

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
ĐHQG - TP HCM**



**Khoa công nghệ thông tin
Môn: Thị giác máy tính**

NEURAL NETWORK

**Thiết kế mạng neural network 3 lớp với tập
dữ liệu MNIST và Fashion MNIST**

Giáo viên hướng dẫn: Phạm Minh Hoàng
Nguyễn Trọng Việt
Võ Hoài Việt

Lớp: 20TGMT01

Sinh viên thực hiện: Phùng Nghĩa Phúc – 20127284

TP. Hồ Chí Minh, ngày 7 tháng 4 năm 2023

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
GIỚI THIỆU	3
Chương 1: Tập dữ liệu MNIST	4
1. Giới thiệu	4
1.1. Thư viện sử dụng	4
1.2. MNIST dataset	4
1.3. Visualization data với 25 mẫu từ train dataset	5
2. Thiết kế mạng neural network 3 lớp: 1 lớp input, 1 lớp ẩn và 1 lớp output	5
2.1. Thiết kế	5
2.2. Kết quả	5
2.3. Đánh giá model	6
3. Thực nghiệm số lượng node ẩn với: 100, 200 và 500 trên tập dataset	6
3.1 Với số lượng node ẩn là 100	6
3.2 Với số lượng node ẩn là 200	7
3.3 Với số lượng node ẩn là 500	7
4. Tăng số lượng lớp ảnh lên 2 và 3	8
4.1 Với số lượng lớp ảnh là 2	8
4.2 Với số lượng lớp ảnh là 3	8
5. Đánh giá và đề xuất best practice:	9
5.1 Đánh giá	9
5.2 Đề xuất best practice:	9
Chương 2: Tập dữ liệu Fashion MNIST	10
1. Giới thiệu	10
1.1. Thư viện sử dụng	10
1.2. MNIST dataset	10
1.3. Visualization data với 25 mẫu từ train dataset	11
2. Thiết kế mạng neural network 3 lớp: 1 lớp input, 1 lớp ẩn và 1 lớp output ..	11
2.1. Thiết kế	11
2.2. Kết quả	11
2.3. Đánh giá model	12
3. Thực nghiệm số lượng node ẩn với: 100, 200 và 500 trên tập dataset	12
3.1 Với số lượng node ẩn là 100	12
3.2 Với số lượng node ẩn là 200	13
3.3 Với số lượng node ẩn là 500	13
4. Tăng số lượng lớp ảnh lên 2 và 3	14
4.1 Với số lượng lớp ảnh là 2	14
4.2 Với số lượng lớp ảnh là 3	14
5. Đánh giá và đề xuất best practice:	14

5.1 Đánh giá	15
5.2 Đề xuất best practice:	15

GIỚI THIỆU

1. Sinh viên

- Họ và tên: Phùng Nghĩa Phúc
- MSV: 20127284
- Lớp: 20TGMT01
- Môn học: Đồ hoạ ứng dụng

2. Chủ đề

- Thiết kế mạng neural network 3 lớp với tập dữ liệu MNIST và Fashion MNIST

Chương 1: Tập dữ liệu MNIST

1. Giới thiệu

- MNIST là tập hợp các chữ số viết tay từ số 0 đến 9.
- Nó có một tập huấn luyện gồm 60.000 hình ảnh và 10.000 hình ảnh thử nghiệm được phân loại thành các danh mục hoặc nhãn tương ứng.
- Để sử dụng bộ dữ liệu MNIST trong Keras, một API được cung cấp để tự động tải xuống và trích xuất hình ảnh cũng như nhãn.

1.1. Thư viện sử dụng

```
import numpy as np
import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

import tensorflow as tf

from keras.datasets import mnist
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from keras.utils import to_categorical
from keras import layers
from keras import models
```

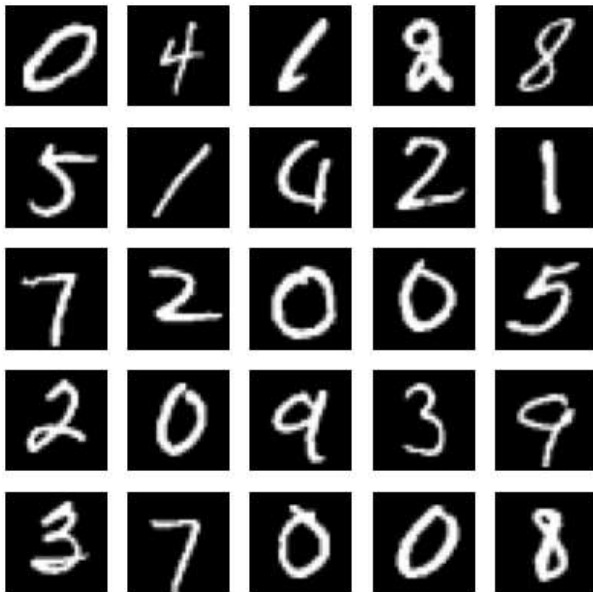
1.2. MNIST dataset

- Đếm số lượng labels: train và test duy nhất trong dataset:

Train labels: {0: 5923, 1: 6742, 2: 5958, 3: 6131, 4: 5842, 5: 5421, 6: 5918, 7: 6265, 8: 5851, 9: 5949}

Test labels: {0: 980, 1: 1135, 2: 1032, 3: 1010, 4: 982, 5: 892, 6: 958, 7: 1028, 8: 974, 9: 1009}

1.3. Visualization data với 25 mẫu từ train dataset



2. Thiết kế mạng neural network 3 lớp: 1 lớp input, 1 lớp ẩn và 1 lớp output

2.1. Thiết kế

- Thiết kế mạng với:

