學校：長庚大學　　系級：人工智慧學系 大三

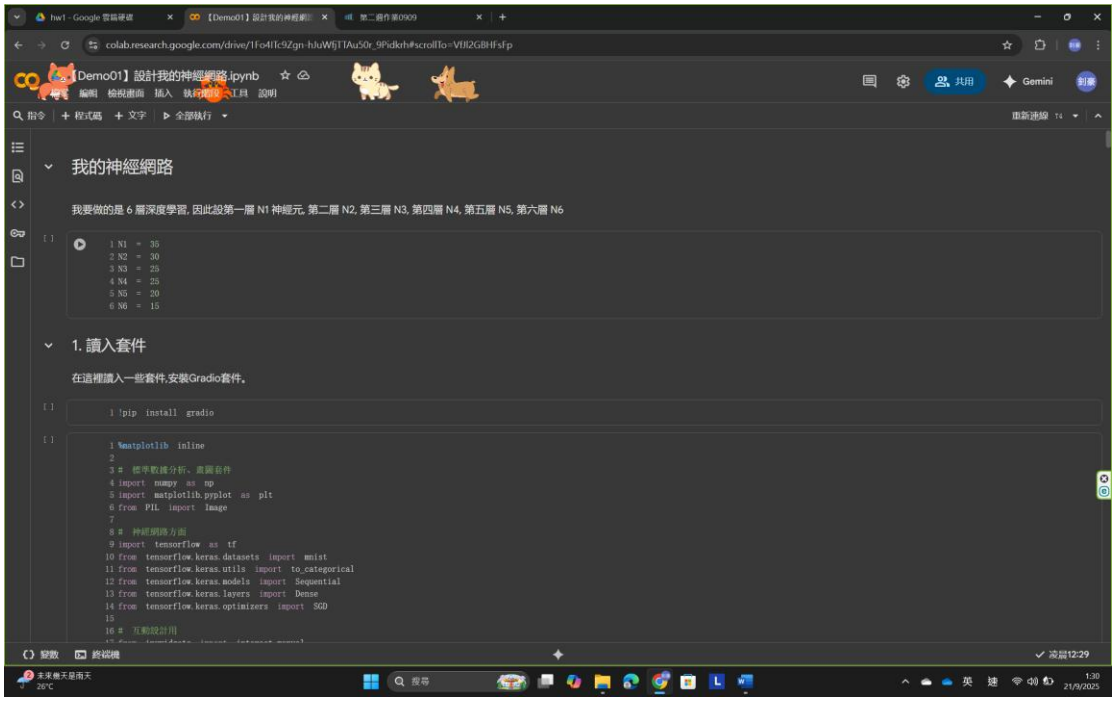
學號：B1228022　　姓名：梁釗豪　　主題：打造自己的 DNN 手寫辨識

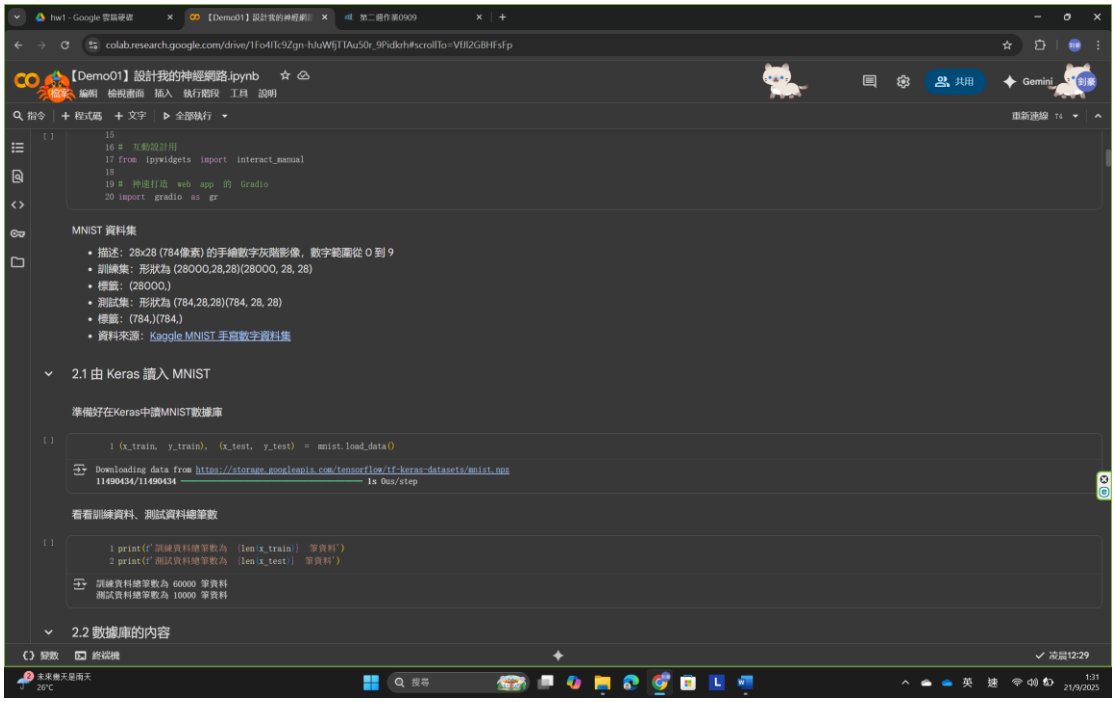
重點說明：

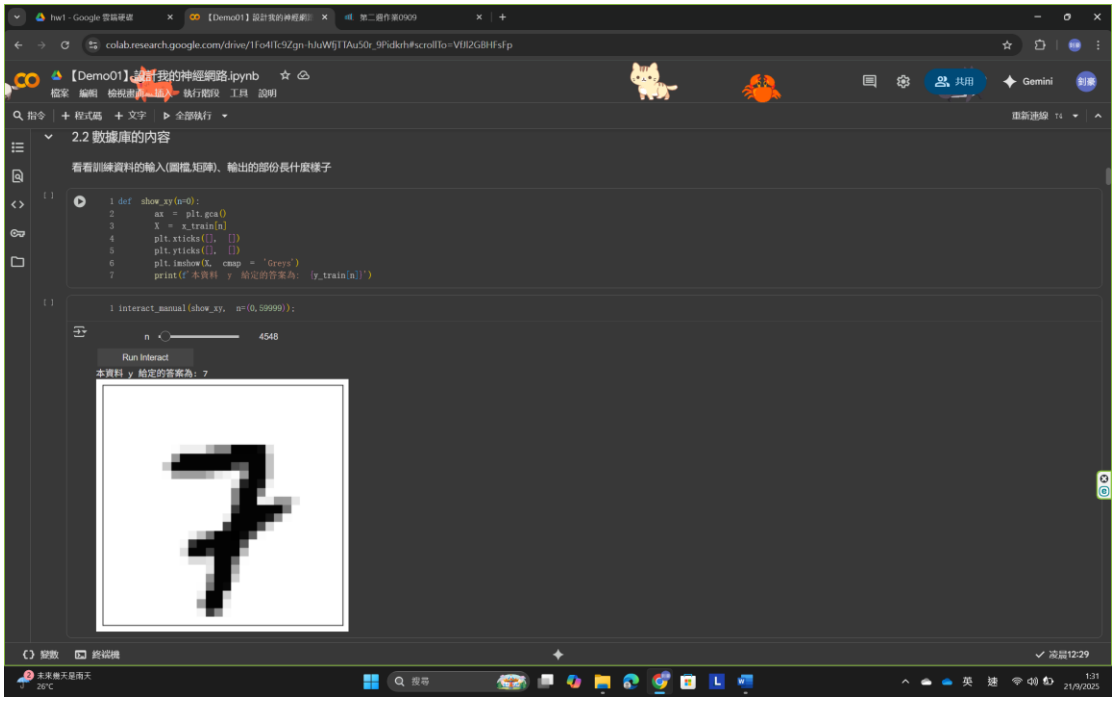
1. **理解神經網路架構設計**
   - 設定每層神經元數量（N1–N6）
   - 探索不同激活函數（ReLU、LeakyReLU、PReLU、ELU、SELU）
   - 建構 6 層以上的深度神經網路，並加入輸出層（Softmax）
2. **資料前處理與格式轉換**
   - 將 28×28 的影像拉平成 784 維向量
   - 對標籤進行 One-hot Encoding（分類任務）
   - 正規化影像像素值（除以 255）
3. **模型訓練與優化**
   - 使用不同的 optimizer（SGD vs Adam）
   - 比較不同 loss function（MSE vs Categorical Crossentropy）
   - 調整 batch size 與 epochs，並加入 EarlyStopping 提升訓練效率
4. **模型評估**
   - 使用 model.evaluate() 觀察 loss 與 accuracy
   - 比較不同架構（test1–test4）的準確率與 loss 表現
5. **互動式展示與應用**
   - 使用 Gradio 建立手寫數字辨識 Web App
   - 支援使用者在畫板上手寫數字並即時預測
6. **分析**
   - 分析模型在不同數字上的預測信心與混淆情況
   - 分析使用者輸入位置對預測結果的影響（例如左上角容易被判成 7）

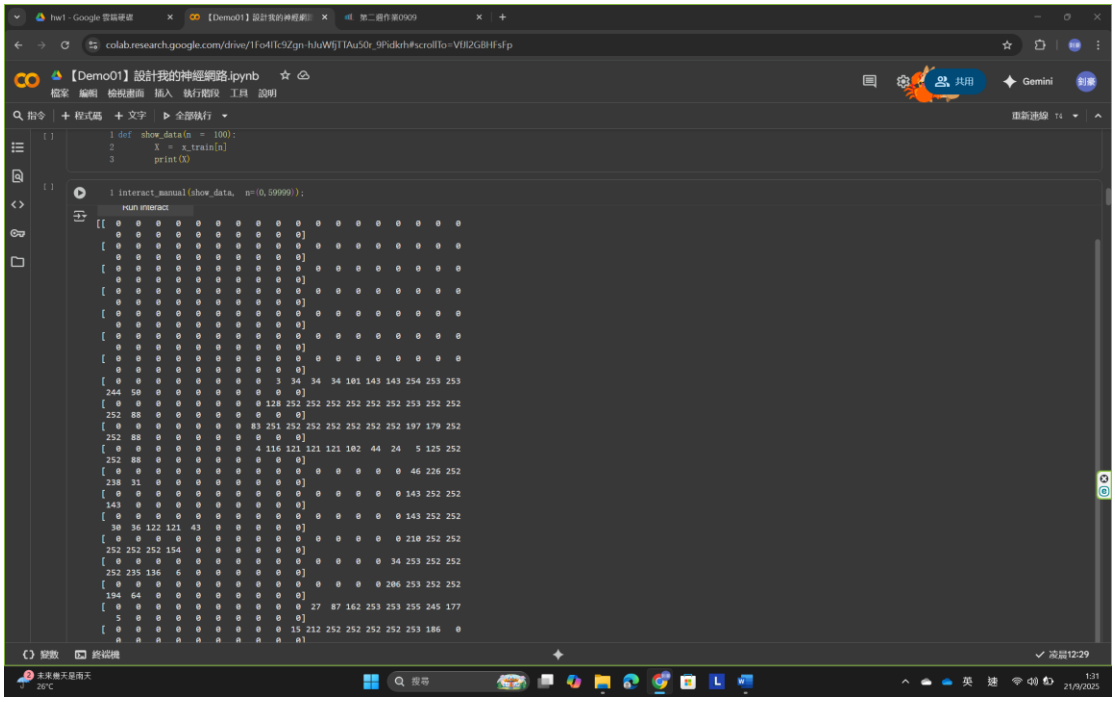
Colab:

