

一种基于多分类 SVM 的相关反馈图像检索方法

钱秋银, 张正兰

(上海海事大学 信息工程学院, 上海 200135)

摘 要: 相关反馈技术是近年来图像检索中的重要研究方向, 它有效地缩短了用户高层语义和图像底层视觉特征的差距, 大大提高了系统的检索精度, SVM 因其通用性和出色的分类能力逐渐被引入到图像检索系统中。为了进一步提高检索效率, 采用三级反馈机制引入模糊相关, 用户对检索结果标记为相关图像、模糊相关图像和不相关图像, 并对经典的查询向量点移动算法进行修改, 在此基础上运用多分类 SVM 提出一种新的相关反馈图像检索方法。试验表明这是一个有效的方法, 提高了图像检索效率。

关键词: 图像检索; 相关反馈; 模糊相关; SVM; 多分类 SVM

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)08-0065-04

One Method of Relevance Feedback Image Retrieval Based on Multi-Classification SVM

QIAN Qiu-yin, ZHANG Zheng-lan

(College of Information Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)

Abstract: Recently, the relevance feedback technique has been one of the important research facts in CBIR. Because it has greatly reduced the gap between the high level notion and low level visual features, the retrieval results are better, because of its versatility and splendid classified ability, SVM are introduced gradually in the image retrieval system. To further raise the retrieval efficiency, use the third-level feedback mechanism introducing fuzzy relevance, users mark the result for the related image, the fuzzy related image and the non-correlated image, and revise the inquiry vector migration algorithm, based on this utilize multi-classification SVM to propose one new relevance feedback image retrieval method. Through experiments can see this is an effective method, raising the image retrieval efficiency.

Key words: image retrieval; relevance feedback; fuzzy relevance; SVM; multi-classification SVM

0 引言

基于内容的图像检索(CBIR)是当今多媒体信息检索领域的一个热门研究课题。然而由于图像底层特征信息与图像的高层语义之间具有较大的语义鸿沟, 研究者们引入了相关反馈机制, 通过用户的相关反馈来达到减小语义鸿沟的目的。相关反馈的基本思路是: 在检索过程中允许用户对检索结果进行评价和标记, 指出结果中哪些是与查询图像相关的, 哪些是不相关的, 然后将用户标记的相关信息作为训练样本反馈给系统进行学习, 指导下一轮的检索, 从而使检索结果更符合用户的需要。但是用户往往很难判断一幅图像是完全相关的, 还是完全不相关的, 为了解决这一问

题, 采用三级相关反馈方法: 相关、模糊相关和不相关。支持向量机(Support Vector Machine, SVM)方法是统计学习理论最成功的实现, 已经成为机器学习领域的研究热点^[1], 现有的 SVM 应用于图像检索的探讨将 SVM 方法应用于基于内容图像检索的相关反馈部分。SVM 用于图像反馈系统中, 但都是构造二分类分类器来对图像库中图像分为两类反馈, 由于引入了模糊相关图像的概念, 基于这样的样本得到的分类器势必不够精准, 文中根据图像反馈的特点试图构造适合于图像反馈的多分类 SVM 方法进行反馈。

1 模糊相关反馈

我们知道图像库中的图像被预先分成了几个子类, 检索出的结果和用户提交的查询图像属于同一类的, 便认为是相关图像。传统的二值相关反馈方法让用户对检索结果标记为相关图像和不相关图像, 但是用户往往很难判断一幅图像是完全相关的, 还是完全

收稿日期: 2008-12-02; 修回日期: 2009-02-25

基金项目: 上海市教育科研基金项目(教 05-31)

作者简介: 钱秋银(1982-), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 研究方向为多媒体应用技术; 张正兰, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为多媒体应用技术。

不相关的。例如:用户要查询红花的图像,那么其他颜色花的图像如果标记为相关的,则不是用户想要的;如果标记为不相关的,则用户又担心会失去对查询有用的信息。而多级相关反馈方法^[2],例如采用五级相关反馈:极相关、相关、无意见、不相关和极不相关,也不方便用户对检索结果的标记,因为用户很难准确地将图像归到某一个相关级别上。为了解决这一问题,文中采用三级相关反馈方法:相关、模糊相关和不相关。