- Lớp input với size ảnh đầu vào là $28 * 28 = 784$
- Lớp ẩn với 512 units
- Lớp output với 10 units

- Để train model thì sử dụng với chỉ số epochs là 20 và `validation_split = 0.1`

2.2 Kết quả

```
Epoch 1/20
422/422 [=====] - 3s 4ms/step - loss: 0.1874 - accuracy: 0.9189 - val_loss: 0.1252 - val_accuracy: 0.9652
Epoch 2/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.1196 - accuracy: 0.9858 - val_loss: 0.0922 - val_accuracy: 0.9723
Epoch 3/20
422/422 [=====] - 2s 1ms/step - loss: 0.0778 - accuracy: 0.9778 - val_loss: 0.0828 - val_accuracy: 0.9775
Epoch 4/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0547 - accuracy: 0.9846 - val_loss: 0.0695 - val_accuracy: 0.9882
Epoch 5/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0309 - accuracy: 0.9880 - val_loss: 0.0671 - val_accuracy: 0.9886
Epoch 6/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0382 - accuracy: 0.9915 - val_loss: 0.0658 - val_accuracy: 0.9825
Epoch 7/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0226 - accuracy: 0.9938 - val_loss: 0.0688 - val_accuracy: 0.9817
Epoch 8/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0164 - accuracy: 0.9959 - val_loss: 0.0628 - val_accuracy: 0.9842
Epoch 9/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0128 - accuracy: 0.9989 - val_loss: 0.0677 - val_accuracy: 0.9822
Epoch 10/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0185 - accuracy: 0.9972 - val_loss: 0.0827 - val_accuracy: 0.9782
Epoch 11/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0088 - accuracy: 0.9988 - val_loss: 0.0729 - val_accuracy: 0.9817
Epoch 12/20
422/422 [=====] - 2s 5ms/step - loss: 0.0066 - accuracy: 0.9987 - val_loss: 0.0636 - val_accuracy: 0.9838
Epoch 13/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0048 - accuracy: 0.9991 - val_loss: 0.0684 - val_accuracy: 0.9848
Epoch 14/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0054 - accuracy: 0.9989 - val_loss: 0.0648 - val_accuracy: 0.9865
Epoch 15/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0074 - accuracy: 0.9981 - val_loss: 0.0783 - val_accuracy: 0.9838
Epoch 16/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0075 - accuracy: 0.9978 - val_loss: 0.0758 - val_accuracy: 0.9817
Epoch 17/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0039 - accuracy: 0.9998 - val_loss: 0.0763 - val_accuracy: 0.9842
Epoch 18/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0011 - accuracy: 0.9999 - val_loss: 0.0778 - val_accuracy: 0.9853
Epoch 19/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0025 - accuracy: 0.9992 - val_loss: 0.0888 - val_accuracy: 0.9887
Epoch 20/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0089 - accuracy: 0.9971 - val_loss: 0.0887 - val_accuracy: 0.9828
113/113 [=====] - 1s 2ms/step - loss: 0.0658 - accuracy: 0.9787
```

2.3 Đánh giá model

- Dựa vào kết quả train ở trên thì sử dụng evaluate() method để tính được phần trăm độ chính xác.
- Độ chính xác ở tập dữ liệu MNSIT ở đây là **97.9%**

3. Thực nghiệm số lượng node ẩn với: 100, 200 và 500 trên tập dataset

3.1 Với số lượng node ẩn là 100

- Kết quả sau khi test:

```
Epoch 1/20
422/422 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.4821 - accuracy: 0.8988 - val_loss: 0.1813 - val_accuracy: 0.9518
Epoch 2/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.1971 - accuracy: 0.9447 - val_loss: 0.1125 - val_accuracy: 0.9657
Epoch 3/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.1818 - accuracy: 0.9585 - val_loss: 0.1066 - val_accuracy: 0.9718
Epoch 4/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.1113 - accuracy: 0.9683 - val_loss: 0.0981 - val_accuracy: 0.9722
Epoch 5/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0818 - accuracy: 0.9741 - val_loss: 0.0826 - val_accuracy: 0.9781
Epoch 6/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0772 - accuracy: 0.9781 - val_loss: 0.0823 - val_accuracy: 0.9783
Epoch 7/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0674 - accuracy: 0.9814 - val_loss: 0.0811 - val_accuracy: 0.9783
Epoch 8/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0578 - accuracy: 0.9838 - val_loss: 0.0777 - val_accuracy: 0.9782
Epoch 9/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0489 - accuracy: 0.9858 - val_loss: 0.0888 - val_accuracy: 0.9782
Epoch 10/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0442 - accuracy: 0.9881 - val_loss: 0.0778 - val_accuracy: 0.9775
Epoch 11/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0382 - accuracy: 0.9896 - val_loss: 0.0786 - val_accuracy: 0.9783
Epoch 12/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0338 - accuracy: 0.9911 - val_loss: 0.0888 - val_accuracy: 0.9772
Epoch 13/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0298 - accuracy: 0.9918 - val_loss: 0.0788 - val_accuracy: 0.9788
Epoch 14/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0253 - accuracy: 0.9938 - val_loss: 0.0729 - val_accuracy: 0.9797
Epoch 15/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0229 - accuracy: 0.9943 - val_loss: 0.0748 - val_accuracy: 0.9798
Epoch 16/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0186 - accuracy: 0.9954 - val_loss: 0.0888 - val_accuracy: 0.9781
Epoch 17/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0181 - accuracy: 0.9954 - val_loss: 0.0774 - val_accuracy: 0.9788
Epoch 18/20
422/422 [=====] - 2s 4ms/step - loss: 0.0158 - accuracy: 0.9988 - val_loss: 0.0826 - val_accuracy: 0.9785
Epoch 19/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0131 - accuracy: 0.9974 - val_loss: 0.0769 - val_accuracy: 0.9818
Epoch 20/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0121 - accuracy: 0.9976 - val_loss: 0.0881 - val_accuracy: 0.9785
113/113 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0623 - accuracy: 0.9775
```

