

一种新颖的图像相似性测度*

曹雨龙** 杨静宇

(南京理工大学计算机科学与工程系,南京 210094)

摘要 该文推导和定义了一种基于正交 Procrustes 问题的图像相似性。此图像相似度是指一幅图像“旋入”另一幅图像的概率;同时简要地提供了图像相似度的算法,并将该算法用于船舶检测和人脸的分类检索。实验结果表明新的图像相似性是有效和满意的。

关键词 图像相似 正交 Procrustes 问题 图像再现

分类号 TP 14

在图像检索、图像识别和图像鉴别等应用领域,图像相似性一直是人们研究和探讨的课题。目前有 3 种常用的图像相似测度方法:其一是基于图像纹理的图像相似,而如何选择合适的图像纹理参数定义图像相似度是问题的关键和难点。其二是基于图像直方图的图像相似,即如果 2 幅图像有相似的直方图(相似的均值,相似的方差),则这 2 幅图像是相似的。目前也可证明上述相似的条件并不充分。其三是基于图像内容的图像相似^[1,2]。图像内容可表示为一种支持目标特征和目标间关系的属性关系图,若 2 幅图像的属性关系图是可比的或相似的或可匹配的,则这 2 幅图像是相似图像。本文定义和推导出一种新颖的基于正交 Procrustes 问题的图像相似度。该图像相似度是指一幅图像“旋入”另一幅图像的概率。同时给出了一个简洁的图像相似度算法。通过多次实验,这种图像相似度对于复杂模式的识别是有效和满意的。

1 定义和算法

假定 $I_1 \in \mathbf{R}^{m \times n}$ 是某一标准图像, $I_2 \in \mathbf{R}^{m \times n}$ 是一幅待判别的图像,在此,定义一种在正交 Procrustes 问题意义下的图像相似度 ISD (Image Similarity Degree)^[3,4],记为 I_{SD} 。此类问题可归结为 I_2 能否旋转入 I_1 的概率,取决于求解下列方程:

$$I_{SD} = \min \| I_1 - I_2 Q \|_F^2 \quad (1)$$

s.t. $Q^T Q = E_n$

其中, $Q \in \mathbf{R}^{n \times n}$ 是正交变换阵, F 是一范数, E_n 是单位阵。

* 收稿日期:1999-11-06

* 中国三峡开发总公司基金资助项目

** 曹雨龙 男 35 岁 副教授

若 $Q \in \mathbf{R}^{n \times n}$ 是正交变换阵, 则

$$\|I_1 - I_2 Q\|_F^2 = \text{tr}(I_1^T I_1) + \text{tr}(I_2^T I_2) - 2\text{tr}(Q^T I_2^T I_1) \quad (2)$$

因而(1)式等价于极大化 $\text{tr}(Q^T I_1^T I_1)$ 的问题。计算 $I_2^T I_1$ 的奇异值分解可以解决极大化 Q 的问题。若

$$U^T(I_2^T I_1)V = \sum = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n) \quad (3)$$

是 $I_2^T I_1$ 矩阵的 SVD, 则可定义正交矩阵 $Z = V^T Q^T U$, 使得

$$\text{tr}(Q^T I_2^T I_1) = \text{tr}(Q^T U \sum V^T) = \text{tr}(Z \sum) = \sum_{i=1}^n z_{ii} \sigma_i \leq \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad (4)$$

下面提出 ISD 算法: 给定 $I_1 \in \mathbf{R}^{m \times n}$ 和 $I_2 \in \mathbf{R}^{m \times n}$ 。

S1 : $C = I_2^T I_1$ S2 : 计算 C 的 SVD, 即 $U^T C V = \sum$, 得到 U 和 V S3 : $Q = UV^T$ S4 : $ISD = \|I_1 - I_2 Q\|_F$ 。从 I_{SD} 定义和算法可知, I_{SD} 越小, 则 2 幅图像越相似。