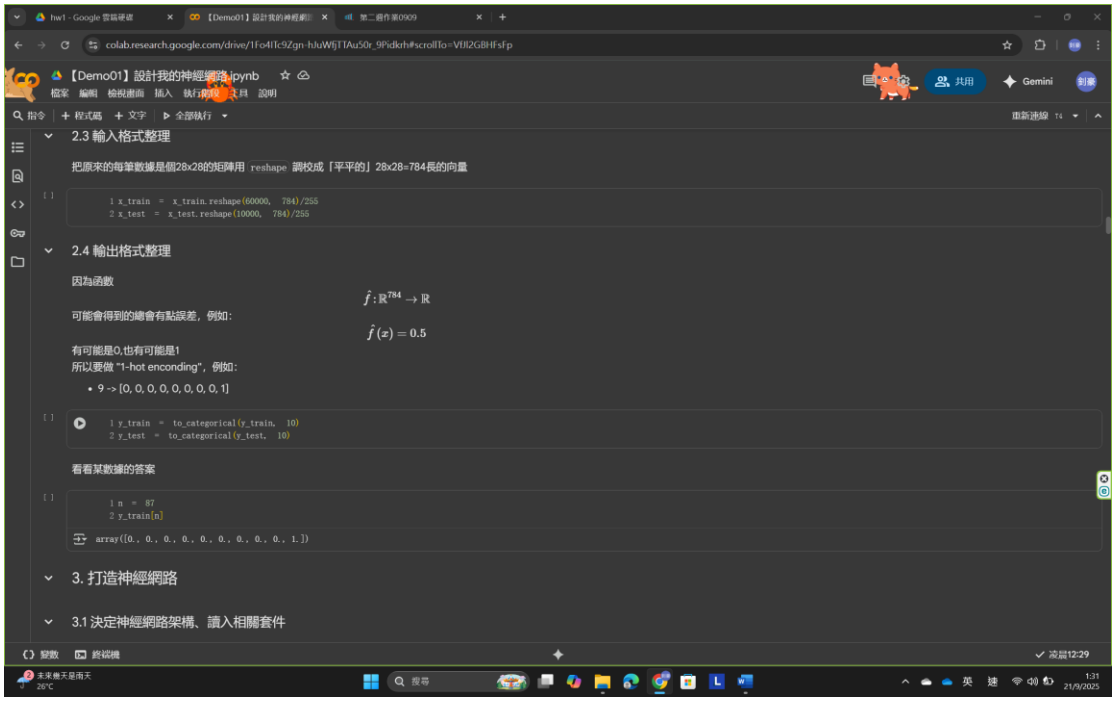
https://colab.research.google.com/drive/1Fo4lTc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9Pidkrh?usp=sharing

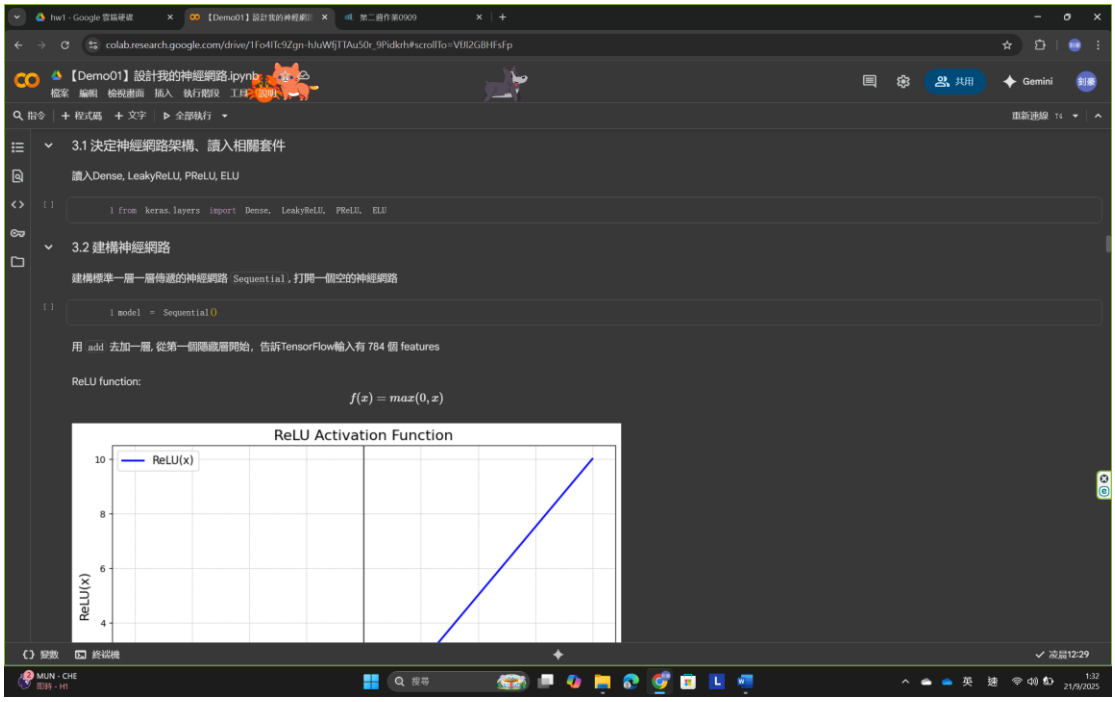


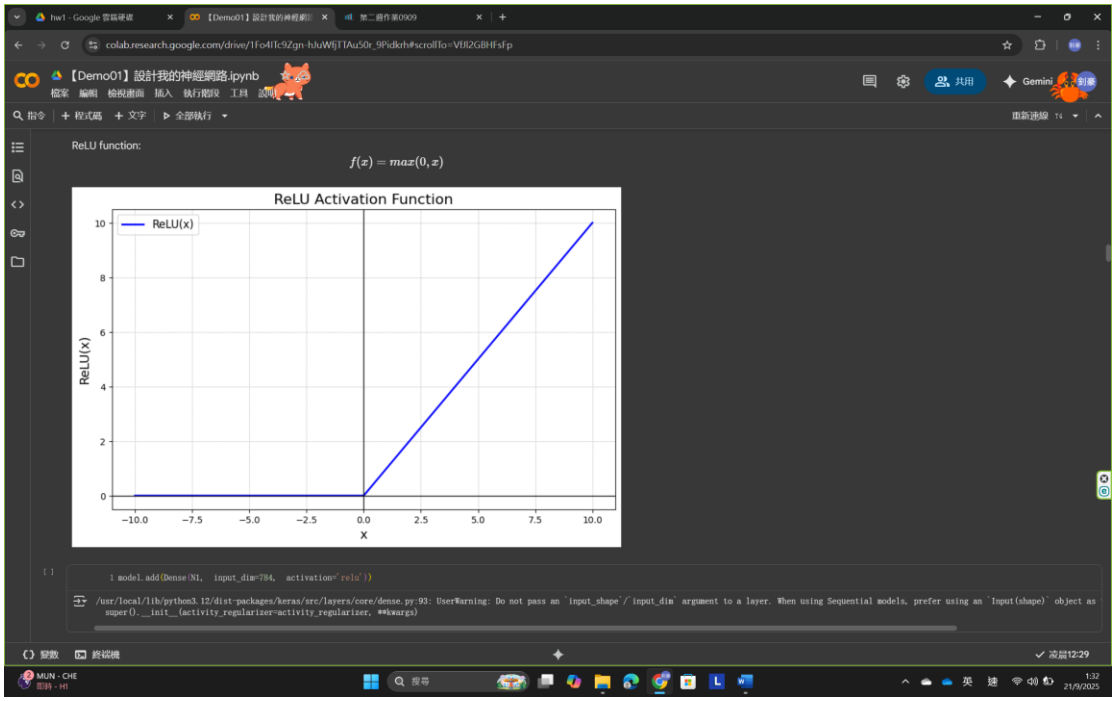


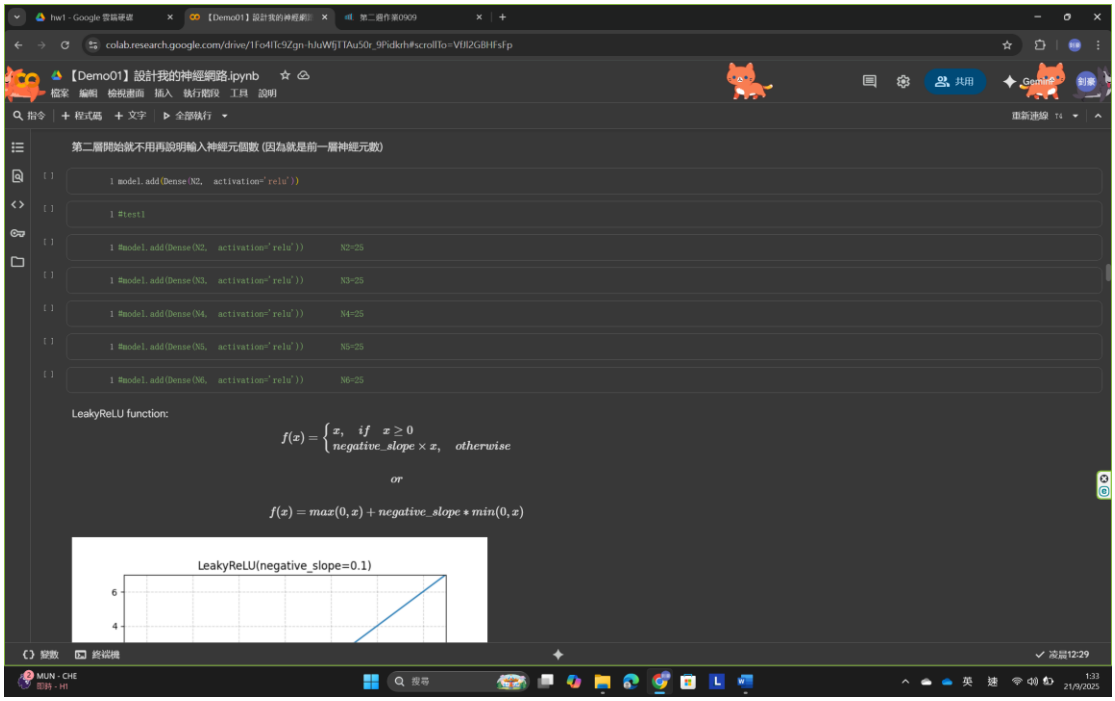

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
2.2 數據庫的內容
看看訓練資料的輸入(圖檔,矩陣)、輸出的部份長什麼樣子
1 def show_xy(n=0):
2 ax = plt.gca()
3 X = x_train[n]
4 plt.xticks([], [])
5 plt.yticks([], [])
6 plt.imshow(X, cmap = 'Greys')
7 print(f'本資料 y 給定的答案為: {y_train[n]}')
1 interact_manual(show_xy, n=(0,59999));
n 4548
Run Interact
本資料 y 給定的答案為: 7


