**利用自双属性轮廓训练卷积网络的高光谱图像分类**

**Hyperspectral image classification with convolutional**

**networks trained with self-dual attribute profiles**

-- Safak Güner Koç 、Erchan Aptoula （SIU 2017）

**一、科学问题**

**1.1 本文所涉及科学问题**

卷积神经网络与自双属性轮廓的结合

**1.2 同行专家如何解决**

目前只使用普通属性轮廓，且未与神经网络技术相结合

**1.3 本文所解决的问题**

探索卷积神经网络与自双属性轮廓两种重要的高光谱图像像素分类方法的结合使用。

**1.4 本文解决方案效果**

初步实验表明，卷积神经网络与自双属性轮廓相结合方法可以提高性能。

**二、研究内容**

**2.1 理论与方法介绍**

论文提出使用基于表单树的自双属性轮廓，将每个像素的自双属性轮廓堆叠得非常接近，并将获得的张量作为神经网络的输入，将神经网络用于属性提取并使用随机森林作对结果属性进行分类。

**2.2 验证分析与实验效果**

实验结果表明自双属性轮廓在与神经网络一起使用时与普通属性轮廓相比是优越的，并且神经网络用除损失函数之外的分类器产生的属性的分类没有显著差异。

**三、论文存在问题及后续研究重点**

**3.1 论文存在问题**

实验是通过单个数据和单个属性获得的，故对实验的结论有所限制。

**3.2 后续研究重点**

使用不同的数据集甚至网络架构进行实验，增强实验结论可靠性。

**四、该问题相关研究成果**

**4.1 相关论文一**

**（1）题目**：Morphological Attribute Profiles for the Analysis of Very High Resolution Images(用于极高分辨率图像分析的形态学属性剖面)

**（2）作者介绍**：[Mauro Dalla Mura](https://ieeexplore.ieee.org/author/38557899100)、JónAtliBenediktsson、[BjörnWaske](https://ieeexplore.ieee.org/author/37265474300)、[Lorenzo Bruzzone](https://ieeexplore.ieee.org/author/37274827100)

**（3）摘要**: 形态属性剖面(AP)是最近提出的形态剖面(MP)的推广。AP提供了图像的多层次特征，该图像是由形态学属性滤波器的顺序应用创建的，可用于对不同类型的结构信息进行建模。根据形态属性变换所考虑的属性类型，可以对不同的参数特征进行建模。由于有效的实现，AP的生成极大地减少了传统MP计算所需的计算负载。此外，与使用基于预定义结构元素的传统形态滤波器相比，具有不同属性的图像的特征有更完整的场景描述和更精确的空间信息建模。实验分析证明了应用AP对图像中的空间信息进行建模的有效性。通过考虑不同的AP得到的分类图比使用MP得到的分类图更好地描述了场景(在主题和几何精度方面都是如此)。

**4.2 相关论文二**

**（1）题目**：Hyperspectral Image Classification With Multidimensional Attribute Profiles(基于多维形态属性的高光谱图像分类)

**（2）作者介绍**：[Erchan Aptoula](https://ieeexplore.ieee.org/author/37572058800)

**（3）摘要**：形态属性是近十年来发展起来的一种主要的空间光谱像素描述方法。特别是形态属性剖面(Attribute Profile，AP)最近成为一种更有效的泛化方法，能够通过任意参数特征对图像组件进行描述，从而实现更灵活、更完整和更准确的内容表示。更确切地说，它们对高光谱图像的自适应是通过它们独立地应用于图像的波段，经过某种形式的光谱降维后实现的，从而产生了扩展的AP。在这篇论文中，探索了这一策略的一种变体，即在连接的图像分量的属性计算过程中同时使用所有可用的图像波段。因此，可以使用更广泛的属性，目标是矢量像素值的集合，而不是标量。特别地，研究了一对新的多维属性，即高维扩散和高维离散，分别描述了多维像素值分布的范围和均匀性。通过两个常见的高光谱数据集验证了它们的实际意义，在这两个数据集中，它们系统地获得了优越的分类性能。

**4.3 相关论文三**

**（1）题目**：Spectral-spatial classification of hyperspectral images using deep convolutional neural networks(基于深卷积神经网络的高光谱图像光谱-空间分类)

**（2）作者介绍**：Yue Jun，Zhao Wenzhi，Mao Shanjun，Liu Hui

**（3）摘要**：本文提出了一种新的基于光谱特征和空间特征的高光谱图像分类深度学习框架。该框架是主成分分析、深层卷积神经网络(DCNN)和逻辑回归(LR)的混合体。首次将用于分层提取深层特征的DCNN算法引入到高光谱图像分类中。该技术包括两个步骤。首先，提出了生成光谱和空间特征图的特征图生成算法。其次，对DCNN-LR分类器进行训练，以获得有用的高层特征，并对整个模型进行微调。对广泛使用的高光谱数据进行的对比实验表明，基于该深度学习框架构建的DCNN-LR分类器比以往的高光谱分类方法具有更高的分类精度。

**用于高光谱图像分类的扩展自对偶属性轮廓**

**Extended Self-Dual Attribute Profiles for the Classification of Hyperspectral Images**

-- [Gabriele Cavallaro](https://ieeexplore.ieee.org/author/37085500565)、[Mauro Dalla Mura](https://ieeexplore.ieee.org/author/38557899100)、[Jón Atli Benediktsson](https://ieeexplore.ieee.org/author/38231866900)、[Lorenzo Bruzzone](https://ieeexplore.ieee.org/author/37274827100) （[IEEE](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=8859) 2015）

