

基于多语义特征的彩色图像检索技术研究

牛盼盼¹ 王向阳^{1,2} 周璐¹ 杨红颖¹

(辽宁师范大学计算机与信息技术学院 大连 116029)¹

(北京大学视觉与听觉信息处理国家重点实验室 北京 100871)²

摘要 基于语义内容的图像检索已成为解决图像低层特征与人类高级语义之间“语义鸿沟”的关键。以性能优越的回归型支持向量机(SVR)理论为基础,结合重要的图像边缘信息及人眼视觉特性,提出了一种基于多语义特征的彩色图像检索新算法。该算法首先利用 Canny 检测算子提取原始图像的边缘信息,并得到低层纹理特征,同时利用 SVR 将低层特征映射到高级语义,以获得图像的高级纹理语义。然后结合人眼视觉系统感知特性,给出基于重要区域主要颜色的高级颜色语义。最后根据上述高级语义特征(纹理语义和颜色语义)进行图像检索。实验结果表明,该算法能够有效地对图像高级语义进行刻画,不仅图像匹配检索效果良好,而且具有稳定的检索性能,其对于缩小低层视觉特征与高级语义概念之间的“语义鸿沟”具有重要意义。

关键词 图像检索,高级语义,回归型支持向量机,视觉感知特性

中图法分类号 TP391

Content-based Color Image Retrieval Using Multi-semantics

NIU Pan-pan¹ WANG Xiang-yang^{1,2} ZHOU Lu¹ YANG Hong-ying¹

(School of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)¹

(National Laboratory on Machine Perception, Peking University, Beijing 100871, China)²

Abstract The performance of content-based image retrieval (CBIR) systems is largely limited by the gap between the low-level feature and high-level semantic concept. A new content-based color image retrieval method using multi-semantics was proposed, which not only takes into consideration the important image edge information and human visual system, but also utilizes the support vector regression (SVR) theory. Firstly, the important image edge was extracted by using canny detection operator and the low-level texture feature was computed. Then, the high-level texture semantic was determined by mapping the low-level feature using SVR. Secondly, the high-level color semantic could be obtained by using the main color of the most important region. Finally, image retrieval was implemented by using both texture semantic and color semantic. Experimental results show that the proposed image retrieval is effective in characterizing image high-level semantic and can provide sound and robust image retrieval performance, which has strong significance for reducing the “semantic gap” between the visual feature and semantic concept.

Keywords Image retrieval, High-level semantic, Support vector regression, Human visual system

1 引言

随着多媒体技术的迅猛发展与 Internet 技术的日益普及,数字图像的来源正在不断扩大,图像数据的种类和数量也在与日俱增。无论是军用还是民用设备,每天都会产生容量相当于数千兆字节的图像,这些数字图像包含了大量有用信息。为了能够从浩瀚的图像数据库中快速、准确地找到用户所需内容,基于内容的图像检索(Content Based Image Retrieval, CBIR)技术得到了广泛关注,并已成为国际学术界研究的一个热点^[1]。近年来,人们围绕图像内容的分析与处理开展了卓有成效的研究工作,陆续提出了一系列基于内容的

图像检索系统,如 IBM 公司的 QBIC 系统、麻省理工学院的 Photobook 系统、加州大学伯克利分校的 Blobworld 系统、宾州州立大学的 SIMPLcity 系统、哥伦比亚大学的 VisualSeek 系统、德国不来梅大学的 IRIS 系统等等^[1]。

总体说来,可以将基于内容的图像检索技术划分为两大类,即基于低层视觉特征的图像检索和基于高级语义特征的图像检索^[1]。其中,基于低层视觉特征的图像检索系统^[2-6]通常由用户指定示例图像,然后比较示例图像与数据库图像的低层视觉特征(颜色、纹理、形状等),最后将满足一定相似性的一组候选结果(相近图像)按相似度大小排列并返回给用户。由于这类图像检索系统一般是通用查询系统,故其对图

到稿日期:2008-06-30 本文得到国家自然科学基金(60773031),计算机软件新技术国家重点实验室(南京大学)开放基金(A200702),视觉与听觉信息处理国家重点实验室(北京大学)开放基金(0503),大连市科技基金(2006J23JH020),“图像处理与图像通信”江苏省重点实验室(南京邮电大学)开放基金(ZK205014)和江苏省计算机信息处理技术重点实验室(苏州大学)开放课题基金(KJS0602)资助。

