

基于 BP 网络的相关反馈在图像检索中的应用 *

李丽丽, 孙劲光

(辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 在研究图像检索基本理论基础上, 提出基于主色提取和主色集扩充的图像检索算法, 并运用基于 BP 网络的相关反馈方法提高算法性能, 通过开发图像检索系统并进行检索实验, 验证了算法的检索性能及 BP 网络相关反馈算法的有效性。

关键词: 图像检索; 神经网络; 相关反馈; 主色特征

中图分类号: TP301

文献标识码: A

The application of relevance feedback in image retrieval based on BP network

LI Li Li, SUN Jin Guang

(School of Electronics and Information Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Basing on studying the basic theory of image retrieval, this paper propose an image retrieval algorithm based on dominant color extraction and dominant color set expansion, and improve performance of the algorithm by using BP network for relevance feedback. Through retrieval experiments with the image retrieval system, it has proved the effectiveness of the algorithm with relevance feedback based on BP network.

Key words: image retrieval; neural network; relevance feedback; dominant color characteristics

随着计算机技术的快速发展和推广应用, 特别是多媒体技术和通信技术的发展已经把人们带入信息时代, 以图像、声音和视频为主的多媒体信息迅速成为信息交流和的主流。现代技术已能运用各种手段大量地采集和产生各种类型的多媒体信息数据, 而多媒体信息中, 信息量最大最主要的一种就是视觉信息。视觉数据的爆炸性增长使得对图像的管理和检索成为关键。如何将数字图像处理、模式识别技术、计算机视觉技术与传统数据库技术结合起来, 建立高效的图像检索机制成为目前迫切需要解决的问题。本文提出基于主色提取和主色集扩充的图像检索算法, 并运用基于 BP 网络的相关反馈方法以提高算法检索性能。

1 图像检索基本理论

1.1 基于内容的图像检索原理

基于内容的图像检索是指根据图像中物体或区域

的颜色、形状或纹理等特征以及这些特征的组合来查询图像, 这是计算机图像处理、图像理解、计算机视觉、模式识别和数据库技术的有效结合。基于内容图像检索的基本思路是: 先通过对图像内容的分析, 自动或半自动地从中抽取形状、颜色、纹理等特征, 并利用基于这些特征定义的相似性度量函数计算或评价特征之间的相似性, 将最相似的一些图像作为检索结果返回给用户。

1.2 图像主色特征的表达

一般地, 人眼在比较两幅图像的颜色时, 善于抓住各自的主色。虽然一幅自然图像的色彩极其丰富, 但视觉系统能够忽略次要的细节, 抓住起重要作用的主色。所谓主色, 是指图像的主色块的颜色, 一般是图像中物体的表面色彩或背景色彩, 占有较大的面积。

主色和主色块特征是图像的主要颜色特征表示方法之一。图像中在视觉上起支配作用的颜色称为主色

* 基金项目: 辽宁省高校重点实验室基金(2008S115)

DC(Dominant Color)。在物理意义上,DC 实际上就是用最少的颜色来表示原图像,称为主色图像,DC 图像的视觉效果与原图像相比基本不变,但是大大减少了颜色特征数。

主色集 DCS(Dominant ColorSet)是一幅 DC 图像内所有 DC 的集合,它反映了图像的颜色特征信息。

主色块 DCB(Dominant ColorBlock)是指在 DC 图像中的各 DC 所占据的区域。DCS 仅仅描述了原图像的颜色信息,没有颜色的空间分布信息以及形状、纹理方面的信息,这些信息包含在 DCB 中^[1]。

1.3 相关反馈机制

相关反馈与机器学习相结合是目前图像检索领域中的一个主要研究思路。其过程为:用户对检索结果进行评价并标记后,系统根据用户的评价将问题转化为一个机器学习中的分类问题,把查询结果视为训练集,据此训练得到 1 个分类器,然后将整个图像数据库视为 1 个测试集,用训练得到的分类器对它进行分类以得到最终的检索结果。这个过程反复进行直到反馈次数结束或用户得到满意的检索结果为止。

2 基于主色提取和主色集扩充的图像检索算法基本思想

本文提出的基于主色提取和主色集扩充的图像检索算法基本思想如下:

(1)为了取得较好的视觉一致性,采用坐标之间的心理感知独立性良好的 HSV 颜色空间代替传统 RGB 颜色空间对图像颜色特征进行表示,HSV 颜色空间比 RGB 颜色空间更直观,更容易接受,适合于基于颜色特征的图像相似性比较,并且也易于从 RGB 颜色空间向 HSV 颜色空间的转换。

(2)鉴于传统图像主色特征提取的算法存在的缺陷,运用分解聚类法对图像进行主色特征提取,算法以最小化所定义的 $E(S_k)$ 为目标得到图像的主色划分。对经主色提取后得到的主色集的预处理的过程中,通过预先比较两图像主色集取得交集,再进行扩充的主色集扩充方法,使扩充后的主色集得到优化。