模糊相关反馈解决了用户在标记过程中难以选择的问题。因为用户的感知具有主观性,在表达查询需求时,更喜欢用“这幅图像或多或少有点相关”或“这幅图像比那幅图像相关”。为了方便用户标记,用户能判断相关的则为相关图像;判断不相关的则为不相关图像;剩下的难以确定的图像则为模糊相关图像,例如上面提到的其他颜色花的图像。

2 相关反馈算法设计

2.1 查询向量点移动算法

查询点移动的思想是借鉴文本检索中的相关反馈技术,通过用户的反馈信息,改变数据库中每幅图像与查询图像之间的距离,使相似的点靠近查询图像而不相似的点远离查询图像。它分为单点查询移动和多点查询移动两种方法^[3,4]。经典的查询向量点移动算法主要基于 Rocchio 公式:

$$Q' = \alpha Q + \beta \left(\frac{1}{N_{R'}} \sum_{i \in D_{R'}} D_i \right) - \gamma \left(\frac{1}{N_{N'}} \sum_{i \in D_{N'}} D_i \right) \quad (1)$$

由于文中采用三级相关反馈方法:相关、模糊相关和不相关,经典的查询向量点移动算法已经不再适合。对查询向量点移动算法进行修改,修改后的公式如下:

$$Q_{i+1} = \alpha Q_i + \beta \sum_Y \frac{D_i}{|D_i|} + \lambda \sum_F \frac{D_i}{|D_i|} - \gamma \sum_N \frac{D_i}{|D_i|} \quad (2)$$

其中, Q_i 和 Q_{i+1} 分别对应查询迭代中第 i 次和第 $i+1$ 次的查询向量; D_i 是特征向量, $|D_i|$ 是 D_i 的基数, $\alpha, \beta, \lambda, \gamma$ 是可调的加权常数。 $i=1$ 时, Q_i 表示最初的查询实例的特征向量,每次检索时,用当前查询向量得到查询结果, β 倍的标准化正相关图像集表示有助于检索的信息加强到查询向量中, λ 的取值相对较小, λ 倍的模糊相关图像集用来渐渐明确用户觉得不能判定的图像,在这里假定对用户来讲,不能确定的图像从用户的心理角度来讲,还是与查询图像有很小的相似性的。用标准化负相关图像集的 γ 倍弱化不相关部分,保留原有向量的 α 倍到新的查询向量中。随着用户反馈,有助于检索的信息在迭代中不断累加,查询向量逐渐趋于用户的意图。

该方法不需要用户提供非常精确的查询实例,在与用户交互迭代的过程中,细化用户意图,通过用户反馈得到的图像相关度的信息修改 Q_i , 有助于检索的因素被加强,无关部分被弱化,使查询向量逐渐接近用户目标。该算法的关键是合适的 $\alpha, \beta, \lambda, \gamma$ 参数的确定。根据试验,选取 $\alpha = 0.5, \beta = 0.7, \lambda = 0.05, \gamma = 0.25$ 可以取得不错的结果。

2.2 多分类 SVM

SVM 因其通用性和出色的分类能力被逐渐引入图像检索系统中。通过用户对提供图像的相关性的标注,在特征空间寻找最优分类面把给定的属于两个类别的训练图像分开,把最相似类中离超平面最远的图像作为检索结果返回,就是 SVM 方法用在相关反馈中的基本思想。

SVM 算法可以用在相关反馈的学习和检索过程中^[5],其过程是通过某种检索方法检索出的结果的前 N 个图像作为训练样本,由用户标记出正例样本(其他的为反例样本),作为有类别标号的训练样本由 SVM 进行学习,构造出适合表示用户查询意图的分类器,然后用该模型对图像库中的所有图像进行分类,即求出每幅图像相对于分类面的距离,然后再次排序返回结果。

2.2.1 SVM 多类分类方法

支持向量机用于图像反馈系统中,但都是构造二分类分类器来对图像库中图像分为两类反馈。由于采用三级反馈机制,引入了模糊相关图像的概念,基于这样的样本得到的分类器势必不够精准,需要用 SVM 来解决多分类问题。常见的 SVM 多分类方法有一类对余类方法、成对分类法和决策树分类方法等^[6]。