王向阳(1965—),男,教授,CCF 高级会员,主要研究领域为多媒体信息处理技术、网络信息安全技术,E-mail: wxy37@126.com。

像领域没有限制。然而,具有相同或相似低层视觉特征的图像可能有着完全不同的概念信息。也就是说,在图像的低层视觉特征和高级概念之间存在着语义间隔(Semantic Gap),而且图像领域越宽泛,其语义间隔就越大。因此,基于低层视觉特征的图像检索系统普遍存在检索精度不高、查询时间开销较大等不足^[1]。而高级语义图像检索系统在^[7]分析图像内容并提取特征(低层视觉特征)之后,并不进行低层视觉特征比较,而是直接给出相应的语义解释,从而使用户可以进行概念化(文字)查询。目前,高级语义特征一般用文字描述,传统方法一般用半自动或手动输入方式提取语义特征^[8-15]。图像的高级语义特征需要人为理解,而且每个用户对图像语义的主观理解又不尽相同,这大大增加了图像检索中高级语义特征提取的难度。研究者普遍认为^[1,7],限制图像领域,缩小低层视觉特征与高级概念之间存在的语义间隔,合理引入人工智能和机器学习技术,是解决基于内容图像检索领域所存问题的有效途径。

我们知道,边缘是图像局部变化最显著的部分,也是人类理解图像内容的重要线索,其在图像分析和理解中有重要价值。尽管边缘通常处于图像内容中有“意义”的变化位置,能够很好表征图像的内容特征,却很少在图像检索领域得到应用。本文以性能优越的回归型支持向量机(SVR)理论为基础,结合重要的图像边缘信息及人眼视觉特性,提出了一种基于多语义特征的彩色图像检索新算法,其基本工作步骤为:(1)首先利用 Canny 检测算子提取原始图像的边缘信息,并得到低层纹理特征,然后利用 SVR 将低层特征映射到高级语义,进而获得图像的高级纹理语义;(2)结合人眼视觉系统感知特性,给出基于重要区域主要颜色的高级颜色语义;(3)根据上述高级语义特征(纹理语义和颜色语义)进行图像检索。仿真实验表明,该算法不仅能够得到出众的检索效率,而且与人类视觉感知系统具有较好的一致性,其对于缩小低层视觉特征与高级语义概念之间的“语义鸿沟”具有重要意义。

本文第 2 节描述图像的低层纹理特征抽取方法;第 3 节介绍基于 SVR 的高级纹理语义映射步骤;第 4 节讨论基于重要区域主要颜色的高级颜色语义特征抽取过程;第 5 节给出仿真实验结果及结论。

2 低层纹理特征抽取

2.1 图像边缘的提取

图像边缘对人类视觉系统具有重要意义,它是人类判别物体的重要依据,也是图像的最基本特征之一。图像边缘信息可广泛应用于模式识别、机器视觉、图像分割、特征提取、图像压缩等诸多领域。常用的边缘检测方法包括 Kirsch, Sobel, Laplacian-Gaussian, Canny 算子等。本文将采用性能优良的滤波后 Canny 算子提取边缘信息,其能够较好地勾画出原始图像连续边缘。

Canny 边缘检测算子是高斯函数的一阶导数,它能够在噪声抑制与边缘检测之间取得良好平衡。Canny 边缘检测算子的基本工作步骤如下:

(1)用高斯滤波器平滑图像。利用一维高斯函数 $G(x)$ 分别按行和列对原始图像 $f(x, y)$ 进行平滑去噪,以得到平滑图像 $I(x, y)$ 。

$$G(x) = (1/2\pi\sigma^2) \exp(-x^2/2\sigma^2)$$

$$I(x, y) = [G(x)G(y)] * f(x, y)$$

其中, * 是卷积运算符。事实上,这是一个低通滤波过程,主要用于消除空间尺度小于高斯空间系数 σ 的图像灰度变化。

(2)用一阶导数的有限差分来计算梯度的幅值和方向。对图像中的每个像素 $I(x, y)$,利用图 1 所示的 $2 * 2$ 模板作为对 x 和 y 方向偏微分的一阶近似,来计算其梯度的幅值 $M(i, j)$ 和方向 $O(i, j)$ 。

$$M(x, y) = \sqrt{g_x(i, j)^2 + g_y(i, j)^2}$$

$$O(i, j) = \arctan(g_y(i, j)/g_x(i, j))$$

-1/2	1/2	1/2	1/2
-1/2	1/2	-1/2	-1/2
g _x		g _y	

图 1 $2 * 2$ 模板

(3)对梯度幅值应用非极大值抑制。像素 $I(x, y)$ 的梯度方向 $O(x, y)$ 可定义为如图 2 所示的 4 个区域之一,各区域有其相应的比较方向,利用不同相邻像素进行比较可以确定出梯度局部极大值。例如,如果中心像素 $I(x, y)$ 的梯度方向属于第 2 区,则将其梯度幅值 $M(x, y)$ 与它左上和右下相邻像素的梯度值进行比较,若非局部极大值,则把像素 $I(x, y)$ 的梯度幅值 $M(x, y)$ 设为 0。

