

風暴潮對河川高水位之預測 之分析-以高屏溪為例

許儒怡
2023.5.4

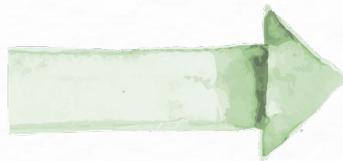
目錄

1. 概要 (給出大致的全景圖)
2. 背景分析 (分析國內外現狀, 說明此專案的重要性)
3. 研究主旨 (通過背景引出該專案的主要目的)
4. 研究方法以及步驟 (具體的研究方法, 如: 閱讀文獻 -> 擬定方案 -> 蒐集數據 -> 數據處理 -> 模型建制 -> app建制)
5. 研究預期成果 (給出模型預計的產出樣貌, 以及app的呈現形式)

概要



由於河口暴潮所產生的河川高水位對於沿海城市的衝擊日益加劇，且目前臺面上又缺少一個及時有效的預測預警系統來減少損失



所以本專案希望可以通過降雨量、即時颱風數據等資料結合LSTM深度學習模型來構建一個較為精確的暴潮時期1, 3, 7個小時后的河川水位的預測模型，並輔以對應的預測預警APP以供政府和居民使用。

工作項目

一、國內外文獻回顧

- 盤點近10年有關高屏溪的水文災害案例，並回顧暴潮間水位預測系統相關文獻

二、建置程序應用問卷

- 通過問卷諮詢河流水域地區內的災害管理人員和普通民眾，調查其對水域暴潮災害數據的需求

三、建置暴潮水位預測系統

1. 透過颱風及河流水位資料建置暴潮水位預測模型
2. 建置高水位預測及警報之功能

四、暴潮水位預測模型可行性評估

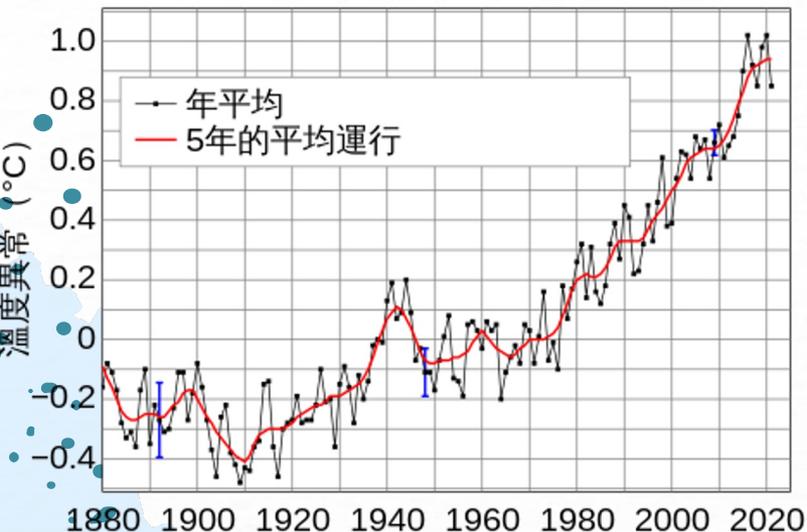
通過專家會議邀請資工及水文專業相關專家進行會議討論，為本案提出意見

背景分析

The background features abstract watercolor-style shapes in shades of blue, green, and yellow, creating a soft, artistic atmosphere. The shapes are irregular and layered, with some darker spots and gradients. In the top right corner, there are several small, dark blue dots of varying sizes, resembling a starry sky or a decorative pattern.

全球背景——全球變暖

全球土地，海溫指數



資料來源: [wikipedia](https://www.wikipedia.org/)



圖片來源: [Greenpeace](https://www.greenpeace.org/) 綠色和平

國內近年受暴潮影響統計

年份	日期	影響範圍	受災戶數	死亡人數
2017	8/23	高雄市、 屏東縣	約7800戶	1人
2018	8/23	高雄市、 屏東縣	約5260戶	0人
2019	9/13	高雄市、 屏東縣	約4500戶	0人
2020	8/29	高雄市、 屏東縣	約5030戶	2人
2021	8/28	高雄市、 屏東縣	約4589戶	2人

國內未來**30**年颱風造成水災之預測

預估2050年	海平面上升	海平面上升加暴潮	因暴潮衝擊增加比例
受損害人口(萬人)	120.56	293.15	2.4倍
淹沒面積(平方公里)	1398.11	2120.60	1.5倍
淹沒建築面積(坪)	7,139,000	28,435,000	3.9倍



