

粒子群蛙跳算法在图像相关反馈中的研究

银 莉,靳雁霞,张晓闻,张 鑫

(中北大学 计算机与控制工程学院,山西 太原 030051)

摘 要: 针对在基于内容的图像检索中,底层视觉特征和高层语义特征存在的语义鸿沟问题,提出将粒子群蛙跳算法引入基于内容的图像检索之中.通过使用粒子群蛙跳算法来优化反馈过程,一方面可以增强粒子之间的差异性,使粒子不会停滞于次优解,在检索过程中,检索到更多符合用户需求的图片;另一方面通过粒子种群的迭代寻优,用户对检索到的图片进行评价,可以使计算机更加理解用户的需求.通过仿真实验证明,该方法可以有效地提高图像检索的查准率.

关键词: 粒子群;相关反馈;蛙跳算法;图像检索

中图分类号: TP 391.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)02-0097-04

Image Retrieval Relevance Feedback Algorithm Based on Particle Swarm Optimization-Shuffled Frog Leaping Algorithm

YIN Li, JIN Yan-xia, ZHANG Xiao-wen, ZHANG Xin

(School of Computer Science and Control Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Aim at the semantic gap between visual low level features and high level semantics, this paper proposed a method that imported particle swarm optimization-shuffled frog leaping algorithm into the relevance feedback on the content-based image retrieval. Feedback process is optimized by using particle swarm optimization-shuffled frog leaping algorithm, on the one hand enhance the retrieval ability, makes retrieval can jump out of the sub-optimal, on the other hand through the optimization iteration of the particles that users evaluate the retrieved images, makes the computer understand the needs of users. Through the simulation experiments showing that the proposed method can effectively improve the precision of image retrieval.

Key words: particle swarm optimization; relevance feedback; shuffled frog leaping algorithm; image retrieval

1 引言

在信息技术时代,图像检索已经广泛地应用于医学、教育、娱乐和网络搜索等方面,但是由于底层视觉特征和高层语义之间存在的语义鸿沟问题,使得基于内容的图像检索技术的表现不是很理想^[1],因此,将相关反馈(RF)技术引入到图像检索中,在检索过程中,可以掌握用户的信息,提高检索的准确性.

RF 是一种有效解决问题的方法,已经应用在许多领域中^[2].但是,在图像检索中,想要取得理想

的检索效果,就必须通过大量的迭代次数,这样使得检索效率降低.为了解决这一问题,本文提出了将粒子群算法和相关反馈相结合,将反馈过程看作一个优化问题,用粒子群蛙跳算法来优化反馈过程.这样能够快速找到最优解,而且改进的粒子群算法能够跳出局部最优解,更好地寻找全局最优解.

2 粒子群算法在相关反馈中的应用

目前为止,在图像检索中,RF 是一种比较有效地方法,通过用户的参与把其对图像的理解及时有效地反馈给电脑.但是,RF 在图像检索的效果却不

是很理想,主要是由于算法的有限性,在检索过程中,容易停滞于次优解,针对相关反馈在图像检索中的这一缺陷,我们用改进的粒子群算法来优化 RF. 在近几年中,已经有很多学者将 PSO 算法应用到图像检索中, Muhammad Imran 和 Rathiah Hashim 提出了一种 PSO-SVM-RF 方法^[3],用粒子群优化反馈过程,然后再用 SVM 对检索到的图像进行分类,提高了图像检索的准确性; Younus, Zeyad Safaa, Mohamad 将 PSO 和 k-means 聚类算法相结合^[4],用 PSO 算法优化 k-means 聚类算法的质心,使图像检索能够在更广阔的区域寻优,不易停滞于次优解; M. Broilo and F. G. B. De Natale 用粒子群优化反馈过程^[5],通过每一次迭代用户对图像相关和不相关的划分,来更新图像的特征权重,并对粒子群进行分组,增大图像检索的差异性,使其找到更多符合用户的图像;唐朝霞和章慧将粒子群算法和相关反馈引入到图像检索过程中,根据用户的反馈信息引入 w 自适应调整和 Beta 自适应变异的粒子群算法动态调整图像的特征权重,从而提高图像的检索精度以更好地满足用户的需求^[6];许相莉等人将 PSO 和 RF 的切合点做了详细的分析,将 PSO 算法应用到图像检索中,避免了反馈算法的局限性^[7].

