

融合类无标度粒子群算法的图像检索研究

靳雁霞¹, 薛 丹¹, 张 鑫¹, 李伟楠²

(1 中北大学 计算机与控制工程学院, 山西 太原 030051; 2 太原市气象局, 山西 太原 030051)

摘 要: 提出一种融合类无标度网的禁忌粒子群(ST-PSO)算法,并用其优化改进后的图像检索相关反馈过程.该方法通过融合类无标度网的禁忌粒子群算法优化反馈过程,并根据用户的反馈信息引入分辨率来动态调整特征权重以及查询向量.通过实验验证了该方法能够增加粒子种群多样性,避免早熟收敛,增强粒子跳出局部最优解的能力,并且可以检索到更加符合用户需求的图片,有效地提高了检索效率和检索精度.

关键词: 粒子群算法;无标度网;图像检索;特征权重;相关反馈

中图分类号: TP18;TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2018)01—0036—05

Research on Image Retrieval Based on Fusion the Scale Free Particle Swarm Optimization

JIN Yan-xia¹, XUE Dan¹, ZHANG Xin¹, LI Wei-nan²

(1 North University of China, School of Computer Science and Control Engineering, Taiyuan, Taiyuan 030051, China;
2 Weather Bureau in Taiyuan, Taiyuan 046600, China)

Abstract: This paper propose a Tabu search particle swarm algorithm which fusions the Scale Free Like network to optimize the improved image retrieval relevance feedback. This method opitimizes the feedback process by the Tabu search particle swarm algorithm which fusions the Scale Free Like network and lead into resolution ratio through user's feedback information to adjust the feature weight and the query vector dynamically. Experiment shows that the method can not only increase the diversity of particle population, avoid premature convergence, enhance the ability of particle to jump out of local optimal solution, but also retrieve pictures that more user-friendly, effectively improved the retrieval efficiency and retrieval accuracy.

Key words: particle swarm optimization algorithm; the scale free network; image retrieval; feature weight; relevance feedback

1 引言

图像检索在医学、军事、教育等领域都有着广泛的应用,但是在实际的检索过程中,却存在着检索效率低下、检索精度不高问题.近年来,人们采用各种优化算法来优化图像检索过程, M. Broilo and F. G. B. De Natale 用粒子群优化算法优化反馈过程,将每一次的结果划分为相关和不相关来更新特征权重^[1];符宝龙,张爱科提出用改进的布谷鸟搜索算法动态调整特征的权值,从而建立满足用户要求的相

似度模型^[2];傅启明等人提出一种多特征图像检索算法,该算法将遗传算法应用于图像检索的反馈学习中来自动获得最优的权重组合、调整图像的相似度模型,从而得到更好的检索效果^[3].

尽管上述方法在图像检索效率和检索精度方面有了一定的提升,但是在检索过程中,由于算法本身存在的缺点,检索容易停滞于次优解,并且对于查询向量的修正不能真正反映客户的需求,因此本文提出了一种融合类无标度网的禁忌粒子群算法的改进相关反馈图像检索方法.

2 相关反馈和粒子群算法

相关反馈把人的参与引入到图像检索过程中,通过用户的反馈信息来提高系统的检索性能,目前最常用的相关反馈方法有查询点移动和动态权重调整两种^[4]. 相关反馈技术的一般过程是:首先给定一幅称之为“目标图像”的图片,在具体的库中查找与之相似的图像,接着从检索到的结果中,取前 n 幅提交给用户,用户凭借自己的需求判断这些图片是相关或者不相关的,然后系统根据用户的反馈结果再次检索,直到找到使用户满意的图像为止. 在基于内容的图像检索中,相关反馈可以有效地解决查询精度较低的问题.

粒子群优化算法由 Kennedy 博士和 Eberhart 博士于 1995 年提出,是一种基于群体协作的随机搜索算法,它模拟鸟群的觅食行为,具有易于操作、收敛速度快、参数少等优点,但也不可避免地存在着一些缺点,例如种群的多样性较差、早熟收敛、易于陷入局部最优等.

