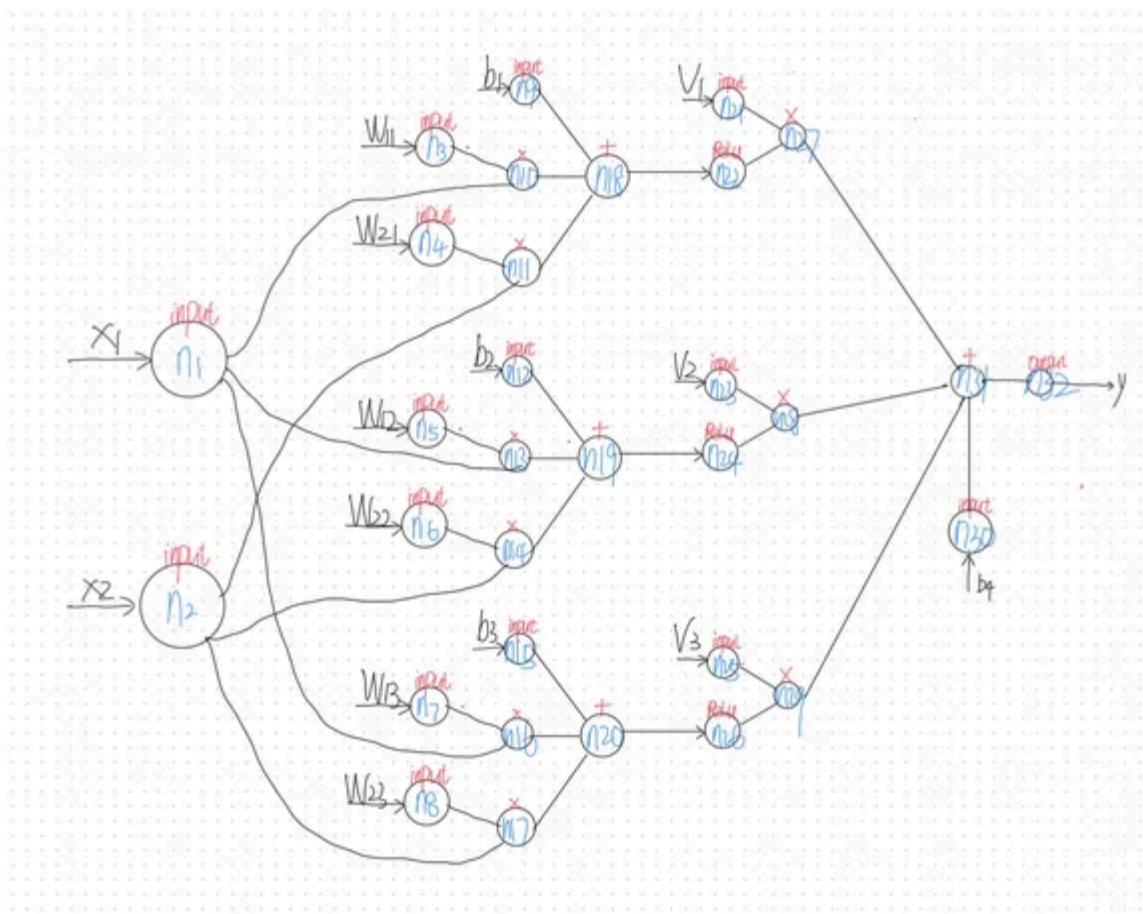


# 第六次上机作业

## 1. 写出上面网络的公式

$$y_1 = \sum_{j=1}^3 v_j \cdot \text{ReLU} \left( \sum_{i=1}^2 w_{ij} x_i + b_j \right) + b_4$$

## 2. 绘制计算图如下



## 3. 计算前向传播

按照上述计算图编写Python代码见 `src/Q3_forward_pass.py` :

运行计算，得到结果为0.0

## 4. 反向传播计算梯度

按照上述计算图编写Python代码见 `src/Q4_backward_pass.py` :

运行计算，得到各参数梯度如下：

梯度结果：

$$\begin{aligned}\frac{\partial y}{\partial x_1}(2, -2) &= 0.0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2}(2, -2) &= 0.0\end{aligned}$$