- Đánh giá độ chính xác: Phần trăm độ chính xác với số lượng node ẩn 100 là **97.8%**

3.2 Với số lượng node ẩn là 200

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3302 - accuracy: 0.9003 - val_loss: 0.1881 - val_accuracy: 0.9540
Epoch 2/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1502 - accuracy: 0.9583 - val_loss: 0.1063 - val_accuracy: 0.9693
Epoch 3/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1838 - accuracy: 0.9705 - val_loss: 0.0878 - val_accuracy: 0.9732
Epoch 4/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0791 - accuracy: 0.9777 - val_loss: 0.0834 - val_accuracy: 0.9768
Epoch 5/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0611 - accuracy: 0.9826 - val_loss: 0.0774 - val_accuracy: 0.9788
Epoch 6/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.0488 - accuracy: 0.9862 - val_loss: 0.0721 - val_accuracy: 0.9783
Epoch 7/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0399 - accuracy: 0.9892 - val_loss: 0.0705 - val_accuracy: 0.9788
Epoch 8/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0326 - accuracy: 0.9918 - val_loss: 0.0705 - val_accuracy: 0.9795
Epoch 9/20
422/422 [-----] - 2s 3ms/step - loss: 0.0264 - accuracy: 0.9927 - val_loss: 0.0686 - val_accuracy: 0.9805
Epoch 10/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0222 - accuracy: 0.9944 - val_loss: 0.0686 - val_accuracy: 0.9807
Epoch 11/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0182 - accuracy: 0.9954 - val_loss: 0.0713 - val_accuracy: 0.9781
Epoch 12/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0185 - accuracy: 0.9968 - val_loss: 0.0714 - val_accuracy: 0.9812
Epoch 13/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0138 - accuracy: 0.9972 - val_loss: 0.0690 - val_accuracy: 0.9812
Epoch 14/20
422/422 [-----] - 1s 6ms/step - loss: 0.0098 - accuracy: 0.9983 - val_loss: 0.0771 - val_accuracy: 0.9806
Epoch 15/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0088 - accuracy: 0.9985 - val_loss: 0.0768 - val_accuracy: 0.9813
Epoch 16/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0067 - accuracy: 0.9998 - val_loss: 0.0814 - val_accuracy: 0.9802
Epoch 17/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0064 - accuracy: 0.9998 - val_loss: 0.0819 - val_accuracy: 0.9805
Epoch 18/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0054 - accuracy: 0.9991 - val_loss: 0.0786 - val_accuracy: 0.9803
Epoch 19/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0045 - accuracy: 0.9984 - val_loss: 0.0808 - val_accuracy: 0.9787
Epoch 20/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0061 - accuracy: 0.9987 - val_loss: 0.0786 - val_accuracy: 0.9815
311/311 [-----] - 1s 2ms/step - loss: 0.0767 - accuracy: 0.9818
```

- Đánh giá phần trăm chính xác với số lượng node ẩn 200 là **98.1%**

3.3 Với số lượng node ẩn là 500

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [-----] - 3s 4ms/step - loss: 0.2813 - accuracy: 0.9281 - val_loss: 0.1240 - val_accuracy: 0.9665
Epoch 2/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.1137 - accuracy: 0.9518 - val_loss: 0.0918 - val_accuracy: 0.9717
Epoch 3/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0748 - accuracy: 0.9708 - val_loss: 0.0818 - val_accuracy: 0.9757
Epoch 4/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0513 - accuracy: 0.9848 - val_loss: 0.0759 - val_accuracy: 0.9788
Epoch 5/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0385 - accuracy: 0.9891 - val_loss: 0.0701 - val_accuracy: 0.9798
Epoch 6/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0283 - accuracy: 0.9917 - val_loss: 0.0698 - val_accuracy: 0.9812
Epoch 7/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0208 - accuracy: 0.9945 - val_loss: 0.0715 - val_accuracy: 0.9802
Epoch 8/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0156 - accuracy: 0.9961 - val_loss: 0.0658 - val_accuracy: 0.9823
Epoch 9/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0118 - accuracy: 0.9974 - val_loss: 0.0667 - val_accuracy: 0.9805
Epoch 10/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0103 - accuracy: 0.9970 - val_loss: 0.0725 - val_accuracy: 0.9828
Epoch 11/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0072 - accuracy: 0.9981 - val_loss: 0.0648 - val_accuracy: 0.9792
Epoch 12/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.0078 - accuracy: 0.9985 - val_loss: 0.0795 - val_accuracy: 0.9795
Epoch 13/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0084 - accuracy: 0.9978 - val_loss: 0.0862 - val_accuracy: 0.9798
Epoch 14/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0058 - accuracy: 0.9968 - val_loss: 0.0788 - val_accuracy: 0.9838
Epoch 15/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0044 - accuracy: 0.9981 - val_loss: 0.0738 - val_accuracy: 0.9838
Epoch 16/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0038 - accuracy: 0.9985 - val_loss: 0.0638 - val_accuracy: 0.9812
Epoch 17/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0028 - accuracy: 0.9995 - val_loss: 0.0886 - val_accuracy: 0.9822
Epoch 18/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0063 - accuracy: 0.9982 - val_loss: 0.0992 - val_accuracy: 0.9762
Epoch 19/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0088 - accuracy: 0.9974 - val_loss: 0.0785 - val_accuracy: 0.9828
Epoch 20/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.0026 - accuracy: 0.9994 - val_loss: 0.0856 - val_accuracy: 0.9838
311/311 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.0711 - accuracy: 0.9818
```

