

文章编号: 2095-2163(2020)08-0231-03

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

基于改进的 SIFT 特征的图像匹配算法研究

胡柳, 邓杰, 肖瑶星, 卢艳芝, 曾蒸

(湖南信息职业技术学院, 长沙 410200)

摘要: 针对图像匹配在不同的光照、表情等背景下存在可靠性及有效性较低的问题, 本文提出一种改进的 SIFT 特征的图像匹配算法。算法通过构建高斯差分尺度空间以保留原始图像信息并增加特征点数量, 计算相邻点及上下尺度空间对应点以寻找极值点, 调整 Harris Corner 检测器参数以实现删除低对比度的关键点和不稳定的边缘响应点, 利用关键点邻域像素的梯度方向分布特性, 为每个关键点指定 128 维的方向参数, 并进行关键点描述子的生成, 最后将两幅图片的描述子进行匹配并得到结果。实验结果表明, 该算法在不同背景下能有效完成图像匹配的计算, 满足应用软件的时效性要求。

关键词: 图像匹配; SIFT 特征; 邻域像素; 关键点描述子

Research on image matching algorithm based on improved SIFT features

HU Liu, DENG Jie, XIAO Yaoping, LU Yanzhi, ZENG Zheng

(Hunan College of Information, ChangSha 410200, China)

[Abstract] In view of the problem of low reliability and effectiveness of image matching under different lighting and expression backgrounds, this paper proposes an improved image matching algorithm with SIFT features. The algorithm constructs a Gaussian difference scale space to retain the original image information and increase the number of feature points, calculates adjacent points and corresponding points in the upper and lower scale spaces to find extreme points, and adjusts the parameters of the Harris Corner detector to remove the key points of low contrast stable edge response points. And it uses the gradient direction distribution characteristics of the pixels in the neighborhood of key points to specify 128-dimensional direction parameters for each key point, and generate key point descriptors. Finally, the descriptors of the two pictures are match and result is obtained. Experimental results show that the algorithm can effectively complete the image matching calculation under different backgrounds and meet the timeliness requirements of application software.

[Key words] image matching; SIFT features; neighborhood pixels; key point descriptor

0 引言

随着模式识别、人工智能在各行各业广泛运用, 教育考试行业也在逐渐探索用于识别考生身份的图像识别系统。目前人脸识别、人脸匹配等图像处理过程是进行考生身份识别的主要依据。人脸识别主要对将图片中的人脸识别, 其应用场景非常广泛, 但在不同的背景和光照情况下, 人脸识别会存在一定的误检率。人脸匹配是将两幅人脸对比, 以验证是否为同一人。人脸识别具有较成熟的技术与方法, 如基于神经网络算法、深度学习方法、纹理特征方法、聚类分析方法等。人脸匹配技术是人物追踪、人脸对比的关键技术。魏玮等人提出改进的 SIFT 结合余弦相似度的人脸匹配算法, 通过构建圆形分区的特征描述符, 降低特征向量维数, 利用正反双向匹配以及匹配点对集中各匹配点对之间近似满足余弦相似的原则, 采用余弦相似度来进行误匹配点对的剔除^[1]; 李铁等人提出基于不变矩理论的灰度人脸

图像匹配算法, 通过改进不变矩算法, 应用到灰度人脸图像做匹配, 对目标图像缩放、旋转后与原图像的不变矩进行了比较^[2]; 帅硕等人提出基于 SURF 和形状上下文的人脸匹配算法, 利用两次 SURF 算法提取人脸特征点并匹配, 并采用不依赖位置信息的形状上下文算法剔除误匹配点对^[3]; 向世涛等人提出旋转纹理不变模型下的快速人脸匹配方法, 该方法将 RITF 与 SIFT 融合, 通过 GPU 对构建高斯差分金字塔和检测定位极值点等步骤并行加速, 实现了对传统模型的优化与加速^[4]。王晓斌等人提出基于模拟退火算法的三维人脸匹配方法, 通过具有全局优化能力的模拟退火算法搜索获取全局极值, 选择合适的适应度函数 MLESAC 和 SIM 控制匹配过程获得识别结果^[5]。在教育考试的人脸识别过程中需要有快速的匹配效率, 本文在传统 SIFT 基础上进行改进, 快速完成人脸匹配过程。

基金项目: 湖南省教育科学“十三五”规划 2018 年度教育考试研究专项课题(XJK018JKB023)。

作者简介: 胡柳(1988-), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 图形图像处理、网络化软件开发。