2	3	4
1	$I(x, y)$	1
4	3	2

图 2 4 个区域与相应的比较方向

(4)选取双阈值检测和连接图像边缘。本文选取高阈值 T_1 为 0.7^[16],而将低阈值 T_2 选取为高阈值 T_1 的一定比例因子,即 $T_2 = T_1 * \alpha$ 。一般选取为 $\alpha = 0.4$ 。

图 3 给出了原始图像“花”及其边缘信息。



图 3 原始图像及其边缘信息

2.2 低层纹理特征提取

考虑到边缘像素点的径向与角向分布特性,本文将整个图像边缘划分成局部网格区域,然后提取每个网格区域所包含的边缘像素点数目作为纹理特征。

设 I 是具有一定性质的点组合的区域(即边缘), $P = \{(x, y) | (x, y) \in I\}$ 为属于区域 I 的点的集合,设区域 I 的几何中心坐标为 $P_c(x_c, y_c)$,则得到集合 P 中任意点 (x, y) 的“极坐标”表示 (r, θ) 。相应的变换公式如下:

$$r = [(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2]^{1/2}, \theta = \arctan \frac{y - y_c}{x - x_c}$$

其中, r 为任意点 (x, y) 到几何中心 (x_c, y_c) 的距离,它描述了各点对几何中心点的径向分布,表示区域 I 对其几何中心的展开程度; θ 描述了该区域的角向分布,表示其在某一个角度

范围内的分布情况。

设集合 P 中距离中心点 $P_c(x_c, y_c)$ 最远的点为 $P_{\max}(x_{\max}, y_{\max})$, 其与 P_c 的距离为

$$r_{\max} = [(x_c - x_{\max})^2 + (y_c - y_{\max})^2]^{1/2}$$

我们将径向均分成 M (M 为正整数) 等份, 将角向均分成 N (N 为正整数) 等份, 则径向与角向的间隔分别为:

$$r_d = r_{\max}/M, \theta_d = 2\pi/N$$

于是, 区域 I (即图像边缘) 被划分成一系列网格区域 (共 $M \times N$ 个), 而网格 $s(r_i, \theta_j)$ 可以表示为 (如图 4 所示):

$$s(r_i, \theta_j) = \{(r, \theta) | r \in [r_i, r_i + r_d], \theta \in [\theta_j, \theta_j + \theta_d]\}$$

其中, i, j 分别控制径向与角向, r_d, θ_d 分别表示径向与角向的变化幅度。

纹理通常定义为图像的某种局部性质, 是相邻像素的灰度 (颜色) 空间相关性或灰度 (颜色) 空间位置变化的视觉表现, 其具有不依赖于颜色或亮度即可反映图像中同质现象的特点。利用纹理特征进行图像检索是一种非常有效的手段。本文选取网格区域 $s(r_i, \theta_j)$ 所包含的边缘像素点数目作为其纹理特征 $F_T(r_i, \theta_j)$, 即

$$F_T(r_i, \theta_j) = \text{count}$$

或者 $F_T(r_i, \theta_j) = \{(r, \theta) | r \in [r_i, r_i + r_d], \theta \in [\theta_j, \theta_j + \theta_d]\}$

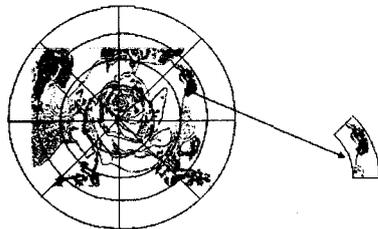


图 4 局部网格区域划分示意图

3 高级纹理语义特征映射

3.1 回归型支持向量机 (SVR) 简介

支持向量机 (SVM) 是 Vapnik 等^[17] 于 20 世纪 90 年代中期提出的一种创新性机器学习方法, 其理论基础是统计学习理论。支持向量机的基本思想可用图 5 的两维情况说明。图中, 圆点 (●) 和方块点 (■) 代表两类样本。 H 为分类线, H_1, H_2 分别为过各类中离分类线最近的样本且平行于分类线的直线, 它们之间的距离叫做分类间隔 (Margin)。所谓最优分类线, 就是要求分类线不仅能将两类样本正确分开 (训练错误率为 0), 而且使分类间隔最大。这样, 最优分类面的问题就转化成了一个约束优化问题。

