

中图分类号: TP391 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2011)10-1858-08

论文索引信息: 傅启明, 刘全, 王晓燕, 张乐. 遗传反馈的多特征图像检索 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(10): 1858-1865

遗传反馈的多特征图像检索

傅启明, 刘全, 王晓燕, 张乐

(苏州大学计算机科学与技术学院, 苏州 215006)

摘要: 基于内容的图像检索是随着数字多媒体技术的发展和普及而新兴的一门信息检索技术。针对当前该领域存在的对图像描述不准确、查询精度低以及反馈次数较多的问题, 提出一种基于遗传反馈的图像检索算法。该算法以遗传算法和相关反馈为基础, 利用多特征进行检索, 避免在利用单一特征进行检索时所出现的不同图像具有相同单一特征(颜色、纹理和形状等)的问题, 对图像进行多特征描述可以从多个角度对图像进行定义, 大大减少了不同图像却具有相同特征的概率。与现有的算法相比, 其具有自动调整图像特征权重、较低反馈次数和较高查询精度的特性。实验结果表明, 该算法对于旋转、平移和尺度变化具有较强的鲁棒性, 同时具有减少反馈次数和较高查询精度的性能。

关键词: 基于内容的图像检索; 遗传算法; 相关反馈; 图像表示

Relevance feedback image retrieval based on multiple features

Fu Qiming, Liu Quan, Wang Xiaoyan, Zhang Le

(Institute of Computer Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006 China)

Abstract: Content-based image retrieval (CBIR) is a new information retrieval technology along with development of the digital multimedia technology. The paper proposes relevance feedback techniques and genetic algorithm for image retrieval based on multiple features in allusion to the problem of inaccurate description, low query precision and high Frequency of feedback, which can avoid causing the problem of different images with the same single feature (color, texture and shape). Compared with the existing algorithms, the proposed algorithm can automatically adjust the image feature weights. The experimental results show that the proposed algorithm is robust for rotation, translation and scale changes strongly. In addition, the proposed algorithm has higher query precision and lower frequency of feedback simultaneously.

Keywords: CBIR; genetic algorithm; relevance feedback; image representation

0 引言

近十多年来,随着数字技术的迅速发展和普及,多媒体数据(图像和视频等)已经成为文本数据之外最重要的数据组织形式。如何对大量多媒体数据进行有效的组织、管理,并从中检索出用户需要的信

息已成为当前最重要的研究课题。图像数据是最基本、最常用的多媒体形式,同时对图像检索的研究也是对其他多媒体形式进行研究的基础,因此,该方面的研究已成为目前信息检索方面的热点。

传统的图像检索方式是利用人工对图像进行文字标注,然后利用基于关键字的检索技术对图像进行检索。然而人工标注最大缺点就是耗时,工作量

收稿日期:2010-02-03;修回日期:2010-10-23

基金项目:国家自然科学基金项目(60673092, 60873116);江苏省自然科学基金项目(BK2008161);江苏省高校自然科学基金项目(09KJA520002);江苏省现代企业信息化应用支撑软件工程技术研究开发中心项目(SX200804)。

第一作者简介:傅启明(1985—),男。2008年在苏州大学计算机科学与技术学院攻读管理科学与工程专业硕士学位,主要研究方向为强化学习、遗传算法、图像检索。E-mail: fqm_1@126.com。

大,同时对图像的标注很大程度上取决于标注人的主观判断,不利于客观描述。基于内容的图像检索(CBIR)技术通过对图像从底层到高层的自动处理和分析来描述其内容,并根据内容进行检索^[1]。近年来,基于内容的图像检索技术也取得一些进展,Wang 等人将相关反馈与神经网络技术应用于基于内容的图像检索中,以解决图像特征描述不一致问题^[2];Yin 等人提出一种结合强化学习技术的图像检索框架,利用强化学习方法构造一个主动学习的强化学习框架,在一定程度提高后续检索的效率^[3];江祥奎等人提出一种基于灰色系统理论的多特征相关反馈图像检索方法,该方法将灰色系统理论引入图像检索中,利用灰关联度作为特征权重估计,利用用户的少量选择做出判断,常陷入局部最优问题^[4];许相莉等人提出一种基于粒子群优化的图像检索算法,该方法提取图像的颜色和纹理特征,并利用粒子群算法调整特征权重,优化检索,然而该方法对于平移、旋转和尺度变换没有很强鲁棒性^[5];党长青等人提出一种基于多特征融合和相关反馈的图像检索方法,该方法利用 SVM 算法结合用户标注构造一个图像分类器,利用该分类器对检索结果图像重新计算相似度^[6]等。