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
1 def show_data(n = 100):
2 X = x_train[n]
3 print(X)
1 interact_manual(show_data, n=(0,59999));
Run Interact


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 + 程式碼 + 文字 全部執行
重新連線
2.3 輸入格式整理
把原來的每筆數據是個28x28的矩陣用 reshape 調校成「平平的」28x28=784長的向量
1 x_train = x_train.reshape(60000, 784)/255
2 x_test = x_test.reshape(10000, 784)/255
2.4 輸出格式整理
因為函數
$\hat{f}: \mathbb{R}^{784} \to \mathbb{R}$
可能會得到的總會有點誤差，例如:
$\hat{f}(x) = 0.5$
有可能是0,也有可能是1
所以要做 "1-hot enconding"，例如:
9 -> [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
1 y_train = to_categorical(y_train, 10)
2 y_test = to_categorical(y_test, 10)
看看某數據的答案
1 n = 87
2 y_train[n]
array([0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 1.])
3. 打造神經網路
3.1 決定神經網路架構、讀入相關套件
變數
終端機
凌晨12:29
未來幾天是雨天
26°C
搜尋
英
1:31
21/9/2025


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 + 程式碼 + 文字 全部執行
重新連線
3.1 決定神經網路架構、讀入相關套件
讀入Dense, LeakyReLU, PReLU, ELU
1 from keras.layers import Dense, LeakyReLU, PReLU, ELU
3.2 建構神經網路
建構標準一層一層傳遞的神經網路 Sequential，打開一個空的神經網路
1 model = Sequential()
用 add 去加一層, 從第一個隱藏層開始，告訴TensorFlow輸入有 784 個 features
ReLU function:
$f(x) = max(0, x)$
ReLU Activation Function
ReLU(x)
10
8
6
4
ReLU(x)
變數
終端機
凌晨12:29
MUN - CHE
搜尋
英
1:32
21/9/2025


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
ReLU function:
$f(x) = max(0, x)$
ReLU Activation Function
ReLU(x)
ReLU(x)
X
model.add(Dense(N1, input_dim=784, activation='relu'))
/usr/local/lib/python3.12/dist-packages/keras/src/layers/core/dense.py:93: UserWarning: Do not pass an `input_shape`/`input_dim` argument to a layer. When using Sequential models, prefer using an `Input(shape)` object as
super().__init__(activity_regularizer=activity_regularizer, **kwargs)
變數
終端機
凌晨12:29
1:32
21/9/2025

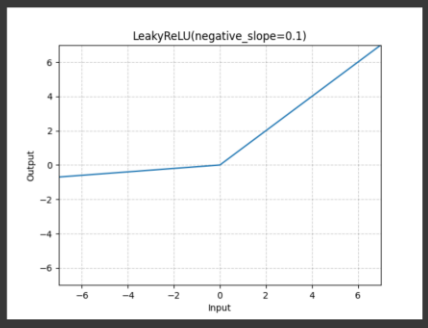

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
第二層開始就不用再說明輸入神經元個數 (因為就是前一層神經元數)
model.add(Dense(N2, activation='relu'))
#test1
#model.add(Dense(N2, activation='relu')) N2=25
#model.add(Dense(N3, activation='relu')) N3=25
#model.add(Dense(N4, activation='relu')) N4=25
#model.add(Dense(N5, activation='relu')) N5=25
#model.add(Dense(N6, activation='relu')) N6=25
LeakyReLU function:
$f(x) = \begin{cases} x, & if \quad x \geq 0 \\ negative\_slope \times x, & otherwise \end{cases}$
or
$f(x) = max(0, x) + negative\_slope * min(0, x)$
LeakyReLU(negative_slope=0.1)
變數
終端機
凌晨12:29
1:33
21/9/2025

LeakyReLU function:

$$f(x) = \begin{cases} x, & if \quad x \geq 0 \\ negative\_slope \times x, & otherwise \end{cases}$$

or

$$f(x) = max(0, x) + negative\_slope * min(0, x)$$




```
1 '''test2
2 model.add(Dense(N3,  input_dim=784))
3 model.add(LeakyReLU(alpha=0.1))
4 '''
```

```
1 model.add(Dense(N3))
2 model.add(LeakyReLU(alpha=0.1))
```

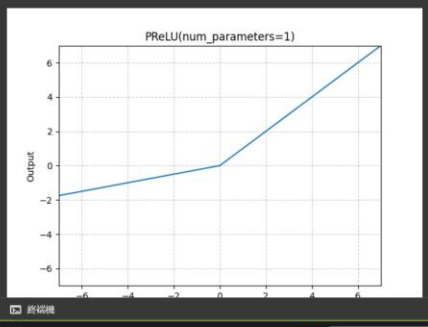
```
/usr/local/lib/python3.12/dist-packages/keras/src/layers/activations/leaky_relu.py:41: UserWarning: Argument `alpha` is deprecated. Use `negative_slope` instead.
  warnings.warn(
```

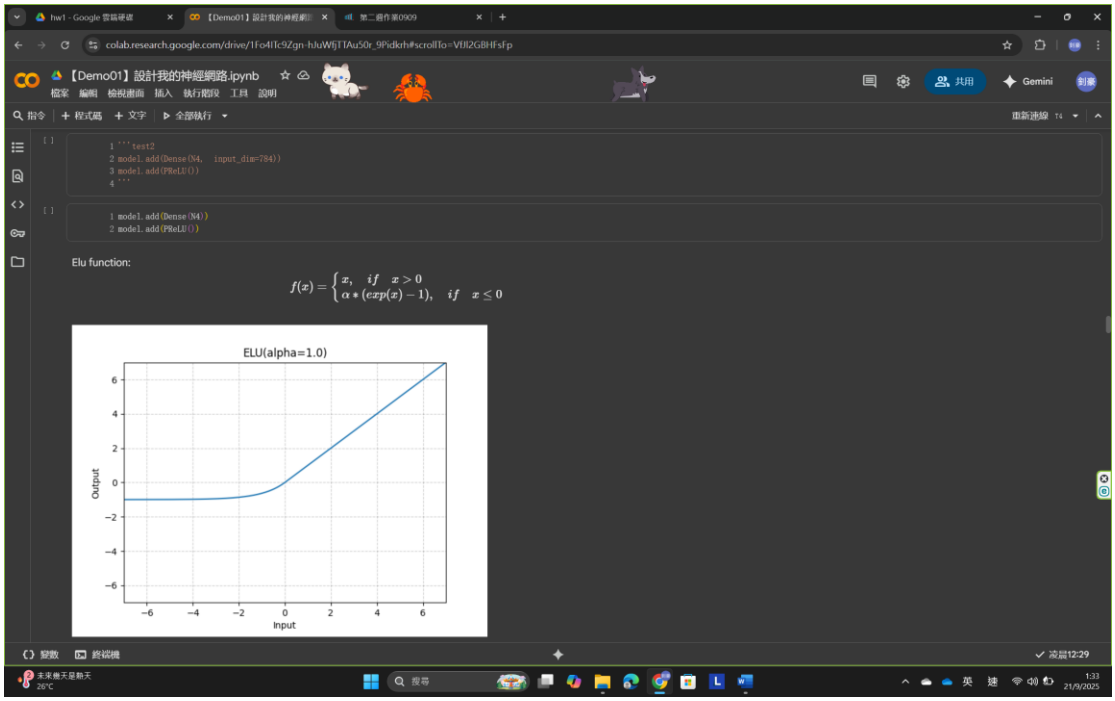
PReLU function:

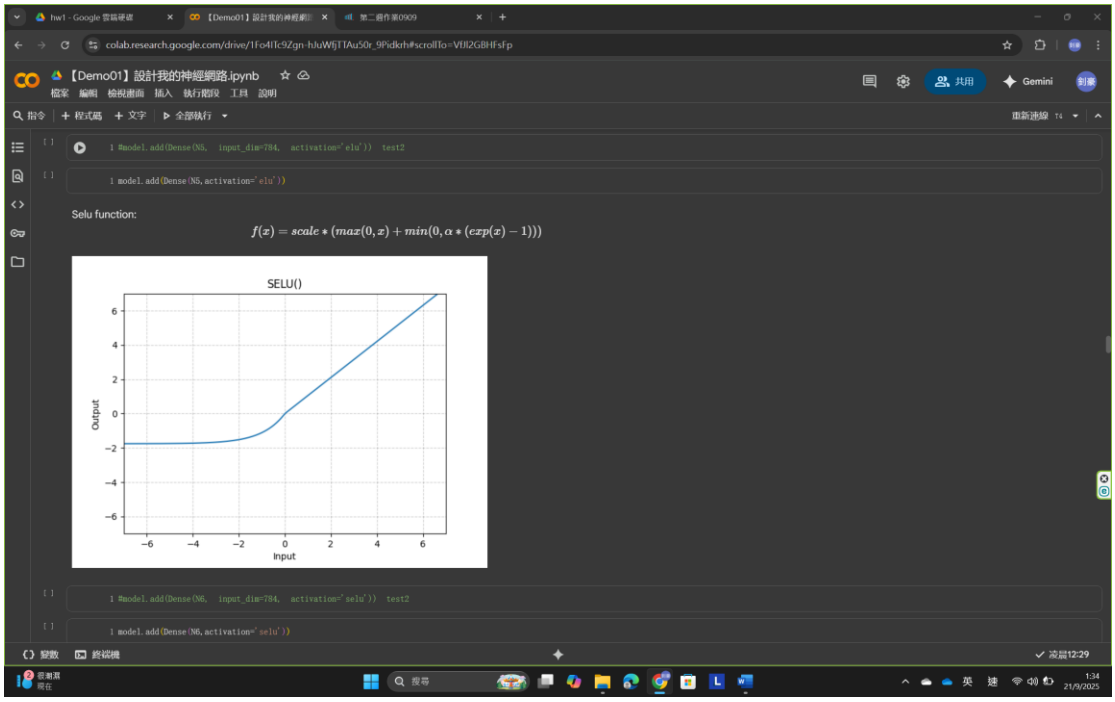
$$f(x) = \begin{cases} x, & if \quad x \geq 0 \\ ax, & otherwise \end{cases}$$