高屏溪基本情況

高屏溪原名下淡水溪，發源於中央山脈玉山附近，流經高雄市、屏東縣，於林園區及新園鄉注入台灣海峽，全長171公里，流域面積3,257平方公里。

高屏河流域乾濕季分明，平均年降雨量約2454毫米，每年5月至10月因西南季風盛行及常有颱風侵襲，降雨量約占全年之82%。

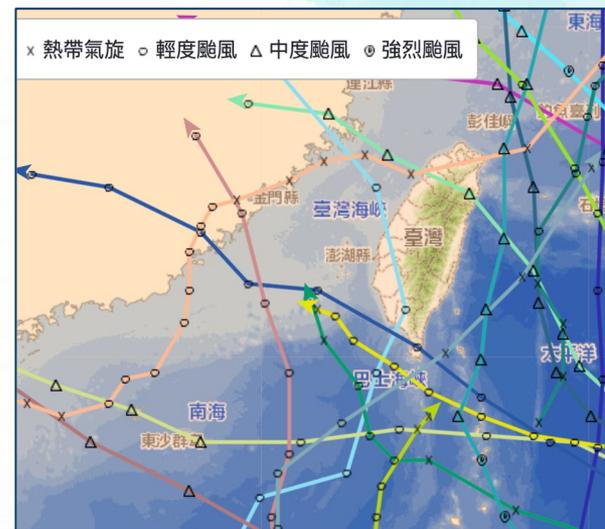
本流域下游之屏東平原，農業發達，人口稠密，倘若發生暴潮，相較其他區域會造成難以估計的危害。



圖片來源：台灣水利署第七河川局

近20年經過高屏溪之颱風的基本信息

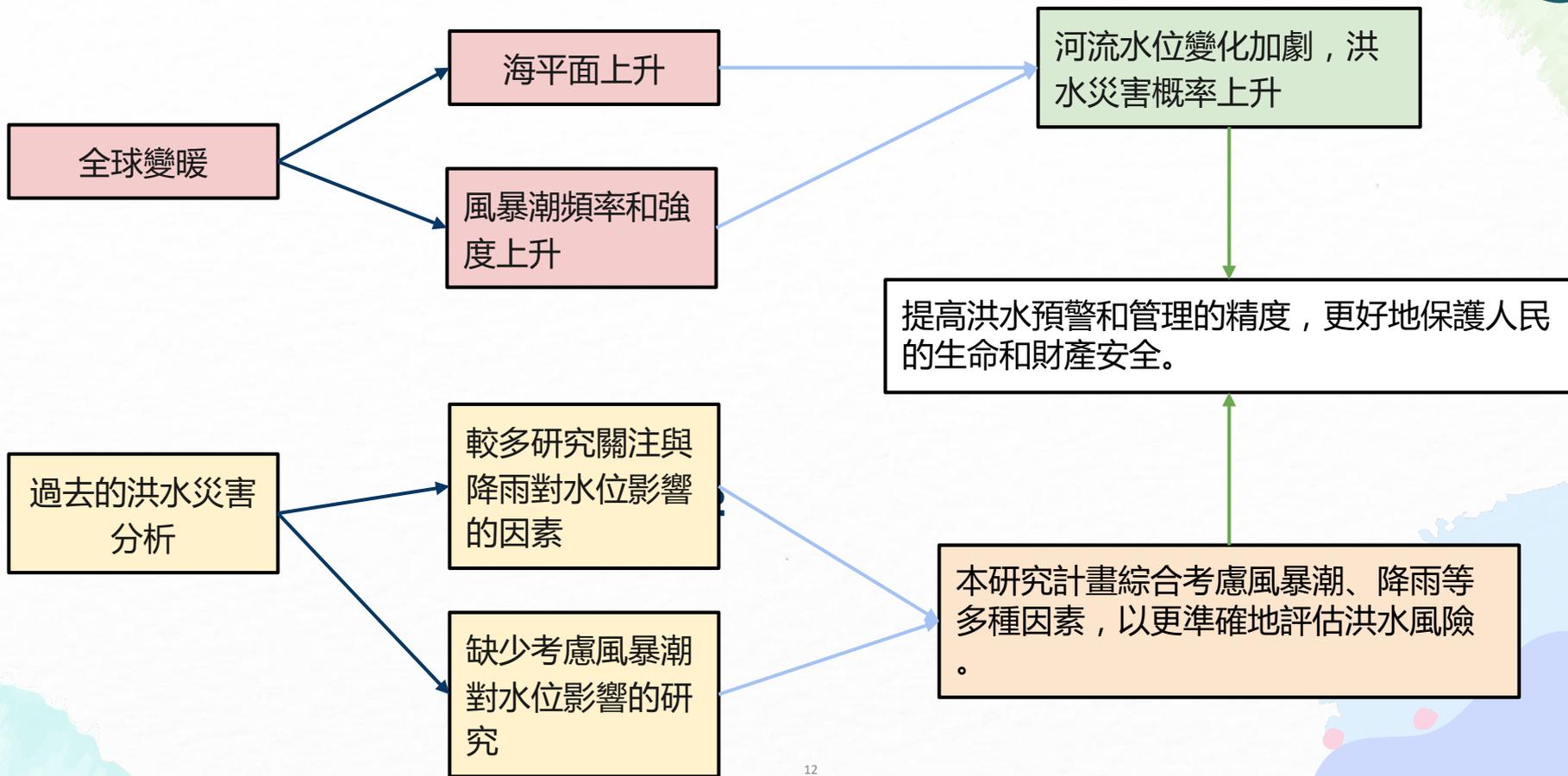
日期	颱風	颱風強度	颱風帶來的總降雨量(mm) (高雄監測站)
2021/8/5	盧碧	輕度	103.5
2020/11/7	閃電	輕度	54.5
2019/8/24	白鹿	輕度	118.5
2017/7/30	海棠	輕度	239
2016/9/27	梅姬	中度	132
2016/9/14	莫蘭蒂	強烈	357
2016/7/8	尼伯特	強烈	185
2015/8/8	蘇迪勒	中度	223
2014/9/21	鳳凰	輕度	115
2014/7/23	麥德姆	中度	142
2013/9/21	天兔	強烈	45.5
2013/8/29	康芮	輕度	305
2013/8/21	潭美	輕度	70
2012/8/24	天秤	中度	215