基于内容的图像检索系统给出的初始检索结果往往不能很好地满足用户的信息需求,这主要归因于如下几点:首先,由于当前图像理解技术的局限,建立从图像的低层特征到高层语义的映射还很困难;其次,由于用户界面的限制以及对图像库的不熟悉,用户很难给出能准确反映其信息需求的查询;另外,由于人类视觉感知的主观性,对于同一幅图像不同的人或同一个人不同的时间可能有不同的认知,因此借助于离线(off-line)的学习不能适应这些不同的要求。为了克服上述困难,20 世纪 90 年代中期,在文本检索领域提出的相关反馈(RF)技术被引入基于内容的图像检索领域^[1]。相关反馈技术通过把人的参与引入信息检索过程中,从而把检索模式从一次进行(one-shot-search)变成交互式的多次进行,并成为提高检索性能的有效方法。在相关反馈的交互过程中,只要求用户根据他的信息需求对系统当前的检索结果给出是否相关(relevant)或者相关程度如何判断,然后系统根据用户的反馈进行学习来给出更好的检索结果。然而,如何在最少的人为干预下,得到尽量好的检索效果是当前重点关注的问题^[7]。

往往从多个角度对一幅图像进行描述,比如颜色、纹理、形状等特征。在图像检索过程中,通常要综合考虑其中两种或者多种特征,以获得较好的检索效果^[8-11]。那么如何有效地组织这些特征,使得到的特征向量或者相似度模型能够更加符合用户的需要,以得到比较好的检索结果是图像检索领域需要解决的主要问题之一。特别在相关反馈过程中,根据用户的不同需求,应该对特征组合进行修改。针对以上问题,本文提出在反馈过程中利用遗传算法,实现特征组合参数的自适应调整,修改相似度模型。近年来也出现一些将遗传算法用于图像检索的方法,如文献[12]提出一种基于交互式遗传算法和粗糙集的图像检索方法,文中将粗糙集引入图像检索中,利用粗糙集进行特征选择,在反馈过程中,采用交互式遗传算法对所得到的候选图像进行评价,然而在反馈过程中对于查询向量或者是相似度计算模型没有做修正,没能将查询与用户的偏好相结合;文献[13]提出一种基于遗传 FCM 算法和 SVM 的图像检索方法,该方法将遗传算法用于 FCM 算法的优化,提高 FCM 算法分类的正确性,同时将 SVM 算法用于反馈操作中,通过构造图像分类器提高检索精度;文献[14]提出将遗传算法用于图像检索中特征权重自动调整,但是却没将遗传算法与相关反馈相结合,以修改查询向量或者相似度模型。实验结果表明,在反馈过程中,利用遗传算法进行特征组合,修改相似度模型,能够在最少的反馈次数后,快速得到用户需要的图像,同时,本文提出的检索方法对尺度、平移和旋转变换具有一定的健壮性,在检索速度和精度上面都有明显提高。

1 图像特征与相关反馈技术

1.1 图像特征

基于一种特征的检索方法只能表达图像的部分属性,对图像内容的描述比较片面,缺少足够的区分信息,在图像有较大变化(如尺度等)的场合常不能取得理想的检索效果。为此,本文从颜色、纹理和颜色 3 个角度提取图像特征,实验结果表明,该方法对尺度、平移和旋转变换也具有一定的鲁棒性。