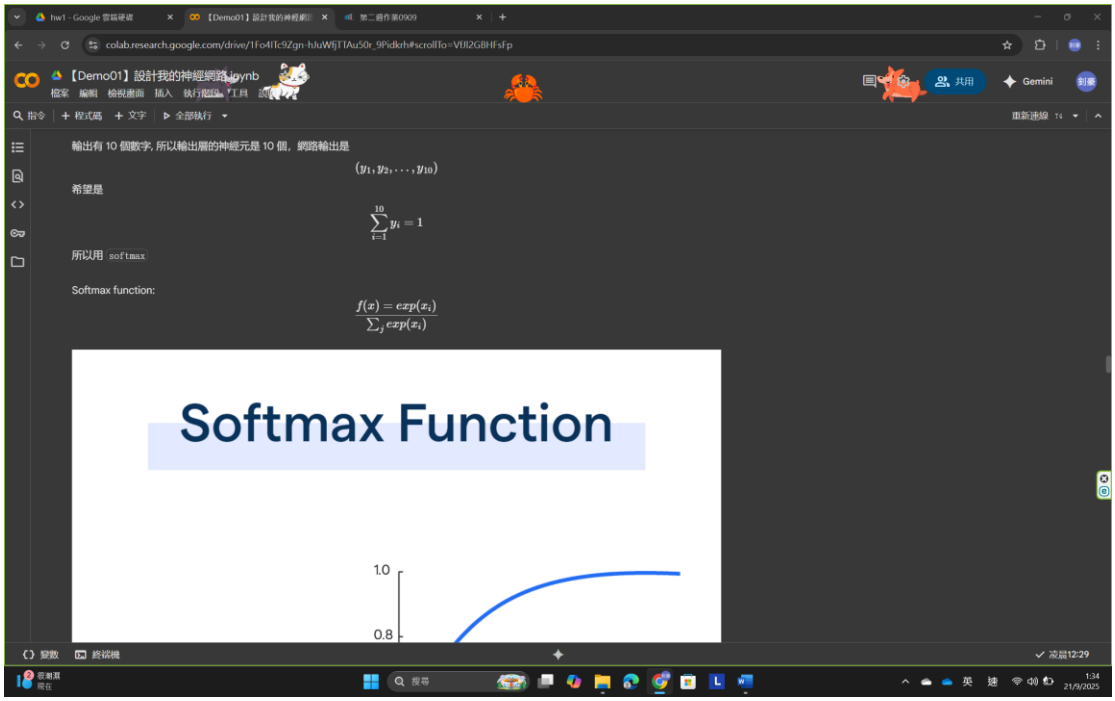
or

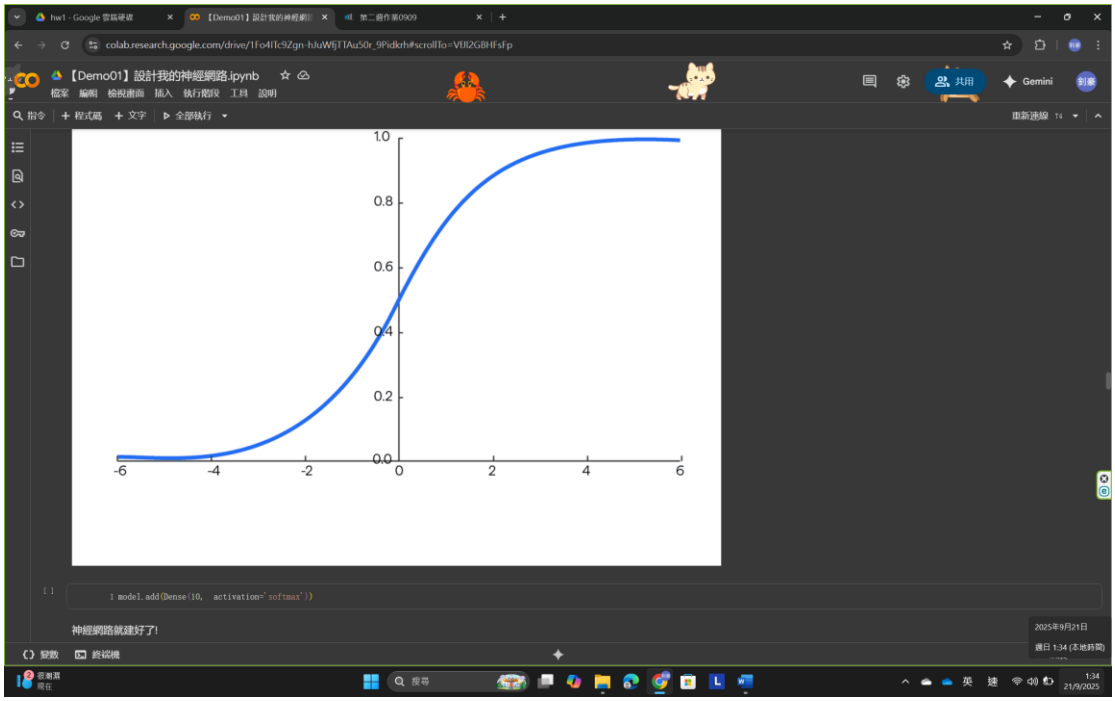
$$f(x) = max(0, x) + a * min(0, x)$$

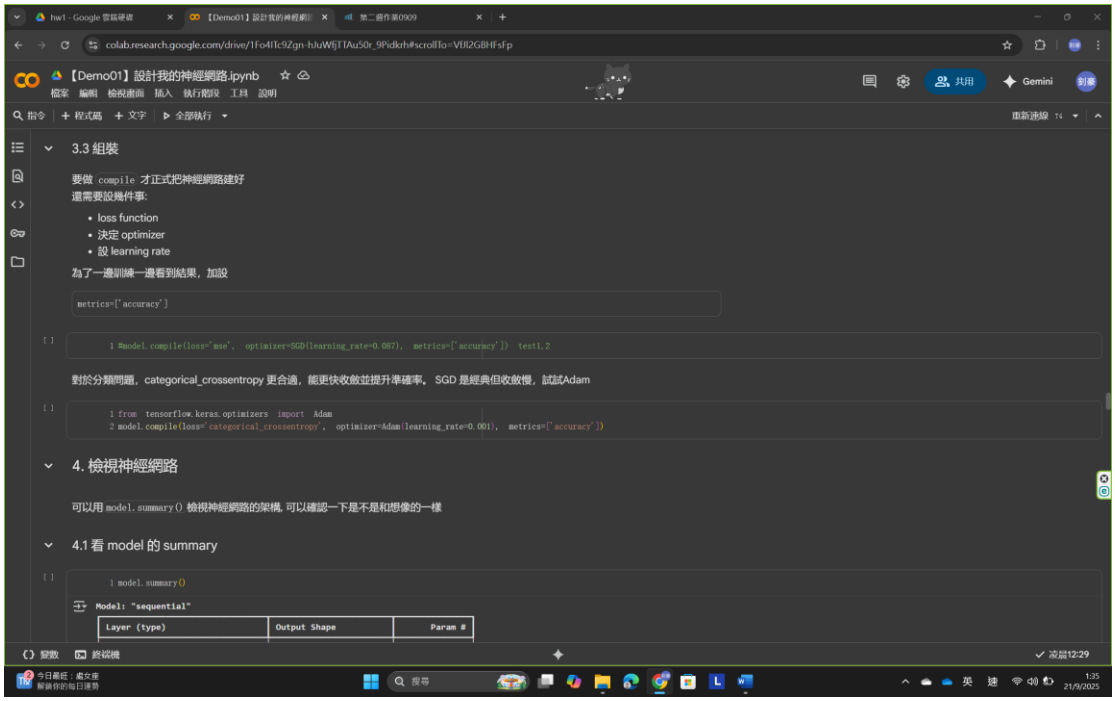


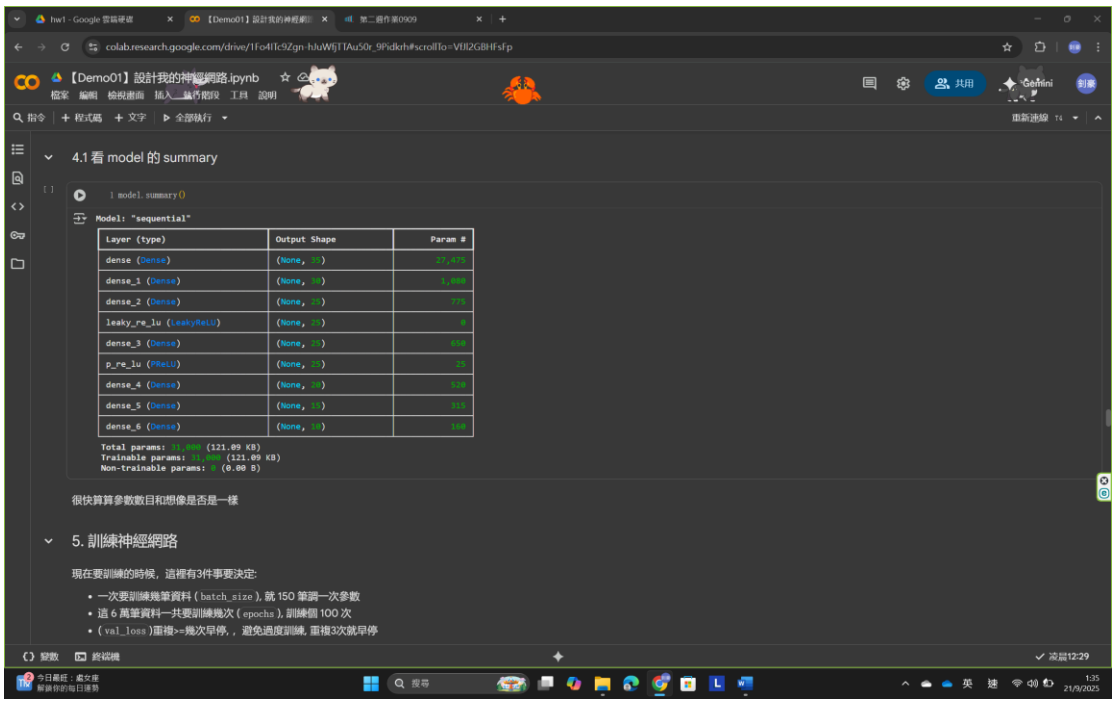

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
```test2
model.add(Dense(N4, input_dim=784))
model.add(PReLU())
```
model.add(Dense(N4))
model.add(PReLU())
Elu function:
$$f(x) = \begin{cases} x, & if \quad x > 0 \\ \alpha * (exp(x) - 1), & if \quad x \leq 0 \end{cases}$$
ELU(alpha=1.0)
Output
Input
變數
終端機
凌晨12:29

