National Taiwan University **Introduction to Machine Learning and Deep Learning**

Department of Civil Engineering Instructor: C.-S. CHEN

Homework 3 Report

Essay and Programming, Due 21:00, Wednesday, October 15, 2025

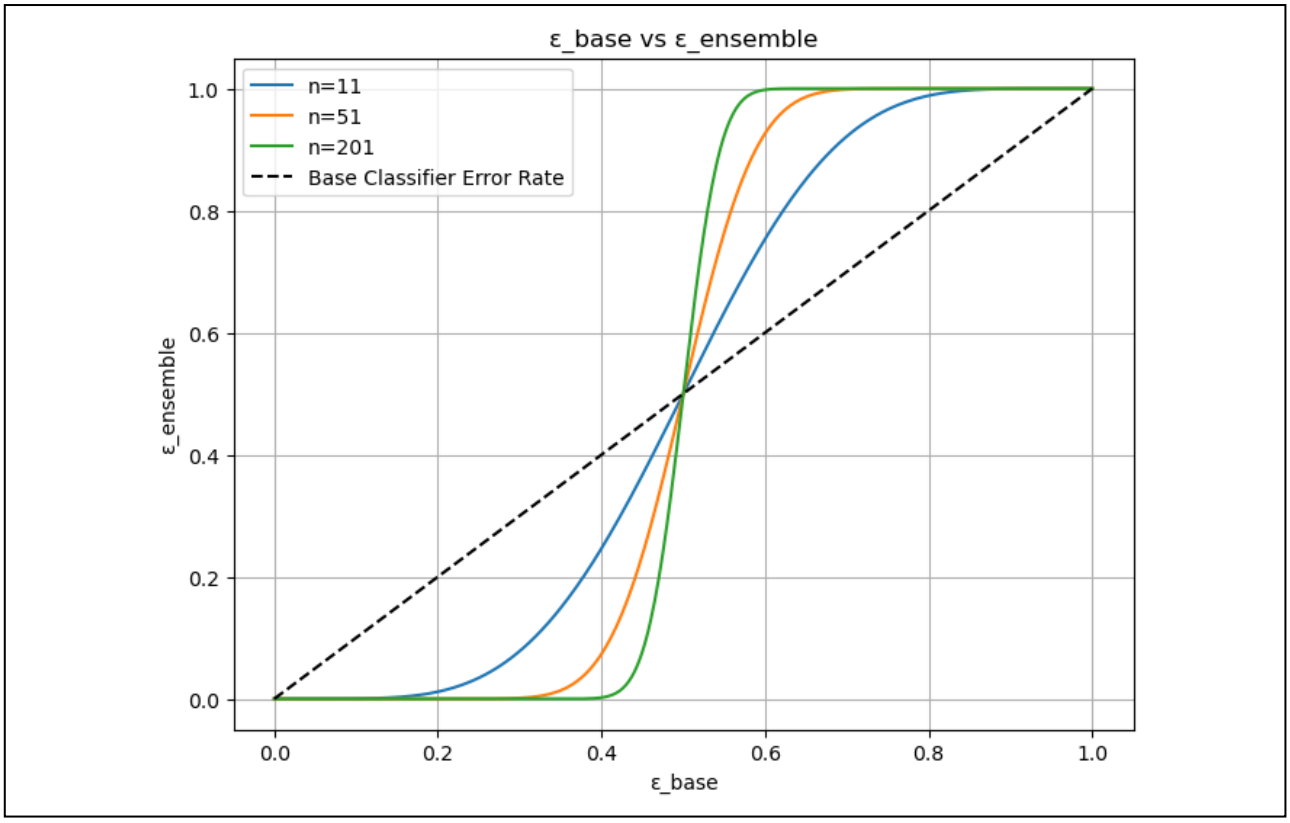
Student ID: B12501001
Name: 蔣尚誠

---

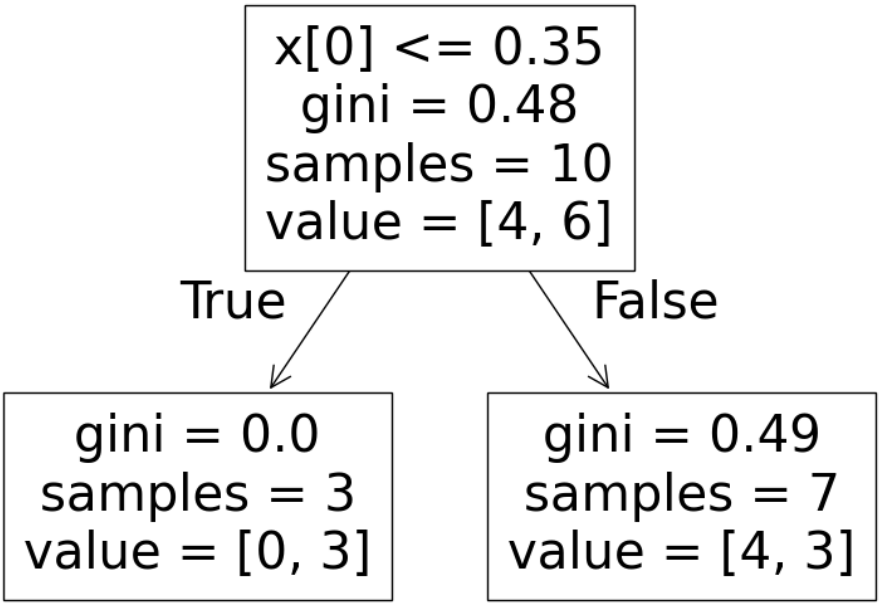
1. Compute the training and testing errors from decision trees in Figure 1(a) and 1(b)