1) 一类对余类方法。

此算法是对于 K 类问题构造 K 个两类分类器,第 i 个两类分类器用第 i 类中的训练样本作为正的训练样本,而将其它的样本作为负的训练样本。该方法依次用 K 个两类分类器将每一类与其它所有类别区分开来,分类时将未知样本分类为具有最大分类函数值的类^[7]。这个算法称为 1-v-r(1-against-rest)。

2) 成对分类方法。

在该种算法中,需要许多两类问题的分类机,实际上对于 K 类问题,就有 $K(K-1)/2$ 个两类分类机。这个数目比上面的一类对余类的方法得到的分类机数目要大的多。但是它的每一个分类问题的规模却小了很多,因为这里的每一个分类机的训练集规模小,并且由于类别有较少的重合,要学习的问题也比较简单。

3) 决策树分类方法。

对于 K 类的训练样本,训练 $K-1$ 个支持向量机。

第1个SVM以第1类样本为正的训练样本,将第2,3, ..., K 类训练样本作为负的训练样本训练 SVM1,第 i 个SVM以第 i 类样本为正的训练样本,将第 $i+1, i+2, \dots, K$ 类训练样本作为负的训练样本训练 SVM $_i$,直到第 $k-1$ 个SVM将以第 $K-1$ 类样本做为正样本,以第 K 类样本为负样本训练 SVM($k-1$)。

2.2.2 文中采用的多分类 SVM 方法

已经有西北工业大学的胡珊采用了根据颜色、形状、纹理各特征构造其相应的特征分类器^[8,9],但是有其不足指出,需要考虑多个特征,这势必给计算带来复杂度。文中采用成对分类方法,共需要3个SVM分类器,对输入样本 x 判断属于3类中的第几类时,考虑上述所有的分类机对 x 所属类别的意见,即利用投票方法,一个分类机判断 x 属于第 i 类就意味着第 i 类获得一票,最后票数的类别就是 x 的所属类别。选择该类别中 SVM 输出值最大的那一个作为综合输出值。

2.3 算法流程

根据前面的分析,设计出一种新的算法,算法流程如下:

1) 输入查询实例,采用传统方法进行第一次检索,返回结果。

2) 用户根据当前显示的结果,依据自己的信息需求给出各图像的相关性判断(相关,模糊相关,不相关),根据修改后的查询向量点移动算法的公式修改查询向量 Q_1 得到 Q_2 ,用 Q_2 在采用的图像数据库进行全库搜索,并将检索结果的前 N 个返回给用户。

3) 根据用户的对图像相关性的反馈训练 SVM,采用 SVM 成对分类方法,构造3个 SVM 分类器。

4) 对图像数据库中每一幅图像,3个 SVM 分类器共有3个输出值,用投票方式决定综合输出的类别,选择该类别中 SVM 输出值最大的那一个作为综合输出值。

5) 将综合输出值按从大到小的顺序排序,返回值最大的 N 幅图像。

6) 根据第(5)步用户的反馈信息调整查询向量 Q_i ,在图像数据库中进行特征的检索匹配,并输出前 N 幅图像。如果用户不满意则转向第(3)步;满意,则停止检索。

3 实验结果

实验系统是基于颜色的图像检索系统,采用 HSV

颜色空间,将色调空间 H 分成7份,饱和度 S 分成2份,亮度空间 V 分成2份,并根据色彩的不同范围进行量化,获得32柄(bin)的一维直方图,采用一种基于子块划分的颜色特征检索算法,由于图像每块代表的空间信息重要程度不同,对每块赋予不同的权重。采用欧式 L2 距离计来计算颜色直方图之间的距离。对修改后的查询向量点移动算法,根据试验,选取 $\alpha = 0.5, \beta = 0.7, \lambda = 0.05, \gamma = 0.25$ 可以取得不错的结果。

在一个范围较广的自然图像库上进行了实验。图像库由500幅图像组成,包括动物、植物和建筑等15个分类的图像,其中每个分类中的图像数目为10到80不等。实验过程如下:任意选取图像总数目超过30幅的8个子类别中各随机抽取5幅图像作为查询图像,这样构成了40次查询。图1~3给出了最初的检索结果,以及第1轮和第4轮反馈的检索结果。