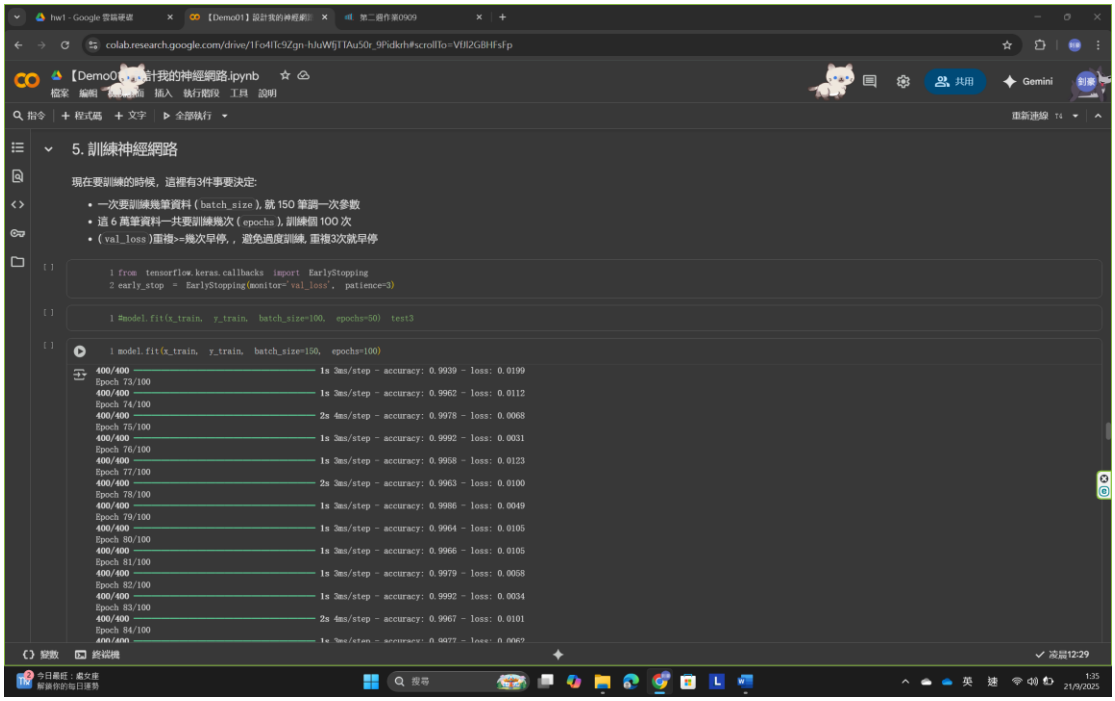

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
#model.add(Dense(N5, input_dim=784, activation='elu')) test2
model.add(Dense(N5,activation='elu'))
Selu function:
$$f(x) = scale * (max(0, x) + min(0, \alpha * (exp(x) - 1)))$$
SELU()
Output
Input
#model.add(Dense(N6, input_dim=784, activation='selu')) test2
model.add(Dense(N6,activation='selu'))
變數
終端機
凌晨12:29

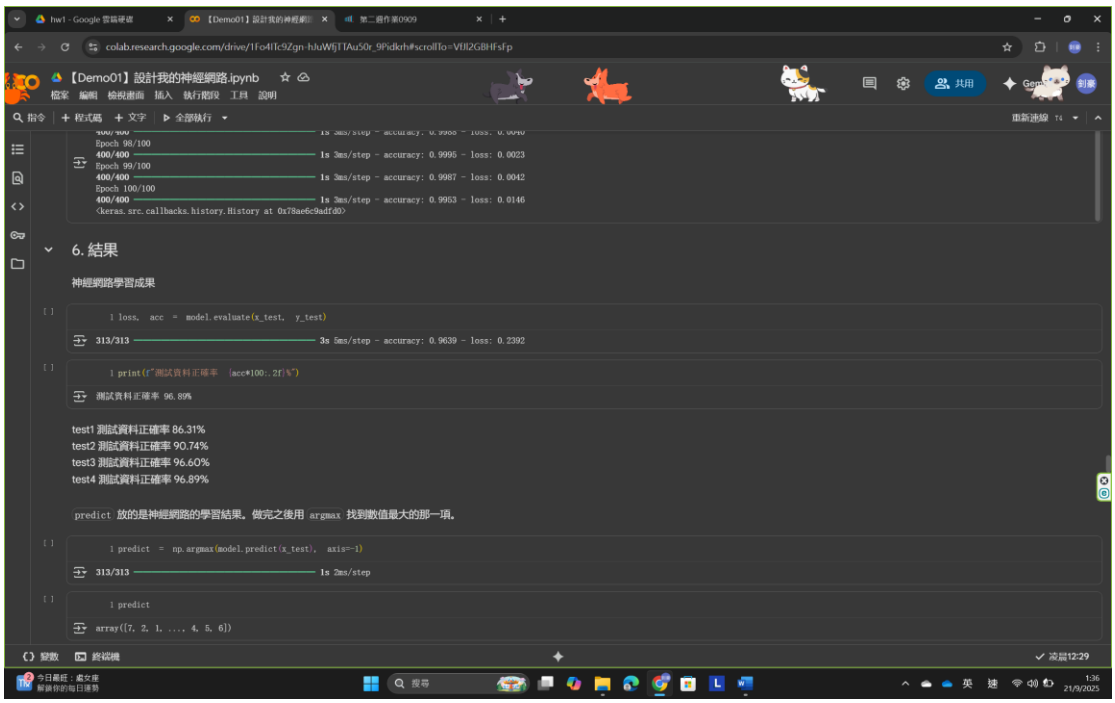

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
輸出有 10 個數字, 所以輸出層的神經元是 10 個，網路輸出是
$(y_1, y_2, \ldots, y_{10})$
希望是
$\sum_{i=1}^{10} y_i = 1$
所以用 softmax
Softmax function:
$\frac{f(x) = exp(x_i)}{\sum_j exp(x_i)}$
Softmax Function
1.0
0.8

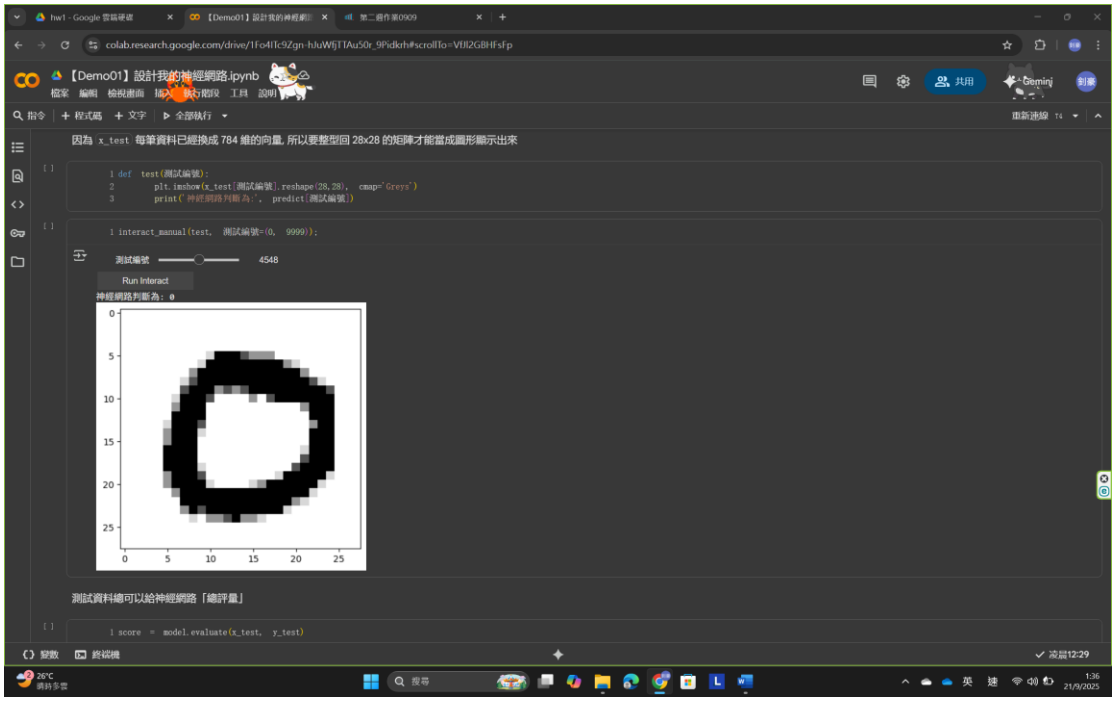

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-6
-4
-2
0
2
4
6
model.add(Dense(10, activation='softmax'))
神經網路就建好了!