收稿日期: 2020-05-25

1 SIFT 算法理论

SIFT (Scale-invariant feature transform, 尺度不变特征转换) 是一种计算机视觉算法, 用来描述图片中的局部性特征, 在空间尺度中寻找极值点, 并提取其位置、尺度、旋转不变量。SIFT 算法分为四步: 尺度空间极值检测、关键点定位、方向确定、关键点描述。

尺度空间是在图像信息处理模型中引入一个被视为尺度的参数, 通过连续变化尺度参数获得多尺度下的尺度空间表示序列, 将尺度空间主轮廓提取。一个图像的尺度空间 $L(x, y, \sigma)$ 可表示为一个变化尺度的高斯函数 $G(x, y, \sigma)$ 与原图像 $I(x, y)$ 的卷积, 式(1)。

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y), \quad (1)$$

其中: $*$ 代表卷积运算; σ 是尺度空间因子, 其值越小图像越平滑, 其相应的尺度也越小, 其值越大更描述其概貌特征。

离散空间下的极值点并不是真正的极值点, 为了提高人脸中关键点的稳定性, 需要对尺度空间 DoG 函数进行曲线拟合, 利用 DoG 函数在尺度空间的泰勒展开式得到极值点的偏移量, 即获取特征点的精确位置为原位置加上拟合的偏移量。DoG 算子会产生较强的边缘响应, 需要剔除不稳定的边缘响应点, 以提高关键点的稳定性, 直至提高人脸匹配的正确性。同时, 为了使描述符具有旋转不变性, 需要利用图像的局部特征为给每一个关键点分配一个基准方向, 使用图像梯度的方法求取局部结构的稳定方向。通过上述描述, 对于每一个关键点都有三个信息: 位置、尺度以及方向。因此, 可以采用一组向量描述这个关键点, 使其不随各种变化而变化。

SIFT 在图像的不变特征提取方面具有特定的优势, 但存在实时性不高、特征点较少、边缘处理不够等缺点。OpenCV 已经实现了 SIFT 算法, 通过相应的方法可完成图像的匹配, 正是由于上述的缺点, 许多学者对 SIFT 算法进行改进以获取更优的图像匹配效果。

2 改进的 SIFT 算法

2.1 构建高斯差分尺度空间

为了实现尺度不变性, 即使改变图片旋转角度、图像亮度、图片视角等仍能获得较好的检测效果。将图片尺度进行不同的变换, 高斯卷积是实现尺度变换的唯一线性核。为了有效的在尺度空间检测到稳定的关键点, 采用不同尺度的高斯差分核与图像卷积生成, 其计算式如式(2)所示。其中, L 为高斯

尺度空间; k 为两相邻尺度空间倍数, 即在某一个尺度上对特征点的检测, 可以通过对同一组内的两个相邻高斯尺度空间图像相减。当 σ 为 1 和 2 时的图片效果如图 1 所示。从图 1 中可以看出, σ 越大图像越模糊, σ 越小图片将越清晰。为了保留原始图像信息, 在构建尺度空间时不建议将 σ 超过 2。

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma). \quad (2)$$



图 1 原图与 σ 为 2.0 的对比图

Fig. 1 Comparison between the original image and σ is 2.0

2.2 检测关键点

为了检测图片中的关键点, 需要对每个点与其相邻的点进行比较。同一平面中, 一个点相邻的点共有 8 个, 但在尺度空间中还需要考虑到不同尺度的情况, 因此, 一个点相邻的点共有 26 个, 当该值是最大或最小值时, 就认为该点为极值点。如图 2 所示。

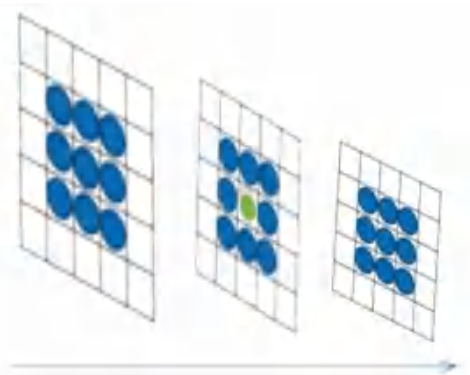


图 2 寻找极值点

Fig. 2 Find extreme points

在极值比较时, 最顶层和最底层无法完成, 即边界点无法进行极值比较, 为了满足尺度变化的连续性, 在每组图像的边界层利用高斯模糊生成 3 幅图像, 用以完成极值的比较。