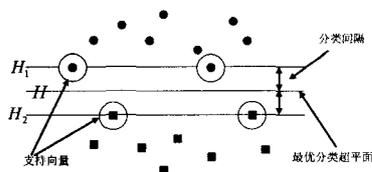


图 5 支持向量机的基本思想

回归型支持向量机 (SVR) 是支持向量机 (SVM) 在回归学习中的应用, 其基本思想是: 对于给定的训练样本点 $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\} \subset X \times R$ (其中, X 表示输入样本空间, R 表示实数域), 通过 SVR 训练回归出一个函数 $f(x)$, 使由该函数求出的每个输入样本的输出值和输入样本所对应的

目标值相差不超过误差 ϵ , 同时使回归出的函数尽量平滑。

对于线性情况, 假设函数形式为: $f(x) = \omega \cdot x + b, \omega \in x, b \in R$ 。要使回归函数 $f(x)$ 尽量光滑就要求一个尽量小的 ω , 于是可以将上述问题描述成一个优化问题:

$$\min \frac{1}{2} \|\omega\|^2,$$

$$s. t. \begin{cases} y_i - \omega \cdot x_i - b \leq \epsilon \\ \omega \cdot x_i + b - y_i \leq \epsilon \end{cases} \quad i=1, 2, \dots, n$$

考虑到允许拟合误差的情况, 引入松弛因子 $\xi_i \geq 0$ 和 $\xi_i^* \geq 0$, 则上述公式通常写成如下形式:

$$\min \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*),$$

$$s. t. \begin{cases} y_i - \omega \cdot x_i - b \leq \epsilon + \xi_i \\ \omega \cdot x_i + b - y_i \leq \epsilon + \xi_i^* \end{cases} \quad i=1, \dots, n$$

采用同样的优化方法可以得到其对偶问题:

$$\max \omega(\alpha, \alpha^*) = -\epsilon \sum_{i=1}^n (\alpha_i^* + \alpha_i) + \sum_{i=1}^n y_i (\alpha_i^* - \alpha_i) - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n (\alpha_i^* - \alpha_i) (\alpha_j^* - \alpha_j) (x_i - x_j)$$

$$s. t. \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0, 0 \leq \alpha_i, \alpha_i^* \leq C$$

其中, $i=1, 2, \dots, n; \alpha_i, \alpha_i^*$ 是 Lagrange 因子。而得到的回归函数为:

$$f(x) = (\omega \cdot x) + b = \sum_{i=1}^n (\alpha_i^* - \alpha_i) (x_i - x) + b^*$$

这里, α_i, α_i^* 将只有小部分不为 0, 它们所对应的样本即为支持向量。

需要指出的是, 由于上述对偶问题寻找最优函数时仅仅涉及训练样本间的内积运算, 故对于本文讨论的非线性数据, 只需用核函数 $K(x_i, x_j)$ 替代上文中的内积运算即可实现非线性函数拟合。

3.2 基于 SVR 的高级纹理语义特征获取

从本质上讲, 回归型支持向量机 (SVR) 是针对二分类问题提出的, 因此存在如何将其推广到多分类上的问题。本文采用了性能良好的标准 SVR 算法, 其基本思想是把某一类样本当作一个类别, 剩余其他样本当作另一个类别, 从而将多分类问题转换为二分类问题。假设图像库中共包含有 K 类图像数据 $L = \{A_1, A_2, \dots, A_K\}$, N_i 为语义类 A_i 中的图像个数, 将 K 分类问题转化为二分类问题的工作方法可描述为: 对于任何一个图像数据类 A_i , 其训练正例是该类所包含的全部图像, 而反例则是在训练集中不属于该类的所有其他类图像, 即 A_i 语义类的正例总数为 N_i , 反例总数为

$$\sum_{j=1, j \neq i}^K N_j$$

对给定的语义类 $A_j \in L$, 其二分类问题的训练集为 $E = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_l, y_l)\}$ 。 (x_i, y_i) 表示事先给定且已经过语义标注的一组样本图像, 其中 $x_i \in R^N$ 为一个图像特征向量 (低层特征向量), 表示图像的颜色、纹理、形状等特征; $y_i \in \{+1, -1\}$, 若 $y_i = +1$, 表示 $x_i \in A_j$, 即向量 x_i 表示的图像属于语义类 A_j ; 若 $y_i = -1$, 表示 $x_i \notin A_j$, 即向量 x_i 表示的图像不属于语义类 A_j 。

结合第 2 节所提取出的低层纹理特征向量, 使用 SVR 训练样本图像, 可以获得图像语义分类器, 并进一步得到每幅图

像的高级纹理语义特征。

4 高级颜色语义特征抽取

颜色是图像最直观的特征,也是图像视觉重要的感知特性之一,其不仅与图像中的物体和场景密切相关,而且对图像本身尺寸、方向、视角的依赖性较小,因此基于颜色的图像查询是基于内容的图像检索中最基本和重要的方法。