3 改进的粒子群算法和相关反馈的图像检索

3.1 PSO-SFLA-RF 算法思想

由于在图像检索中,随着迭代次数的增大,检索容易停滞不前,收敛于一个全局次优解,因此,将粒子群蛙跳算法引入相关反馈中,提高图像检索的高效性. 混合蛙跳算法 (Shuffled Frog Leaping Algorithm, SFLA) 的思想是: 在湿地里生活着一群青蛙,每个青蛙都定义为一个解,青蛙在不同的石头间跳跃去寻找食物. 这群青蛙又被分为很多个子群,每个子群的青蛙间充分交流. 进化到一段时间后,各个子群之间也要进行信息交流. 每个青蛙就是充分利用子群和种群的信息来找到食物^[8]. 将混合蛙跳算法的分组思想应用到反馈过程中,可以增加检索的多样性,提高检索的准确性.

3.2 算法描述

3.2.1 特征提取和相似度测量

在图像检索中,首先对图片进行特征提取,本文采取文献^[5]的特征提取方法,该方法主要由四个特征向量构成——颜色矩 x_i^{cm} 、颜色直方图 x_i^{ch} 、边缘直方图 x_i^{dh} 和小波纹理 x_i^{wt} . 图片 x_i 可以表示为 $x_i = [x_i^{cm}, x_i^{ch}, x_i^{dh}, x_i^{wt}]$, 图片之间的相似度由加权欧

氏距离来表示,如式(1)、(2)所示:

$$\text{Dist} = \text{WMSE}(x_q^{cm}, x_j^{cm}) + \text{WMSE}(x_q^{ch}, x_j^{ch}) + \text{WMSE}(x_q^{dh}, x_j^{dh}) + \text{WMSE}(x_q^{wt}, x_j^{wt}) \quad (1)$$

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

式中, WMSE 是计算一对相应的特征向量之间的加权欧氏距离, x_q 是查询图片, S 是对应的每一种特征的维数, w^k 是第 k 次迭代地特征权重, 在第一次迭代地时候, 每一个特征惯性权重都等于 1.

根据上述准则, 可以计算两幅图像的相似程度, 在第一次迭代之后, 根据式(1)和(2), 按从小到大的顺序将反馈的图片呈现给用户. 用户根据反馈的图片将其分为相关和不相关两个子集, 然后再用粒子群蛙跳算法对其优化, 直到达到终止条件为止. 该算法的终止条件是: (1) 检索结果用户满意; (2) 达到最大迭代次数. 只要满足其中一个, 算法就结束.

3.2.2 种群更新和适应度函数

在本文提出的图像检索过程中, 把 RF 看作是用 PSO-SFLA 算法的优化过程, 所以在检索中, 把粒子 p_i 看作是特征空间中的一个点, 在特征解空间中寻找和自己相似度最大的点, 即全局最优.

根据用户的反馈, 将图像分为相关 (X_{rel}) 和不相关 (X_{irr}) 两个子集后, 用粒子群蛙跳算法对反馈算法进行优化. 根据蛙跳算法的思想, 把粒子群分为 m 组, 每组 n 个粒子, 第 i 组粒子可以表示为

$$(x_i, x_{m+i}, x_{2m+i}, \dots, x_{(j-1)m+i}),$$

其中, $i \in [1, m], j \in [1, n]$. 每反馈一次, 粒子群都重新分组一次. 第一次分组是按照加权欧氏距离 (Dist) 相似性度量准则, 从小到大排序, 然后按照蛙跳算法的分组思想对其进行分组; 之后的分组是按照适应度函数值从小到大排序, 然后运用蛙跳算法对其进行分组. 本文所使用的适应度函数是 Broilo 和 De Natale 所定义的^[5], 如式(3)所示:

$$\psi_{p_i}^k = \frac{\frac{1}{N_{rel}^k} \sum_{r=1}^{N_{rel}^k} \text{Dist}(p_i^k; x_r^k) + \frac{1}{(1/N_{irr}^k) \sum_{i=1}^{N_{irr}^k} \text{Dist}(p_i^k; x_i^k)}} \quad (3)$$

式中, N_{rel}^k 是第 k 次迭代地相关图像的数目, x_r^k 中, $r = 1, 2, \dots, N_{rel}^k$; N_{irr}^k 是第 k 次迭代地不相关图像的数目, x_i^k 中, $i = 1, 2, \dots, N_{irr}^k$. 根据式(1)和(2)可以计算得到加权欧氏距离. 根据式(3)可以看出, 该适应度函数是粒子到相关图像的平均距离加上粒子到

不相关图像的平均距离的倒数。采用该适应度函数,可以在粒子搜索过程中,避免随着迭代次数的增加,不相关图像集的增大,粒子向不相关图像聚拢的趋势。粒子适应度函数越小,表明粒子距离相关图像就越近,反之亦然。

