

图像局部特征高效检测与压缩方法研究

陈杰

图像局部不变性特征针对光照、平移、旋转、尺度及视角等变换具有不变性，被广泛应用于图像匹配、图像搜索、三维重建、目标识别等计算机视觉分析任务中。图像局部不变性特征中最重要的一个不变性是尺度不变性，其理论基础是 20 世纪 90 年代 Linderburg 系统提出的尺度空间理论所奠定。基于图像尺度空间表达，形成了局部不变性特征的提取方法，使得计算机也能够像人眼一样能够从图像中辨识不同尺度的目标和场景。

随着媒体技术的发展，越来越多的智能终端设备（智能手机、智能摄像头、智能眼镜等）通过摄像头采集现实场景的高清画面，催生海量的图像视频数据。同时图像分辨率的提高也使图像画面中呈现更多不同尺度的目标和场景细节。在多样化的视觉分析任务中，如何基于尺度空间理论，面向海量、内容丰富、高清化的图像视频数据，实现低复杂度、高性能、数据空间小的尺度空间表达和局部特征提取方法，成为图像局部不变性特征的重要研究趋势。本文围绕图像局部不变性特征高效检测与压缩展开一下三个方面创新性工作：

第一，针对图像尺度空间构造复杂度高的问题，特别是面向高分辨率图像的尺度空间表达在平面坐标和尺度坐标三个方向的采样都密集，需要更大的空间和时间开销，本文提出了图像分块离散尺度空间表达方法。基本思想是将图像划分成互相重叠的块，并基于分块独立构造尺度空间并进行后续的特征检测，从而将原始全分辨率图像的尺度空间构造的巨大空间开销（数百兆）缩小到块单元（小于 1MB），满足了局部不变性特征提取硬件实现对低空间开销的极致要求。此外，图像尺度空间表达通常采用下采样来减小构建过程中的时间开销，然而下采样会导致尺度空间表达的半群性等性质被破坏，影响了特征检测的稳定性。本文在提出的分块尺度空间表达基础上，在不增加计算开销的前提下，引入卷积平滑函数减少尺度空间下采样带来的特征检测稳定性的影响。

第二，针对图像中多尺度目标局部特征检测性能低的问题，提出了基于分块信息熵的尺度参数选择和基于先验信息的最佳尺度选择算法，提升了特征检测的重复率和准确率。由于尺度空间在离散化实现过程中的尺度采样限制，导致图像中某些局部目标并不能在最佳响应尺度位置检测到特征。因此，本文研究尺度空间参数对最佳尺度的影响，包括尺度采样步长、尺度采样区间、尺度规范化因子，以及最佳尺度选择机制等。提出了基于分块信息熵的尺度参数选择的局部特征检测方法，提升了特征检测的重复率。此外，从机器学习的角度出发，利用先验信

息，以图像局部不变性特征的具体应用（如图像匹配）为目标，通过训练数据学习最佳尺度的选择函数，提高了局部特征检测的准确率。

第三，针对图像或特征数据传输存储的数据量大的问题，提出了基于轻量级矢量量化的可伸缩特征压缩方法，解决了基于矢量量化特征压缩的复杂度问题和互操作问题。图像局部不变特征一般都表示为向量的形式，因此特征的压缩通常采用变换+量化的方式。本文重点研究基于矢量量化的特征压缩方法，针对矢量量化的复杂度高问题，提出了基于轻量级的多级矢量量化器；针对特征压缩的互操作性要求，利用特征本身的统计特性，使用合理的特征投影变换，并分配最佳的量化器，兼顾量化过程中，特征向量本身的可伸缩性、可恢复性和特征匹配的性能。

综上，本文围绕图像局部不变性特征的检测与压缩，提出了高效的分块离散尺度空间表达、基于优化尺度选择的特征检测方法，以及基于矢量量化的局部特征压缩方法，实现了“快”、“准”、“小”的高效图像局部不变性特征，非常适合于当前智能终端设备、网络、云端计算平台高速发展背景下的图像视频大数据分析应用。

关键词：局部不变性特征，尺度空间，兴趣点，特征检测，特征压缩