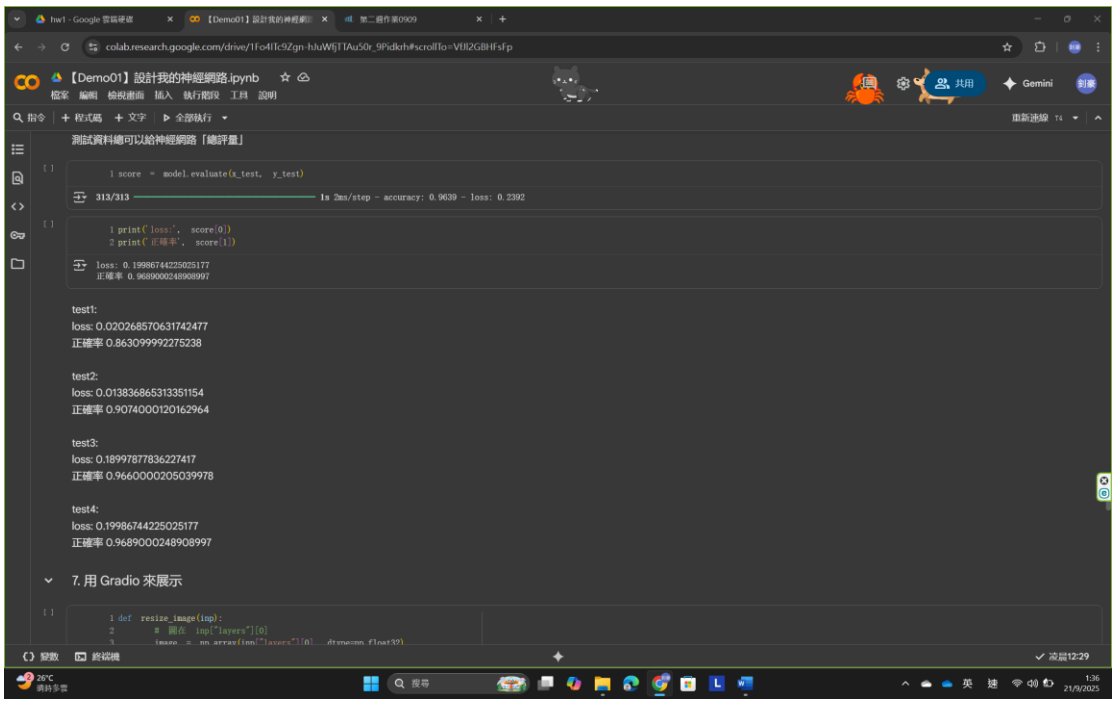

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
colab.research.google.com/drive/1Fo4ITc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9Pidkrh#scrollTo=VfJl2GBHfsFp
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
3.3 組裝
要做 compile 才正式把神經網路建好
還需要設幾件事:
loss function
決定 optimizer
設 learning rate
為了一邊訓練一邊看到結果，加設
metrics=['accuracy']
1 #model.compile(loss='mse', optimizer=SGD(learning_rate=0.087), metrics=['accuracy']) test1,2
對於分類問題，categorical_crossentropy 更合適，能更快收斂並提升準確率。SGD 是經典但收斂慢，試試Adam
1 from tensorflow.keras.optimizers import Adam
2 model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer=Adam(learning_rate=0.001), metrics=['accuracy'])
4. 檢視神經網路
可以用 model.summary() 檢視神經網路的架構, 可以確認一下是不是和想像的一樣
4.1 看 model 的 summary
1 model.summary()
Model: "sequential"
Layer (type)
Output Shape
Param #
變數
終端機
凌晨12:29

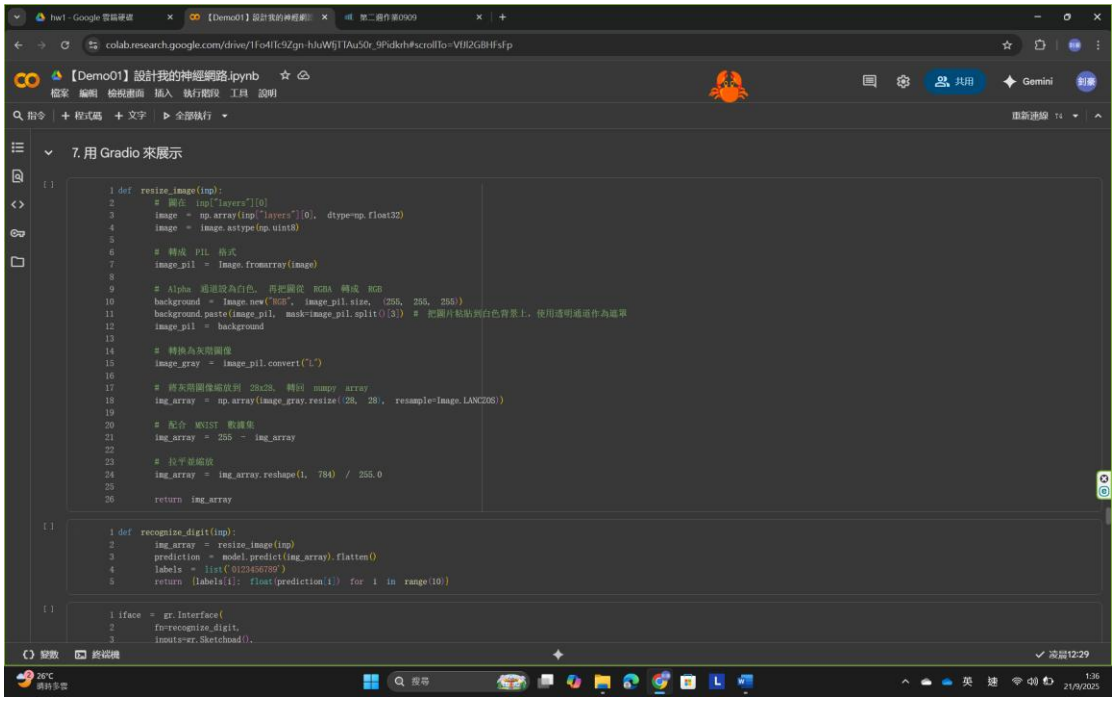

【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
colab.research.google.com/drive/1Fo4ITc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9Pidkrh#scrollTo=VfJl2GBHfsFp
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
4.1 看 model 的 summary
1 model.summary()
Model: "sequential"
Layer (type) Output Shape Param #
dense (Dense) (None, 30) 27,475
dense_1 (Dense) (None, 30) 1,980
dense_2 (Dense) (None, 30) 770
leaky_re_lu (LeakyReLU) (None, 25) 0
dense_3 (Dense) (None, 10) 650
p_re_lu (PReLU) (None, 25) 25
dense_4 (Dense) (None, 10) 520
dense_5 (Dense) (None, 10) 315
dense_6 (Dense) (None, 10) 160
Total params: 31,895 (121.09 KB)
Trainable params: 31,895 (121.09 KB)
Non-trainable params: 0 (0.00 B)
很快算算參數數目和想像是否是一樣
5. 訓練神經網路
現在要訓練的時候，這裡有3件事要決定:
一次要訓練幾筆資料 (batch_size), 就 150 筆調一次參數
這 6 萬筆資料一共要訓練幾次 (epochs), 訓練個 100 次
(val_loss)重複>=幾次早停, , 避免過度訓練, 重複3次就早停
變數
終端機
凌晨12:29

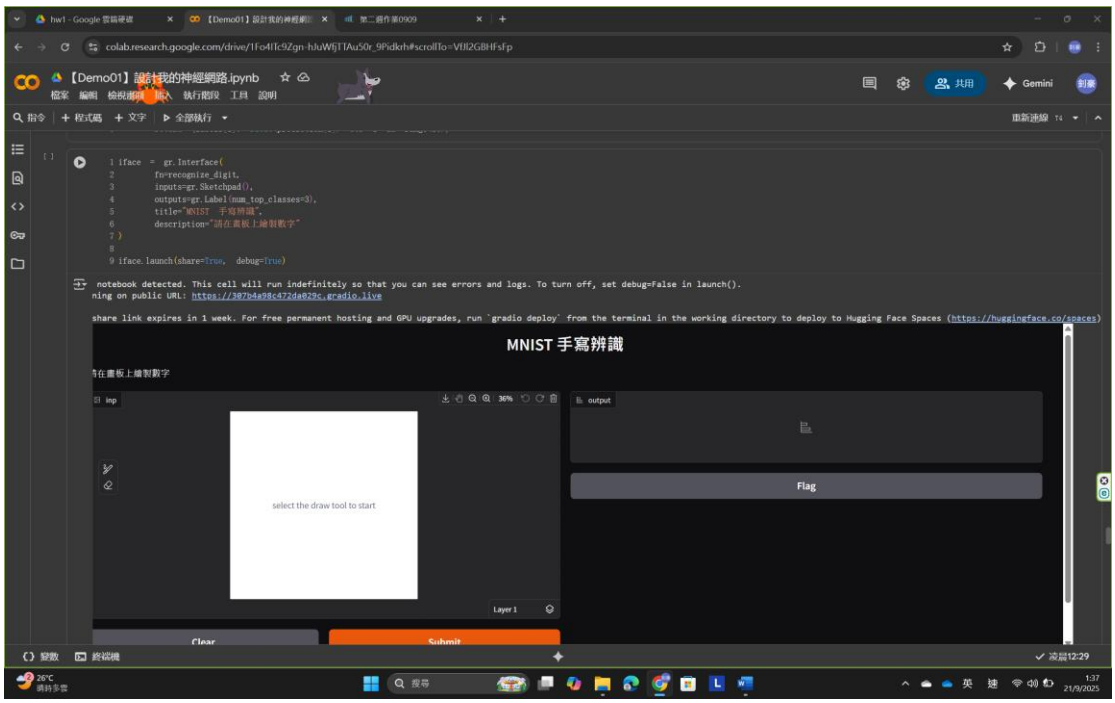

hw1 - Google 雲端硬碟
【Demo01】設計我的神經網路
第二週作業0909
colab.research.google.com/drive/1Fo4ITc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9Pidkrh#scrollTo=VfJl2GBHfsFp
【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
5. 訓練神經網路
現在要訓練的時候，這裡有3件事要決定:
一次要訓練幾筆資料 (batch_size), 就 150 筆調一次參數
這 6 萬筆資料一共要訓練幾次 (epochs), 訓練個 100 次
(val_loss)重複>=幾次早停, , 避免過度訓練, 重複3次就早停
1 from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
2 early_stop = EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=3)
1 #model.fit(x_train, y_train, batch_size=100, epochs=50) test3
1 model.fit(x_train, y_train, batch_size=150, epochs=100)
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9939 - loss: 0.0199
Epoch 73/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9962 - loss: 0.0112
Epoch 74/100
400/400 2s 4ms/step - accuracy: 0.9978 - loss: 0.0068
Epoch 75/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9992 - loss: 0.0031
Epoch 76/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9958 - loss: 0.0123
Epoch 77/100
400/400 2s 3ms/step - accuracy: 0.9963 - loss: 0.0100
Epoch 78/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9986 - loss: 0.0049
Epoch 79/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9964 - loss: 0.0105
Epoch 80/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9966 - loss: 0.0105
Epoch 81/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9979 - loss: 0.0058
Epoch 82/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9992 - loss: 0.0034
Epoch 83/100
400/400 2s 4ms/step - accuracy: 0.9967 - loss: 0.0101
Epoch 84/100
變數 終端機
凌晨12:29
今日最旺：處女座
解鎖你的每日運勢
搜尋
英
1:35
21/9/2025