由于高斯差分尺度空间存在边缘响应点和变换过程中产生的噪声点, 即图片边缘与噪声点会被识别成特征点。采用类似 Harris Corner 检测器进行噪声点检测, 利用泰勒展开式及其推导式, 在特征点中去掉低对比度和边缘响应点。

2.3 生成方向参数及描述子

确定每张图片中的特征点后,需要为每个特征点计算一个方向,后续将根据此方向计算。在方向计算时涉及到计算时效问题,本文为每个特征点生

$$m(x,y) = \sqrt{(L(x+1,y) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2}, \quad (3)$$

$$\theta(x,y) = \text{atan2}\left(\frac{L(x,y+1) - L(x,y-1)}{L(x+1,y) - L(x-1,y)}\right). \quad (4)$$

每个特征点有 3 个信息:位置、所处梯度、方向。由此可以确定一个 SIFT 特征区域。计算时在特征点邻域窗口内采样,并使用直方图统计梯度方向。通过 3 个步骤来生成特征点描述子。(1)将坐标轴旋转为特征点的方向,确保两幅图片由于不同角度而保持旋转不变性;(2)在特征点为中心取 8×8 窗口,将此窗口分成 4 个小块,并计算 8 个方向的梯度方向直方图,绘制每个梯度方向的累加值,即可形成一个种子点,即为每个 SIFT 特征域形成一个 128 维的描述子;(3)将特征向量的长度归一化,即可进一步去除光照变化等的影响。

3 实验结果

实验对象为 50 组照片,其中 35 组为相似或者图片相互包含,15 组为不相关图片。即 35 组正样本,15 组负样本。

输入照片、构建高斯差分尺度空间、寻找特征点、生成方向参数和描述子进行匹配。

实验采用准确率、精确率、召回率进行数据统计,采用 TP 表示将正类预测为正类的数量, TN 表示将负类预测为负类的数量, FP 表示将负类预测为正类的数量, FN 表示将正类预测为负类的数量,准确率 $AC = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$,精确率 $P = TP / (TP + FP)$,召回率 $R = TP / (TP + FN)$ 。

实验开发环境为 Microsoft Visual Studio 2012、EmguCV,通过将 50 组实验对象输入,利用 EmguCV 提供的函数逐步进行图像匹配,在特征点匹配的基础上逐步寻找合适的判断阈值,以寻找最佳的分类效果。通过实验,确定关键点匹配数量,判断阈值设定为 92%,其准确率较高。实验过程如图 3 所示。

通过对 50 组实验对象进行匹配,统计结果见表 1。本组实验的准确率 $AC = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) = (33 + 14) / (33 + 14 + 2 + 2) = 94\%$,精

成一个 128 维的方向参数。利用特征点领域像素的梯度方向分布特征为每个特征点指定方向参数,使其具有旋转不变特性。在 (x,y) 处梯度和角度计算如式(3)和(4)所示。

准确率 $P = TP / (TP + FP) = 33 / (33 + 1) = 97\%$,召回率 $R = TP / (TP + FN) = 33 / (33 + 2) = 94.28\%$ 。



图 3 图片匹配结果

Fig. 3 Picture matching results

表 1 实验统计结果

Tab. 1 Experimental statistics results

	正样本	负样本
正确匹配	33	14
错误匹配	2	1

4 结束语

本文通过对实验对象进行匹配验证,获得了较好的精确率。但由于实验对象组较少,还需要使用大量的正负样本进行实验,以获得更好的实验过程及特征点匹配阈值。同时,在图像匹配过程中,需要进一步优化图像处理流程及算法,在不影响匹配结果的前提下提高匹配速度,满足未来应用软件时效性要求。

参考文献

- [1] 魏玮,张芯月,朱叶. 改进的 SIFT 结合余弦相似度的人脸匹配算法[J]. 计算机工程与应用,2020,56(6):207-212.
- [2] 李铁,付媛媛,张弛,等. 基于不变矩理论的灰度人脸图像匹配算法研究[J]. 电脑知识与技术,2018,14(28):189-190.
- [3] 师硕,于洋,杨志坚,等. 基于 SURF 和形状上下文的人脸匹配算法[J]. 计算机应用研究,2018,35(10):3197-3200.
- [4] 向世涛,文畅,谢凯,等. 旋转纹理不变模型下的快速人脸匹配方法[J]. 计算机工程与设计,2018,39(3):854-860.
- [5] 王晓斌,冯鲁桥,杨媛静. 基于模拟退火算法的三维人脸匹配方法[J]. 电子科技大学学报,2015,44(4):584-588.