

# 机器学习（双语）作业: 神经网络

作业编号: PRML-HW25F05

2025-09-10

## 作业说明

本次作业为神经网络的相关理论习题。

作业提交截止时间: 2025 年 10 月 23 日 23:59:59。

## 一、理论题

1. 描述反向传播算法的主要步骤。
2. 解释为什么需要反向传播算法, 并如何使用它来更新神经网络的权重和偏置。
3. 何为链式法则? 为何它在反向传播中是关键?
4. 试分析神经网络前向传播与反向传播算法的计算复杂度, 并对比反向传播算法与数值差分求网络梯度方法在计算效率上的差别。
5. 能否将隐藏层的激活函数用线性函数替换, 为什么?
6. 使用神经网络的动机是什么?
7. 试手工构造一个可以求解“异或”分类问题的神经网络。

## 二、计算题

考虑一个三层神经网络 (一个输入层、一个隐藏层、一个输出层):

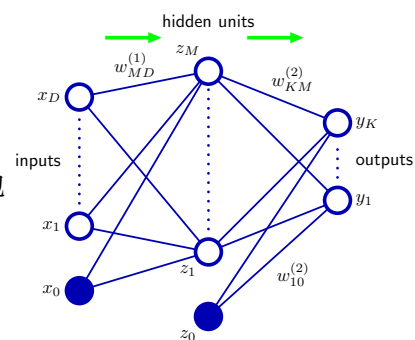
- 输入层有 1 个神经元, 隐藏层有 2 个神经元, 输出层有 1 个神经元。
- 输入为  $[0.5]$ 。
- 初始化的权重和偏置为:
  - 输入层到隐藏层权重  $[0.15], [0.25]$
  - 输入层到隐藏层偏置  $0.2, 0.3$
  - 隐藏层到输出层权重  $0.4, 0.5$
  - 隐藏层到输出层偏置  $0.6$

使用 Sigmoid 作为激活函数。

1. 手动执行一次前向传播, 计算输出。
2. 假设期望输出为 1, 计算输出层的误差。
3. 使用反向传播算法, 计算隐藏层到输出层的权重梯度。
4. 使用学习率为 0.1, 更新隐藏层到输出层的权重。

## 三、神经网络分析

已知某分类神经网络结构如右图所示，输入变量为  $D$  维，隐藏变量为  $M$  维，输出变量为  $K$  维。隐藏层与输出层的激活函数均为  $\sigma(a) = \frac{1}{1+\exp(-a)}$ 。



1. 试说明模型参数  $w^{(1)}$  与  $w^{(2)}$  的维度，注意考虑两个网络层均包含偏置项；
2. 试给出该网络矢量形式的前向传递函数；
3. 试给出第一层网络参数的导数  $\frac{\partial y_k}{\partial w_{md}}$ ；

## 四、卷积神经网络

针对给定卷积神经网络参数，回答以下问题。

- 若输入图像的尺寸为  $32 \times 32$ ，卷积核的尺寸为  $3 \times 3$ ，步长为 1，使用 valid padding。在单通道输入输出情况下，上述卷积操作的输出特征图尺寸是多少？
- 若输入图像的尺寸为  $64 \times 64$ ，卷积核的尺寸为  $5 \times 5$ ，步长为 2，空洞尺寸为 2，使用 same padding。同样是在单通道输入输出情况下，该卷积操作的输出特征图尺寸是多少？
- 卷积神经网络的优点是什么？

## 五、翻译题：请给出以下术语的英文翻译

1. 神经网络
2. 过拟合
3. 正则化
4. 随机梯度下降
5. 逻辑回归
6. 线性回归
7. 广义线性模型
8. 均方误差
9. 平均绝对误差