

基于 LBP 统计特征的低分辨率安全帽识别^①

周艳青, 薛河儒, 姜新华, 孙海鑫, 寻言言

(内蒙古农业大学 计算机与信息工程学院, 呼和浩特 010018)

摘 要: 针对工地进出口的视频监控录像, 考虑远距离低分辨率安全帽识别问题, 探讨了低分辨率安全帽识别方法, 分析了提取不同的特征和应用不同的分类器与识别率的关系. 首先截取视频中的人头, 获得大小为 22*22 的图像, 然后分别提取图像的统计特征、局部二进制模式特征、快速主成分分析特征, 再利用分类器和反向人工神经网络进行分类预测, 最后计算测试样本的识别率. 实验结果表明, 提取图像的二进制模式统计特征, 再结合反向人工神经网络的识别率效果最佳, 识别率可达 87.27%.

关键词: 低分辨率; 局部二进制模式; 统计特征; 反向人工神经网络; 识别率

Low-resolution Safety Helmet Image Recognition Combining Local Binary Pattern with Statistical Features

ZHOU Yan-Qing, XUE He-Ru, JIANG Xin-Hua, SUN Hai-Xin, XUN Yan-Yan

(College of Computer and Information Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: According to the entrance and export of construction surveillance video, this paper discusses the low-resolution image recognition method of the safety helmet and deduces the relation of different features and classifiers with recognition rate in view of taking account of the low-resolution safety helmet recognition problem at the long distance. It first captured the head of video to obtain images of the size of 22×22, and then extracted the statistical features of each image, LBP and PCA features. Finally, the recognition rate of test sample was calculated by taking advantage of minimum distance classifier and BP artificial neural network. The experimental results show that the LBP statistical features in combination with BP artificial neural network can recognize the safety helmet effectively. The recognition rate reached 87.27%.

Key words: low-resolution; LBP; statistic feature; BP artificial neural network; recognition rate

安全帽作为生产场所中最常使用、最便宜的个人防护工具, 曾拯救过无数人的生命^[1]. 但是由于人们的安全意识薄弱, 不能自觉主动的佩戴安全帽, 导致安全生产事故仍频繁发生, 为此大部分生产场所均已安装监控设备. 那么, 通过图像处理技术识别图像中工人是否佩戴安全帽, 对于保证施工安全具有重要的现实意义, 并成为图像识别的一个重要研究方向^[2]. 例如 2004 年中央警察大学对 ATM 机的监控系统中的安全帽进行检测, 利用修正霍夫变换的圆弧检测来判别安全帽^[3]; 2011 年中国矿业大学采用高斯函数对安

全帽四个方向的特征进行建模, 检测和识别复杂背景下的矿井视频中的安全帽, 最终识别率达到 83.7%^[4,5]; 还有对摩托车头盔的分类检测与跟踪等^[6], 均取得了一定的效果.

由于工地进出口处视频的复杂背景、光照强度、摄像头位置, 及现阶段有限的数据存储空间、网络传输速率和图像采集设备等因素的限制, 使得获得的图像分辨率较低^[7,8]. 针对低分辨安全帽图像, 人头和安全帽都存在弧度, 传统的方法不能满足识别的要求. 因此, 本文提出一种基于 LBP 统计特征算法: 截取视

① 基金项目: 公益性行业(农业)科研专项项目(201203041); 教育部“春晖计划”项目(Z2009-1-01062); 内蒙古农业大学科技创新团队项目(ZN201010); 收稿时间: 2014-02-27; 收到修改稿时间: 2015-03-02

频中人的头部区域, 将其转化为灰度图像, 并采用 LBP 算法对图像进行处理, 以突出图像的纹理特征, 接着提取图像的直方图统计特征, 并带入人工神经网络进行分类判别. 实验结果表明: 该算法与其它提取特征算法相比, 提高了安全帽的识别率, 达到降低安全事故的效果.

1 视频采集及预处理

实验采用的图像来自于工地进出口处的视频监控录像, 视频服务器将监控视频压缩后远距离传输到计算机中; 视频摄像头为了避免被其他物体遮挡, 一般安装在离出入口较远、较高的地方, 因此通过远程传输获得的视频分辨率较低. 实验中利用 Opencv 每隔 5 帧截取视频中工人的人头区域部分, 然后标准化大小为 22×22 像素的彩色图像, 共采集了 278 张图像. 日常工地生产中, 安全帽有红色、白色、蓝色、黄色等, 有的人甚至戴着头巾, 导致单纯用颜色难以区分是否佩戴安全帽. 由于采集的图像受自然光影响亮度不一, 及噪声干扰等, 运用原始图像很难处理和分析. 因此, 为了改善图像质量, 图像预处理是非常有必要的. 预处理需要将彩色图像灰度化, 在提取网格特征时, 为了方便计算, 需要将图像重新设置大小为 20×20 像素. 最终采集视频图 1 中的图像如图 2 所示.



