整流幂次单元深度网络的训练和应用研究

田鑫源

摘　要

整流线性单元(ReLU)网络被广泛用于深度学习当中，在图像处理、声音识别等领域取得了巨大的成功。其成功源于深度 ReLU 网络具有非常好的逼近性质并且易于训练。然而，ReLU 函数的不光滑性使得此类网络不适用于对光滑性要求较高的场合，比如 Sobelov 正则化训练、求解偏微分方程的深度 Ritz 网络和物理信息神经网络(PINN)等。本文研究一类具有较好光滑性的整流幂次单元(RePU)网络。 此类网络的好处是对光滑函数具有更优的逼近性质，而且适用于训练时损失函数中带有网络函数导数的情形。针对正常深度 RePU 网络不是全局 Lipshitz 连续、较难训练的问题， 我们提出了 Lipshitz 正则化的整流幂次单元(RePUr)。由于实现的简洁性，我们主要研究整流二次单元网络，并将之应用到函数回归问题、图形识别问题、求解偏微分方程的深度 Ritz 网络， 以及基于推广的 Onsager 原理的模型发现网络 OnsagerNet。

我们期望本文的理论和数值结果会为整流幂次单元网络的推广和使用起到推进作用，特别是促进其在科学计算中出现的一些较为光滑问题上的应用。

关键字： 整流幂次单元(RePU)，Lipshitz 正则化，深度网络，整流二次单元(ReQU)， 正则化的整流二次单元