENS J, FINLAYSON G D. Image Indexing Using Compressed Color Histogram[J]. IEEE Trans on Vision, Image and Signal Processing, 2000, 147(4): 349-355.
- [2] STRICKER M, DIMAI A. Color Indexing with Weak Spatial Constraints [C]//Proc of the IS&T/ SPIE Conf on Storage and Retrieval for Image and Video Databases IV. San Jose, CA, USA, 1996.
- [3] 孙志军, 薛磊, 许阳明, 等. 深度学习研究综述[J]. 计算机应用研究, 2012(8): 2806-2810.
- [4] 何东健. 数字图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.
- [5] 魏宝刚, 李向阳, 鲁东明, 等. 彩色图像分割研究进展[J]. 计算机科学, 1999, 26(4): 59-62.
- [6] 姜兰池, 沈国强, 张国焯. 基于 HSV 分块颜色直方图的图像检索算法[J]. 机电工程, 2009(11): 54-57.
- [7] 章毓晋. 基于内容的视觉信息检索[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 57-81.
- [8] 曹莉华, 柳伟, 李国辉. 基于多种主色调的图像检索算法研究与实现[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(1): 96-100.
- [9] 田玉敏, 林高全. 基于颜色特征的彩色图像检索方法[J]. 西安电子科技大学学报: 自然科学版, 2002, 29(1): 43-46.
- [10] MOHAMED A, HINTON G E, PENN G. Understanding how Deep Belief Networks perform acoustic modeling[M]. Kyoto: ICASSP, 2012.
- [11] HINTON G E, SALAKHUTDINOV R R. Reducing the dimensionality of data with neural networks[J]. Science, 2006, 313(5786): 504.

(上接第2180页)

换线性检测可很好地获得复叶叶轴和小叶主叶脉对应的直线,进而可以准确地计算出小叶的生长角度。若小叶主叶脉呈现弯曲状时, Hough 变换线性检测时出现了部分小叶主叶脉和整个小叶叶脉未检出的情况,对于这一情况可用外接矩形法直接计算生长角度进行补充。从提取的结果可以看出,该研究所采用的算法可以有效地提取不同复叶中小叶的生长角度。

参考文献

- [1] GEETA B, NEELIMA R S. The regulation of compound leaf development [J]. Plant Physiology, 2001, 127: 1533-1538.
- [2] CONNIE C, NEELIMA S. Compound leaves: Equal to the sum of their parts? [J]. The Company of Biologists, 2004, 131: 4401-4412.

- [3] XU F, GUO W H, XU W H, et al. Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves? [J]. Progress in Natural Science, 2009, 19: 1789-1798.
- [4] 张维, 赵玉, 尚天翠, 等. 新疆野核桃不同小叶数量复叶的生长特征[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 14076-14077, 14081.
- [5] 朱延姝, 冯辉. 弱光对苗期番茄功能叶片生长角度和形态结构的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(19): 211-215.
- [6] 赖明志, 周红丽. 茶叶叶脉角度与分枝角度全息相关[J]. 茶叶科学, 1996, 16(2): 157-158.
- [7] 李灿灿, 孙长辉, 王静, 等. 基于改进的 Sobel 算子和色调信息的叶脉提取方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 196-199.
- [8] 李灿灿, 王宝, 王静, 等. 基于 K-means 聚类的植物叶片图像叶脉提取[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 157-162.
- [9] 王静, 李灿灿, 王倩伟, 等. 树叶长宽比及边缘曲率的提取[J]. 华南师范大学学报, 2013, 45(1): 38-41.
- [10] GONZALEZ R C. 数字图像处理(MATLAB 版)[M]. 阮秋琦, 等. 译. 北京: 电子工业出版社, 2005: 296-297.