	Training Error (%)	Testing Error (%)
Model M1	**0**	**30**
Model M2	**20**	**10**

2. Compute $\varepsilon_{ensemble}$ with 11, 51, 201 binary classifiers plot the relationship of ε_{base} vs. $\varepsilon_{ensemble}$.



3. Plot the splitting result and write a short essay explaining the contents of the figure



root node 為分裂條件 x[0] ≤ 0.35，也就是依據輸入變數 x 是否小於或等於 0.35 來將資料分成左右兩組。
gini 代表基尼不純度，用來衡量節點中樣本的混雜程度。gini 越接近 0，代表該節點中的資料越「純」，也就是樣本幾乎都屬於同一個類別。

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^{c} p_i^2$$

C：類別的總數（本題中有兩類：−1 和 +1）

pi：在該節點中，屬於第 i 類的樣本比例

samples 表示落在該節點的訓練樣本數量。
value = [a, b] 代表該節點中各類別的樣本數量。在本題中，[a, b] 分別對應到類別 [-1, +1]。

在這棵決策樹中：
root node 顯示 gini = 0.48、samples = 10、value = [4, 6]，表示共有 10 筆資料，其中 4 筆為類別 −1，6 筆為類別 +1。
左子節點包含 3 筆樣本，全部為 +1 類別，因此 gini = 0.0，代表完全純。
右子節點包含 7 筆樣本，其中 4 筆為 −1、3 筆為 +1，因此 gini = 0.49，表示該節點仍有部分混雜。

整體來說，這棵 decision stump 根據 x 的數值將資料分為兩群，並且成功找出能最有效區分資料的臨界點（x = 0.35）。

4. Use AdaBoost for two boosting rounds and compute the following

i) ε_i, α_i and the updated weights.

ii) The explicit formula for $h_1(x), h_2(x), H(x)$.

iii) A brief explanation of how the final classifier improves compared to single stump.

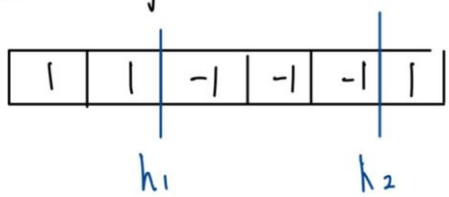
	ε_i	α_i
Round 1	**0.17**	**0.80**
Round 2	**0.33**	**0.35**

Round 1								
x	0	1	2	3	4	5		
y	1	1	-1	-1	-1	1		
D1(i)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	$\varepsilon \approx$	0.17
e^(-αyih1(xi))	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	2.24	$\alpha \approx$	0.80
D1(i)e^-αyih1(xi	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.37	Z1≈	0.75
D2(i)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50		
Round 2								
x	0	1	2	3	4	5		
y	1	1	-1	-1	-1	1		
D2(i)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	$\varepsilon \approx$	0.33
e^(-αyih2(xi))	1.41	1.41	0.71	0.71	0.71	0.71	$\alpha \approx$	0.35
D2(i)e^-αyih2(xi	0.14	0.14	0.07	0.07	0.07	0.35	Z2≈	0.85

(iii)

$$h_1(x) = \begin{cases} 1, & x < 1.5 \\ -1, & x \geq 1.5 \end{cases} \qquad h_2(x) = \begin{cases} -1, & x < 4.5 \\ 1, & x \geq 4.5 \end{cases}$$

$$H(x) = \text{sign}\left[0.8\, h_1(x) + 0.35\, h_2(x)\right]$$



(iii)

在每一輪訓練中，AdaBoost 會提高前一輪被分錯樣本的權重，使下一個模型更專注於這些資料。經過多輪的權重調整與加權投票後，原本表現有限的弱分類器能夠互相補足，最終形成一個更精確的強分類器$H(x)$。因此，多輪疊代的集成結果會比單一的 decision stump 具有更好的分類效果。

Submission Format

Convert `HW3_report_template.docx` to `HW3_report.pdf`, then place `HW3_report.pdf`, `HW3_2.ipynb`, and `HW3_3.ipynb` into a folder named {yourStudentID}_HW3 and compress it into a ZIP file for upload to NTU COOL.

For any further questions, please reach out to the following TAs:

黎光曜 (r13521610@caece.net)
陳駿曦 (r13521619@ntu.edu.tw)