- Đánh giá phần trăm chính xác với số lượng node ẩn 500 là **98.2%**

4. Tăng số lượng lớp ảnh lên 2 và 3

4.1 Với số lượng lớp ảnh là 2

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.2374 - accuracy: 0.9300 - val_loss: 0.9007 - val_accuracy: 0.9737
Epoch 2/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0880 - accuracy: 0.9700 - val_loss: 0.8673 - val_accuracy: 0.9813
Epoch 3/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0543 - accuracy: 0.9823 - val_loss: 0.8772 - val_accuracy: 0.9780
Epoch 4/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0373 - accuracy: 0.9881 - val_loss: 0.8772 - val_accuracy: 0.9787
Epoch 5/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0282 - accuracy: 0.9880 - val_loss: 0.8704 - val_accuracy: 0.9770
Epoch 6/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0191 - accuracy: 0.9830 - val_loss: 0.8701 - val_accuracy: 0.9823
Epoch 7/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0182 - accuracy: 0.9836 - val_loss: 0.8767 - val_accuracy: 0.9787
Epoch 8/20
422/422 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.0153 - accuracy: 0.9847 - val_loss: 0.8830 - val_accuracy: 0.9807
Epoch 9/20
422/422 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.0154 - accuracy: 0.9840 - val_loss: 0.8793 - val_accuracy: 0.9810
Epoch 10/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0120 - accuracy: 0.9957 - val_loss: 0.8958 - val_accuracy: 0.9797
Epoch 11/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0111 - accuracy: 0.9901 - val_loss: 0.8958 - val_accuracy: 0.9780
Epoch 12/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0111 - accuracy: 0.9904 - val_loss: 0.8938 - val_accuracy: 0.9820
Epoch 13/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0100 - accuracy: 0.9966 - val_loss: 0.8957 - val_accuracy: 0.9880
Epoch 14/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0100 - accuracy: 0.9967 - val_loss: 0.8930 - val_accuracy: 0.9880
Epoch 15/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0087 - accuracy: 0.9970 - val_loss: 0.9037 - val_accuracy: 0.9880
Epoch 16/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0062 - accuracy: 0.9979 - val_loss: 0.8970 - val_accuracy: 0.9833
Epoch 17/20
422/422 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.0061 - accuracy: 0.9981 - val_loss: 0.9142 - val_accuracy: 0.9777
Epoch 18/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0123 - accuracy: 0.9962 - val_loss: 0.8905 - val_accuracy: 0.9817
Epoch 19/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0071 - accuracy: 0.9970 - val_loss: 0.9145 - val_accuracy: 0.9785
Epoch 20/20
422/422 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0062 - accuracy: 0.9970 - val_loss: 0.9080 - val_accuracy: 0.9815
313/313 [=====] - 1s 2ms/step - loss: 0.8933 - accuracy: 0.9825
```

- Đánh giá phần trăm chính xác: 98.3%

4.2 Với số lượng lớp ảnh là 3

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.2473 - accuracy: 0.9272 - val_loss: 0.8983 - val_accuracy: 0.9722
Epoch 2/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0917 - accuracy: 0.9714 - val_loss: 0.8744 - val_accuracy: 0.9770
Epoch 3/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0564 - accuracy: 0.9823 - val_loss: 0.8803 - val_accuracy: 0.9758
Epoch 4/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0397 - accuracy: 0.9874 - val_loss: 0.8734 - val_accuracy: 0.9787
Epoch 5/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0305 - accuracy: 0.9900 - val_loss: 0.8806 - val_accuracy: 0.9787
Epoch 6/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0295 - accuracy: 0.9900 - val_loss: 0.8748 - val_accuracy: 0.9807
Epoch 7/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0184 - accuracy: 0.9939 - val_loss: 0.8737 - val_accuracy: 0.9810
Epoch 8/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0202 - accuracy: 0.9911 - val_loss: 0.8728 - val_accuracy: 0.9813
Epoch 9/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0202 - accuracy: 0.9911 - val_loss: 0.8750 - val_accuracy: 0.9812
Epoch 10/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0142 - accuracy: 0.9953 - val_loss: 0.8888 - val_accuracy: 0.9812
Epoch 11/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0140 - accuracy: 0.9951 - val_loss: 0.8915 - val_accuracy: 0.9800
Epoch 12/20
422/422 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.0092 - accuracy: 0.9970 - val_loss: 0.8799 - val_accuracy: 0.9815
Epoch 13/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0154 - accuracy: 0.9947 - val_loss: 0.8901 - val_accuracy: 0.9793
Epoch 14/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0125 - accuracy: 0.9957 - val_loss: 0.9000 - val_accuracy: 0.9800
Epoch 15/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0107 - accuracy: 0.9969 - val_loss: 0.8707 - val_accuracy: 0.9835
Epoch 16/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0102 - accuracy: 0.9966 - val_loss: 0.9088 - val_accuracy: 0.9810
Epoch 17/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0097 - accuracy: 0.9969 - val_loss: 0.8902 - val_accuracy: 0.9817
Epoch 18/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0087 - accuracy: 0.9974 - val_loss: 0.8925 - val_accuracy: 0.9820
Epoch 19/20
422/422 [=====] - 1s 4ms/step - loss: 0.0093 - accuracy: 0.9968 - val_loss: 0.8957 - val_accuracy: 0.9823
Epoch 20/20
422/422 [=====] - 1s 5ms/step - loss: 0.0103 - accuracy: 0.9966 - val_loss: 0.8903 - val_accuracy: 0.9810
313/313 [=====] - 1s 2ms/step - loss: 0.8888 - accuracy: 0.9823
Test accuracy: 98.2%
```

- Đánh giá phần trăm chính xác: 98.2%

5. Đánh giá và đề xuất best practice:

5.1 Đánh giá

- Thời gian train model được đánh giá ở google colab với bản free.