传统的粒子群算法由3部分组成:种群历史最优、粒子自身最优和种群全局最优。本文提出的粒子群蛙跳算法在RF中的改进,粒子的全局最优值(gbest)的更新和传统的粒子群更新方式有所不同。在本文中,粒子的全局最优值是检索到的相关图像中,相关图像 x_r 和其他所有相关图像的加权距离之和与不相关图像的加权距离之和的倒数的最小值,如式(4)所示。

$$gbest = \min \left\{ \sum_{r=1}^{N_{rel}} \text{Dist}(x_r; x_j) + \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_{irr}} \text{Dist}(x_r; x_i)} \right\} \quad (4)$$

式中, $x_r, x_j \in N_{rel}, x_i \in N_{irr}$ 。粒子和不相关图像之间的加权距离越大,说明其远离不相关图像,其倒数也就越小;粒子和相关图像的加权距离越小,说明其越靠近相关图像。所以,全局最优使用它俩相加的最小值,可以使得粒子远离不相关图像向相关图像靠近,增强检索最优图片的能力。

3.3 算法流程

图1中给出了 PSO-SFLA-RF 算法的流程。

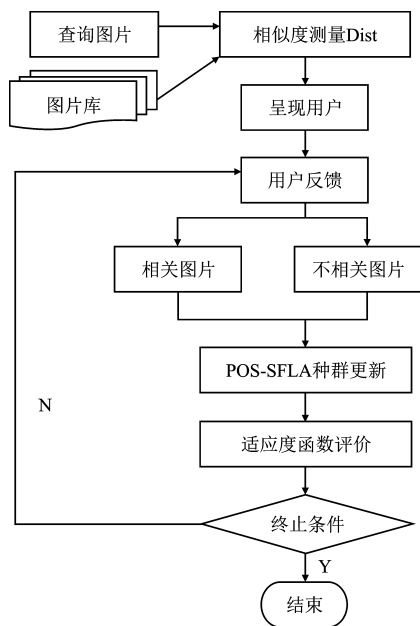


图1 PSO-SFLA-RF 流程图

(1)根据加权欧氏距离式(1)和式(2)计算查询图片和图片库中图片的距离,按照从小到大的顺序呈现给用户;

(2)用户将反馈的图片分为相关和不相关两个子集;

(3)初始化粒子种群,用粒子群蛙跳算法优化反馈过程,根据式(4)更新全局最优,然后用以下公式更新粒子种群;

$$V_{ij}(t+1) = w \times v_{ij}(t) + c_1 r_1 (P_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2 r_2 (P_{gj}(t) - x_{ij}(t)), x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + v_{ij}(t+1);$$

(4)根据式(2)计算适应度函数;

(5)判断是否满足终止条件。如果满足则结束程序;否则返回(2)。

4 实验及结果分析

4.1 实验图片库及参数设置

本文选取的图片库是 Coral 图片库, Coral 图片库有十个类别的图片,每个类别有100个,一共1000张图片,这十个类别分别是: africa、beaches、monuments、busses、dinosaurs、elephants、flowers、horses、mountain、cookie/food。算法初始化群体规模 $N=50$,惯性权重 w 从0.7线性减小到0.2,学习因子 $c_1=c_2=0.5$, r_1 和 r_2 是 $[0,1]$ 上的随机数。

4.2 实验结果及分析

本文比较的方法是 PSO-RF^[9] 和 PSO-SVM-RF^[3]。本文所采用的衡量标准是查准率,其定义如下:

查准率=检索到的相关图像数目/检索到的所有图像数目。

图2和图3分别表示了 PSO-RF 算法和 PSO-SFLA-RF 算法的检索效果。图4和图5分别表示了 PSO-SFLA-RF 算法、PSO-SVM-RF 算法和 PSO-RF 算法的查准率,其中, top40 和 top80 是在反馈中用户满意的图像数目。图6用柱状图形象地表示了三种算法查准率的比较。

由图2和图3可以看出单一地将粒子群算法应用到相关反馈中,检索到的相关图像数目较少。这是由于 PSO-RF 在检索过程中容易受不相关图像的影响,在检索过程中停滞于次优解,寻找最优解的能力相对较弱。将蛙跳算运用到粒子群中,可以增强粒子的多样性,使粒子具有更好地寻优能力,检索到更多相关的图片。从图4和图5可以看出,随着迭代次数的增大,图像检索的查准率都在不断提高; PSO-SFLA-RF 算法相比其他两种算法具有更好地检索能力,其搜索能力更加强大,这是由于融合了蛙跳算法的分组机制,扩大解空间的搜索范围,使图像的检