3 融合类无标度网络的禁忌粒子群算法

3.1 ST-PSO 算法思想

PSO 算法初始化种群的位置 $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}]$ 和速度 $v_i = [v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}, \dots, v_{in}]$, 在迭代的过程中,粒子的速度和位置是按照个体最优解和全局最优解这两个极值来更新的,个体最优解用 $p_i = [p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{in}]$ 表示,全局最优解用 $p_g = [p_{g1}, p_{g2}, p_{g3}, \dots, p_{gn}]$ 表示. 公式(1)、(2) 分别是 PSO 算法的速度和位置更新公式:

$$v_{ij}^{t+1} = \omega v_{ij}^t + c_1 r_1 (p_{ij}^t - x_{ij}^t) + c_2 r_2 (p_{gj}^t - x_{ij}^t) \quad (1)$$

$$x_{ij}^{t+1} = x_{ij}^t + v_{ij}^{t+1} \quad (2)$$

针对传统粒子群算法种群多样性差、早熟收敛等缺陷,本文提出将类无标度网引入到粒子群中,将初始粒子分为基础群、优质群,其中,基础群 25 个粒子,优质群 5 个粒子,每个子群粒子的分布都引用类无标度网络模型,利用无标度网的特性能够有效提高粒子的种群多样性,避免早熟收敛,加强优质粒子对种群进化方向的影响,迭代 R 次后,优质群中的较好粒子若优于基础群较好粒子,则将其复制到基础群;若次于基础群较好粒子,则用基础群中的较好粒子替代优质群中的最差粒子. 粒子新的速度更新公式如式(3) 所示:

$$v_{ij}^{t+1} = \omega v_{ij}^t + c_1 r_1 (p_{ij}^t - x_{ij}^t) + c_2 r_2 (p_{gj}^t - x_{ij}^t)$$

$$+ c_3 r_3 (x_{ij}^t - g_{\min}^t) \quad (3)$$

在上面的公式中, ω 代表惯性权重, c_1 、 c_2 是加速因子, r_1 、 r_2 则是 $[0, 1]$ 之间的随机数. 在公式(1)、(3) 中, p_{ij}^t 、 p_{gj}^t 分别表示第 t 次迭代时的局部最优值、全局最优值,在式(3) 中, $g_{\min}^t$ 表示第 t 次迭代时的全局最差值.

在算法后期,为了增强融合类无标度网的粒子群(SFL-PSO)算法跳出局部最优解的能力,本文将禁忌搜索(TS)策略中的禁忌搜索表引入到 SFL-PSO 算法中^[5],迭代过程中找到的最优解和最差解被分别存储在禁忌表中,之后的迭代搜索中要尽量避开这些对象,探寻不同的搜索途径,从而实现全局最优.

3.2 ST-PSO 算法步骤

第一步:初始化粒子的速度和位置;

第二步:将初始粒子群分为两个子群,并将粒子群的分布引用类无标度网络模型,计算每个粒子的适应值,比较两个子群中的较好粒子;

第三步:根据式(2)、(3)更新粒子的位置与速度;

第四步:迭代 R 次后,当最优粒子和最差粒子的适应值基本不变时,将最优粒子的位置作为当前最好位置 P_j 存入局部禁忌表 table1 中,将最差粒子的位置作为当前最差位置 G_j 存入 table2 中;

第五步:重复第三步到第四步;

第六步:判断是否满足终止条件,如果满足则退出,否则返回第二步.

4 改进的相关反馈算法

4.1 改进的相关反馈算法的思想

动态权重调整方法是利用用户的反馈信息动态地修改距离公式中各分量的权值^[6],此方法赋予某些特征一个较大的权值,这些特征就是能够较好地区分相关图像和非相关图像的特征,反之则赋予较小的权值,但是这种方法不能修改查询向量;查询点移动方法则是根据用户的反馈信息调整查询图片的查询向量,使之更靠近相关图像,远离不相关图像^[7],但是它认为图片中每个特征的权重都是相等的. 针对以上两种方法中存在的缺陷,本文提出将权重调整和查询向量移动这两种方法结合起来,调整特征权重的同时修改查询向量,依据反馈信息调整权重,再用权重影响查询向量,该方法可以有效提高检索的精度.