在图像检索之前,图像特征量化是首先要解决的问题。本文定义一个三元组表示模型。

定义 1 图像三元组表示模型,即

$$O = (D, F, R) \quad (1)$$

式中, \mathbf{D} 表示一幅原始图像, 比如一幅 jpeg 格式的图像; $\mathbf{F} = \{f_i\}$ 表示一组特征集合, f_i 表示第 i 个特征; $\mathbf{R} = \{r_{ij}\}$ 表示特征 f_i 的具体表示形式, 其中 r_{ij} 也是一个含有多元素的向量, 即

$$r_{ij} = [r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijk}] \quad (2)$$

式中, K 是向量的长度。

对于一个图像检索系统, 在对图像进行量化的基础上, 还要考虑一个恰当的相似度模型, 利用相似度模型对图像和图像之间的距离进行量化。

定义 2 图像相似度模型 模型以欧几里得距离为基础, 即

$$D(\mathbf{Q}, \mathbf{I}) = \sum_{f_i \in \mathbf{F}} w_{f_i} d_{f_i}(\mathbf{Q}, \mathbf{I}) \quad (3)$$

$$d_{f_i}(\mathbf{Q}, \mathbf{I}) = \sqrt{\sum_{r_{ij} \in f_i} d_{r_{ij}}(\mathbf{Q}, \mathbf{I})} \quad (4)$$

式中, \mathbf{Q} 是查询向量 (查询图像); \mathbf{I} 是被查询图像; $\mathbf{F} = \{f_i\}$ 是图像特征集合; w_{f_i} 是特征 f_i 的权值; $d_{f_i}(\mathbf{Q}, \mathbf{I})$ 是两幅图像在特征 f_i 上的距离; $d_{r_{ij}}(\mathbf{Q}, \mathbf{I})$ 是在特征 f_i 的第 j 个分量上的距离。

本文所提出的基于遗传反馈的检索方法主要是在反馈过程中, 在修改查询向量的同时, 利用遗传算法修改式(3)中的 w_{f_i} , 使得图像相似度模型中的权值更加接近用户的需求, 即相关特征具有较高权值, 不相关特征具有较低权值, 以得到较好的查询效果。

1.2 相关反馈技术

经典的相关反馈技术^[15], 一方面, 通过对最佳查询方向的估计, 调整查询方向不断靠近用户反馈的正例, 远离反例; 另一方面, 利用反馈信息修改距离公式中各分量的权值, 突出重要的分量。对一个给定的查询, 系统首先根据事先定义好的相似性度量进行计算, 获得一组根据相似度排列的图像, 相似性度量通常被定义为查询向量和数据库中图像特征向量之间的距离。然后, 用户对这组图像进行相关和不相关的标注。最后, 系统重新对查询进行定义, 获取新的图像序列^[16]。

如果已知一组相关图像 (\mathbf{D}_R) 和不相关图像 (\mathbf{D}_N), 最优化查询定义为^[17]

$$\mathbf{Q}' = \alpha \mathbf{Q} + \beta \left(\frac{1}{N_R} \sum_{D_i \in \mathbf{D}_R} D_i \right) - \gamma \left(\frac{1}{N_N} \sum_{D_i \in \mathbf{D}_N} D_i \right) \quad (5)$$

式中: α , β 和 γ 是一组参数; N_R 和 N_N 是相关图像 (\mathbf{D}_R) 和不相关图像 (\mathbf{D}_N) 的数量; \mathbf{Q} 和 \mathbf{Q}' 是查询向量。式(5)表明查询优化是通过在查询的结果中加入相关的图像, 除去不相关的图像来实现的。相关

反馈在 MARS^[18] 系统中的使用, 说明通过用户相关性反馈操作, 能够提高检索精度。

2 基于遗传反馈的多特征图像检索算法 (RFGAIR)

2.1 用于图像检索的遗传算法

遗传算法是由美国 Michigan 大学的 Holland 教授及其学生受到生物模拟技术的启发而率先提出的, 它是一种通过模拟自然进化过程进行随机、自适应搜索最优化的方法, 能够在复杂的多维空间中搜索最优解^[19-20]。图像的特征向量空间正是一个多维空间, 适合使用遗传算法进行搜索的改进。

