

一种新的广义最近邻方法研究

赵 莹,高 隼,汪荣贵,胡 静

(合肥工业大学计算机与信息学院图像信息处理研究室,安徽合肥 230009;中科院合肥分院智能机械研究所,安徽合肥 230031)

摘 要: 本文在仿生模式识别理论的指导下,推广了传统的最邻近方法,提出一种新的广义最近邻方法.该方法利用同类样本间的连续性规律,增加了样本点个数.再通过由多个超球体的并所形成的几何形体,覆盖可能的样本点.将这一方法用于人脸识别仿真实验,实验结果表明该方法是有效可行的.

关键词: 仿生模式识别;最近邻法;人脸识别

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 12A-196-03

An Extended Nearest Neighbor Method Based on Bionic Pattern Recognition

ZHAO Ying, GAO Jun, WANG Rong-gui, HU Jing

(Institute of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China;

Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei, Anhui 230031, China)

Abstract: With the direction of the theory of Bionic Pattern Recognition, this paper puts toward an extended nearest Neighbor method. It makes use of the continuity rule between the samples which belong to the same pattern to increase the number of samples. We cover the possible samples by means of the combination of the hyperspheres. This method is proved effective by simulation result of the face recognition experiment.

Key words: bionic pattern recognition; nearest neighbor method; face recognition

1 引言

最近邻法是基于样本间距离的一种分类方法,最初的最邻近法是由 Cover 和 Hart 于 1968 年提出的.由于该方法在理论上进行了深入的分析,直至现在仍是模式识别中重要的非参数方法之一.当最近邻法设有阈值 k 时,可以从高维空间几何学的角度,将判别过程理解为:以样本空间中每一类别的所有样本点为中心,以阈值为半径做超球体.判断待测试样本落入哪些超球体内,再计算待测试样本与这几个超球体球心的距离.最终将测试样本判别为与它最近的超球体球心同类.

事实上,根据仿生模式识别理论中样本之间的连续性的思想^[1]可知,当两个样本点在特征空间中离得很近的时,可以近似地将这两个样本间的连线看成样本做一维流形运动时的轨迹,并且可以认为这一连线上的所有的点都与连线两端的样本点同类.此时若将这一连线均分为若干个点,则离散后的每一点仍属于这一类事物.

本文以上述思想为基础,在仿生模式识别理论的指导下,推广了传统的最邻近方法.提出一种新的广义最近邻方法,该方法简单有效且易于实现,并有效提高了传统最近邻方法的识别能力.

2 广义最近邻方法

2.1 传统最近邻方法

传统最近邻决策规则如下:假设有 c 个类别 $1, 2, \dots, c$ 的模式识别问题,每类有标明类别的样本 n_i 个, $i = 1, 2, \dots, c$. 我们规定 i 类的判别函数 $g_i(x)$ 为测试样本 x 和与其最近的样本之间的距离.

$$g_i(x) = \min_k |x - x_i^k|, k = 1, 2, \dots, N_i \quad (1)$$

其中 x_i^k 的下标 i 表示 i 类,上标 k 表示 i 类 N_i 个样本中第 k 个样本.

(1) 最近邻方法不设阈值时,若某一类别满足:

$$g_j(x) = \min_i g_i(x), i = 1, 2, \dots, N_i \quad (2)$$

则认为 $x \in \omega_j$. 即对未知样本 x , 我们只要比较 x 与所有已知类别的样本之间的欧式距离,并判决 x 与离它最近的样本同类.

(2) 当最近邻方法识别时设有阈值 r 时,若判别函数 $g_i(x)$ 满足公式(2)的同时满足:

$$g_j(x) \leq r \quad (3)$$

则认为 $x \in \omega_j$, 否则认为测试本 x 不属于这 c 个类中的任意一个.

当最近邻法设有阈值时,可以做到对测试样本以外类别的拒识.将其判别过程理解为:以样本空间中每一类别的所有样本点为中心,以阈值 r 为半径做超球体.判断待测试样本落入哪几个超球体中,再计算待测试样本与这几个超球体球心的距离.最终将测试样本 x 判别为与它最近的超球体球心同类.如果所有的超球体都没有覆盖测试样本 x ,则认为这一测试样本不属于这几类已知的类别.右图以二维为例,图解当设有阈值时最近邻方法.

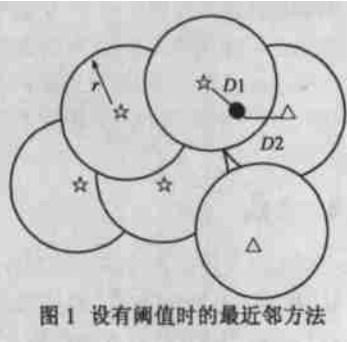


图1 设有阈值时的最近邻方法

图1中,设星号为A类事物,三角形为B类事物,黑点为测试样本 x .以A、B两类的样本点为圆心, r 为半径作圆.首先判断测试样本是否落入这些圆中,若测试样本 x 不属于其中的任何一个圆,则认为 x 不属于A、B两类事物.反之,则计算测试样本与包含它的圆心之间的距离.最终将测试样本判别为与它最近的圆心样本同类.从图1中可以看出测试样本 x 落入两个圆内,计算 x 与这两个圆心的距离,若 $D1 < D2$ 则判决 x 属于A类.反之则认为 x 属于B类.