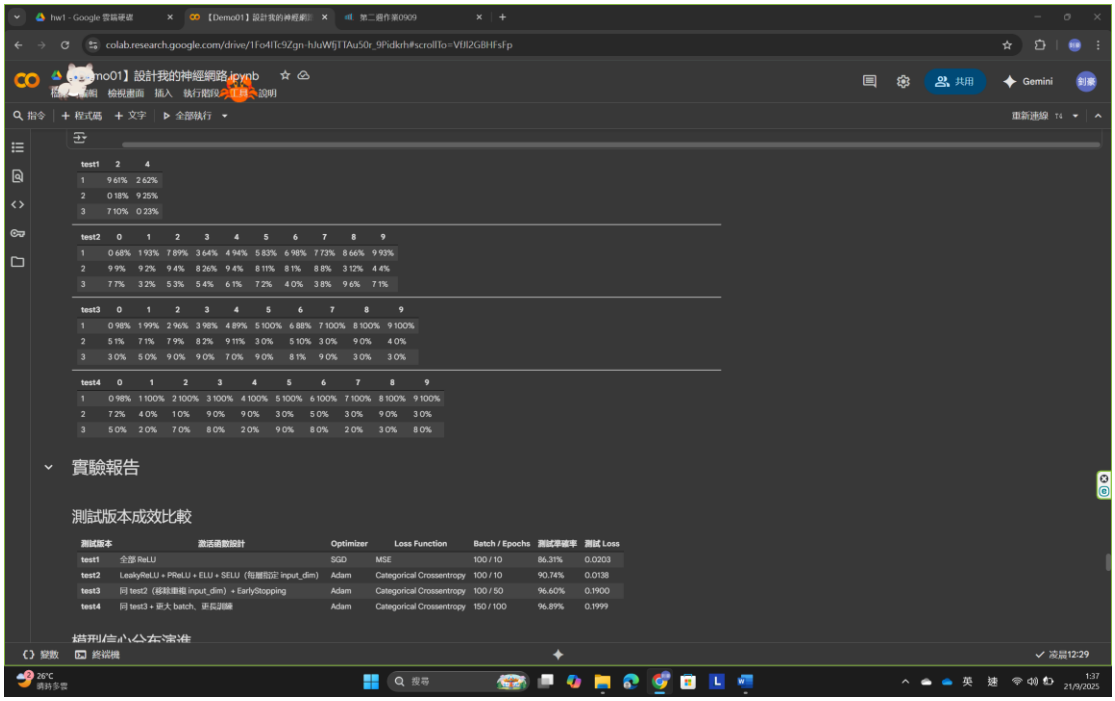

hw1 - Google 雲端硬碟
【Demo01】設計我的神經網路
第二週作業0909
colab.research.google.com/drive/1Fo4ITc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9Pidkrh#scrollTo=VfJl2GBHfsFp
【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
指令 程式碼 文字 全部執行
重新連線
Epoch 98/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9995 - loss: 0.0023
Epoch 99/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9987 - loss: 0.0042
Epoch 100/100
400/400 1s 3ms/step - accuracy: 0.9953 - loss: 0.0146
<keras.src.callbacks.history.History at 0x78ae6c9adfd0>
6. 結果
神經網路學習成果
1 loss, acc = model.evaluate(x_test, y_test)
313/313 3s 5ms/step - accuracy: 0.9639 - loss: 0.2392
1 print(f"測試資料正確率 {acc*100:.2f}%")
測試資料正確率 96.89%
test1 測試資料正確率 86.31%
test2 測試資料正確率 90.74%
test3 測試資料正確率 96.60%
test4 測試資料正確率 96.89%
predict 放的是神經網路的學習結果。做完之後用 argmax 找到數值最大的那一項。
1 predict = np.argmax(model.predict(x_test), axis=-1)
313/313 1s 2ms/step
1 predict
array([7, 2, 1, ..., 4, 5, 6])
變數 終端機
凌晨12:29
今日最旺：處女座
解鎖你的每日運勢
搜尋
英
1:36
21/9/2025


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
colab.research.google.com/drive/1Fo4ITc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9PidkrH#scrollTo=VEJl2GBHFsFp
因為 x_test 每筆資料已經換成 784 維的向量, 所以要整型回 28x28 的矩陣才能當成圖形顯示出來
def test(測試編號):
plt.imshow(x_test[測試編號].reshape(28,28), cmap='Greys')
print('神經網路判斷為:', predict[測試編號])
interact_manual(test, 測試編號=(0, 9999));
測試編號
4548
Run Interact
神經網路判斷為: 0
測試資料總可以給神經網路「總評量」
score = model.evaluate(x_test, y_test)


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
colab.research.google.com/drive/1Fo4ITc9Zgn-hJuWfjTTAu50r_9PidkrH#scrollTo=VEJl2GBHFsFp
測試資料總可以給神經網路「總評量」
score = model.evaluate(x_test, y_test)
313/313 1s 2ms/step - accuracy: 0.9639 - loss: 0.2392
print('loss:', score[0])
print('正確率', score[1])
loss: 0.1998674225025177
正確率 0.9689000248908997
test1:
loss: 0.020268570631742477
正確率 0.863099992275238
test2:
loss: 0.013836865313351154
正確率 0.9074000120162964
test3:
loss: 0.1899787836227417
正確率 0.9660000205039978
test4:
loss: 0.19986744225025177
正確率 0.9689000248908997
7. 用 Gradio 來展示
def resize_image(inp):


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
7. 用 Gradio 來展示
def resize_image(inp):
# 圖在 inp["layers"][0]
image = np.array(inp["layers"][0], dtype=np.float32)
image = image.astype(np.uint8)
# 轉成 PIL 格式
image_pil = Image.fromarray(image)
# Alpha 通道設為白色，再把圖從 RGBA 轉成 RGB
background = Image.new("RGB", image_pil.size, (255, 255, 255))
background.paste(image_pil, mask=image_pil.split()[3]) # 把圖片貼貼到白色背景上，使用透明通道作為遮罩
image_pil = background
# 轉換為灰階圖像
image_gray = image_pil.convert("L")
# 將灰階圖像縮放到 28x28，轉到 numpy array
img_array = np.array(image_gray.resize((28, 28), resample=Image.LANCZOS))
# 配合 MNIST 數據集
img_array = 255 - img_array
# 拉平並縮放
img_array = img_array.reshape(1, 784) / 255.0
return img_array
def recognize_digit(inp):
img_array = resize_image(inp)
prediction = model.predict(img_array).flatten()
labels = list('0123456789')
return {labels[i]: float(prediction[i]) for i in range(10)}
iface = gr.Interface(
fn=recognize_digit,
inputs=gr.Sketchpad(),
變數 終端機
凌晨12:29


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
檔案 編輯 檢視畫面 插入 執行階段 工具 說明
共用
Gemini
iface = gr.Interface(
fn=recognize_digit,
inputs=gr.Sketchpad(),
outputs=gr.Label(num_top_classes=3),
title="MNIST 手寫辨識",
description="請在畫板上繪製數字"
)
iface.launch(share=True, debug=True)
notebook detected. This cell will run indefinitely so that you can see errors and logs. To turn off, set debug=False in launch().
ning on public URL: https://387b4a98c472da023c.gradio.live
share link expires in 1 week. For free permanent hosting and GPU upgrades, run `gradio deploy` from the terminal in the working directory to deploy to Hugging Face Spaces (https://huggingface.co/spaces)
MNIST 手寫辨識
請在畫板上繪製數字
inp
output
select the draw tool to start
Flag
Layer 1
Clear
Submit
變數 終端機
凌晨12:29



test1	2	4
1	9 61%	2 62%
2	0 18%	9 25%
3	7 10%	0 23%

test2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0 68%	1 93%	7 89%	3 64%	4 94%	5 83%	6 98%	7 73%	8 66%	9 93%
2	9 9%	9 2%	9 4%	8 26%	9 4%	8 11%	8 1%	8 8%	3 12%	4 4%
3	7 7%	3 2%	5 3%	5 4%	6 1%	7 2%	4 0%	3 8%	9 6%	7 1%

test3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0 98%	1 99%	2 96%	3 98%	4 89%	5 100%	6 88%	7 100%	8 100%	9 100%
2	5 1%	7 1%	7 9%	8 2%	9 11%	3 0%	5 10%	3 0%	9 0%	4 0%
3	3 0%	5 0%	9 0%	9 0%	7 0%	9 0%	8 1%	9 0%	3 0%	3 0%

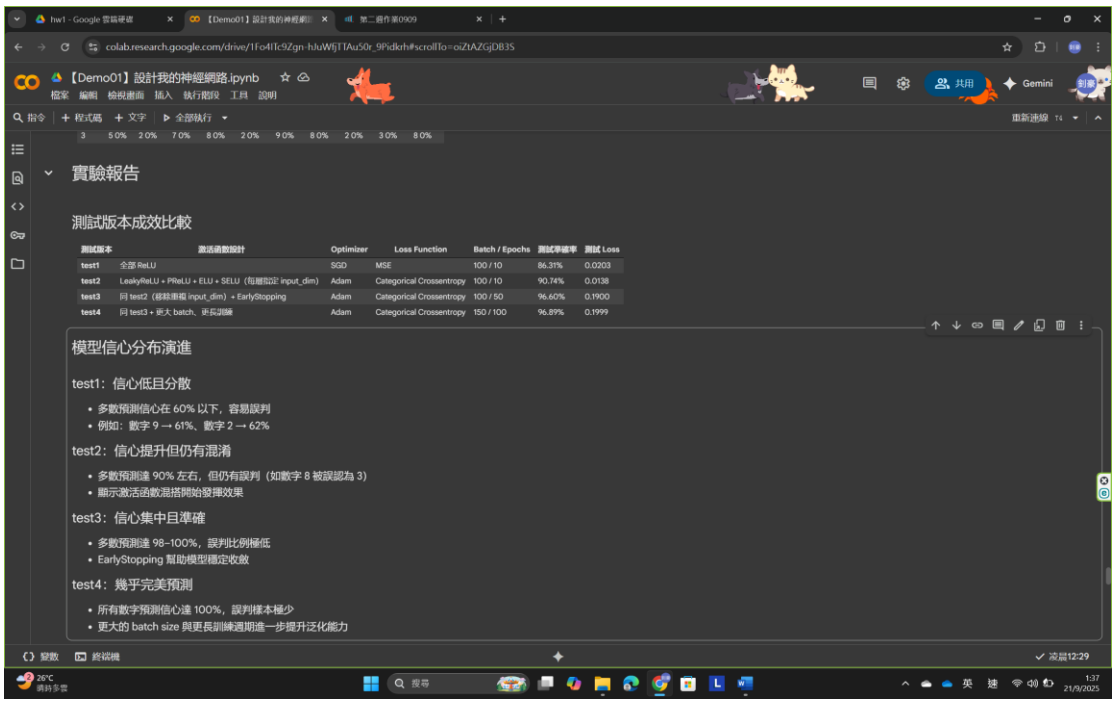
test4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0 98%	1 100%	2 100%	3 100%	4 100%	5 100%	6 100%	7 100%	8 100%	9 100%
2	7 2%	4 0%	1 0%	9 0%	9 0%	3 0%	5 0%	3 0%	9 0%	3 0%
3	5 0%	2 0%	7 0%	8 0%	2 0%	9 0%	8 0%	2 0%	3 0%	8 0%