STT	Loại	Độ chính xác	Thời gian train model
1	Số lượng node ẩn là 512	97.9%	43.3 giây
2	Số lượng node ẩn là 100	97.8%	32.5 giây
3	Số lượng node ẩn là 200	98.1%	34.1 giây
4	Số lượng node ẩn là 500	98.2%	32.6 giây
5	Số lượng lớp ảnh là 2	98.3%	44.2 giây
6	Số lượng lớp ảnh là 3	98.2%	43 giây

- Dựa vào bảng trên thấy được kết quả cho thấy với số lượng lớp ảnh là 2 cho kết quả tốt nhất, với số lượng lớp ẩn lần lượt là 512 và 256. Nhưng để cho được kết quả tốt nhất thì thời gian train của 2 lớp ảnh lâu hơn các loại khác ở trên bảng.

- Tổng quan, độ chính xác cho ra của mỗi loại khá đồng đều độ sai số chỉ ở mức ± 2 . Thời gian train model thì phụ thuộc vào số lượng node ẩn và lớp ảnh rất nhiều.

5.2 Đề xuất best practice:

- Dựa vào bảng số sánh ở trên thì thấy được best practice vừa là về độ chính xác vừa là về thời gian train model là loại số lượng node ẩn là 500 với 1 lớp ảnh.

- Kết quả đạt được ở practice này với độ chính xác là 98.2% và thời gian train là 32.6 giây.

Chương 2: Tập dữ liệu Fashion MNIST

1. Giới thiệu

- Fashion-MNIST là tập dữ liệu gồm các hình ảnh bài viết của Zalando bao gồm tập huấn luyện gồm 60.000 ví dụ và tập kiểm tra gồm 10.000 ví dụ.
- Mỗi ví dụ là một hình ảnh thang độ xám 28x28, được liên kết với nhãn từ 10 lớp.
- Zalando dự định Fashion-MNIST sẽ đóng vai trò thay thế trực tiếp cho bộ dữ liệu MNIST ban đầu để đo điểm chuẩn cho các thuật toán machine learning.

1.1. Thư viện sử dụng

```
import numpy as np
import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

import tensorflow as tf

from keras.datasets import mnist
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from keras.utils import to_categorical
from keras import layers
from keras import models
```

1.2. MNIST dataset

- Đếm số lượng labels: train và test duy nhất trong dataset:

Train labels: {0: 6000, 1: 6000, 2: 6000, 3: 6000, 4: 6000, 5: 6000, 6: 6000, 7: 6000, 8: 6000, 9: 6000}

Test labels: {0: 1000, 1: 1000, 2: 1000, 3: 1000, 4: 1000, 5: 1000, 6: 1000, 7: 1000, 8: 1000, 9: 1000}

1.3. Visualization data với 25 mẫu từ train dataset



2. Thiết kế mạng neural network 3 lớp: 1 lớp input, 1 lớp ẩn và 1 lớp output

2.1. Thiết kế

- Thiết kế mạng với:

- Lớp input với size ảnh đầu vào là $28 * 28 = 784$
- Lớp ẩn với 512 units
- Lớp output với 10 units

- Để train model thì sử dụng với chỉ số epochs là 20 và $\text{validation_split} = 0.1$

2.2 Kết quả

```
Epoch 3/20 [-----] - 3s 5ms/step - loss: 0.5894 - accuracy: 0.8161 - val_loss: 0.4151 - val_accuracy: 0.8548
Epoch 2/20 [-----] - 1s 1ms/step - loss: 0.3813 - accuracy: 0.8627 - val_loss: 0.3082 - val_accuracy: 0.8616
Epoch 3/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3378 - accuracy: 0.8798 - val_loss: 0.3417 - val_accuracy: 0.8728
Epoch 4/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3147 - accuracy: 0.8886 - val_loss: 0.3388 - val_accuracy: 0.8775
Epoch 5/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2944 - accuracy: 0.8918 - val_loss: 0.3225 - val_accuracy: 0.8827
Epoch 6/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2731 - accuracy: 0.8988 - val_loss: 0.3275 - val_accuracy: 0.8782
Epoch 7/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2668 - accuracy: 0.9019 - val_loss: 0.3211 - val_accuracy: 0.8887
Epoch 8/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2513 - accuracy: 0.9065 - val_loss: 0.3154 - val_accuracy: 0.8881
Epoch 9/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2421 - accuracy: 0.9094 - val_loss: 0.3150 - val_accuracy: 0.8842
Epoch 10/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2387 - accuracy: 0.9144 - val_loss: 0.2942 - val_accuracy: 0.8938
Epoch 11/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2196 - accuracy: 0.9195 - val_loss: 0.3815 - val_accuracy: 0.8952
Epoch 12/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2113 - accuracy: 0.9205 - val_loss: 0.3095 - val_accuracy: 0.8881
Epoch 13/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2048 - accuracy: 0.9238 - val_loss: 0.3215 - val_accuracy: 0.8902
Epoch 14/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2004 - accuracy: 0.9268 - val_loss: 0.2934 - val_accuracy: 0.8917
Epoch 15/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1919 - accuracy: 0.9387 - val_loss: 0.3139 - val_accuracy: 0.8855
Epoch 16/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1839 - accuracy: 0.9318 - val_loss: 0.3061 - val_accuracy: 0.8982
Epoch 17/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1888 - accuracy: 0.9335 - val_loss: 0.3423 - val_accuracy: 0.8885
Epoch 18/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1782 - accuracy: 0.9374 - val_loss: 0.3158 - val_accuracy: 0.8927
Epoch 19/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1653 - accuracy: 0.9386 - val_loss: 0.3183 - val_accuracy: 0.8978
Epoch 20/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1681 - accuracy: 0.9488 - val_loss: 0.3828 - val_accuracy: 0.8967
113/113 [-----] - 1s 2ms/step - loss: 0.1334 - accuracy: 0.8945
```