(3)由于 Minkowski 距离对所有的特征向量平均对待,而没有考虑特征向量之间的关系。然而在实际情况下,各个特征向量之间是有关联的。为了解决这个问题,本文采用 Quadratic 距离进行图像间相似性度量。相对于 Minkowski 距离,Quadratic 距离考虑到颜色之间的相关性,检索结果更加符合人的视觉感觉。虽然需要计算相似性矩阵 A ,但因为计算是基于已经提取的主色集的,所以计算量大大减少,而检索性能却得到很大提高。

3 基于主色提取和主色集扩充的图像检索算法步骤

3.1 图像主色特征的提取

设图像 I 的大小为 $M \times N$,任意像元 $I(m, n) = c, c \in S, m = 1 \cdots M, n = 1 \cdots N, S = \{c_j, j = 1, 2 \cdots |S|\}$,其中, S 为 I 中不同颜色的集合,表示 S 中不同颜色的数量^[2-4]。

颜色聚类的目的就是按某种原则寻求 S 的一个划分:

$$S = \bigcup_{k=1}^K S_k, S_i \cap S_j = \Phi, i = 1, 2 \cdots K, j = 1, 2 \cdots K; i \neq j \quad (1)$$

$S_i \sim S_j$ 构成 S 的一个划分,对应二叉树的叶结点的个数。在颜色空间中,叶结点 S_k 是一个颜色的集合。令

$$P(c) \text{ 为颜色 } c \text{ 出现的频数, } \sum_{i=1}^{|S|} p(c_i) = M \times N, P(S_k) \text{ 是叶结}$$

点 S_k 中出现的颜色的频数和, $p(s_k) = \sum p(c), \forall c \in s_k$ 。任

一叶结点 S_k ,相当于一个有深浅明暗变化的主色,可用一个中心色表示。设 S_k 的中心代表色为 $q(S_k)$,简记为 q_k, q 是颜色映射函数,把 S_k 中的颜色都映射为 q_k ,若 $\forall I(m, n) = c$ 且 $c \in S_k$,则 $q(c) = q_k$,令 $Q(m, n) = k$,其中 $m = 1, \cdots, M, n = 1, \cdots, N$,则 Q 是量化后的索引图像,并设 $MAP = \{q_1, q_2, \cdots, q_k\}$ 是图像 Q 的调色板,也就是图像 I 的主色,用 K 项三维颜色向量表示。图像 I 的各主色的概率可构成一个向量 $P = (p(s_1), p(s_2), \cdots, p(s_k)) / (MN)$ 。

设 $E(S)$ 是图像 Q 和 MAP 表示图像 I 的误差, $E(S_k)$

是子结点 S_k 的量化误差,则 $E(S) = \sum_{k=1}^K E(S_k)$ 。其中 $E(S_k)$

定义为:

$$E(S_k) = \sum_{c \in S_k} p(c) |c - q_k| / p(S_k) \quad (2)$$

算法以最小化 $E(S_k)$ 为目标。当式(2)中 q_k 取 S_k 的平均值 μ_k 时, $E(S)$ 取最小值。此时, q_k 为 S_k 的重心,即:

$$q_k = \mu_k = (r_k, g_k, b_k) = \sum_{c \in S_k} p(c) |c| / p(S_k) \quad (3)$$

3.2 主色集合预处理

进行主色集的扩充时,采用如下改进的主色集扩充方法:设两图像 I, Q ,其主色集合 C_I 和 C_Q 、主色直方图(频数) P_I 和 P_Q , C_I 和 C_Q 分别有 a 个和 b 个 DC(一般 $a \neq b$)。

首先,比较主色集合 C_I 和 C_Q ,从而得到 $C_{QI} = C_I \cap C_Q$,然后构造主色集 $C', C' = C_I + C_Q - C_{QI}$,这样的主色集 C' 既包含两主色集合 C_I 和 C_Q 中的所有主色,又使新的主色集 C' 所含元素尽量少,从而提高了算法的空间复杂度,并有利于在后续进行相似性度量时提高算法的时间复杂度。

根据新的主色集 C' ,将 2 个主色集合 C_I 和 C_Q 各自分别扩展,使它们的维数相同。其中扩展部分的直方图主色频数填为 0,并实现将经过主色提取得到的主色集从传统 RGB 颜色空间转换为具有良好视觉一致性的 HSV 颜色空间。

3.3 图像相似性度量

采用以下 Quadratic 距离:

$$D(I, J) = \sqrt{(P_I - P_J)^T A (P_I - P_J)} \quad (4)$$

这里 $A=[a_{ij}]$ 为一个对称矩阵,表示特征向量之间的相关性。主色集中任意 2 个 C_i 和 C_j 用 HSV 空间的颜色表示 $C_i=(h_i, s_i, v_i), C_j=(h_j, s_j, v_j), h, s, v \in [0, 1], a_{ij} \in [0, 1]$ 。