2.2 广义最近邻方法

传统的最近邻方法虽然简单.但一方面,当某类事物样本点较少的时候,已知的几个样本点并不能很好的代表该类事物,识别效果欠佳.另一方面,传统最近邻方法识别的过程需要计算待识别样本和所有类中每一样本点之间的距离,当样本点总数较多时,该方法的计算量大.为了解决传统最近邻方法存在的弊端,本文在仿生模式识别理论中同类样本点间连续性思想的指导下,提出了一种广义最近邻方法.

仿生模式识别理论认为自然界存在的待识别事物,如果存在着两个“同源”同类但却不完全相等的事物,并且可以由一个事物经过一个渐变的或非量子化的过程演变到另一个事物,那么这两个同类的事物之间必定至少存一个渐变过程,使得这个渐变过程中的所有点都与这两个事物同类.以数学公式描述为:特征空间 R^n 中,设所有属于A类事物的全体所做成的点集为A,若集合A中存在任意两个元素 x 与 y ,则对为任意大于零的值时,必定存在集合B,使

$$B = \{x_1, x_2, \dots, x_n \mid x_1 = x, x_n = y, n \in N, (x_m, x_{m+1}) < \epsilon, > 0, n-1 \leq m \leq 1, m \in N\}, B \subset A \quad (4)$$

传统的模式识别认为同类样本之间不存在任何的联系,从而只能从不同类样本之间的关系入手,以不同类样本的最佳划分为目标^[2].而仿生模式识别理论突破了传统模式识别与学习理论的基本假定,以样本之间连续性为基础,增加了样本点分布的“先验知识”.由于它更加接近人类认识事物的过程,所以特高了对事物的认识能力^[1].

由于样本点之间存在着连续性,故在两个同类样本点之间的无数条曲线中,至少存在一条这样的曲线 L ,满足曲线上每一点都与这两个样本点同类^[3],用公式表示为:

$$L = \{c_i \mid A \subset c_i \subset L\}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

其中 c_i 为曲线 L 上的某一点, A 为A类事物.当这两个样本点在样本空间中的位置很近时,可以用这两点的连线来逼近一条满足条件的曲线^[4].将每两个样本点之间的连线离散化,均分为若干个点.根据连续性原理可知,离散后的每一点仍属于这一类事物.再以所有离散的点为球心,预先设定的参数 k 为半径做超球体.这样就在特征空间中形成了若干个离散的超球体.以A类事物为例, N 为A类样本中离散后所有球心的个数, a^i 为超球体的球心,则超球体 P 可以用公式(6)表示.

$$P_i = \{(x - a_i)^2 \leq r^2 \mid x \in R^n\}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

将这些超球体的并用于覆盖A类样本点,则对A类样本的几何覆盖形体 P_a 为:

$$P_a = \bigcup_{i=1}^N P_i \quad (7)$$

图2以二维为例图解这种新方法.

图2中,黑点代表已知的四个样本点,若干个圆是以每个线段上离散后的点为圆心, k 为半径的形成的.这些圆的并集就构成了对这类样本的覆盖形体.图中星形的测试样本落入了其中一个圆的覆盖范围内,则认为这一测试样本与已知样本点同类.而图中三角形的测试样本并未落入任何一个圆中,因此判决该测试样本不属于该类事物.

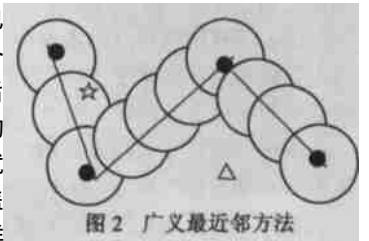


图2 广义最近邻方法

这种广义的最近邻方法与传统的最近邻方法相比,它借助了仿生模式识别理论中样本点之间连续性的规律,推广了传统最近邻方法.传统的最近邻方法中训练样本个数即为已知样本点的个数,而本文的广义最近邻方法将两个样本点连线上离散点也看作是该类事物的样本点,从而增加已知的样本点个数.所以广义近邻法能够更加准确的识别该类样本.广义最近邻方法识别过程中还设有阈值 r ,它还能对非本类样本点进行拒识.所以有效地提高了传统最近邻方法地识别效果.