本文将结合人眼视觉特性,给出基于重要区域主要颜色的高级颜色语义特征抽取方案,其基本工作步骤如下:

(1)区域划分。以图像 I 的几何中心坐标 (x_c, y_c) 为基准点,由内而外,将原始图像划分成 2 个子区域 $R_0(x, y), R_1(x, y)$, 分别为一个中心矩形和一个同心矩形环,如图 6 所示,其中

$$R_i(x, y) = \{(x, y) | (i \times \frac{W}{4} < |x - x_c| \leq (i+1) \times \frac{W}{4}, \\ 0 \leq |y - y_c| \leq (i+1) \times \frac{H}{4}) \cup (0 \leq \\ |x - x_c| \leq i \times \frac{W}{4}, i \times \frac{H}{4} < |y - y_c| \leq (i+1) \\ \times \frac{H}{4}), (x, y) \in I\}$$

这里, W 和 H 分别为图像 I 的宽度和高度, $i=0, 1$ 。

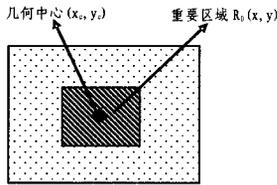


图 6 图像的区域划分

由人眼视觉系统的感知特性可知,对于一般图像来说,人眼对图像中央或靠近中央的部分区域更敏感,也更感兴趣。为此,本文将从视觉重要的中心矩形区域(即重要区域)抽取反映图像颜色内容的高层颜色语义特征。

(2)重要区域的量化处理。从理论上讲,直接利用真彩色图像进行特征抽取和图像检索将产生最小的误差,但却会导致计算时间及存储空间的迅速膨胀,因此采用真彩色进行图像检索不利于实际应用。事实上,一幅图像内所包含的实际颜色数只是全部颜色数的一个很小的子集,而且进一步观察也表明,图像内的实际颜色中若干主要色彩覆盖了其中的绝大多数像素。如果以这些主要色彩来表示图像,尽管图像质量会有所下降,但并不影响人们对图像内容的正确理解。近年来,人们陆续提出了诸如向量量化、聚类、神经网络等一系列颜色量化方法,有效地减少了图像中的颜色信息。

为了取得检索效果与检索时间的良好平衡,本文采纳了简单快捷的查色表(Color-Lookup Table)颜色量化技术。同时,结合 MPEG-7 的视觉内容描述标准,我们从标准 RGB 彩色调色板中选取了 8 种视觉颜色构成查色表,如表 1 所列,并利用标准欧拉距离进行非均匀的颜色量化。设待量化颜色 P 的 3 个彩色分量(即 R, G, B 分量)为 p_R, p_G 和 p_B , 而查色表中颜色 C_i 所对应的 R, G, B 彩色分量值为 c_{iR}, c_{iG} 和 c_{iB} , 则颜色 P 的量化过程为:

首先,利用欧拉距离公式计算出待量化颜色 P 与查色表中颜色 $C_i(i=0, 1, \dots, 7)$ 之间的距离 C_{id}

$$C_{id} = \sqrt{(c_{iR} - p_R)^2 + (c_{iG} - p_G)^2 + (c_{iB} - p_B)^2} \\ (i=0, 1, \dots, 7)$$

然后,将待量化颜色 P 量化为查色表中具有最小欧拉距离 $C_d = \min(C_{id})(i=0, 1, \dots, 7)$ 的颜色。

显然,根据以上颜色量化方法对原始的真彩色重要区域进行量化处理后,将得到一幅量化后重要区域。

表 1 8 种主要颜色

Color	R	G	B
Black	0	0	0
Aqua	36	146	170
Blue	73	36	170
Green	73	146	0
Brown	109	36	0
Red	216	73	0
Yellow	219	255	0
White	255	255	255

(3)高级颜色语义特征的提取。针对量化后的重要区域,统计颜色直方图,并提取其直方图中像素点数目最多的那种颜色作为重要区域的主色(即原始彩色图像的关键颜色),同时得到原始彩色图像的高级颜色语义特征。

5 仿真实验与结论

本文所提出的多语义彩色图像检索系统结构如图 7 所示,其基本工作步骤为:

(1)首先利用 Canny 检测算子提取原始图像的边缘信息,并得到低层纹理特征,然后利用 SVR 将低层特征映射到高级语义,进而获得图像的高级纹理语义;

(2)对原始图像进行区域划分,并结合人眼视觉系统感知特性选取重要区域,同时对重要区域进行量化处理并获取高级颜色语义;