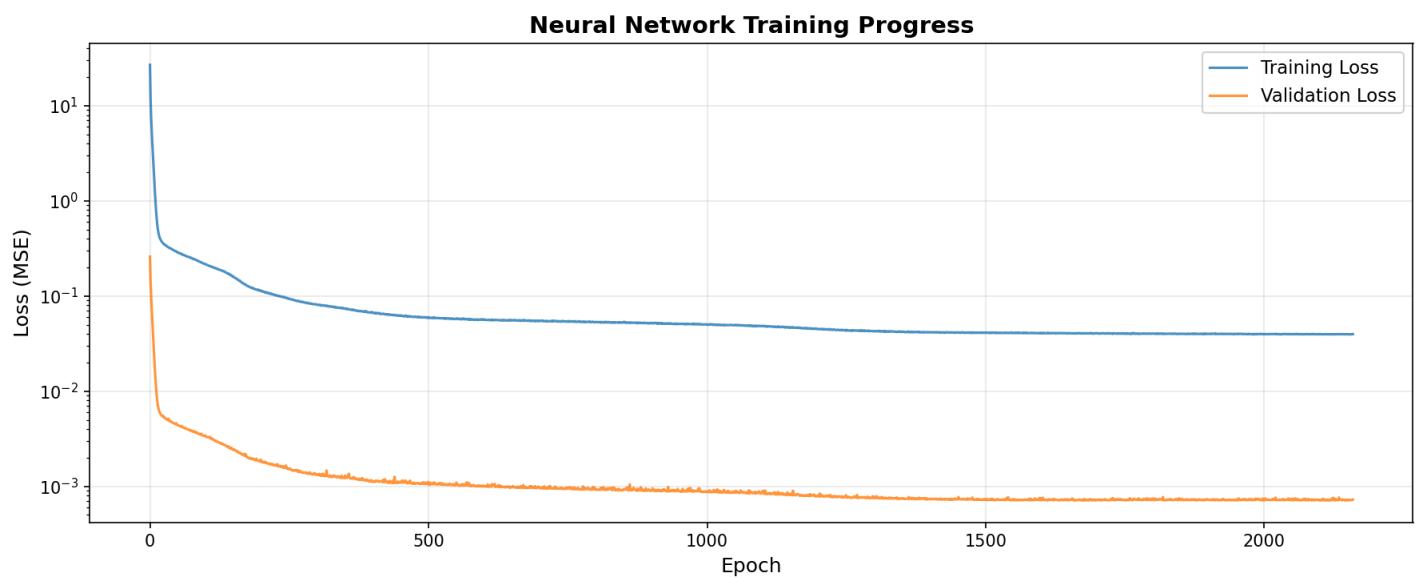
## 5. 训练网络预测函数 $f(x_1, x_2) = 2x_1 + x_1x_2$

按照上述计算图编写训练代码, 见 `src/Q5_train_predict.py`。

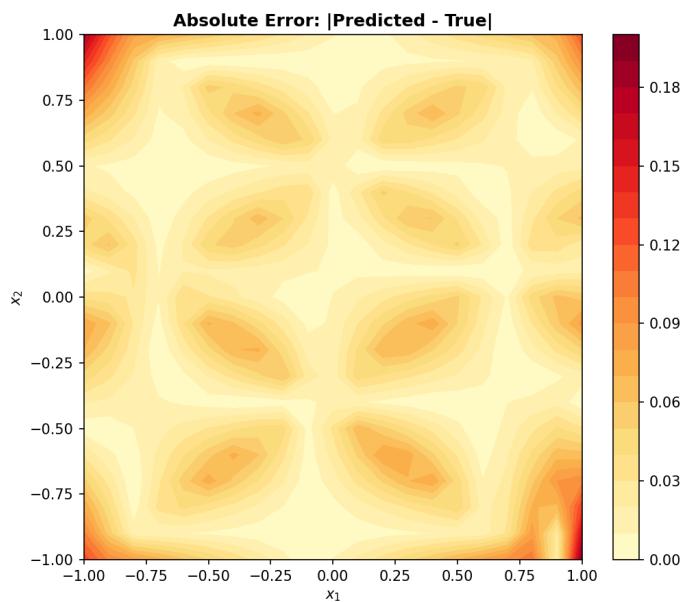
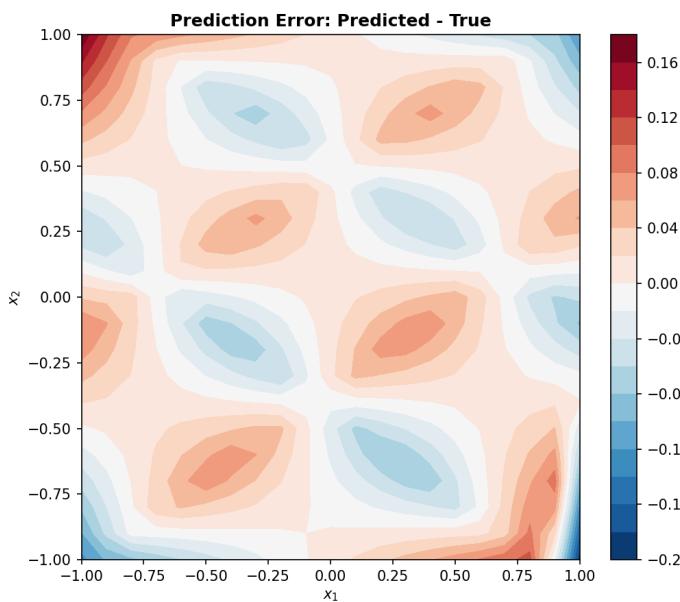
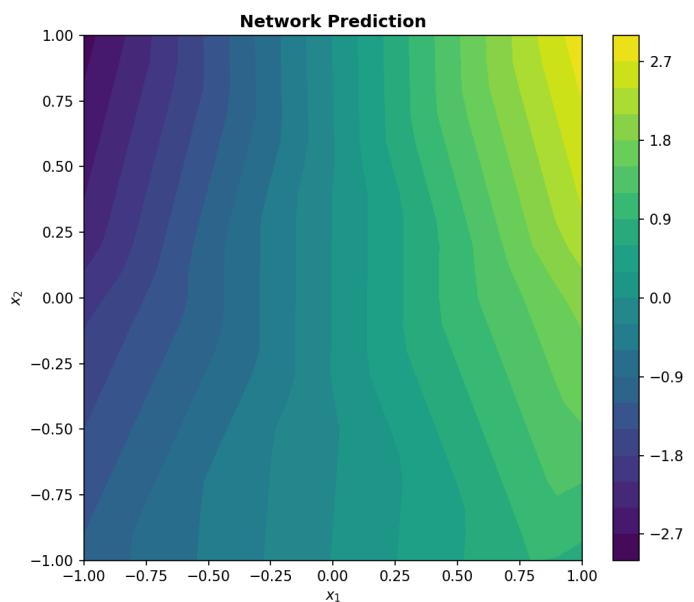
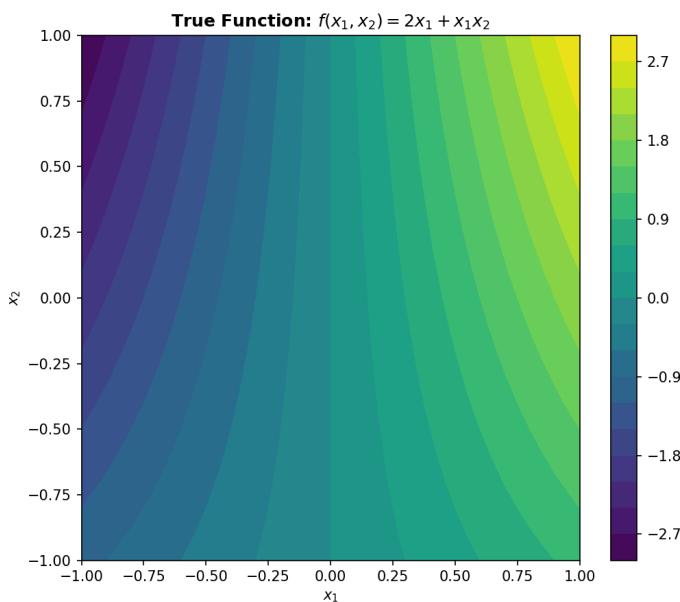
矩阵保存在 `data/3220102895.mat` 中。