图 1 原始帧



图 2 人头区域的采集图像

2 特征提取

2.1 LBP 算子

低分辨率安全帽图像识别的关键技术之一是特征提取与表达, 基于局部二进制模式(LBP, local binary patterns)算法已被广泛用于低分辨率图像的特征提取. LBP 最早由 Ojala T^[9]等提出, 用来作为图像局部对比度的互补算法. LBP 特征具有很强的分类能力、较高的计算效率, 并且不受光照强度变化影响. 工地安全帽图像常常会受到光照因素的影响而产生灰度变化, 所以把 LBP 算子应用于安全帽识别中能取得很好的效果. 图 3 给出了一个基本的 LBP 算子. 逐行扫描图像, 对于图像中的每一个像素点, 以该点的灰度作为阈值, 对其周围 3×3 的 8 邻域进行比较, 如果周围像素值大于中心点的值, 则该像素位置被标记 1, 否则为 0. 然后, 从左上角顺时针将 3×3 邻域内的 8 个点组成一个 8 位二进制数, 以此二进制数的十进制值(0~255)作为该点的响应^[10,11]. 设 g_c 表示中心点的灰度值, g_0, \dots, g_7 分别表示 g_c 的 8 个邻域的像素值, 经 LBP 编码之后, 中心点计算公式为公式(1), 其中, $s(z)$ 为阈值函数, 当 $z \geq 0$ 时, $s(z)=1$; 当 $z < 0$ 时, $s(z)=0$.

$$LBP(x, y) = \sum_{p=0}^7 s(g_c - g_p) 2^p \quad (1)$$

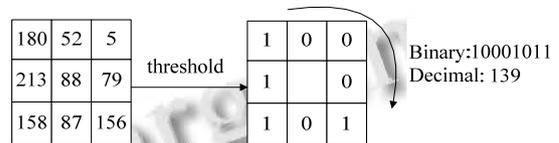


图 3 基本 LBP 算子的计算方法

基本的 LBP 算子的最大缺陷在于它只覆盖了一个固定半径范围内的小区域, 这显然不能满足不同尺寸和频率纹理的需要. 随后, Ojala T 等^[9]对 LBP 算子进行了发展和改进, 将 3×3 邻域扩展到任意邻域, 并用圆形邻域代替了正方形邻域, 改进后的 LBP 算子允许在半径为 R 的圆形邻域内有任意多个像素点, 用符号 LBP_p^R 表示在半径为 R 的圆形邻域内有 P 个像素点. 对于 LBP_p^R 将产生 2^P 中模式, 如此多的二进制模式无论对于纹理的提取还是对于纹理的识别、分类及信息的存取都是不利的^[12]. 以此, Ojala T^[9]提出了采用 LBP 统一模式来对 LBP 算子的模式种类进行降维. 由于图像千差万别, 统一模式并不能在所有的图像中都占到高的比重. Maenpaa^[13]等人又将 LBP 算子进行了扩展,

提出基于旋转不变性的 LBP 算子, 即不断旋转圆形邻域得到一系列初始定义的 LBP 值, 取其最小值作为该邻域的 LBP 值. 采用 LBP 算子得到如图 4 所示图像.

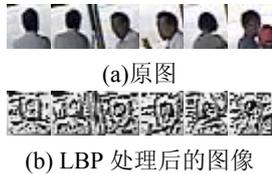


图 4 LBP 算子处理结果

2.2 直方图统计特征

在对图像颜色特征的描述上, 直方图是一个非常有效的工具. 直方图描述了图像颜色的统计分布特征, 具有平移, 尺度和旋转的不变性, 利用直方图的统计特征进行图像之间的相似性度量. 同时, 纹理是图像固有的特征之一, 是灰度在空间以一定的形式变换而产生的模式. 直方图作为图像纹理描述的一种有力的手段, 并与纹理之间存在着一定的对应关系. 因此, 可以利用直方图或其统计特征作为图像纹理特征. 直方图本身就是一个向量, 从直方图中提取出能够很好地描述直方图的统计特征, 将直方图的统计特征组合成为样本特征向量, 这样可以大大地降低特征向量的维数^[10].

直方图常用的统计特征包括以下内容.

1) 均值—纹理平均亮度的度量, 其中, L 是灰度级总数, z_i 表示第 i 个灰度级, $P(z_i)$ 是归一化直方图灰度级分布中灰度为 z_i 的概率.