(3)根据上述高级语义特征(纹理语义和颜色语义)进行图像检索。

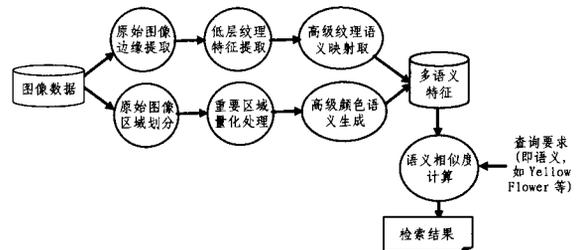


图 7 基于多语义特征的彩色图像检索系统框图

为了验证本文算法的工作性能,以下给出了基于语义概念的图像检索实验结果,并与文献[13]进行了对比。实验中,选用了 SIMPLIcity 系统使用的测试集(<http://wang.ist.psu.edu/docs/related>)作为图像库,该测试集是从 Corel 图像库中选取的,共包含有 10 个语义类(包括 Bus, Flower, Horse 等),如表 2 所示。其中,每个语义类包含有 100 幅图像,共计 1000 幅图像。

抽取低层纹理特征时,参数选取为 $M=4, N=72$ 。对于每类图像(每类包含有 100 幅图像),我们选取其中的 60 幅图

表2 测试图像库包含的图像语义类

Class NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Semantic	Bus	Horse	Flower	Scenery	Building	Elephant	People	Beach	Dinosaur	Dish

像作为训练样本,另外 40 幅图像作为测试集。同时,不同类型的图像互相作为反例加入训练集中。进行训练时,采用了高斯径向基函数作为核函数。

图 8 给出了本文算法与文献[13]的检索结果。以“Yellow Flower”检索为例,分别给出了前 14 幅检索结果。不难看出,文献[13]方法(图 8a)的查询结果中,正确的图像有 5 幅,而在本文算法(图 8b)的查询结果中,正确的图像有 12 幅。

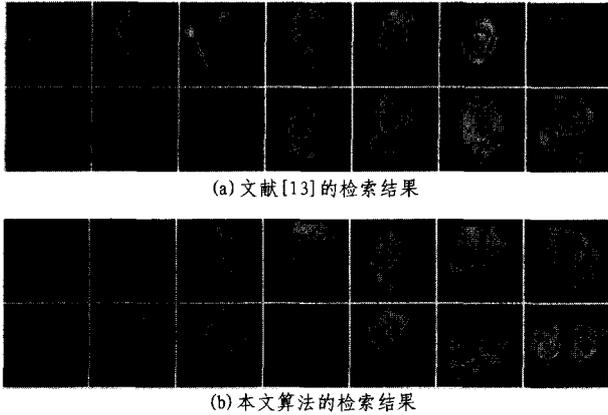


图 8 本文算法与文献[13]的检索结果对比

另外,为评价图像检索算法的效果,同时考虑到检索系统返回的相似图像数目(不是所有)不适宜采用常规的查准率(Precision)和查全率(Recall)评价指标,故本文采用了 TanKian-Lee 等提出的“标准查准率(Normal Precision)”和“标准查全率(Normal Recall)”作为相似检索的评价准则。标准查准率 P_{Normal} 和标准查全率 R_{Normal} 的具体定义为:

$$P_{Normal} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^L (\log r_i - \log i)}{\log \frac{N!}{(N-L)! L!}}$$

$$R_{Normal} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^L (r_i - i)}{(N-L)L}$$

其中, N 为检索系统返回的图像数目, L 是检索结果中与示例图像相关的图像数目, r_i 是第 i 幅相关图像的排序。

我们从测试图像库中,每类随机给出 5 个语义概念(如 Yellow Flower 等),共构成 20 次查询,每次查询选取前 14 幅最相似的图像作为检索结果。对于每类图像而言,计算其 5 次查询结果的标准查准率平均值和标准查全率平均值,并将其作为该类图像的平均标准查准率和平均标准查全率。表 3 给出了本文方法及文献[13]的平均标准查准率、平均标准查全率对比结果。

表 3 两种语义检索方法的性能对照

语义概念	平均标准查准率(%)		平均标准查全率(%)	
	文献[13]	本文方法	文献[13]	本文方法
Yellow Flower	28.6	85.7	26.7	80.0
Red Flower	85.7	96.2	54.5	98.5
Red Car	90.5	100	45.2	66.0
Blue Car	50.1	76.7	62.5	85.0

鉴于低层特征图像检索系统普遍存在检索精度不高、查询时间开销较大等不足。本文以回归型支持向量机(SVR)理论为基础,结合重要的图像边缘信息及人眼视觉特性,提出了一种基于多语义特征的彩色图像检索新算法。仿真实验结果表明,该算法能够有效对图像高级语义进行刻画,不仅图像匹配检索效果良好,而且具有稳定的检索性能,其对于缩小低层视觉特征与高级语义概念之间的“语义鸿沟”具有重要意义。

