

基于角的形状匹配

齐怀峰¹, 韩昧华², 接 标¹, 杨秀国¹

(1. 云南师范大学, 云南 昆明 650092;

2. 聊城大学, 山东 聊城 252059)

摘 要:提出了利用角检测技术进行图像的相似性检索。首先利用角检测技术检测出图像的角点,用这些角点刻画图像内的物体形状,并结合图论中最优对集的思想 and 一种改进的 Hausdorff 距离,提出了一种新的刻画两幅图像内容的相似程度方法。实验结果表明,利用所提出的方法进行图像的相似性检索能够取得较好效果。

关键词:角检测;图像检索;最优对集;Hausdorff 距离

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2006)08-0189-03

Corner - Based Shape Match

QI Huai-feng¹, HAN Mei-hua², JIE Biao¹, YANG Xiu-guo¹

(1. Yunnan Normal University, Kunming 650092, China;

2. Liaocheng University, Liaocheng 252059, China)

Abstract: Proposed a new image retrieval method using corner detection. Paper first detects corners and denotes objects shape in image by these corners, then proposes a new method to represent similar degree between images by integrating optimization bipartite graph and an improved Hausdorff distance. Experiment results show the method we proposed is very effective in image similar retrieval.

Key words: corner detection; image retrieval; optimization set; Hausdorff distance

0 引 言

在基于内容的图像检索中,图像内容的形状是一个非常重要的信息。形状具有比较稳定的性质,它对光照、旋转不敏感。角(corner)就是图像中局部曲率变化比较大的地方。在计算机视觉和图像理解方面,图像的角检测是一个非常重要的任务,它被广泛地应用到运动跟踪、对象识别、立体匹配等领域。文中主要利用角去表示在图像中物体的形状,并结合图论中最优对集的思想 and 一种改进的 Hausdorff 距离,提出了一种新的刻画两幅图像内容的相似程度方法,将其应用到基于形状的图像检索中,取得了良好的效果。

1 CSS 角检测

图像的角检测是一个非常重要的任务。许多研究人员进行大量的研究并提出许多角检测算法。研究人员普遍认为一个好的角检测方法应该满足以下特点:1)全部真正的角应该被检测出来;2)假的角不应该被检测出来;3)角的位置应该比较精确;4)角检测算法应该有较强的抗

噪性;5)角检测算法应该有比较高的效率。

在各种角检测方法中,Farzin Mokhtarian 等人提出的曲率测量空间(CSS, Curvature Scale Space)被认为是一种非常有效的方法^[1~4],它可以很好地满足以上的特性。

CSS 方法的基本思想是:

- 用 Canny 算子检测图像内容的边缘。
- 对 Canny 算子检测出的轮廓,并把中断的轮廓连接起来,去除噪音影响。
- 采用双尺度的方法去检测轮廓上的每一个点,把具有局部曲率最大的点作为图像的角。

图1和图2是利用CSS进行角检测的效果图(图中的方格表示检测出的角点),它表明利用CSS可以有效地检测出图像中物体的角点,并且角点可以很好地表示图像内物体的形状。因此如果两幅图像内角点满足一一对应的关系,那么可以认为两幅图像在形状上是相似的。



图1 简单形状

收稿日期:2005-12-04

基金项目:云南省教育厅研究生基金项目(5J0621D)

作者简介:齐怀峰(1979-),男,山东聊城人,硕士研究生,研究方向为图像处理与模式识别;杨秀国,硕士生导师,教授,研究方向为模式识别、密码学和信息安全。

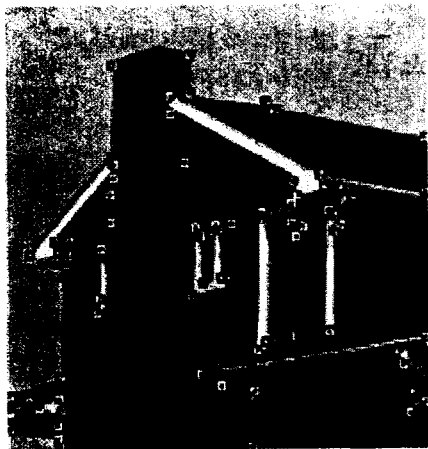


图 2 复杂形状

2 理论基础

2.1 偶图的完美对集

在此引入一个图论的问题:某公司准备派 n 个工人 X_1, X_2, \dots, X_n 去做 n 项工作 Y_1, Y_2, \dots, Y_n , 已知这些工人中每个人都可以做其它的 n 项工作, 只是效率不同。假定要为每个工人分派一项工作, 使它们的效率之和最高。这就是图论中的最优分派问题。应用到基于角的形状检索, 就是在两个集合中找对应的点对, 使这些点对的距离之和最小。在此引入两个定理^[5]:

定理 1: 设 G 为具有二分类 (X, Y) 的偶图, 则 G 包含饱和 X 的每个顶点的对集当且仅当 $|N(S)| \geq |S|$ 对所有 $S \subseteq X$ 成立。其中, $N(S)$ 表示 S 的邻集, 即: 与 S 的顶点相邻的所有顶点的集合。

定理 2: 若 G 是 K 正则偶图 ($K > 0$), 则 G 有完美对集。

由定理 1 和定理 2 知, 若 $|X|$ 不等于 $|Y|$, 则 G 不一定有完美对集, 但若 G 是 K 正则偶图, 则完美对集肯定存在。

当然, 若枚举所有 $n!$ 个完美对集, 然后在它们中间求出一个最优的, 这样来解决最优分派问题无疑是可行的。但是, 对于很大的 n , 这种方法显然是无效的。

下面给出一个近似的方法。若在顶点集合 $X \cup Y$ 上的实值函数 L 适合下述条件: 对所有的 $x \in X, y \in Y$, 均有 $L(x) + L(y) \geq w(x, y)$, 则把这个函数定义为该偶图的一个可行顶点标号 (实数 $L(v)$ 为顶点的标号)。可行顶点标号是这样的顶点标号, 它使每条边的两个端点的标号之和至少与这条边的权值一样大, 不管边的权值是什么, 总存在一个可行顶点标号。

$$L(x) = \max_{y \in Y} w_{xy} \quad \text{若 } x \in X \quad (1)$$

$$L(y) = 0 \quad \text{若 } y \in Y \quad (2)$$

若 L 是可行顶点标号, 则用 E_L 表示使 (1, 2) 式中等号成立的那些边的集合, 即:

$$E_L = \{xy \in E \mid L(x) + L(y) = w(x, y)\} \quad (3)$$

具有边集 E_L 的 G 的生成子图称为对应于可行顶点标

号 L 的相等子图, 并用 G_L 表示。

相等子图与最优对集之间的关系由下述定理给出。

定理 3: 设 L 是 G 的可行顶点标号, 若 G_L 包含完美对集 M^* , 则 M^* 是 G 的最优对集。

由定理 3 可知, 只要求出 G_L , 便能求出完美对集 M^* 。这里利用 G_L 去代替 M^* , 求出 G_L 中所有边的长度的平均值。基于这样做有以下几个原因:

1) 所要求的是两幅图像的距离, 它是一种模糊的方法, 而不是图论中的精确求解, 试验证明这种方法比用 M^* 计算两幅图像的距离效果要好。

2) 如果用 M^* 去计算两幅图像之间的距离, 时间复杂度是 $O(V^2)$, 在实际的检索中, 因为每一次查询都要和数据库的每一幅图像进行比较, 综合考虑来说, 计算量还是很大的。

3) 实际的两幅图像的角点的个数在大多数情况下是不一样的, 不一定存在完美对集, 用 G_L 代替 M^* 是一种逼近完美对集的方法。

2.2 Hausdorff 距离

Hausdorff 距离 [Huttenlocher 1993] 常被用来计算两个点集之间的距离, 它的定义方式为: 给定两个有限点集 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 和 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, 它们之间的 Hausdorff 距离定义为: $H(A, B) = \max[h(A, B), h(B, A)]$, 其中 $h(A, B) = \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\|$ 。这里笔者对这种计算方法做了改进, 即 $H(A, B) = \max(D_{ab}, D_{ba})$, D_{ab} 是 A 到 B 的 G_L 距离, D_{ba} 是 B 到 A 的 G_L 距离。原因是: Hausdorff 距离的计算结果最终取决于两个点集之间一对点之间的距离, 这无疑很有局部性的特点, 不能反映点集之间的整体相似性。

3 基本算法

令 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ 分别表示两个图像的角点集, 用 $D(i, j)$ 表示角点 x_i, y_j 的欧氏距离。

Step1: 求具有边集 E_L 的生成子图 G_L 。

G_L 的生成方法是:

1) 求出两幅图像点集之间的距离矩阵, 用 $D(i, j)$ 表示。

2) 求出 $D(i, j)$ 每一行的最小距离。

3) 若 x_i 和 y_j 的距离等于第 i 行的最小距离, 那么 $(x_i, y_j, D(i, j))$ 就是被选出的一个三元组。所有的这些三元组就组成了带权的子图 G_L 。

Step2: 计算这些三元组的平均值 D_{xy} 。

Step3: 利用上面的方法对 $D(i, j)$ 的转置矩阵进行运算, 求出 D_{yx} 。

Step4: 利用 Hausdorff 的思想, 这两幅图像的距离定义为: $D = \max(D_{xy}, D_{yx})$ 。

Step5: 考虑两幅图像之间点的个数关系, 可以定义

$V = \frac{2(|x| - |y|) + \text{const}}{|x| + |y|}$ 小,那么 V 就越小。

Step6: 最终两幅图像的距离定义为: $\text{Dist} = D(1 + V)$ 。

4 算法举例

(1) 假设有两个点集 X, Y 。

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}, Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$, 它们之间的距离矩阵为 $D(i, j)$ (见图 3)。