4.2 特征权重调整

根据用户的反馈,本文将检索返回的图像分为相关、不相关两个子集^[8],其中, N_{rel} 表示相关子集图像的数目, N_{irr} 表示不相关子集图像的数目,在第 k 次迭代时, $\delta^{k,f}$ 表示某个特征 f 的分辨率,即特征 f 从相关图像中区分不相关图像的能力,分辨率的更新公式如式(4):

$$\delta^{k,f} = \frac{\Phi_{C_{Nrel}}^{k,f}}{\Phi_{Nrel}^k} \quad (4)$$

在式(4)中, Φ_{Nrel}^k 表示第 k 次迭代返回的所有相关图像数目, $\Phi_{C_{Nrel}}^{k,f}$ 表示第 k 次迭代返回的相关图像中,特征 f 没有落入非相关子集中的图像数目.相关图像落入非相关的取值区间内的数量越多,则特征 f 区分相关图像和非相关图像的能力越弱,此时,赋予特征 f 一个较小的权值.权重的更新方式如式(5):

$$W^{k,f} = \frac{\delta^{k,f}}{\sigma_{Rel}^{k,f}} \quad (5)$$

4.3 查询向量调整

查询点移动方法的实质是依据用户的反馈结果修改查询向量,使查询向量向更加接近用户目标的方向移动,以此来提高检索精度.一般利用 Rocchio 公式来更新查询向量,如式(6):

$$Q^{k+1} = \alpha \cdot Q^k + \beta \cdot \frac{1}{N_{rel}} \cdot \sum_{i \in rel} D_i - \gamma \cdot \frac{1}{N_{irr}} \cdot \sum_{j \in irr} D_j \quad (6)$$

式中, α, β, γ 是3个不确定常系数, D_i 是用户标注的相关图像, D_j 是不相关图像.为了提高相关图像对查询向量的影响,本文提出在每次反馈过程中用权重动态调整的结果来确定 β 值,那么,反馈过程中最优查询向量的重构过程更新为如式(7)所示:

$$Q^{k+1} = \alpha \cdot Q^k + \frac{\sum W_{rel}}{\sum W} \cdot \frac{\sum D_i}{N_{rel}} - \gamma \cdot \frac{\sum D_j}{N_{irr}} \quad (7)$$

式(7)中, $\sum W_{rel}$ 表示用户标记的相关图像的权重向量和, $\sum W$ 表示所有反馈图像的权重向量和.

5 融合类无标度网的禁忌粒子群算法和改进的相关反馈的图像检索

5.1 ST-PSO-RF 算法思想

在图像检索过程中,用 ST-PSO 算法优化反馈过程,把粒子看作特征空间中的一个点,在解空间中寻找和自己相似度最大的点,可以避免检索陷入局

部最优.在每次反馈过程中,调整特征权重以及查询向量,使得检索向着满足用户需求的方向进行.

对图片进行特征提取,本文采用文献[1]中的特征提取方法,将图像表示成特征空间中的向量形式,此向量由四个特征向量构成,分别是:颜色矩、颜色直方图、边缘直方图和小波纹理.图片 x_i 可以表示为 $x_i = [x_i^{cm}, x_i^{dh}, x_i^{et}, x_i^{wt}]$,图片之间的相似度由加权欧氏距离来表示,如式(8)、(9)所示:

$$\begin{aligned} \text{Dist} = & \text{WMSE}(x_q^{cm}, x_j^{cm}) \\ & + \text{WMSE}(x_q^{dh}, x_j^{dh}) \\ & + \text{WMSE}(x_q^{et}, x_j^{et}) \\ & + \text{WMSE}(x_q^{wt}, x_j^{wt}) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{WMSE}(x, y) = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S (x_s - y_s)^2 \times w_s^k \quad (9)$$

x_q 是查询图片, x_i 是目标图片,WMSE指对应的特征向量下两张图片间的加权欧氏距离, s 是特征维数, w^k 是第 k 次迭代时特征的权重,当 $k=1$ 时,赋予每一个特征相等的权重.

根据公式(8)和(9),可以计算出图像间的相似程度,在第一次迭代之后,将前 n 幅图片呈现给用户,用户将反馈回来的图片分为相关、不相关两个子集.在接下来的反馈过程中,系统根据本文所提出的方法优化查询向量的同时,调整式(9)中的 w ,使相关特征有较高的权值,因此可以得到更好的检索效果.