2.3 Đánh giá model

- Dựa vào kết quả train ở trên thì sử dụng evaluate() method để tính được phần trăm độ chính xác.
- Độ chính xác ở tập dữ liệu MNSIT ở đây là **89.5%**

3. Thực nghiệm số lượng node ẩn với: 100, 200 và 500 trên tập dataset

3.1 Với số lượng node ẩn là 100

- Kết quả sau khi test:

```
Epoch 1/20 [-----] - 4s 7ms/step - loss: 0.3828 - accuracy: 0.8062 - val_loss: 0.4453 - val_accuracy: 0.8043
Epoch 2/20 [-----] - 2s 6ms/step - loss: 0.4271 - accuracy: 0.8495 - val_loss: 0.4256 - val_accuracy: 0.8402
Epoch 3/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3852 - accuracy: 0.8637 - val_loss: 0.4352 - val_accuracy: 0.8438
Epoch 4/20 [-----] - 2s 3ms/step - loss: 0.3589 - accuracy: 0.8721 - val_loss: 0.3681 - val_accuracy: 0.8608
Epoch 5/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3193 - accuracy: 0.8774 - val_loss: 0.3535 - val_accuracy: 0.8693
Epoch 6/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3223 - accuracy: 0.8835 - val_loss: 0.3422 - val_accuracy: 0.8738
Epoch 7/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3134 - accuracy: 0.8888 - val_loss: 0.3408 - val_accuracy: 0.8758
Epoch 8/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3083 - accuracy: 0.8917 - val_loss: 0.3387 - val_accuracy: 0.8713
Epoch 9/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3002 - accuracy: 0.8953 - val_loss: 0.3297 - val_accuracy: 0.8803
Epoch 10/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2794 - accuracy: 0.8978 - val_loss: 0.3448 - val_accuracy: 0.8748
Epoch 11/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2729 - accuracy: 0.8985 - val_loss: 0.3372 - val_accuracy: 0.8897
Epoch 12/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2633 - accuracy: 0.9047 - val_loss: 0.3213 - val_accuracy: 0.8812
Epoch 13/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2578 - accuracy: 0.9018 - val_loss: 0.3218 - val_accuracy: 0.8842
Epoch 14/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2506 - accuracy: 0.9080 - val_loss: 0.3348 - val_accuracy: 0.8817
Epoch 15/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2427 - accuracy: 0.9121 - val_loss: 0.3258 - val_accuracy: 0.8837
Epoch 16/20 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2371 - accuracy: 0.9128 - val_loss: 0.3258 - val_accuracy: 0.8827
Epoch 17/20 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.2318 - accuracy: 0.9145 - val_loss: 0.3265 - val_accuracy: 0.8873
Epoch 18/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2271 - accuracy: 0.9178 - val_loss: 0.3228 - val_accuracy: 0.8833
Epoch 19/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2236 - accuracy: 0.9182 - val_loss: 0.3025 - val_accuracy: 0.8757
Epoch 20/20 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2183 - accuracy: 0.9283 - val_loss: 0.3328 - val_accuracy: 0.8857
113/113 [-----] - 1s 2ms/step - loss: 0.1475 - accuracy: 0.8834
```


- Đánh giá độ chính xác: Phần trăm độ chính xác với số lượng node ẩn 100 là **88.2%**