遗传算法可定义为一个八元组, 即

$$\mathbf{GA} = (C, F, P_0, M, \phi, \Gamma, \psi, T) \quad (6)$$

式中, C 是染色体编码方法; F 是个体适应度评价函数; P_0 是初始种群; M 是种群大小; ϕ 是选择算子; Γ 是交叉算子; ψ 是变异算子; T 为算法终止条件。

结合图像检索领域的具体情况, 本文给出了具体的染色体编码方法、适应度函数以及进化终止准则, 并在此基础之上, 给出用于图像检索的遗传算法流程。

2.1.1 染色体个体编码

染色体个体的编码以“01”字符串为基础, 那么具体一个染色体个体应该用多少“01”字符串就是当前需要考虑的问题, 本文结合所需权重的精度, 采用一种基于精度的编码方法。

假设在图像检索过程中有 n 个特征, 则有 n 个特征权重, 即 $\mathbf{W} = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, 将这个 n 个权重组合成一条染色体, 即 $\mathbf{C} = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, 其中 c_n 采用二进制编码。染色体中分量与权重之间的转换关系为

$$w_n = \frac{c_n}{\sum_{1 \leq i \leq n} c_i} \quad (7)$$

假设 w_n 需要精确到 p 位小数, 故需要将闭区间 $[\min, \max]$ 分 $(\max - \min) \times 10^p$ 等份, 在当前条件下, $\max = 1, \min = 0$ 。假设 $2^{q-1} < \frac{(\max - \min) \times 10^p}{n} < 2^q$, 则 c_n 的二进制长度至少为 q 位, 染色体的具体长度为 $q \times n$ 位。

2.1.2 适应度函数设计

遗传算法按与个体适应度成正比的概率来决定当前种群中各个个体遗传到下一代群体中的机会多少,适应度函数就是用来计算种群中各个个体适应度值的函数模型。本文以查全率(recall)和查准率(resion)为基础,来设计算法的适应度函数。

定义3 适应度函数模型,如下式

$$F(\mathbf{q},c) = \alpha R(\mathbf{q},c) + \beta P(\mathbf{q},c) \quad (8)$$

$$R(\mathbf{q},c) = \frac{\bar{N}_R(\mathbf{q})}{N(\mathbf{q})} \quad (9)$$

$$P(\mathbf{q},c) = \frac{\bar{N}_R(\mathbf{q})}{N_R(\mathbf{q})} \quad (10)$$

式中: $F(\mathbf{q},c)$ 是适应度函数; \mathbf{q} 是查询向量, c 是染色体个体; α 、 β 是参数,在反馈过程中 α 为0, β 为1; $R(\mathbf{q},c)$ 是查全率; $P(\mathbf{q},c)$ 是查准率; $\bar{N}_R(\mathbf{q})$ 是查询得到的与查询向量 \mathbf{q} 相关的图像数目; $N(\mathbf{q})$ 是图像数据库中与 \mathbf{q} 相关的图像总数; $N_R(\mathbf{q})$ 是查询到的图像总数。

2.1.3 进化终止准则

在进化过程结束时,往往存在两个以上的染色体具有最大的适应度值,这个时候不恰当的舍弃,会造成有价值信息的遗失。为了避免此问题,只要满足以下的准则就停止进化:在种群中个体适应度值的标准差满足既定的阈值 α 时,则人为找到最优染色体,进化停止。

定义4 进化终止准则为

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F(\mathbf{q},c_i) - u)^2} \leq \alpha \quad (11)$$

式中: δ 是标准差; N 是种群规模; \mathbf{q} 是查询向量; c_i 是种群中第 i 个染色体个体; $F(\mathbf{q},c_i)$ 是个体 c_i 的适应度值; u 是种群中个体适应度值的均值; α 是设定的阈值。

2.1.4 用于图像检索的遗传算法

在图像检索过程中遗传算法的运行流程如下:

1) 随机产生初始化种群 $\mathbf{P}_0 = \{c_1, c_2, \dots, c_M\}$,其中每个个体 c_i 都是由随机产生的长度为 $n \times q$ 的二进制串组成。