距离 $D(i, j)$	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	该行的 最小值
x_1	3	5	5	4	1	1
x_2	2	2	0	2	2	0
x_3	2	4	4	1	0	0
x_4	0	1	1	0	0	0
x_5	1	2	1	3	3	1

图 3 两个点集的距离矩阵

(2) 求出每一行的三元组。

第一行 $(x_1, y_5, 1)$; 第二行 $(x_2, y_3, 0)$; 第三行 $(x_3, y_5, 0)$; 第四行 $(x_4, y_1, 0), (x_4, y_4, 0), (x_4, y_5, 0)$; 第五行: $(x_5, y_1, 1), (x_5, y_3, 1)$ 。

(3) 计算距离。

D_{xy} 为所有三元组的平均距离, $D_{xy} = 0.375$; D_{yx} 为利用上述方法求得的 $D(i, j)$ 逆矩阵的平均距离 $D_{yx} = 0.167$ 。 $D = \max(D_{xy}, D_{yx}) = 0.375$ 。

$$V = \frac{2(5 - 5) + 1}{5 + 5} = 0.100$$

$$\text{Dist} = D(1 + V) = 0.4125$$

(上接第 188 页)

会计文件和交易纪录,而且一个客户可能有多个交易事务。通过这些方式将获得的典型数据有分组总开销、平均订单数、个别客户平均订单与总平均订单的差异,以及客户上次前来购买的日期。

报表由支持在各种级别下进行回溯查询的多维数据库完成。数据挖掘和 OLAP 两者都是分析模块的组成部分,但它们解决不同的问题。OLAP 查询可以解决:商品是否畅销;客户最感兴趣的商品;销售量最高的网站等。而数据挖掘解决更复杂的问题:高额消费者的特征;客户和表是否匹配;客户一个月内在再回来购物的可能性。

3 结束语

电子商务是现代信息技术迅速发展的必然产物,也是未来企业模式的必然选择。将数据挖掘引入电子商务,增强企业的商务智能,使能向客户提供个性化的服务,将是使电子商务取得更多成就的必然方向。如何更有效地利用数据挖掘解决电子商务中的问题,是电子商务急需解决

Dist 的值越小,代表两幅图像越相似,最终检索出来的图像根据 Dist 的值从小到大排列就得到相似度从大到小的图像序列。

试验结果表明,结果受角检测算法的影响较大,角检测越精确形状匹配就越好。

5 结束语

利用角去表示图像内容的形状,提出利用图论中完美对集的方法和改进的 Hausdorff 距离去测量两幅图像内容形状的相似性,取得了良好的试验结果。但是点集的匹配问题是非常复杂的问题,对旋转、缩放等问题还有待于做进一步的研究。

参考文献:

[1] He X C, Yung N H C. Curvature Scale Space Corner Detector with Adaptive Threshold and Dynamic Region of Support[A]. 17th International Conference on Pattern Recognition[C]. Cambridge, UK:[s. n.],2004. 791 - 794.

[2] Mokhtarian F, Suomela R. Robust image Corner Detection Through Curvature Scale Space[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20 (12): 1376 - 1381.

[3] Lowe D G. Object Recognition from Local Scale - Invariant Features[J]. ICCV,1999(15):1150 - 1157.

[4] Schmid C, Mohr R. Local Gray Value Invariants for Image Retrieval[J]. IEEE PAMI,1997,19:530 - 534.

[5] 邦迪 J A, 默蒂 U S R. 图论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1984.

的重要方面。

参考文献:

[1] 郝先臣,张德干,尹国成,等.用于电子商务中的数据挖掘技术研究[J].小型微型计算机系统,2001,22(7):785 - 788.

[2] 涂乘胜,鲁明羽,陆玉昌.Web挖掘研究综述[J].计算机工程与应用,2003,39(10):90 - 93.

[3] 韩家炜,孟小峰.Web挖掘研究[J].计算机研究与发展,2001,38(4):405 - 414.

[4] 万 军,耿东辉.浅说电子商务中的数据挖掘技术[J].东北大学学报(自然科学版),2004,25(增刊2):194 - 196.

[5] 蒋良孝,蔡之华.电子商务中的数据挖掘及其应用[J].计算机工程与设计,2003,24(6):74 - 77.

[6] 黄解军,万幼川.基于数据挖掘的电子商务策略[J].计算机应用与软件,2004,21(7):12 - 13.

[7] Linoff G S, Berry M J A. Web数据挖掘:将客户数据转化为客户价值[M]. 沈钧毅,等译.北京:电子工业出版社,2004.