大摘要

在数控冲床的应用中，某些特殊板材的冲压，需要正反冲压两次，第二次冲压需要根据第一次冲压的结果来确定新的冲压位置，所以需要图像匹配技术在此时精准定位第一次冲压的位置。但是长期以来，由于缺乏一种效率与准确性兼具的图像匹配算法，该技术一直没能大范围应用。

随着计算机技术以摩尔定律的快速发展，计算机运算速度得到了巨大的提升，目前的已经能够满足绝大多数行业的需求。但在图像匹配中，由于计算数据量大，实时性要求高，所以减少匹配算法复杂度依然是主要的研究方向。另外，由于拍摄时间、角度、光照等影响，模板图像和搜索图像存在一定程度的灰度失真及几何畸变，这些都给匹配的准确度带来困难。所以合理的模板和目标之间相似性度量方法也是研究人员重要的研究方向。如果能够提出一套匹配效率高、鲁棒性强的匹配方案，那么图像匹配技术将在导航制导、模式识别等领域发挥更大更积极的作用。因此，图像匹配技术的研究具有十分重要的应用价值和理论意义。

本文提出了一种基于积分图和T检验法的倒金字塔图像匹配算法。该算法能在不降低匹配准确性的情况下提高效率。

首先，详细的分析了各种基于灰度和基于特征的图像匹配算法，其中基于灰度匹配的算法有FFT相关匹配、序贯相似性检测、图像金字塔和启发式算法等。基于特征的匹配算法根据特征种类可以分为区域特征、边缘特征和点特征。基于灰度的算法容易理解、方便实现，但是在目标旋转、缩放、遮挡的情况下，无法识别，由于传统灰度匹配算法复杂度较高，所以近年来的主要研究方向是降低算法复杂度。而基于特征的匹配算法受目标形变的影响较小，但是较难理解，特征提取困难且不稳定，所以目前特征匹配的主要研究方向为特征的选择和提取。

接着，在前人工作的基础上，本文提出了一种“先粗后精”的搜索策略：

(1)使用倒金字塔算法“粗”搜索。该方法的灵感来源于SSDA算法的过滤效应，SSDA算法依靠每个像素点的差异来过滤子图，但每个像素点包含信息量很低，所以导致算法效率的低下。本文则采用了面积特征来对子图进行过滤，面积特征包含了区域内的大部分信息，信息量较大，能够用很少的筛选次数来淘汰掉大部分的搜索子图。而且面积特征由于积分图的存在可以仅仅通过几次加法运算即可计算出来，拥有极大地效率优势。

(2)但是面积特征在多次使用后，选取的面积矩形之间重复的像素点会越来越多，面积特征之间逐步失去我了独立性。此时，再多选取矩形面积作为筛选标准的话，筛选效果会变得较差。因此，本文又提出了基于T检验法的筛选方案。该方案利用了前面选取了众多面积特征数据，将其整合，充分利用整体的数据分布效果，假设其满足t分布。通过假设检验的方式，进一步减少了搜索子图的数量。

(3)由于“粗”搜索筛选掉大部分子图，剩余的搜索子图将紧紧围绕在目标附近，此时，通过聚类可以方便的将不同目标对应剩余的子图分离开。由于子图里目标很近，这时候计算相似性的时候，会出现最佳匹配位置的一个明显高峰，而其他位置相似性都相对较低，即具有良好的梯度相关特性。所以本文采用了基于梯度上升的线性正方形搜索算法，该方法沿着梯度上升的方向逐步逼近目标，直至精准定位搜索目标。

最后，将上述图像匹配算法编程实现并与常用的FFT相关算法进行了对比。对比测试中，使用的图片为数控冲床现场采集而来，有较高参考价值。由于两种算法采用了相同的相似性度量方式，理论上两种算法的匹配准确性应该完全一致，事实结果证明了这一点。在效率方面，本文提出的算法匹配时间与目标数量相关，实际测量结果也表明匹配时间和目标数量基本呈线性关系。在目标数量较少时，算法效率要优于FFT相关算法，而目标较多时则FFT算法效率更高，目标数量为3时，两种算法效率近似相同。

从倒金字塔算法匹配的结果来看，基本符合第三章中的理论分析，能够稳定的找到目标，并且准确性也得到了保证。另外式(3-12)分析得到的算法复杂度公式也基本成立，只是从时间结果看，明显，精准搜索需要的时间更长，导致了整个算法时间近似与目标数目成正比而基本与倒金字塔搜索无关，不过这也从另一方面证明了倒金字塔搜索在效率上的优越性。

另外考虑到本文在对比中使用是OpenCV专业工程师编写的FFT算法，而本文提出的算法只经过简单优化，所以本算法效率还有较大的提升空间。不仅如此，与FFT算法和NCC度量方式完全捆绑不同，本文提出的倒金字塔搜索中，精细搜索部分可以任意更换相似性度量方式，增强了算法的灵活性。

在本文的理论分析中，倒金字塔搜搜算法相较于FFT算法应该有较大的效率优势，但实际结果却是相差不多，有一定改进空间。另外，本文依然使用NCC作为相似性度量方式，没有将本算法可以更好相似性度量的优势发挥出来。因此，对未来工作提出了以下两点改进方向。

(1)改进精准定位算法。本文提出的倒金字塔粗略搜索有极高的筛选效率，但是精确匹配中LSS算法，效率较低，单目标情况下后者占到总搜索时间的80%，多目标时更能达到90%以上，所以迫切需要一种更加优良的精准定位算法。

(2)改进相似性度量方式。在精准定位中，本文依然将“归一化互相关”作为相似性度量，而该方法广为接受主要原因是其可以通过FFT快速计算。所以在倒金字塔算法能够快速“粗”搜索的情况下，完全可以尝试其他度量方式来进行精细定位，甚至可以使用计算量较大的特征匹配算法。