2) 计算个体的适应度值。根据式(8)计算每个个体的适应度值 $F(\mathbf{q},c_i)$ 。

3) 判断终止化条件。终止化条件有两个:一是式(11)的条件表达式;二是系统执行之前设定的遗传进化最大代数。如果符合上述两条终止条件中的

一条,则终止遗传进行,得出最优个体,同时根据最佳个体计算出3个最佳权重—— w_1, w_2, w_3 ;否则,转到4)。

4) 选择父个体。在被选集(当前种群)中,每个个体具有一个适应度值及其分布决定的概率 p_i 。根据选择操作,得出由父个体组成的种群。

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (12)$$

式中, f_i 是第 i 个个体的适应度值, N 是种群中个体的数目。

5) 生成新种群。根据4)中得到的父种群,按照交叉和变异操作,生成新种群 \mathbf{P}' ,返回2)。

算法1以图像检索为基础,构建一个新的遗传算法模型,目的在于解决在图像检索过程中,用户不能恰当设置多特征权重的问题。由于用户对于图像特征只有感性的表面认识,往往在设置特征权重时,具有一定的随机性和不确定性,使得构建的图像相似度模型不能很好地反映用户需求,而算法1是在检索过程中,根据设定的阈值自动设定各个特征的权重。实验结果表明,该算法具有较好的实验结果。

2.2 算法

相关反馈技术是一种交互性技术,在基于内容的图像检索中主要用其来解决查询精度较低的问题,但仅用相关反馈技术却又带来另外一个问题——查询效率的问题,同时在反馈过程中人工干预的方向性不够明确,具有很强的主观性,如式(3)在人工干预过程中权重的调整具有一定的随意性。在具体实现中,将其抽象成一个函数参数优化的问题,即对式(3)中 w_{f_i} 的组合进行优化。遗传算法作为一种全局优化算法,其不依赖于梯度信息和其他辅助信息,只受搜索方向的目标函数和适应度函数的影响,常被用于函数优化及组合优化等问题,因此,为当前在反馈过程中所面临的问题提供了一种解决思路,其适应度函数和目标函数如式(8)(11)所示。将遗传算法用于反馈学习主要有以下优势:1)遗传算法作为一种自运行算法,在执行过程中无须人工干预,故将其用于反馈过程中,代替人工调整参数权重;2)由于其受目标函数的影响,因此对于参数的调整具有很强的方向性,这也解决了在反馈过程中人工干预的方向不够明确的问题;3)在基于内容的图像检索

的实际应用中,适应度函数和目标函数的构造都比较简单,因此在执行过程中计算量相对较小,加快了算法的执行速度。

基于上述介绍,相关反馈主要用于与用户的交互操作,目的在于消除被检索图像的语义不确定性,提高查询精度;遗传算法在于帮助系统理解用户的具体需求,提高查询效率。基于遗传反馈的图像检索算法(算法2)的运行流程如下:

1) 给出查询向量 $Q = (D, F, R)$, 测试图像向量 $Q' = (D, F, R)$ 及一个测试集 T , 指定图像库 I 和其对应的特征库 F 。

2) 根据测试集 T 及测试图像 Q' , 利用算法1, 得出一组最佳的权值—— w_1, w_2, w_3 , 分别对应图像3个特征——颜色、纹理和形状。

3) 利用图像相似度模型式(3), 计算出图像特征库中每幅图像 I_i 与查询向量 Q 的距离 $D(Q, I_i)$, 根据距离进行排序, 给出结果集 O 。

4) 与用户交互操作。如果当前结果集满足用户的要求, 则结束操作, 否则用户选出结果集中最理想的图像, 记做 O' , 同时转入步骤5)。

5) 由 O' 及在图像库中随机抽取的图像更新测试集 T , 同时利用式(5)更新查询向量 Q , 将测试图像向量 Q' 更新为当前查询向量 Q , 转入步骤2)。

在算法2中, 为了加快算法的执行速度, 指定测试集 T 中的图像数目 n_T 远小于图像库 C 中的图像数目 n_c , 即 $n_T \ll n_c$, 同时, 在计算距离时, 直接用特征库进行计算。