3.2 Với số lượng node ẩn là 200

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [-----] - 7s 4ms/step - loss: 0.5515 - accuracy: 0.4096 - val_loss: 0.4281 - val_accuracy: 0.8478
Epoch 2/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.4817 - accuracy: 0.4582 - val_loss: 0.3785 - val_accuracy: 0.8655
Epoch 3/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3585 - accuracy: 0.4738 - val_loss: 0.3552 - val_accuracy: 0.8743
Epoch 4/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1544 - accuracy: 0.6798 - val_loss: 0.3457 - val_accuracy: 0.8792
Epoch 5/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1111 - accuracy: 0.8858 - val_loss: 0.3381 - val_accuracy: 0.8768
Epoch 6/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2985 - accuracy: 0.8838 - val_loss: 0.3327 - val_accuracy: 0.8889
Epoch 7/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2799 - accuracy: 0.8845 - val_loss: 0.3141 - val_accuracy: 0.8828
Epoch 8/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2721 - accuracy: 0.9008 - val_loss: 0.3218 - val_accuracy: 0.8857
Epoch 9/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2108 - accuracy: 0.9042 - val_loss: 0.3113 - val_accuracy: 0.8857
Epoch 10/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2586 - accuracy: 0.9078 - val_loss: 0.3145 - val_accuracy: 0.8843
Epoch 11/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2298 - accuracy: 0.9126 - val_loss: 0.3153 - val_accuracy: 0.8875
Epoch 12/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2328 - accuracy: 0.9142 - val_loss: 0.3054 - val_accuracy: 0.8932
Epoch 13/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2293 - accuracy: 0.9171 - val_loss: 0.3010 - val_accuracy: 0.8955
Epoch 14/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2152 - accuracy: 0.9215 - val_loss: 0.3284 - val_accuracy: 0.8855
Epoch 15/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2188 - accuracy: 0.9236 - val_loss: 0.3124 - val_accuracy: 0.8927
Epoch 16/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2083 - accuracy: 0.9237 - val_loss: 0.3188 - val_accuracy: 0.8913
Epoch 17/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1978 - accuracy: 0.9274 - val_loss: 0.3124 - val_accuracy: 0.8958
Epoch 18/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1927 - accuracy: 0.9293 - val_loss: 0.3175 - val_accuracy: 0.8918
Epoch 19/20
422/422 [-----] - 1s 4ms/step - loss: 0.1893 - accuracy: 0.9388 - val_loss: 0.3177 - val_accuracy: 0.8807
Epoch 20/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.1838 - accuracy: 0.9321 - val_loss: 0.3256 - val_accuracy: 0.8897
113/113 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1382 - accuracy: 0.4875
```

- Đánh giá phần trăm chính xác với số lượng node ẩn 200 là **88.7%**

3.3 Với số lượng node ẩn là 500

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [-----] - 1s 4ms/step - loss: 0.5188 - accuracy: 0.4104 - val_loss: 0.4604 - val_accuracy: 0.8257
Epoch 2/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3768 - accuracy: 0.4657 - val_loss: 0.3834 - val_accuracy: 0.8745
Epoch 3/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3377 - accuracy: 0.4783 - val_loss: 0.3319 - val_accuracy: 0.8880
Epoch 4/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.3138 - accuracy: 0.8865 - val_loss: 0.3188 - val_accuracy: 0.8778
Epoch 5/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2082 - accuracy: 0.8811 - val_loss: 0.3613 - val_accuracy: 0.8677
Epoch 6/20
422/422 [-----] - 1s 4ms/step - loss: 0.2768 - accuracy: 0.8989 - val_loss: 0.3159 - val_accuracy: 0.8757
Epoch 7/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2625 - accuracy: 0.9818 - val_loss: 0.3182 - val_accuracy: 0.8882
Epoch 8/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.2488 - accuracy: 0.9879 - val_loss: 0.3226 - val_accuracy: 0.8835
Epoch 9/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2304 - accuracy: 0.8187 - val_loss: 0.2888 - val_accuracy: 0.8887
Epoch 10/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2282 - accuracy: 0.9181 - val_loss: 0.3388 - val_accuracy: 0.8818
Epoch 11/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2228 - accuracy: 0.8173 - val_loss: 0.3863 - val_accuracy: 0.8818
Epoch 12/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2118 - accuracy: 0.9211 - val_loss: 0.3158 - val_accuracy: 0.8878
Epoch 13/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.2019 - accuracy: 0.9219 - val_loss: 0.3842 - val_accuracy: 0.8818
Epoch 14/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1995 - accuracy: 0.9258 - val_loss: 0.3814 - val_accuracy: 0.8951
Epoch 15/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1887 - accuracy: 0.9295 - val_loss: 0.3156 - val_accuracy: 0.8842
Epoch 16/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.1888 - accuracy: 0.9335 - val_loss: 0.2956 - val_accuracy: 0.8952
Epoch 17/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1775 - accuracy: 0.9346 - val_loss: 0.3189 - val_accuracy: 0.8938
Epoch 18/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1721 - accuracy: 0.9363 - val_loss: 0.3325 - val_accuracy: 0.8883
Epoch 19/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1679 - accuracy: 0.8188 - val_loss: 0.3181 - val_accuracy: 0.8928
Epoch 20/20
422/422 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1619 - accuracy: 0.9484 - val_loss: 0.3886 - val_accuracy: 0.8988
113/113 [-----] - 1s 2ms/step - loss: 0.2281 - accuracy: 0.4040
```