**一、科学问题**

**1.1 本文所涉及科学问题**

自对偶属性剖面在高光谱图像分类重点应用

**1.2 同行专家如何解决**

使用属性剖面进行空间信息建模

**1.3 本文所解决的问题**

通过实验结果与基于扩展属性剖面的方法得到的结果进行比较，来评估自对偶属性剖面的有效性

**1.4 本文解决方案效果**

初步实验表明，自对偶属性剖面在空间信息建模方面比属性剖面更有效。

**二、研究内容**

**2.1 理论与方法介绍**

论文通过比较考虑不同属性时扩展属性剖面和扩展自对偶属性剖面组件的空间信息提取能力。这是通过分析支持向量机(SVMs)和随机森林(RF)分类器提供的分类精度来完成的。

**2.2 验证分析与实验效果**

我们证明了在高光谱区域中，自对偶属性剖面(即基于包含树的多级属性过滤器应用)是一种比属性剖面更有效的空间信息分析工具。

**三、论文存在问题及后续研究重点**

**3.1 论文存在问题**

实验是方向不全面，故对实验的结论有所限制。

**3.2 后续研究重点**

未来的研究目标是通过探索包含结构中存在的信息来探索选择阈值的新策略。

**四、该问题相关研究成果**

**4.1 相关论文一**

**（1）题目**：Extended profiles with morphological attribute filters for the analysis of hyperspectral data (用于高光谱数据分析的形态属性滤波器扩展剖面)

**（2）作者介绍**：M. Dalla Mura, J. A. Benediktsson, B. Waske, and L. Bruzzone

**（3）摘要**: 提出了用于高光谱高分辨率图像分析的扩展属性配置文件和扩展多属性配置文件。这些扩展轮廓以形态属性滤波器为基础，通过多层次分析，能够提取空间特征，与传统的扩展形态轮廓相比，能够更好地模拟空间信息。在分类任务中，考虑了由提议的扩展轮廓所提取的特征。分析中考虑了为意大利帕维亚市获得的两个高光谱高分辨率数据集。与传统的扩展形态轮廓相比，所引入的算子具有更高的分类精度，证明了该算子在空间信息建模中的有效性。

**4.2 相关论文二**

**（1）题目**：Classification of Hyperspectral Images by Using Extended Morphological Attribute Profiles and Independent Component Analysis (基于扩展形态属性轮廓和独立分量分析的高光谱图像分类)

**（2）作者介绍**：M. Dalla Mura, A. Villa, J. A. Benediktsson, J. Chanussot, and

L. Bruzzone

**（3）摘要**：本文提出了一种基于独立分量分析(ICA)和扩展形态属性谱(EAP)的高光谱图像分类方法。ICA将数据映射到尽可能独立的子空间中。将使用多个属性提取的AP应用于与提取的独立分量相关联的每个图像，从而产生一组扩展的EAP。提出了两种在分析中包含计算轮廓的方法。然后利用支持向量机对形态学处理提取的特征进行分类。在两幅高光谱图像上的实验证明了该方法的有效性。

**4.3 相关论文三**

**（1）题目**：A comparison of self-dual attribute profiles based on different filter rules for classification (基于不同过滤规则的自对偶属性轮廓分类方法的比较)

**（2）作者介绍**：G. Cavallaro, M. Dalla Mura, J. A. Benediktsson, and L. Bruzzone

**（3）摘要**：在本文中比较了不同的过滤策略所获得的形态学属性滤波器在考虑不增加属性的情况下所获得的特征。属性配置文件(AP)和自对偶属性配置文件(SDAP)是通过对基于树的图像表示(如最小树、最大树和包含树)依次应用属性过滤器来获得的。本文旨在研究在考虑不增加的属性惯性矩和标准差时，使用最大、最小、直接和相减过滤规则的效果。实验中使用了一个非常高的空间分辨率数据集，并对从轮廓中提取的信息进行了分析。这是通过研究使用这些轮廓作为随机森林分类器的附加输入特征对分类精度的影响来实现的。

**4.4 相关论文四**

**（1）题目**：On the influence of feature reduction for the classification of hyperspectral images based on the extended morphological profile (特征约简对基于扩展形态轮廓的高光谱图像分类的影响)

**（2）作者介绍**：T. Castaings, B. Waske, J. Atli Benediktsson, and J. Chanussot

**（3）摘要**：在这项研究中，我们研究了高空间分辨率的高光谱数据的分类。以前，已经提出了从图像的主成分生成所谓的扩展形态轮廓(EMP)的方法来创建用于形态变换的基础图像。然而，可以假定特征减少(FR)可能会对EMP分类的准确性产生重大影响。因此，我们使用一种基于机器学习的分类算法，研究了不同的FR方法对城市高光谱图像EMP产生和分类的影响。应用的FR方法包括：主成分分析(PCA)、非参数加权特征提取(NWFE)、决策边界特征提取(DBFE)、高斯核PCA(KPCA)和Bhattacharyya距离特征选择(BDFS)。对两种分类算法：支持向量机(SVM)算法和随机森林(RF)算法进行了实验。结果表明，在很多情况下，常用的PCA方法在分类精度上都不是最优的，而其它的FR方法可能更适合作为EMP的预处理方法。