经过2160次迭代训练后触发早停，最终损失值约为0.000710.

### 训练损失曲线



# 预测结果对比图



# 训练日志

Q5: 神经网络拟合函数  $f(x_1, x_2) = 2*x_1 + x_1*x_2$

【1】生成训练数据...

数据范围:  $x_1, x_2 \in [-1, 1]$

样本数: 2000

标签范围: [-2.8083, 2.8436]

【2】划分训练集和验证集...

【3】开始训练神经网络...

开始优化的神经网络训练

训练集大小: 1600, 验证集大小: 400

初始学习率: 0.1, 批大小: 64

早停止耐心值: 500

Epoch	Train Loss	Val Loss	LR	Patience
0	26.996739	0.259363	0.100000	0/500
100	0.215769	0.003358	0.100000	0/500
200	0.113023	0.001815	0.095000	0/500
300	0.081288	0.001334	0.095000	1/500
400	0.066605	0.001118	0.090250	0/500
500	0.058881	0.001049	0.090250	0/500
600	0.056766	0.000995	0.085737	5/500
700	0.055025	0.000950	0.085737	0/500
800	0.053390	0.000931	0.081451	8/500
900	0.052168	0.000903	0.081451	14/500
1000	0.050349	0.000869	0.077378	0/500
1100	0.048141	0.000898	0.077378	4/500
1200	0.045110	0.000782	0.073509	5/500
1300	0.042686	0.000754	0.073509	7/500
1400	0.041821	0.000741	0.069834	7/500
1500	0.041178	0.000722	0.069834	7/500
1600	0.040706	0.000718	0.066342	21/500
1700	0.040647	0.000723	0.066342	41/500
1800	0.040379	0.000723	0.063025	141/500
1900	0.040009	0.000724	0.063025	241/500
2000	0.039864	0.000721	0.059874	341/500
2100	0.039932	0.000721	0.059874	441/500

早停止触发！验证损失在最后 500 个epoch内未改进

最佳验证损失: 0.000710

训练完成！总epoch数: 2160

=====

【4】绘制训练曲线...

损失曲线已保存为 `loss_curve.png`

【5】生成测试网格并评估...

均方误差 (MSE): 0.001826

平均绝对误差 (MAE): 0.031705

均方根误差 (RMSE): 0.042727

最大误差: 0.195061

预测结果已保存到 `prediction.mat`

【6】绘制结果对比图...

对比图已保存为 `comparison.png`

=====

训练和评估完成!

=====