当前, 很多基于相关反馈的图像检索方法都是人工设定权重, 但由于在反馈过程中, 用户对于特征没有一个理性的认识, 因此在权重的设置上面肯定不能完全反映用户的需求, 查询结果往往不理想。本文以遗传算法为基础, 结合图像检索, 提出一个基于遗传反馈的图像检索算法, 在反馈过程中, 利用该算法获得最优权重组合, 构建最优相似度模型。实验结果表明, 该算法有较好的查询性能。

3 实验结果分析

为了检验本文所提出的检索方法的性能, 分别设计几组不同的实验, 选用 Corel-1000 database [] 作为测试图像库, 该数据库共包含 1000 幅图像, 分为 10 类, 每类 100 幅彩色图像, 主要包括非洲、海滩、

建筑、公共汽车、恐龙、大象、花、食物、马和山川的图像。

为了评价本文提出方法的效果, 以查全率 (R) 和查准率 (P) 为基础设计评价模型并作为相似度的评价准则, 如下式

$$PERF = \alpha P + \beta R \quad (13)$$

式中, α 、 β 是参数, 实验中 α 为 0.7, β 为 0.3。

其中查全率定义为检索结果中检索到的目标图像与数据库中全部目标图像数之比, 如式(9); 查准率定义为检索结果中检索到的目标图像数与检索结果中的所有图像数之比, 如式(10)所示。

实验1主要用于测试基于遗传反馈的多特征图像检索算法的检索性能。在 Corel-1000 database 中, 从每类图像中抽取出 30 幅图像, 共 300 幅图像组成一个用于测试的图像数据库。分别用本文提出的 RFGAIR, 文献[21]中提出的基于颜色特征的检索算法和文献[22]中提出的基于综合特征和相关反馈的检索算法进行检索, 以式(13)作为评价函数, 结果如图1所示。基于颜色特征的图像检索方法以颜色特征作为查询向量, 以反馈技术作为执行手段。从图1可知, 性能不是理想, 准确度只有 60% 左右, 误检率较高, 同时需要较多的反馈次数; 基于综合特征和相关反馈的检索方法精确度较高, 但是在执行检索过程中, 反馈次数波动较为明显, 比如在海滩图像的检索过程中, 反馈次数过多, 影响到检索效率; 而本文提出的基于遗传反馈的多特征检索方法检索精度较高, 同时, 由遗传算法进行特征选择, 使得相似度模型较为符合用户的实际需求, 以极少的反馈次数就能得到很好的检索结果。

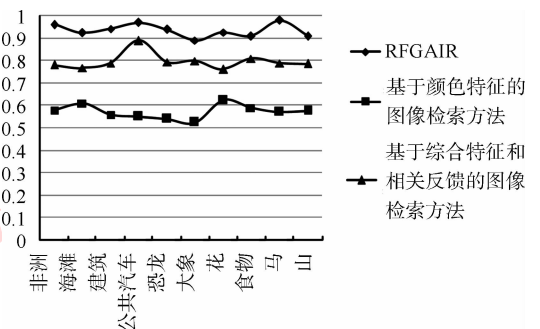


图1 算法检索性能比较图

Fig. 1 The performance of the algorithms

实验2主要用于测试在检索反馈过程中, 单特征与多特征对于反馈次数的影响。在 Corel-1000

database 中,从每类图像中抽取中 15 幅图像,共 150 幅图像组成一个用于测试的图像数据库。分别用本文提出的检索方法(实验需要,禁用算法中用于特征选择的遗传算法)和基于形状特征的反馈检索算法,对每类图像进行检索,对检索过程中对所需要的反馈次数进行统计,具体如表 1 所示。从表 1 的数据可知,本文提出的检索方法在禁用遗传算法后的平均反馈次数为 5 次,即平均进行 5 次反馈检索就可以得到用户比较满意的检索结果,而基于形状特征的反馈检索算法平均需要 9 次才可以得到比较好检索结果。单特征一般不能很好反映图像的真实情况,比如颜色,本文用颜色矩来表示图像的颜色特征,两幅完全不同的特征,完全可能拥有同样的矩值,因此可能需要多次反馈才有可能得到用户需要的目标图像,而多特征就可以比较全面地反映图像的真实情况,从多个角度确定用户需要的图像。实验表明,RFGAIR 具有较好的实验效果。