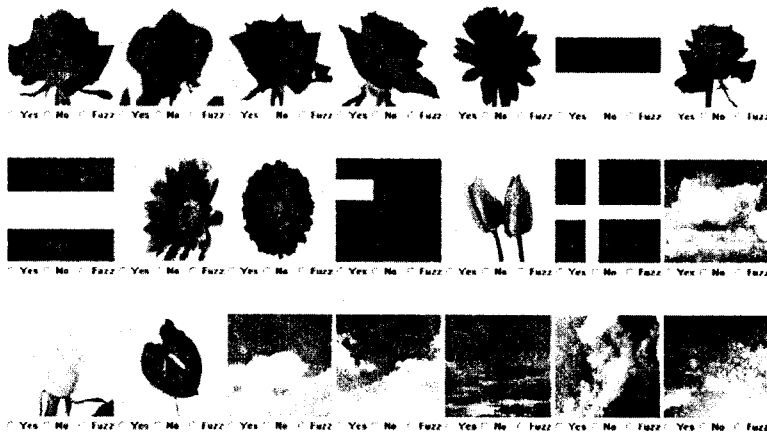


图1 最初的检索结果

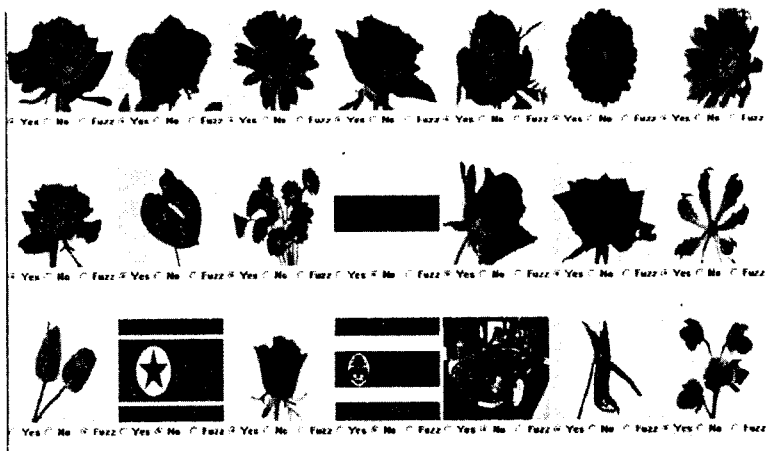


图2 第1次反馈后的检索结果

同时为了验证算法的有效性,同 Rocchio 相关反馈算法的平均查准率进行比较,结果见图4。

从上面的检索结果可以看出,多分类 SVM 相关反馈方法的确是有效的,随着反馈次数的增加,不仅相

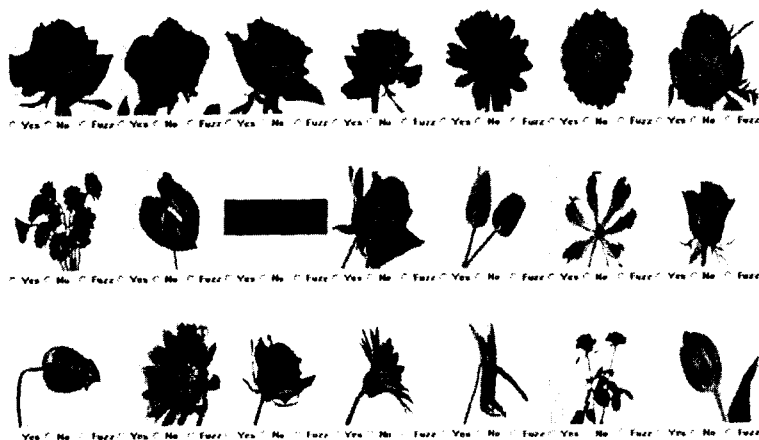


图 3 第 4 次反馈的检索结果

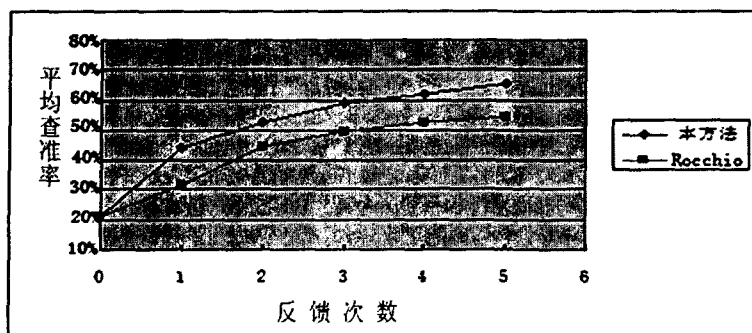


图 4 两种方法检索性能比较

关图像的数目在增加,而且相关图像排在检索结果的位置也在提前,这比较符合用户的检索习惯。这说明该方法不仅是有效的,而且具有较好的检索性能。

4 结束语

采用三级反馈机制引入模糊相关,并修改经典的查询向量点移动算法,在此基础上运用多分类 SVM 提出一种新的相关反馈图像检索方法。通过试验可以

看到这是一个有效的方法,提高了图像检索效率,能更好地满足用户的查询要求。

参考文献:

- [1] 彭太乐,蒋建国,魏仁民,等.一种融合语义的图像检索技术研究[J].计算机技术与发展,2008,18(3):102-104.
- [2] 胡莹.一种改进的 SVM 相关反馈图像检索方法[J].计算机应用研究,2005(1):251-254.
- [3] 张苗,张德贤.多类支持向量机文本分类方法[J].计算机技术与发展,2008,18(3):139-141.
- [4] 常小红,张明.基于 RBFN 的交互式图像检索方法[J].计算机技术与发展,2007,17(9):31-34.
- [5] 胡珊.图像检索中基于 SVM 的相关反馈技术研究[D].西安:西北工业大学,2007.
- [6] Mehre B W. Content based image retrieval Using a Composite color-shape approach[J]. Information Processing & Management, 1998,33(30):319-337.
- [7] Zhou Z H, Chen K J, Jiang Y. Exploiting unlabeled data in content-based image retrieval[C]//In: Proceedings of the 15th European conference on machine learning. Pisa, Italy:[s. n.],2004:525-536.
- [8] Trazegnies C, Bandera A. Planar Shape indexing and retrieval based on Hidden Markov Models[J]. PRI, 2002, 23(20):1143-1151.