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i) \quad (2)$$

2) 标准方差—纹理平均对比度的度量

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i)} \quad (3)$$

3) 平滑度—纹理亮度的相对平滑度量, 对于灰度一致的区域, 平滑度 R 等于 1; 对于灰度值有较大差异的区域, R 等于 0.

$$R = \frac{1}{(1 + \sigma^2)} \quad (4)$$

4) 三阶矩—直方图偏斜行的度量. 对于对称的直方图, 此值为 0, 若为正值, 则直方图向右偏斜, 为负值则直方图向左偏斜.

$$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i) \quad (5)$$

5) 熵—随机性度量. 熵越大表明随机性越大, 信息量也就越多; 反之确定性越大, 当然信息量就越少.

$$e = -\sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 P(z_i) \quad (6)$$

由于 LBP 直方图可能存在某个灰度级的值为零, 所以当选熵为统计特征时, 会出现 e 的值为 NULL. 所以本实验选用均值、标准方差、平滑度、三阶矩统计特征, 并组合而成特征向量为 $v=(m, \sigma, R, \mu_3)$.

3 BP 人工神经网络

3.1 BP 人工神经网络学习算法

BP 模型系统地解决了多层网络中隐单元层连接权的学习问题, 并已经成为人工神经网络的重要模型之一, 并得到了广泛的应用. BP 人工神经网络由输入层、隐含层和输出层组成, 如图 5 所示.

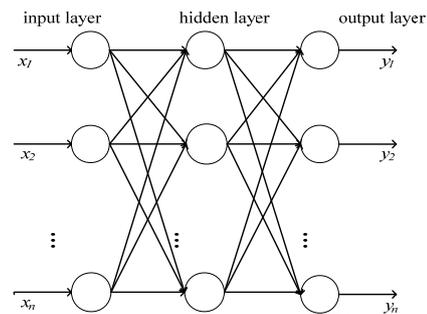


图 5 人工神经网络结构

BP 算法是建立在梯度下降法的基础上, 学习过程由正向传播和反向传播组成, 输入的信息通过输入层经隐含层, 传向输出层; 如果输出层得不到期望的输出, 则转入反向传播, 并逐层递归计算实际与期望输出的差(误差). 将误差信号沿原来的路径返回, 通过修改各层神经元的权值, 使得误差达到最小. BP 算法包含以下 6 步:

- 1) 初始化. 为了提高网络的学习效率, 一般需要对原始数据的输入、输出样本进行规范化处理.
- 2) 进入循环, 计算网络的输出.
- 3) 误差逆传播. 各连接层及阈值的调整, 按梯度下降法的原理进行.
- 4) 修正权值和阈值. 利用输出层、隐含层节点的误差修正各层的连接权值及阈值. 以上循环执行 m 次.
- 5) 若网络的全局误差小于指定的值, 则算法转入第 6)步; 否则转为第 2)步.

6) 计算输出层^[14,15].

3.2 BP 神经网络结构的设计

首先设计了 3 层神经网络, 其输入层、输出层的神经元节点个数分别为 4,2; 隐含层的神经元个数与输入输出层的节点数有关, 隐含层神经元太多, 网络存在太多冗余性, 增加了网络的训练负担, 导致训练时间长, 容错性差. 隐含层过少, 网络不收敛, 达不到训练目标, 因此设定为 30; 由于网络结构简单, 所以输入层与隐含层传递函数为 logsig 回归; 隐含层与输出层之间采用 purelin 函数. 网络的训练精度为 0.01, 最大训练次数为 300 次, 显示训练迭代过程为 100, 学习速率为 0.01, 训练的时间适中, 最终达到的目标为 0.14, 因为在接近 0.14, 网络已经收敛. 网络中权值和阈值通过弹性梯度下降法调整, 网络的输出目标为 1 和 2, 其中 1 表示没有佩戴安全帽, 2 表示佩戴安全帽.

4 实验结果及算法分析

BP 神经网络训练结果误差曲线见图 6 所示, 模型收敛速度较快, 当训练经过 200 次时, 曲线趋于水平, 训练经过 279 次迭代后就达到预期目标精度.

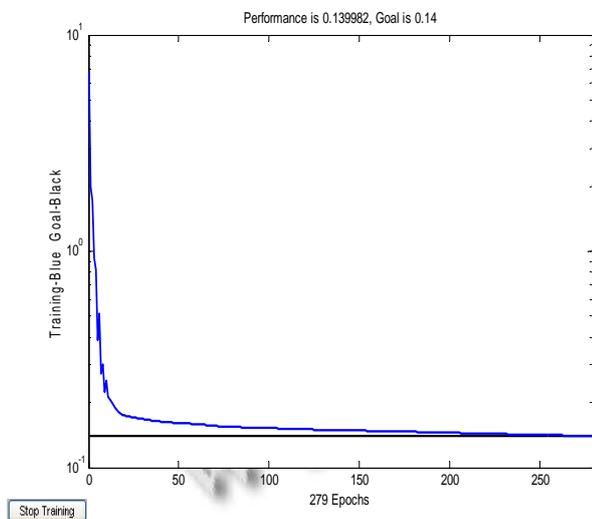


图 6 BP 神经网络训练收敛图

利用训练好的 BP 神经网络对测试样本进行测试分类, 110 组测试样本中, 其中能够正确判别样本的有 96 个, 错误识别的样本为 14 个, 正确的识别率达到 87.27%.