2 实验和结论

利用上述算法对 2 组图像进行了测试。第 1 组图像(见图 1)是船只通过三峡临时船闸的图像, 可观察到在 T2, T3, T4 和 T5 图像中没有船只, 它们比较相似, 因此在表 1 中它们之间的 I_{SD} 较小。相反 T1 和 T6 与 T2, T3, T4 和 T5 之间的 I_{SD} 较大, 说明有船和无船之间的 I_{SD} 有明显的变化。利用 I_{SD} 判断船闸中是否有船。第 2 组图像是 4 人的 人脸图像(见图 2), 图像 F1, F2 和 F3 是同一人的不同姿态的 3 幅人脸图像, 图像 F4, F5 和 F6 是第 2 人的 3 幅人脸图像, 图像 F7, F8 和 F9 是第 3 人的 3 幅不同姿态的人脸图像, 图像 F10 是第 4 个人的 1 幅人脸。从表 2 可见, 同一人的 人脸之间明显比不同人的 人脸之间的 I_{SD} 小。因此可利用 I_{SD} 识别和确认人脸这类复杂模式, 同样, I_{SD} 可用于图像检索和再现。

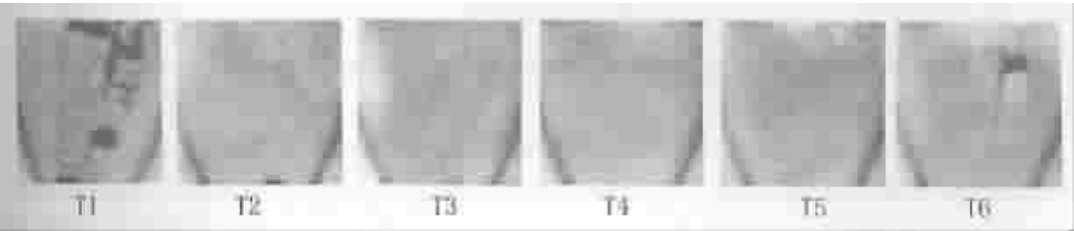


图 1 测试图像之一(三峡临时船闸)

Fig.1 First test image set (Three Gorges temporary ship lock)

表 1 图 1 测试图像之间的相似度

Table 1 ISD between test images in figure 1

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1	0.000	4.690	4.684	4.330	4.318	4.701
T2	4.587	0.000	0.783	1.176	1.303	2.055
T3	4.653	0.783	0.000	0.760	0.926	1.789
T4	4.179	1.164	0.767	0.000	0.593	1.757
T5	4.230	1.306	0.959	0.622	0.000	1.723



图 2 测试图像之二(人脸)

Fig.2 Second test image set(faces)

表 2 图 2 测试图像之间的相似度

Table 2 ISD between test images in figure 2

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	0.000	4.213	3.850	5.474	5.557	5.311	6.089	6.073	6.053	9.271
F2	4.216	0.000	2.809	4.755	6.031	5.878	6.014	5.922	5.921	9.664
F3	3.895	2.807	0.000	5.012	5.603	5.489	5.984	5.900	5.869	9.165
F4	5.444	4.811	4.995	0.000	3.838	4.716	5.316	5.246	5.141	10.03
F5	5.557	6.029	5.407	3.851	0.000	3.983	4.638	4.638	4.528	9.519
F6	5.300	5.878	5.543	4.765	3.946	0.000	4.104	4.039	4.103	9.304
F7	6.059	5.930	5.963	5.158	4.534	4.039	0.000	1.306	1.606	11.54
F8	6.036	5.875	5.875	5.123	4.549	3.973	1.306	0.000	2.000	11.79
F9	6.014	5.878	5.849	4.942	4.337	4.008	1.572	1.989	0.000	11.12
F10	9.257	9.685	9.242	10.06	9.506	9.404	11.63	11.86	11.24	0.000

参 考 文 献

1 Petrakis Euripides G M. Similarity searching in medical image databases. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering ,1997 ,9 435 ~ 447

2 Rogowitz Bernice E. Perceptual image similarity experiments. SPIE Conf on Electronic Imaging and Human Vision , 1999 , 3299 576 ~ 590

3 Green B. The orthogonal approximation of an oblique structure in factor analysis. Psyc-hometrika ,1952 , 17 429 ~ 440

4 Schonemann P. A generalized solution of the orthogonal procrustes problem. Psychometika ,1966 , 31 :1 ~ 10

A Novel Measure for Image Similarity

Cao Yulong Yang Jingyu

(Department of Computer Science and Engineering , NUST , Nanjing 210094)

ABSTRACT In this paper , a novel image similarity is defined and deduced based on the orthogonal Proscrustes problem. The image similarity degree(ISD) is the possibility that one image can be rotated into another. An algorithm of image similarity degree is briefly proposed ;meanwhile the algorithm is used to detect ships in lock and to classify and search faces. The experimental results show that the new image similarity is effective and satisfactory.

KEY WORDS数据 image similarity , orthogonal Proscrustes problem , image retrieval