表 1 单特征与多特征对于反馈次数的影响

Tab.1 The effect of the single-feature and multi-features to the frequency of the feedback

类别	RFGAIR	单特征(形状)
非洲	5	8
海滩	6	8
建筑	6	11
公共汽车	6	9
恐龙	4	7
大象	4	10
花	5	7
食物	5	11
马	4	9
山	6	10
平均	5	9

实验 3 主要用于测试在反馈检索过程中,遗传算法对于反馈次数的影响。在 Corel-1000 database 中,从每类图像中抽取 15 幅图像,共 150 幅图像组成一个用于测试的图像数据库。分别用本文提出的检索方法和基于综合特征及相关反馈的检索算法^[22]对每类图像进行检索,对检索过程中所需要的反馈次数进行统计,具体如表 2 所示。从表 2

的数据可知,本文提出的检索方法的平均反馈次数为 3 次,即平均进行 3 次反馈检索就可以得到用户比较满意的检索结果,而基于综合特征及相关反馈的检索方法平均需要 6 次才可以得到比较好的检索结果。根据前文的介绍,遗传算法主要是用于得到一组最优的权重,进一步得到一个比较符合用户要求的图像相似度模型。对于一般的多特征反馈算法,或者是固定的图像相似度模型,或者是人工的去调整权重,不管是其中的哪种方法都不能理性地反映出用户的实际需求。而通过遗传算法,获得用户的实际偏好,优化图像相似度模型,以达到较快较好地获得检索结果的目的。实验结果表明,将遗传算法用在反馈过程中,动态修正图像相似度模型,结果较为理想。

表 2 遗传算法对反馈次数的影响

Tab.2 The effect of genetic algorithm to the frequency of the feedback

类别	RFGAIR	基于综合特征和 相关反馈检索算法
非洲	3	5
海滩	2	7
建筑	3	6
公共汽车	3	5
恐龙	1	6
大象	4	4
花	3	6
食物	4	6
马	3	6
山	4	8
平均	3	6

实验 4 主要是用于测试该检索方法对于手工绘制的简单图像的检索效果。以鞋为例,如图 2 所示。从图中可以看出,该检索方法对于简单的手绘图也可以得到比较好的效果,同时,图 2(b)(c)中,鞋子的排列顺序有一些变动,这是由于在反馈过程中,用遗传算法修正图像相似度模型所导致的,同时,图 2(c)中有 4 幅同样的图像,只是被平移和旋转,但是有 3 幅图像在检索结果中排列在一起,说明该检索算法对于平移、旋转和尺度变换有较强的鲁棒性。



(a) 手绘图——高跟鞋



(b) 初始检索结果



(c) 反馈一次后的检索结果

图2 手绘图检索

Fig. 2 The performance of the sketch retrieval

综合上面4个实验可以看出,该检索算法对于手绘图像,旋转、平移和尺度变换的图像都具有较好的检索性能,同时,利用遗传算法,可以加快检索速度,在最少反馈交互后能够得到较好的检索结果。

4 结论

针对当前图像检索领域中存在的对图像描述不准确、查询精度低和反馈次数较多的问题,提出一种基于遗传反馈的多特征图像检索算法。该算法以遗传算法和相关反馈技术为基础,在相关反馈过程中引入遗传算法,利用遗传算法的自适应机制,在反馈过程中,动态修正图像相似度模型,使相似度模型最大程度反映两幅图像之间的距离,以达到提高查询精度和较少反馈次数的目的。同时,在检索过程中,该算法从颜色、纹理和形状3个角度提取图像特征,利用组合特征描述图像,避免在单特征图像检索中出现的不同图像却具有相同单特征的问题。实验结果表明,该算法对于旋转、平移和尺度变化具有较强的鲁棒性,同时与现有方法相比,具有更高的查询精度和查询效率。

该算法利用遗传算法对图像相似度模型进行

修正,然而对于查询向量仅仅是利用普通的反馈公式进行修正,这种程度上的向量修正并不能真正反映用户的需求,因此,下一步的工作就是如何利用新的方法对查询向量在反馈过程中进行更好地修正,以更好的切合用户的需求,更好更快地获得查询结果。