5.2 ST-PSO-RF 算法流程

ST-PSO-RF 算法的流程如图1所示,具体步骤如下:

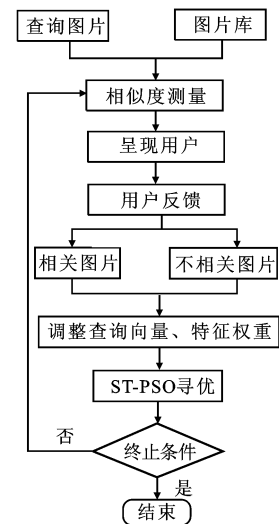


图1 ST-PSO-RF 流程图

(1)根据公式(8)、(9)计算查询图片和图片库中

图片的距离,并将查询结果的前 n 幅呈现给用户;

(2)用户将反馈回来的图片分为相关、不相关两个子集;

(3)根据式(5)调整特征权重,并根据式(7)优化查询向量;

(4)初始化粒子种群,用 ST-PSO 算法优化反馈过程,并用式(2)、(3)更新粒子种群;

(5)判断是否达到终止条件,达到则退出,否则返回步骤(2).

6 实验及结果分析

6.1 实验图像库及参数设置

本文选取 Coral 图片库进行实验,该图片库中的图片分为 10 个类别,每个类别 100 张,共有1 000 张图片,10 个类别包括: africa、beaches、monuments、busses、dinosaurs、elephants、flowers、horses、mountain、cookie. 算法中初始化粒子种群数 $N=30$, w 从 0.7 到 0.2 线性递减, $c_1=c_2=0.5$, $r_1、r_2$ 是 $[0,1]$ 上的随机数. 当 $k=1$ 时,每个特征的权重一样,并且初始化 $\alpha=0.1, \beta=0.6, \gamma=0.3$.

6.2 实验结果及分析

实验在相同的条件下,比较 PSO-RF^[9] 算法、PSORW-RF^[10] 算法以及本文算法的检索效果,采用各个算法的查准率来评价其性能,查准率的定义如下:

查准率= $\frac{A}{A+B}$

式中, A 表示检索结果中用户标注的相关图像的数目, B 表示检索结果中用户标注的不相关图像的数目.

图 2、图 3、图 4 分别表示 PSO-RF、PSORW-RF 和本文算法的检索效果,其中左上角的是查询图像,图 5 表示了 3 种算法的查准率,top48 是在反馈中用户满意的图像数目,图 6 则用柱状图的形式形象地比较了 3 种算法的查准率.



图 2 PSO-RF 检索效果



图 3 PSORW-RF 检索效果



图 4 ST-PSO-RF 检索效果

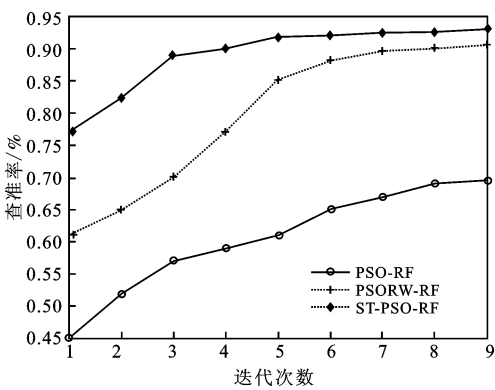


图 5 top48 的查准率比较

由图 2、图 3、图 4 可以看出 PSO-RF 算法的查找准确率是 58.33%,PSORW-RF 算法的查找准确率是 68.75%,ST-PSO-RF 算法的查找准确率是 75%,因此在修改特征权重及查询向量的同时,将改进的粒子群算法应用在相关反馈中,有利于增加粒子的多样性,增强粒子从局部最优解跳出的能力,从而获得更好的检索效果.

由图 5 能够看出,3 种算法的查准率随着迭代次数的增加都在加强,但是相比较而言,本文算法的检索能力更强.图 6 柱状图则更直观地表示了 3 种算法的查准率随迭代次数的变化.实验结果表明本文算法有较好的检索能力,能够更有效地检索到符合用户需求的图片.