在实验过程运用到的其他方法的实验结果对比如表 1 所示:

表 1 各方法实验结果对比

特征提取	分类器	参数设置	识别率(%)
网格特征 4*4	最小距离	二值图像阈值为 0.33	76.36
FastPCA	最小距离	20 个主成分分量	83.64
LBP+ 直方图统计特征	最小距离	统计 32 个直方图区间	84.55
LBP+ 直方图统计特征	BP 神经网络	网络的中间层 30 个节点	87.27

当采用网格提取特征时, 经过反复实验, 可知二值化图像的阈值取为 0.33 最佳; 并需要将 22*22 像素的图像重新设置为 20*20, 接着提取大小为 4*4 的图像网格特征, 即统计每个网格内的黑色像素点数目, 然后计算每一类训练样本的每个网格的均值, 并采用最小距离分类器对测试样本进行分类, 识别率为 76.36%. FastPCA(Fast Principal Component Analysis) 用来对样本矩阵进行快速主成分分析, 实验中将主成分降维至 20 维, 其输出值为降维后的 20 维样本特征向量组成的矩阵, 然后采用最小分类器分类识别, 识别率为 83.64%. 将 LBP 与直方图统计特征结合, 并统计直方图的 32 个区间, 采用最小分类器进行分类, 识别率为 84.55%; 采用 BP 神经网络, 中间层为 40 个节点, 并采用弹性梯度下降法调整网络, 识别率达到 87.27%. 通过实验比较, 得出利用 LBP 算子计算直方图统计特征, 结合 BP 神经网络识别效果最佳.

5 结语

在工地进出口的监控视频中, 针对复杂的背景及采集到得图像分辨率低等因素导致难以识别工人佩戴安全帽. 本文提出了一种基于 LBP 的直方图统计特征的方法来提取图像的特征, 利用 BP 人工神经网络进行分类预测, 识别出佩戴安全帽和不佩戴安全帽的图像, 解决了工地上哪些工人因没有佩戴安全而进行了非法操作, 该方法简单可行, 能自动的、方便的监视工地进出口处工人的情况. 但是由于工地现场的背景复杂, 在加上图像的分辨率, 识别率还需提高, 这将作为后续完成的重要工作, 提高算法的健壮性.

参考文献

- 1 工地用安全帽检测之发展趋势. 福建质量信息. <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-FJXX200101017.htm>.
- 2 胡恬, 王新刚. 基于小波变换和神经网络的安全帽识别系统

- 分析与设计.软件导刊,2006, 23:37-38.
- 3 Wen CY. The safety helmet detection technology and its application to the surveillance system. *Journal of Forensic Sciences*, 2004, 49(4): 11.
 - 4 Cai LM, Qian JS. A method for detecting miners based on helmets detection in underground coal mine videos. *Mining Science and Technology (China)*, 2011, 21(4): 553-556.
 - 5 蔡丽梅.基于视频的煤矿井下人员目标检测与跟踪研究[学位论文].徐州:中国矿业大学,2010.
 - 6 Gordon MS, Brown CH, Kolbusz M. Helmet presence classification with motorcycle detection and tracking. *Open Acoustics Journal*, 2010, (3): 1-10.
 - 7 周毅.低分辨率人脸图像识别关键技术研究[学位论文].成都:电子科技大学,2011.
 - 8 王晓云,苑玮琦,郭金玉.低分辨率人耳图像识别方法研究. *计算机应用研究*,2010,11(27):4328-4330.
 - 9 Ojala T, Pietikainen M, Maenpaa T. Multiresolution gray scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, 24(7): 971-987.
 - 10 张铮,王艳平,薛桂香.数字图像处理与机器视觉—Visual C++与 Matlab 实现.北京:人民邮电出版社,2010.
 - 11 张铮,倪红霞,苑春苗,等.精通 Matlab 数字图像处理与识别.北京:人民邮电出版社,2013.
 - 12 胥涛.基于局部二进制模式的人脸识别算法研究[学位论文].长沙:中南大学,2012.
 - 13 Maenpaa T, Pietikainen M. Texture analysis with local binary patterns. *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*. 3rd ed. World Scientific, Singapore. 2001. 711-736.
 - 14 许国根,贾瑛.模式识别与智能计算的 MATLAB 实现.北京:北京航空航天大学出版,2012.
 - 15 金强,高普中.神经网络在乳腺癌诊断中的应用. *计算机仿真*,2011,28(6):235-238.