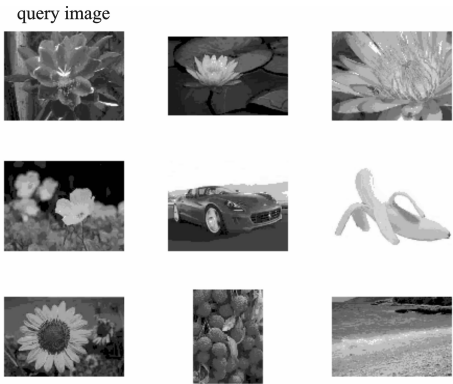


图 2 PSO-RF 检索效果

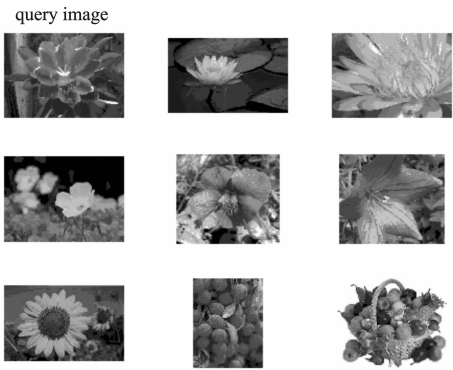


图 3 PSO-SFLA-RF 检索效果

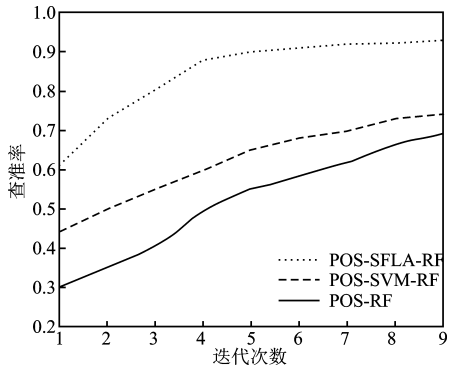


图 4 top40 的查准率比较

索能力更强. 图 6 用柱状图形象地比较了三种算法地查准率, 可以很明显地看出使用粒子群蛙跳算法来优化反馈过程, 计算机能够更好地理解用户的需求, 使得检索到的图片更加符合用户的需求.

5 结束语

本文提出了一种基于粒子群蛙跳算法来优化图像检索相关反馈的新方法. 蛙跳算法的分组思想, 使粒子之间的差异性增大, 在检索图像的过程中, 具有更好地检索能力, 不会停滞于次优解. 粒子群算法的迭代寻优, 使得计算机能够准确地掌握用户的需求, 检索到更

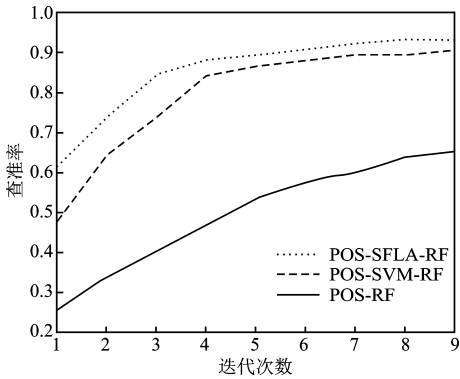


图 5 top80 的查准率比较

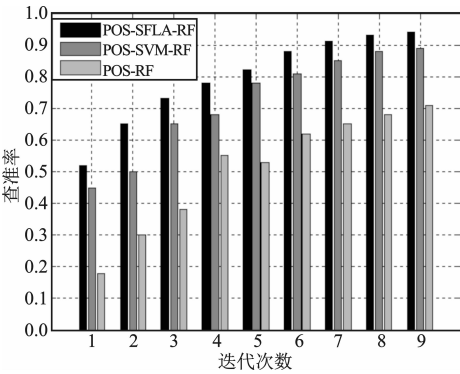


图 6 三种算法的查准率比较

多符合用户的图片. 将粒子群蛙跳算法应用在相关反馈中, 提高了检索图像的查准率. 在今后的研究中, 寻找更加合适的优化算法来优化反馈过程, 使得其检索效果更加贴近用户的需求, 检索能力更高.

参考文献:

[1] Tao S, Li X, Maybank S J. Negative samples in relevance feedback [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2007, 19(4): 568-580.

[2] Zhang L, Wang L, Lin W. Generalized biased discriminant analysis for content-based image retrieval [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, PartB: Cybernetics, 2012, 42(1): 282-290.

[3] Muhammad Imran, Rathiah Hashim. Stochastic optimized relevance feedback particle swarm optimization for content based image retrieval [J]. The Scientific World Journal, DOI: 10.1155/2014/752090, 2014.