- [9] Yap Kim-Hui, Wu Kui. A soft relevance framework in content-based image retrieval systems[J]. IEEE transaction on circuits and systems for video technology,2005,15(12):1557-1568.
- [4] 徐章艳,刘作鹏,杨炳儒,等.一个复杂度为 $\max(O(|C||U|), O(|C|^2|U/C|))$ 的快速属性约简算法[J].计算机学报,2006,29(3):391-399.
- [5] 王希雷,苏静.对决策表和简化决策表的研究[J].计算机技术与发展,2008,18(4):110-118.
- [6] 王希雷,王磊.粗集中区分矩阵对不一致问题的处理的研究[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2003,13(2):119-120.
- [7] Hu Xiao Hua, Cercone N. Learning in relational databases: a rough set approach[J]. Computational Intelligence, 1995,11(2):323-337.
- [8] 王元珍,裴小兵.基于 Skowron 分明矩阵的快速约简算法[J].计算机科学,2005,32(4):42-44.

(上接第 64 页)

正确结果。而且新简化差别矩阵解决了文献[6]中指出的差别矩阵对不一致对象的处理是不完备的问题。

参考文献:

- [1] 徐章艳,杨炳儒,宋威.一个基于差别矩阵的快速求核算法[J].计算机工程与应用,2006,42(6):4-6.
- [2] Fleix R, Ushio T. Rough Sets-based Machine Learning Using a Binary Discernibility Matrix[C]//In: IPMM'99. [s. l.]:[s. n.], 1999:299-305.
- [3] Skowron A, Rauszer C. The Discernibility Matrices and Functions in Information Systems[C]//In: Slowinski R. Intelligent Decision Support Handbook of Applications and Advances of the Rough Sets Theory. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,1992:331-362.