- Đánh giá phần trăm chính xác với số lượng node ẩn 500 là **89.5%**

4. Tăng số lượng lớp ảnh lên 2 và 3

4.1 Với số lượng lớp ảnh là 2

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.4943 - accuracy: 0.8236 - val_loss: 0.3713 - val_accuracy: 0.8645
Epoch 2/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3574 - accuracy: 0.8680 - val_loss: 0.3728 - val_accuracy: 0.8645
Epoch 3/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.3219 - accuracy: 0.8810 - val_loss: 0.3623 - val_accuracy: 0.8735
Epoch 4/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2952 - accuracy: 0.8905 - val_loss: 0.3296 - val_accuracy: 0.8793
Epoch 5/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2754 - accuracy: 0.8981 - val_loss: 0.3276 - val_accuracy: 0.8848
Epoch 6/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2588 - accuracy: 0.8931 - val_loss: 0.3725 - val_accuracy: 0.8557
Epoch 7/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.2488 - accuracy: 0.9060 - val_loss: 0.3474 - val_accuracy: 0.8785
Epoch 8/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2349 - accuracy: 0.9110 - val_loss: 0.3189 - val_accuracy: 0.8823
Epoch 9/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2253 - accuracy: 0.9156 - val_loss: 0.3193 - val_accuracy: 0.8885
Epoch 10/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.2148 - accuracy: 0.9188 - val_loss: 0.3033 - val_accuracy: 0.8813
Epoch 11/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2101 - accuracy: 0.9209 - val_loss: 0.3083 - val_accuracy: 0.8855
Epoch 12/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2078 - accuracy: 0.9252 - val_loss: 0.3134 - val_accuracy: 0.8947
Epoch 13/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1923 - accuracy: 0.9209 - val_loss: 0.3225 - val_accuracy: 0.8920
Epoch 14/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1815 - accuracy: 0.9309 - val_loss: 0.3265 - val_accuracy: 0.8920
Epoch 15/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1729 - accuracy: 0.9341 - val_loss: 0.3386 - val_accuracy: 0.8985
Epoch 16/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1648 - accuracy: 0.9372 - val_loss: 0.3283 - val_accuracy: 0.8990
Epoch 17/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1615 - accuracy: 0.9384 - val_loss: 0.3367 - val_accuracy: 0.8982
Epoch 18/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.1570 - accuracy: 0.9401 - val_loss: 0.3411 - val_accuracy: 0.9003
Epoch 19/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1501 - accuracy: 0.9420 - val_loss: 0.3503 - val_accuracy: 0.8937
Epoch 20/20
422/422 [-----] - 1s 4ms/step - loss: 0.1438 - accuracy: 0.9450 - val_loss: 0.3494 - val_accuracy: 0.8972
113/113 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1700 - accuracy: 0.8913
```

- Đánh giá phần trăm chính xác: **89.1%**

4.2 Với số lượng lớp ảnh là 3

- Kết quả:

```
Epoch 1/20
422/422 [-----] - 1s 4ms/step - loss: 0.5030 - accuracy: 0.8211 - val_loss: 0.4011 - val_accuracy: 0.8492
Epoch 2/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3587 - accuracy: 0.8684 - val_loss: 0.3367 - val_accuracy: 0.8762
Epoch 3/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.3269 - accuracy: 0.8792 - val_loss: 0.3476 - val_accuracy: 0.8725
Epoch 4/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2992 - accuracy: 0.8893 - val_loss: 0.3590 - val_accuracy: 0.8780
Epoch 5/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2801 - accuracy: 0.8959 - val_loss: 0.3306 - val_accuracy: 0.8942
Epoch 6/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2645 - accuracy: 0.9007 - val_loss: 0.3205 - val_accuracy: 0.8948
Epoch 7/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.2500 - accuracy: 0.9054 - val_loss: 0.3208 - val_accuracy: 0.8977
Epoch 8/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2389 - accuracy: 0.9090 - val_loss: 0.3206 - val_accuracy: 0.8958
Epoch 9/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2310 - accuracy: 0.9128 - val_loss: 0.3051 - val_accuracy: 0.8913
Epoch 10/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2198 - accuracy: 0.9166 - val_loss: 0.3156 - val_accuracy: 0.8895
Epoch 11/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2094 - accuracy: 0.9201 - val_loss: 0.3057 - val_accuracy: 0.8937
Epoch 12/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.2005 - accuracy: 0.9222 - val_loss: 0.3104 - val_accuracy: 0.8957
Epoch 13/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1932 - accuracy: 0.9289 - val_loss: 0.3232 - val_accuracy: 0.8948
Epoch 14/20
422/422 [-----] - 2s 5ms/step - loss: 0.1859 - accuracy: 0.9282 - val_loss: 0.3505 - val_accuracy: 0.8785
Epoch 15/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1818 - accuracy: 0.9306 - val_loss: 0.3287 - val_accuracy: 0.8908
Epoch 16/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1753 - accuracy: 0.9329 - val_loss: 0.3616 - val_accuracy: 0.8857
Epoch 17/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1680 - accuracy: 0.9356 - val_loss: 0.3649 - val_accuracy: 0.8872
Epoch 18/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1608 - accuracy: 0.9389 - val_loss: 0.3405 - val_accuracy: 0.8935
Epoch 19/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1569 - accuracy: 0.9308 - val_loss: 0.4108 - val_accuracy: 0.8793
Epoch 20/20
422/422 [-----] - 2s 4ms/step - loss: 0.1495 - accuracy: 0.9421 - val_loss: 0.3488 - val_accuracy: 0.8967
113/113 [-----] - 1s 3ms/step - loss: 0.1607 - accuracy: 0.8917
```

- Đánh giá phần trăm chính xác: **89.2%**

5. Đánh giá và đề xuất best practice:

5.1 Đánh giá

- Thời gian train model được đánh giá ở google colab với bản free.

STT	Loại	Độ chính xác	Thời gian train model
1	Số lượng node ẩn là 512	89.5%	32.3 giây
2	Số lượng node ẩn là 100	88.2%	34.6 giây
3	Số lượng node ẩn là 200	88.7%	43.6 giây
4	Số lượng node ẩn là 500	89.5%	44.1 giây
5	Số lượng lớp ảnh là 2	89.1%	36 giây
6	Số lượng lớp ảnh là 3	89.2%	44.3 giây

- Dựa vào bảng trên thấy được kết quả cho thấy với số lượng node ẩn là 512 và 1 lớp ảnh cho ra kết quả chính xác nhất với độ chính xác là 89.5% và thời gian train model cũng rất nhanh với thời gian nhanh nhất trong 6 loại ở trên

- Tổng quan, độ chính xác cho ra của mỗi loại gần như là xêm xêm nhau với độ sai số là ± 3 .

5.2 Đề xuất best practice:

- Dựa vào bảng số sánh ở trên thì thấy được best practice vừa là về độ chính xác vừa là về thời gian train model là loại số lượng node ẩn là 512 với 1 lớp ảnh

- Thời gian train model ở practice này nhanh nhất và cho ra độ chính xác cũng đúng nhất với 89.5%.