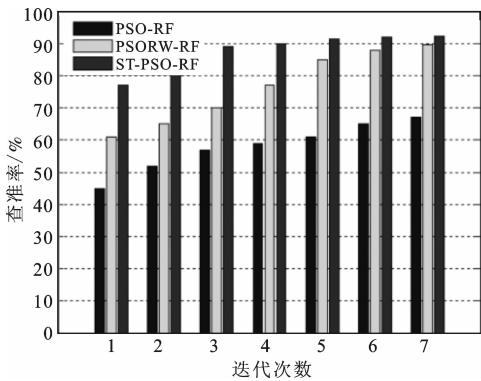


图 6 3 种算法查准率比较

7 结束语

针对目前基于内容的图像检索存在的检索精度不足、检索效率低这两个方面的问题,本文提出了一种新的图像检索方法,该方法将改进的粒子群算法和相关反馈相结合以达到更好的检索效果,此方法提取了颜色矩、颜色直方图、边缘直方图和小波纹理这四个图像特征构成特征向量,将基于类无标度网络的禁忌粒子群算法引入图像相关反馈技术中,改进的粒子群算法使检索不易停滞于次优解,有效地减少了相关反馈次数,根据用户的反馈信息,动态地调整特征权重、优化查询向量,使检索结果能够向着符合用户要求的方向发展,这对于检索精度的提升有明显的效果。在今后的研究中,不仅要寻找更合适的优化算法来优化反馈过程,而且要寻找更好的调整权重的方法,从效率和精度两方面有效地提高图像检索的性能。

参考文献:

[1] Broilo M, De Natale F G B. A stochastic approach to image retrieval using relevance feedback and particle swarm optimization[J]. IEEE Transactions on Multi-

media, 2010, 12(4):267-277.

[2] 符保龙, 张爱科. 基于改进布谷鸟搜索算法的相关反馈图像检索[J]. 电视技术, 2014, 38(3):39-42.

[3] 傅启明, 刘全, 王晓燕, 等. 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.

[4] 余武. 基于内容的图像检索及相关反馈技术研究[D]. 吉林, 长春: 东北师范大学, 2014.

[5] 李勇刚, 邓艳青. 结合禁忌搜索的改进粒子群优化算法[J]. 计算机工程, 2012, 38(18):155-157.

[6] 李庆先. 基于内容的图像检索相关反馈算法的改进[J]. 计算技术与自动化, 2007, 26(2):38-41.

[7] Su J H, Huang W J, Yu P S, et al. Efficient relevance feedback for content-based image retrieval by mining user navigation patterns[J]. IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering, 2011, 23 (3): 360-372.

[8] 孙艳红. 基于感兴趣区域的融合多特征图像检索方法研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2010.

[9] Broilo M, Rocca P, De Natale F G B. Content-based image retrieval by a semi-supervised particle swarm optimization [C]// Multimedia Signal Processing, 2008 IEEE, Workshop on. IEEE Xplore, Cairns, Queensland, Australia, 2008:666-671.

[10] Xu X, Liu X, Yu Z, et al. Re-weighting relevance feedback image retrieval algorithm based on particle swarm optimization[C]// Sixth International Conference on Natural Computation. IEEE, Valencia, Spain, 2010:3609-3613.

作者简介:

靳雁霞 女, (1973-), 博士, 副教授. 研究方向为智能优化算法、虚拟现实技术.

薛丹(通信作者) 女, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法. E-mail: 478467005@qq.com.

张鑫 男, (1994-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法.

(上接第 35 页)

[9] 尹光明. G. 726 语音编码的优化研究与 IP 核设计 [D]. 沈阳: 东北大学, 2010.

作者简介:

张昕源 男, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为数字集成电路设计. E-mail: xinyuanworkmail@sina.com.

高绍全 男, (1981-), 博士研究生. 研究方向为数模混合集成电路设计.

姜汉钧 男, (1980-), 博士生导师. 研究方向为数模混合电路设计.

王志华 男, (1960-), 教授, 博士生导师. 研究方向为集成电路和系统的设计方法学、用于医疗和通信的低功耗模拟与射频集成电路设计、高速实时信号处理.