實驗報告

測試版本成效比較

測試版本	激活函數設計	Optimizer	Loss Function	Batch / Epochs	測試準確率	測試 Loss
test1	全部 ReLU	SGD	MSE	100 / 10	86.31%	0.0203
test2	LeakyReLU + PReLU + ELU + SELU（每層固定 input_dim）	Adam	Categorical Crossentropy	100 / 10	90.74%	0.0138
test3	同 test2（移除重複 input_dim）+ EarlyStopping	Adam	Categorical Crossentropy	100 / 50	96.60%	0.1900
test4	同 test3 + 更大 batch、更長訓練	Adam	Categorical Crossentropy	150 / 100	96.89%	0.1999

模型信心分布演進



測試版本	激活函數設計	Optimizer	Loss Function	Batch / Epochs	測試準確率	測試 Loss
test1	全部 ReLU	SGD	MSE	100 / 10	86.31%	0.0203
test2	LeakyReLU + PReLU + ELU + SELU（每層固定 input_dim）	Adam	Categorical Crossentropy	100 / 10	90.74%	0.0138
test3	同 test2（移除重複 input_dim）+ EarlyStopping	Adam	Categorical Crossentropy	100 / 50	96.60%	0.1900
test4	同 test3 + 更大 batch、更長訓練	Adam	Categorical Crossentropy	150 / 100	96.89%	0.1999

模型信心分布演進

test1：信心低且分散

- 多數預測信心在 60% 以下，容易誤判
- 例如：數字 9 → 61%、數字 2 → 62%

test2：信心提升但仍有混淆

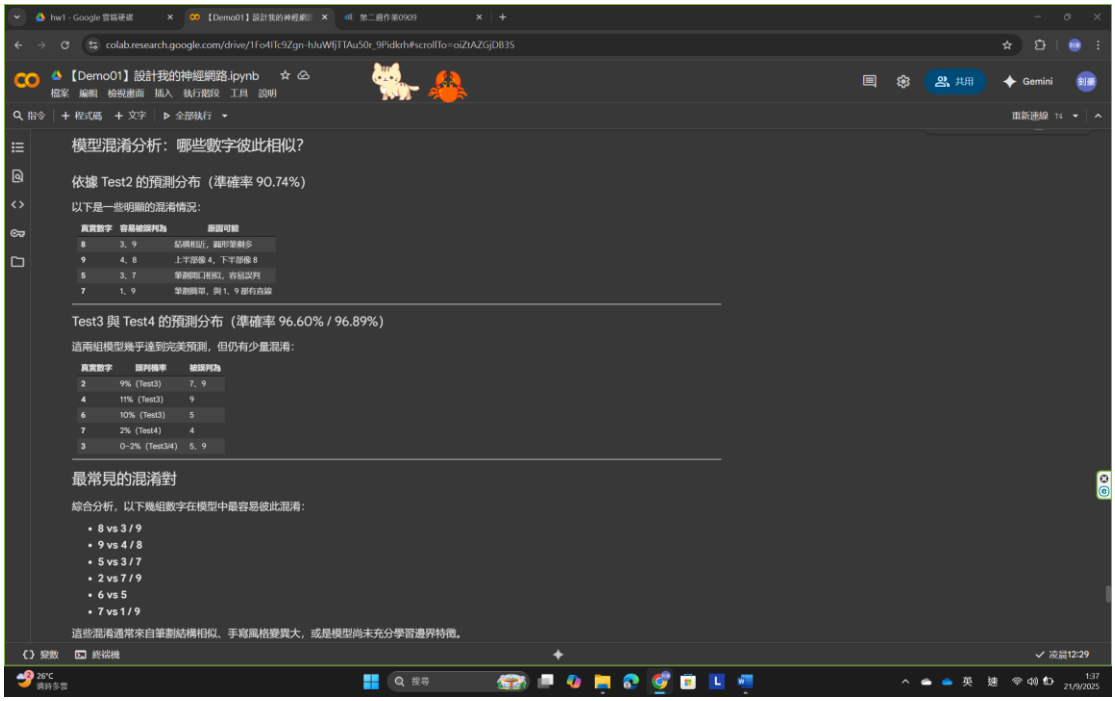
- 多數預測達 90% 左右，但仍有誤判（如數字 8 被誤認為 3）
- 顯示激活函數混搭開始發揮效果

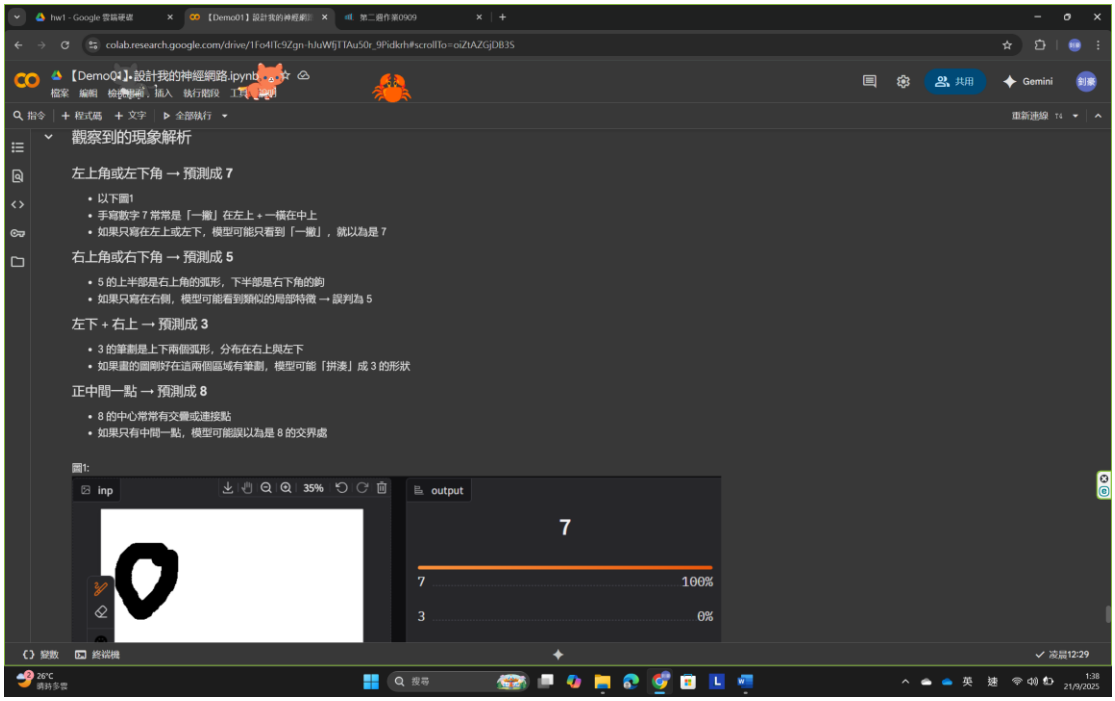
test3：信心集中且準確

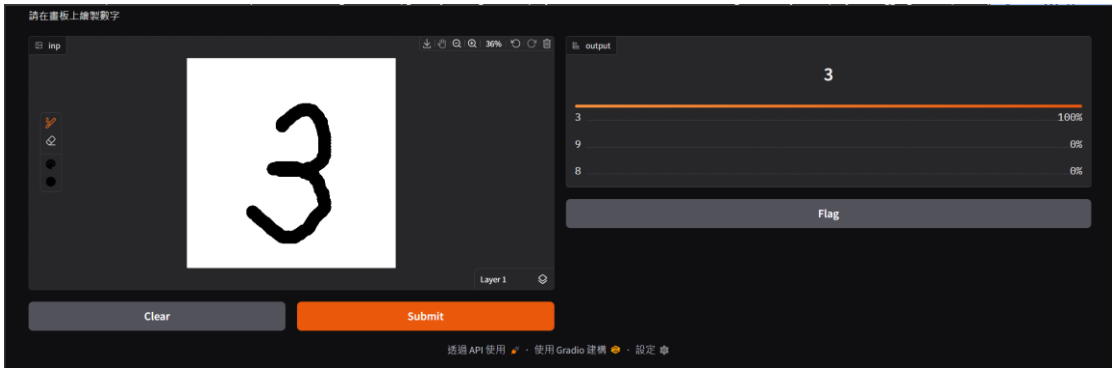
- 多數預測達 98–100%，誤判比例極低
- EarlyStopping 幫助模型穩定收斂

test4：幾乎完美預測

- 所有數字預測信心達 100%，誤判樣本極少
- 更大的 batch size 與更長訓練週期進一步提升泛化能力


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
模型混淆分析：哪些數字彼此相似？
依據 Test2 的預測分布（準確率 90.74%）
以下是一些明顯的混淆情況：
真實數字 容易被誤判為 原因可能
8 3、9 結構相近，圓形筆劃多
9 4、8 上半部像 4，下半部像 8
5 3、7 筆劃順口相似，容易誤判
7 1、9 筆劃簡單，與 1、9 都有直線
Test3 與 Test4 的預測分布（準確率 96.60% / 96.89%）
這兩組模型幾乎達到完美預測，但仍有少量混淆：
真實數字 誤判機率 被誤判為
2 9%（Test3） 7、9
4 11%（Test3） 9
6 10%（Test3） 5
7 2%（Test4） 4
3 0–2%（Test3/4） 5、9
最常見的混淆對
綜合分析，以下幾組數字在模型中最容易彼此混淆：
8 vs 3 / 9
9 vs 4 / 8
5 vs 3 / 7
2 vs 7 / 9
6 vs 5
7 vs 1 / 9
這些混淆通常來自筆劃結構相似、手寫風格變異大，或是模型尚未充分學習邊界特徵。


【Demo01】設計我的神經網路.ipynb
觀察到的現象解析
左上角或左下角 → 預測成 7
以下圖1
手寫數字 7 常常是「一撇」在左上 + 一橫在中上
如果只寫在左上或左下，模型可能只看到「一撇」，就以為是 7
右上角或右下角 → 預測成 5
5 的上半部是右上角的弧形，下半部是右下角的鉤
如果只寫在右側，模型可能看到類似的局部特徵 → 誤判為 5
左下 + 右上 → 預測成 3
3 的筆劃是上下兩個弧形，分布在右上與左下
如果畫的圖剛好在這兩個區域有筆劃，模型可能「拼湊」成 3 的形狀
正中間一點 → 預測成 8
8 的中心常常有交疊或連接點
如果只有中間一點，模型可能誤以為是 8 的交界處
圖1:
inp
35%
output
7
7 100%
3 0%


請在畫板上繪製數字
inp
36%
output
3
3 100%
9 0%
8 0%
Flag
Layer 1
Clear
Submit
透過 API 使用 · 使用 Gradio 建構 · 設定