不但如此,该方法还克服了传统模式识别中计算量和存储量大的困难,虽然它增加了很多已知的样本点,但识别时无需计算测试样本与所有样本点之间的距离.其识别过程是对一类事物的认识,而不是对多类事物的划分.只要测试样本落入某一类样本的某一个超球体内则认为测试样本属于该类事物,无需继续计算.

3 人脸识别仿真实验

为验证方法的有效性,使用该方法进行人脸识别实验. ORL 人脸图像库是目前使用的相当广泛的标准人脸库.它包含了40个人(每人10副)的400张灰度图像.实验中采用的即为ORL人脸库,如图3所示.

3.1 特征提取

实验中,首先对图像进行预处理^[4].之后再采用邻域平均



图3 部分实验样本

的方法将图像的分辨率由 100×100 变为 25×25 . 再将改变后的人脸灰度图像矩阵排成一个 625 维的列向量, 以此作为该图像的特征向量.

3.2 算法过程

以对某一人的识别为例. 具体的算法过程如下所述:

step1 对该类人脸图像进行特征提取, 得到 10 个 625 维的特征向量.

step2 从中选取六副图像为训练样本, 将这六副图像按照人脸转动的角度排序. 再将对应的特征向量依次相连, 得到特征空间中的 5 条连线.

step3 将这 5 个线段离散化, 得到 N 个离散的球心. 设 a^i 为每一超球体的球心, $i = 1, 2, \dots, N$. 令 $i = 1$.

step4 判断 i 是否满足 1. 满足则转 step5. 否则转 step7.

step5 在 a^i 处, 以参数 r 为半径, 做超球体. $i = i + 1$. 判别测试样本是否属于该超球体中, 不是则转 step5, 是则转到 step6.

step6 判定该测试样本为这一类人. end.

step7 判定该测试样本不属于这一类人. end.

3.3 实验结果

实验在 Matlab 6.1 平台上实现的, 从每一类人的 10 副人脸中, 取其中 6 副作为已知的训练样本, 其余四副为测试样本. 实验中共使用了五类人脸样本. 在半径取值适当的时候, 对本类型样本均可正确识别. 对非本类型的样本也可以正确的拒识. 半径 r 的选取十分重要. r 值过大, 超球体的覆盖面积广, 会导致其他类样本被错误的覆盖, 从而加大非本类样本的误识率. 反之若 r 值过小, 则不能完全覆盖该类别中可能的样本点. 实验中 r 取 450, 可以很好的识别各个类别. 而当 r 取 500 是, 对未参与训练的样本产生了错误识别. $r = 400$ 时, 会

对训练样本类错误拒识. 本文的实验是以仿生模式识别中样本间连续性规律为基础, 所以要求样本的连接是有顺序的. 故对样本的要求严格, 必须事先将训练样本按人脸转动的顺序排列. 识别时使用的测试图像不能超出训练样本的人脸转动范围.

4 总结

本文在仿生模式识别的指导下, 推广了传统的最邻近方法, 提出了一种新的广义最近邻方法. 实验结果表明该方法可以对人脸图像进行有效地识别. 由于我们对仿生模式识别的研究处于起步阶段, 还有很多问题, 例: 如何更加有效得进行特征提取、如何提高对具有表情的人脸识别以及如何突破样本“特殊性”的约束等等, 所以这方面的研究还有待于进一步的深入.

参考文献:

- [1] 王守觉. 仿生模式识别(拓扑模式识别)——一种模式识别新模型的理论与应用[J]. 电子学报, 2002, 30(10):1417 - 1420.
WANG Shou-jue. Bionic (Topological) pattern recognition ——A new model of pattern recognition theory and its applications [J]. ACTA ELECTRONICA SINICA, 2002, 30(10):1417 - 1420.
- [2] 王守觉, 徐键, 王宪保, 覃鸿. 基于仿生模式识别的多镜头人脸身份确认系统研究[J]. 电子学报, 2003, 31(1):1 - 3.
WANG Shou-jue, et al. Multi-camera humanface personal identification system based on the biomimetic pattern recognition [J]. ACTA ELECTRONICA SINICA, 2003, 31(1):1 - 3.
- [3] 王志海, 赵占强, 王守觉. 仿生模式识别在单镜头人脸识别中的应用[J]. 模式识别与人工智能, 2004, 17(1):98 - 102.
- [4] 王宪保. 基于仿生模式识别的人脸身份确认研究[D]. 浙江杭州:浙江工业大学, 2003.

作者简介:

赵莹女, 1981年12月出生于陕西西安, 合肥工业大学博士研究生, 主要研究方向: 模式识别与人工智能、神经网络理论及应用. E-mail: xxipp@hotmail.com.

高隽男, 1963年10月出生于安徽淮南, 中国科学技术大学博士, 合肥工业大学教授, 博士生导师, 主要研究方向: 图像处理与分析、模式识别与人工智能、神经网络理论及应用、光电信息处理、智能信息处理.