[4] Younus, Zeyad Safaa, Mohamad, et al. Content-based image retrieval using PSO and k-means clustering algorithm [J]. Arabian Journal of Geosciences, 2015, 8(8): 6211-6224.

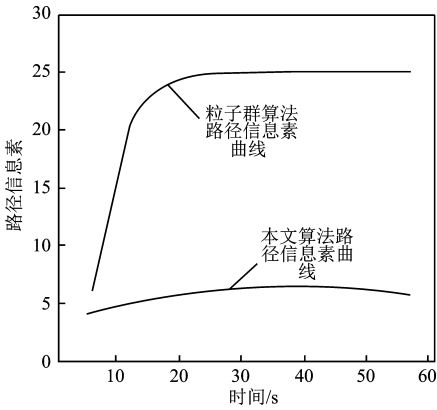


图 3 两种算法下路径转移概率曲线对比图

的网链路负荷均衡控制方法,能够缓解分布式监控网络的数据拥塞现象,并且在带宽利用率及网络丢包率等方面对比传统方法具有较大优势,从多个角度验证了本文方法的优越性.

4 结束语

为解决分布式网络监控系统中网链路负荷均衡度差的问题,本文提出一种基于蚁群算法的分布式网络监控系统网链路负荷均衡方法研究,通过模拟蚁群的行为,来判断各路径中的信息素浓度,进而对各路径的数据信息进行合理分配,实现分布式网络监控系统网链路的均衡负荷,仿真实验证明了提出方法的有效性.

参考文献:

[1] 宋彦京. OpenFlow 下分布式网络中相关负载均衡路由的研究[J]. 网络安全技术与应用, 2015, 32(11): 70-71.

[2] 陈孟元. 基于节点负载均衡的分布式光伏发电无线安全监控网络研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(1): 92-100.

[3] 贺昱洁. 负载均衡的大数据分布存储方法研究与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.

[4] 张萌洁. 分布式交通网络仿真平台的动态负载均衡算法研究及应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2015.

[5] 李文琴, 文俊浩. 基于多波长 SRP 的分布式 WDM 光网络光路建立研究[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(22): 217-224.

[6] 黄帅, 刘海颖, 杨毅钧, 等. 基于惯性网络的分布式信息融合算法[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(6): 34-54.

[7] 颜靖华. 分布式蓄电池监测系统中电压均衡技术研究[J]. 电源技术, 2015, 39(5): 975-976.

[8] 陈满电. 分布式交通网络仿真的负载均衡算法研究及设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2014.

[9] 王庆福. 基于负载均衡自组织网络电源监控系统的设计[J]. 电源技术, 2014, 38(6): 1145-1146.

[10] 李淑英, 邱瑞昌, 杨春, 等. 混合动力动车组网络监控分析与实现[J]. 电子设计工程, 2016, 24(2): 117-120.

[11] 王亚维. 高渗透率光伏发电系统中网源互动技术的研究[D]. 上海: 上海电力学院, 2015.

[12] 朱虹宇, 李挺, 闫健恩, 等. 基于动态负载均衡的分布式任务调度算法研究[J]. 高技术通讯, 2014, 24(12): 1261-1269.

作者简介:

杜旋男, (1987-), 硕士, 工程师. 研究方向为物联网及应用. E-mail: ss356398632@163.com.

姜学峰男, (1966-), 硕士, 工程师. 研究方向为计算机应用开发及管理工作.

王正敏男, (1979-), 硕士研究生, 工程师. 研究方向为矿业.

李威男, (1984-), 硕士研究生, 工程师. 研究方向为网络与信息安全.

董惠良男, (1986-), 工程师. 研究方向为信息智能化.

(上接第 100 页)

[5] Broilo M, De Natale F G B. A stochastic approach to image retrieval using relevance feedback and particle swarm optimization[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2010, 12(4): 267-277.

[6] 唐朝霞, 章慧, 徐冬梅. 一种改进的粒子群算法和相关反馈的图像检索[J]. 计算机科学, 2011, 38(10): 278-280.

[7] 许相莉, 张利彪, 刘向东, 等. 基于粒子群的图像检索相关反馈算法[J]. 电子学报, 2010, 38(8): 1935-1940.

[8] 黄太安, 生佳根, 徐红洋, 等. 一种改进的简化粒子群算法[J]. 计算机仿真, 2013, 20(2): 327-330.

[9] Broilo M, Rocca P, F G B De Natale. Content-based

image retrieval by a semi-supervised particle swarm optimization[C]// Workshop Multimedia Signal Processing, 2008. Copenhagen, 2008.

作者简介:

银莉女, (1991-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法. E-mail: 826082049@qq.com.

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.

张晓闻女, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法.

张鑫男, (1994-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法.