参考文献 (References)

- [1] Wu Hong, Lu Hanqing, Ma Dongde. A survey of relevance feedback techniques in content-based image retrieval[J]. Chinese Journal of Computer, 2005, 28(12):1303-1314.
- [2] Wang Bing, Zhang Xin, Li Na. Relevance feedback technique for content-based image retrieval using neural network learning [C]// Proceedings of International Conference on Machine Learning and Cybernetics. New York:IEEE Press, 2006, 9(1): 3692-3696.
- [3] Yin Pengyeng, Bhanu B, Chang Kuangcheng et al. Integrating relevance feedback techniques for image retrieval using reinforcement learning[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(10): 1536-1551.
- [4] Jiang Xiangkui, Yuan Sicong, Wang Fazhan. Multi-feature relevance feedback image retrieval based on grey system theory [J]. Computer Engineering, 2006, 32(23):207-209.
- [5] Xu Xiangli, Zhang Libiao, Liu Xiangdong, et al. Particle swarm optimization based relevant feedback algorithm in image retrieval [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2009, 30(5): 971-973.
- [6] Dang Changqing, Song Fengjuan, Liu Shuming. Image retrieval based on multi-feature integration and relevance feedback[J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(3): 186-188.
- [7] Azevedo-Marques P M, Rosa N A, Traina A J M, et al. Reducing the semantic gap in content-based image retrieval in mammography with relevance feedback and inclusion of expert knowledge [J]. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2008, 3(1-2):123-130.
- [8] Zhao Tianzhong, Lu Jianjiang, Zhang Yafei, et al. Feature selection based on genetic algorithm for CBIR [J]. In IEEE Congress on Image and Signal Processing, 2008, 2(3): 495-499.
- [9] Yao Chenghao, Chen Shuyuan. Retrieval of translated, rotated and scaled color textures[J]. Pattern Recogn, 2003, 36(4): 913-929.
- [10] Fan Weiguo, Praveen Pathak, Zhou Mi. Genetic-based approaches in ranking function discovery and optimization in information retrieval—a framework [J]. Decision Support Systems, 2009, 47(4): 398-407.
- [11] Torres R S, Falcão A X, Goncalves M A, et al. A genetic

- programming framework for content-based image retrieval [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2009, 42(2):283-292.
- [12] Zhou Muchun. Approach to image retrieval based on interactive genetic algorithm and rough set [J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 28(9): 2086-2088.
- [13] Liang Jingmin. Image retrieval based on genetic FCM algorithm and support vector machines [J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(20): 165-168.
- [14] Cui Wencheng, Shao Hong. Automatic feature weight assignment based on genetic algorithm for image retrieval [J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(2): 106-108.
- [15] Liu Huan, Yu Lei. Toward integrating feature selection algorithms for classification and clustering [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2005, 17(4):491-502.
- [16] Ma Chao, Tang Zhide. Application of relevance feedback techniques in content-based image retrieval [J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Sciences Edition), 2007, 9(1): 81-84.
- [17] Gao Yuan, Geng Guohua, Liu Xiaoning. A GA based self-learning Algorithm of Image Retrieval [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2005, 35(4): 396-400.
- [18] Zhou Mingquan, Geng Guohua, Wei Na. Content-Based Image Retrieval Technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007: 211-227.
- [19] Shi Ying, He Yanxiang, Liu Maofu. An image retrieval system based on IGA [J]. Computer Engineering, 2006, 32(7): 207-209.
- [20] Das G, Ray S, Wilson C. Feature re-weighting in content-based image retrieval [J]. Proceedings of International Conference on Image and Video Retrieval, 2006, 4071(27): 193-200.
- [21] Bai Xue, Liu Wanjun. Research of image retrieval based on color [C]//Proceedings of Forum on Computer Science-Technology and Applications. New York: IEEE, 2009, 8(1): 283-286.
- [22] Jiang Shuhong, Chen Bingfa. Method of image retrieval based on integrating low level feature with relevance feedback [J]. Machine Building and Automation, 2009, 38(3): 51-53.