参考文献

- [1] Datta R, Li Jia, Wang J Z. Content-based image retrieval-approaches and trends of the new Age[C]//Proceedings of the 7th International Workshop on Multimedia Information Retrieval, in conjunction with ACM International Conference on Multimedia. Singapore, ACM, November 2005; 253-262
- [2] Vogel J, Schiele B. Performance evaluation and optimization for content-based image retrieval[J]. Pattern Recognition, 2006, 39(5): 897-909
- [3] Han J, Ngan K N, Li Mingjing, et al. A memory learning framework for effective image retrieval[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 2005, 14(4): 511-524
- [4] 王向阳, 胡峰丽. 一种基于位平面综合特征的彩色图像检索方案[J]. 计算机研究与发展, 2007, 44(5): 863-873
- [5] He Jingrui, Li Mingjing, et al. Generalized Manifold - Ranking Based Image Retrieval[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 2006, 15(10): 3170-3177
- [6] Howarth P, Ruger S. Robust texture features for still-image retrieval[J]. IEE Proc on Vision, Image and Signal, 2005, 152(6): 868-874
- [7] Zhang Yu - Jin. Semantic - Based Visual Information Retrieval [M]. USA: IRM Press, 2007
- [8] 王崇骏, 漾育彬, 陈世福. 基于高级语义的图像检索算法. 软件学报, 2004, 15(10): 1461-1469
- [9] Luo J B, Boutell M, Brown C. Pictures are not taken in a vacuum: An overview of exploiting context for semantic scene content understanding[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2006, 23(2): 101-114
- [10] Lim J H, Jin J S. Combining intra-image and inter-class semantics for consumer image retrieval[J]. Pattern Recognition, 2005, 38(6): 847-864
- [11] 李清勇, 胡宏, 等. 基于纹理语义特征的图像检索研究. 计算机学报, 2006, 29(1): 116-123
- [12] Shyu Mei - Ling, Chen Shu - Ching, et al. Probabilistic Semantic Network-based Image Retrieval Using MMM and Relevance Feedback[J]. Journal of Multimedia Tools and Applications, 2006, 30(2): 131-147
- [13] Depalov D, Pappas T N, et al. A Perceptual Approach for Semantic Image Retrieval [A] // Proc. 2006 IEEE International Conf. on Image Processing (ICASSP'06). Toulouse, France, May 2006
- [14] Lu Y, Zhang H J, Yin L W. Joint Semantic and feature based image retrieval using relevance feedback [J]. IEEE Transaction on Multimedia, 2003, 5(3): 339-347
- [15] Lam T, Singh R. Semantically Relevant Image Retrieval by Co-

(上接第 195 页)

Procedure DeepFirTraverse(st, node o)//从一个顶层节点 node 开始一个深度优先遍历

```

11 st. push(o);
12 If o is leaf in later two layer Then
13   set each o in st as non-twig node;
14 Else If (o is null) Return
15 For each child of node DO
16   deepFirTraverse(st. child)
17   st. pop();
    
```

5 实验

我们用 JAVA 实现了上述算法。实验在 P4 2.6G CPU, 512M 内存, Windows XP 计算机上进行。从互联网搜集了 18 天(2007 年 10 月 24 日至 11 月 11 日)关于嫦娥一号发射的共 1840 篇相关事件报道网页组成数据集 D1。

实验在两个数据集上产生事件进化图。首先在‘嫦娥一号’数据集上产生事件进展图,如图 4 所示。图 4 中每个节点使用属于该节点的某个文档的标题作为事件描述,事件表如表 2 所列。当进行 EEG 的整理操作时,对等价节点进行了合并。合并后节点的事件描述为合并前多个节点事件描述的并集,如节点 9,17 等是合并后节点。为了便于观看进展图,删除了部分枝节。层跨度参数设为 $l=1$ 。