4 基于 BP 网络的相关反馈及其在算法中的应用

4.1 相关反馈 BP 网络的建立

基于 BP 神经网络的相关反馈方法,是将用户的反馈信息作为网络的输入训练样本来学习网络的权值,待权值稳定后从图像库中检索出用户满意的图像。首先从图像库中的每一类中选取一些典型的图像作为训练集来训练 BP 网络的权值;然后根据用户提交的查询图像和图像库中待检索图像的 BP 网络输出差值(Minkowski 距离),按从小到大排序来检索图像;相关反馈过程是用户从检索结果中选取相关的图像来训练 BP 网络重新检索的过程。用户对检索结果进行标注,然后神经网络根据这些反馈信息来调整网络权值,从而调整了图像特征之间以及特征内部的权值。对于用户标注为相关的图像,则查询图像和目标图像的期望差是 0(即网络的输出是 0);对于标注为不相关的图像期望输出是 1;对于一个给定的目标图像有 1 个实际的神经网络输出,相关反馈算法就是使网络的期望输出和实际输出的误差最小;然后再利用 BP 算法求误差函数的最小值。

4.2 BP 学习算法的数学模型

根据上述设计,令输入向量为 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_n)^T$,引入阈值 $x_0=-1$;隐层输出向量为 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_l, \dots, y_l)^T$,引入隐层阈值 $y_0=-1$;输出层输出向量为 $O=(O_1, O_2, \dots, O_k, \dots, O_k)^T$;期望输出向量为 $D=(d_1, d_2, \dots, d_l, \dots, d_l)^T$ 。输入层到隐层之间的数值矩阵用 V 表示, $V=(v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_m)$,其中列向量 V_j 为隐层第 j 个神经元对应的权向量;隐层到输出层之间的数值矩阵用 W 表示, $W=(w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_l)$,其中列向量 W_k 为输出层第 k 个神经元对应的权向量。其各层之间的数学模型则为^[5-6]:

$$Q_k = f(\text{net}_k)$$

$$\text{输出层: } \text{net}_k = \sum_{j=0}^m w_{jk} y_j \quad k=1, 2, \dots, l=5 \quad (5)$$

$$Y_j = f(\text{net}_j)$$

$$\text{隐层: } \text{net}_j = \sum_{i=0}^m v_{ji} x_i \quad j=1, 2, \dots, m=20 \quad (6)$$

其中 $f(x)$ 均为单极值 Sigmoid 函数:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (7)$$

权值调整式为:

$$\Delta w_{jk} = \eta \delta_k^o o_j = \eta (d_k - o_k) o_k (1 - o_k) o_j$$

$$\Delta v_{ji} = \eta \delta_j^o y_i = \eta \left(\sum_{k=1}^l \delta_k^o w_{jk} \right) y_j (1 - y_j) x_i \quad (8)$$

5 实验验证及结果分析

为验证本文基于主色提取和主色集扩充图像检索算法及 BP 网络相关反馈方法的有效性,设计实验验证

系统进行检索实验。

本系统选用了标准的测试图像库 Corel,共包括图像 968 幅,按照公认的标准,可以分为 10 类图像。本文针对 Corel 图像库中的一些类别图像和自选的闪电等图像进行检索实验,首先采用主色提取和主色集扩充的图像检索算法进行最初检索,如果用户能够判断为相关的图像则标注为相关,不能确定是否相关的图像则标注为模糊相关;而与测试图像不属于同一类的则标注为不相关。待用户对检索结果进行标注后,采用基于 BP 网络的相关反馈方法进行相关反馈的检索,测试其有效性。

在本实验中,采用 5 类查询图像,对每类图像分别进行了 6 次反馈检索,并进行查准率(Prc)和查全率(Rec)统计,如表 1 所示。结果表明,加入反馈算法后每类图像的查准率和查全率都在提高。花朵和恐龙最初的检索结果和反馈后检索结果分别如图 1、图 2 和图 3、图 4 所示。

表 1 检索结果比较

图像	原算法		反馈后算法	
	Prc	Rec	Prc	Rec
恐龙	0.704 8	0.435 5	0.833 6	0.872 5
花朵	0.327 4	0.215 6	0.370 3	0.654 9
土著	0.358 1	0.286 4	0.473 4	0.654 6
海景	0.453 9	0.656 8	0.494 0	0.713 2
闪电	0.780 0	0.543 9	0.897 2	0.764 1



图 1 花朵图像初始检索效果图



图 2 花朵图像反馈后检索效果图



图3 恐龙图像初始检索效果图



图4 恐龙图像反馈后算法检索效果图

参考文献

[1] 王向阳,杨红颖,胡峰丽.一种新的多特征彩色图像检索方法[J].微型机与应用,2005(7):49-52.
[2] 王涛,胡事民,孙家广.基于颜色-空间特征的图像检索[J].软件学报,2002,13(10):2031-2036.
[3] 王新成.高级图像处理技术[M].北京:中国科学技术出版社,2001:30-35.
[4] 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(01):43-46.

[5] 王晓燕,李临生,田启川.指纹识别中的特征点提取算法[J].计算机仿真,2008,62(12):235-238.
[6] 郭嗣琮,陈刚.信息科学中的软计算方法[M].沈阳:东北大学出版社,2001:165-170.

(收稿日期:2009-04-10)

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNOLOGY
www.chinaAET.com