

一种基于 SAR 影像的强度信息和相干信息的 DSPANet 城市变化检测方法

Peng Chen^{1,2,3}, Qing Zhao^{1,2,3,*}

1 Key Laboratory of Geographical Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2 School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China

3 Key Laboratory of Spatial-Temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, Ministry of Natural Resources, Shanghai 200241, China

变化检测是根据不同时期的遥感数据，定量分析并确定地表变化的特征及过程，在灾害动态检测与城市规划等领域应用非常广泛。相比于光学遥感影像，利用合成孔径雷达（Synthetic Aperture Radar, SAR）影像进行变化检测有着其特有的优势。SAR 是一种主动遥感技术，它能够不受太阳光照和大气条件的影响。在城市区域，SAR 影像的后向散射强度信息易受建筑物布局、朝向、表面材料等方面的综合影响，导致一些建筑用地的雷达回波强度总体偏低。在这种情况下，将相干图引入变化检测中能够改善变化区域的识别，因为城市建筑物具有非常高的相位稳定特性，从而干涉相干性为城区识别提供了非常可靠的信息。在本研究中，我们主要解决两个实际应用问题，第一个是斑点噪声是 SAR 影像固有的问题，它极大地影响了 SAR 影像变化检测的性能。第二个是如何更高效地融合强度信息和相干信息对提取空间特征具有重要意义。因此，本研究提出了一种基于深度监督方式的伪孪生注意力引导网络结构（deeply supervised pseudo-siamese attention-guided network, DSPANet）的变化检测方法。在该方法中，卷积模块中的大感受野具有很强的去噪能力，并且所采用的伪孪生结构能够利用相同网络结构分支但不同的权重参数来分别提取 SAR 影像中的强度信息和相干信息。

本研究使用覆盖上海降轨的高分辨率 TerraSAR-X (TSX) 影像。TSX 数据集的采集时间为 2019 年 6 月 16 日至 2021 年 9 月 10 日，一共为 4 幅影像。在训练网络前，我们需要对 SAR 影像进行预处理以获取强度信息和相干信息。强度信息是通过单视复数（single-look complex, SLC）影像进行辐射校正、多视处理、地理编码等预处理获取，相干信息是对 SLC 影像进行干涉测量并计算干涉图的相干值得到的。本研究利用 DSPANet 模型来检测变化和未变化区域，它主要是由编码器和解码器组成。在编码器中，该网络加入了卷积注意力机制模块（Convolutional Block Attention Module, CBAM），它能够通过注意力机制将每一个像素赋予精准的权重，并且可以增强网络的特征表达。在解码器中，该网络加入了多级特征融合模块（multi-level feature fusion, MFF），其作用是避免因网络的加深而导致梯度消失和梯度爆炸问题。同时编码器和解码器的输出结果通过跳跃连接的方式进行合并，以保留浅层的特征。此外，当网络深度不断增加时，网络则会出现不稳定的权重迭代和较差的性能。本研究在 DSPANet 模型中引入了深度监督思想，它能够有助于减少过拟合问题，提取到更有意义的特征，促进网络收敛，解决梯度消失的问题。

本研究采用了五种指标对 DSPANet 结果进行精度评价，结果表明，该方法在城市变化检测中具有可靠性并且优越于其他先进的变化检测方法（如：U-Net、

FC-EF、FC-Siam-Diff), 其准确率 (Precision)、召回率 (Recall)、F1 值、总体精度 (Accuracy) 分别达到了 88.02%、84.13%、86.03%、85.09%、98.24%。

关键词: 建筑物变化检测; 合成孔径雷达; 深度学习; 相干信息