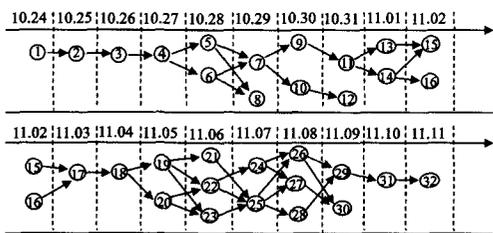


图 4 数据集 D1 的事件进展图

从事件进展图中可以观察到,嫦娥一号发射的主事件进展在图中做了详细的描述,而相对不重要的事件,则被忽略掉了。

表 2 事件表

1	外电:承载中国人希望,嫦娥一号成功发射升空	17	嫦娥一号今离月还有 3 万公里仍需飞行 1 天。嫦娥一号昨天实施首次轨道中途修正。
2	嫦娥一号卫星首次变轨成功	18	嫦娥一号直飞月球捕获点。胡锦涛温家宝致电祝贺嫦娥一号卫星近月制动圆满成功
3	嫦娥一号卫星成功实施第二次变轨。嫦娥一号第一次变轨成功,推进系统工作正常。	19	胡锦涛温家宝致电祝贺嫦娥一号卫星近月制动圆满成功
4	月球探测卫星嫦娥一号运行正常各系统状态良好	20	嫦娥一号将实施首次近月制动将成为月球卫星
5	嫦娥一号卫星 10 月 29 日将实施第二次近地点变轨。	21	胡锦涛温家宝贺嫦娥一号首次近月制动成功
6	嫦娥一号状态良好 深空测控网全面启动	22	嫦娥一号最快可于 7 日宣布“奔月”成功喜讯

7	北京时间 29 日 18 时 01 分 嫦娥一号第三次变轨成功。嫦娥一号卫星今起给地月照相	23	“嫦娥一号”今日 11 时左右进行第二次近月制动
8	嫦娥一号卫星第三次变轨成功 未来十天有四大看点	24	嫦娥一号卫星完成第三次近月制动
9	嫦娥一号有关数据将在一年后国际共享。嫦娥一号探月卫星成为我国飞行最远的航天器	25	国家航天局发言人宣布嫦娥一号卫星成功绕月
10	黄江川:嫦娥一号卫星紫外敏感器达国际先进水平	26	嫦娥一号开始环月工作 11 月下旬传回图片语音。嫦娥一号 11 月下旬传回第一段语音
11	嫦娥一号卫星飞离地面高度 11 月 1 日将再创新高。已达远地点 12 万公里嫦娥一号今奔月。	27	嫦娥一号测控开展国际合作 卫星运行面临四风险
12	为什么说嫦娥一号发射环节取得圆满成功	28	专家称日凌现象可能干扰嫦娥一号通信
13	嫦娥一号卫星正式脱离地球怀抱开始奔月旅程	29	图文:嫦娥一号探月卫星进入近月工作轨道
14	嫦娥一号预计 11 月 5 日 11 时 25 分进入月球捕获轨道	30	嫦娥一号升空 VIEWGOOD 应用进入新领域
15	嫦娥一号卫星测控首次实现国际联网。嫦娥一号预计 11 月 5 日 11 时 25 分进入月球轨道	31	嫦娥一号全面体检 首次面对日凌考验
16	嫦娥一号首次轨道修正取消	32	嫦娥一号成功经受“日凌”挑战

结束语 在互联网已经成为第四媒体的今天,互联网用户有这样的需求:将互联网上的新闻事件按照时间顺序和事件依赖关系组织起来呈现给用户,帮助用户方便快捷地对新闻事件演进过程进行了解。从这一需求出发,我们定义了 IEA 任务。并通过定义 EGG 数据结构,以及实现 EGG 的构建和整理来完成 IEA 任务。和其他类似任务相比我们的方法可以在低事件粒度上增量完成对事件发展的描述。实验证明了我们提出方法的有效性。

参考文献

- [1] Zhai Chengxiang. A Cross-Collection Mixture Model for Comparative Text Mining//Proceedings of KDD 2004
- [2] Mei Qiaozhu. Discovering Evolutionary Theme Pattern from Text -An Exploration of Theme Text Mining//Proceedings of KDD 2005
- [3] Event Threading within News Topics//Proceedings of CIKM 2004
- [4] Qiu Jiangtao, Tang Changjie. Topic-Oriented Semi-supervised Documents Clustering//Proceedings of SIGMOD 2007 Workshop IDAR
- [5] Qiu Jiangtao, et al. A Novel Text Classification Approach based on Enhanced Association Rules. LNAI 4632. ADMA 2007
- [6] 吴平博,陈秀群,马亮. 基于时空分析的线索性事件的抽取与集成系统研究. 中文信息学报, 2006, 20(1)
- [7] 赵华,赵铁军,于浩,等. 面向动态演化的话题检测研究. 高技术通讯, 2006, 16(12)
- [8] 贾自艳,何清,张海俊,等. 一种基于动态进化模型的事件探测和追踪算法. 计算机研究与发展, 2004, 41(7)
- [9] Allan J, Carbonell J, Doddington G, et al. Topic detection and tracking pilot study: Final report//Proceedings of the DARPA Broadcast News Transcription and Understanding Workshop. 1998; 194-218