資料來源:維基百科、
中央氣象局全球資訊網

研究主旨

研究目的分析圖





研究方法以及步驟

國內外之相關文獻

	使用數學模型預測潮汐河流水位	利用 LSTM 模型對淹水事件進行預測	使用 LSTM 在河流流量預測
貢獻	基於水文學/流體動力學預測河流水位	使用深度學習技術中的 LSTM 模型進行洪水預測	使用LSTM網絡進行河流流量預測的新方法
發現問題	对数据的要求更为严格，建立模型需要河流断面形状、河流长度、库容特征等基础数据	基於 LSTM的模型僅在研究區域的特定位置提供高度準確的預測。這些模型應與降雨預報模型等氣象模型相結合，以獲得更好的長期預報性能。	在 LSTM 網絡中，激活函數進行的轉換削弱了降水與流量之間的相關性，導致無法瞭解兩個研究流域的降雨-徑流關係。
我們解決的問題	潮汐河流河口系統洪水的動態建模正變得越來越普遍，但只有少數研究評估了颱風驅動的水流結合暴雨帶來的洪水風險。我們的研究綜合考慮颱風的氣壓、風速、結合降雨量來評測颱風對水位的影響。		

問卷調查

問卷調查--對預警系統的期待

您希望這個預警系統有什麼功能呢?

- 河川水位警報
- 天氣預報
- 防洪建議
- 災害後果預測
- 河流實時雷達圖
- 其他(請填寫)

上一題

下一題

應對時間

對於洪水災害，您需要預留多長的應對時間?

- 3小時以下
- 3-5小時
- 5-7小時
- 7小時以上

上一題

下一題

水位預測模型建立流程

選擇細分
區域以及
颱風

進一步縮小研究的地理範圍。選定影響較為明顯的颱風

蒐集相關
數據

根據選定的地理範圍，颱風以及相關影響因素去蒐集數據

模型訓練
與驗證

訓練模型，
驗證精度

分析并整理
影響水位
的因素

挑選並初篩暴潮時期對於河川水位影響較大的因子

對蒐集的資料進行關聯性分析

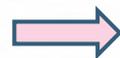
篩選影響因素

建置模型之工作流程

1. 收集數據 (預警開始的24小時內颱風氣壓、風速、風向、降雨量和河流水位)



2. 分割數據後用迴歸分析找出重要因子



Dependent variable (Y : 1,3,7小時內河流水位)

Independent variable (X : 即時水位、颱風氣壓、風速、風向、降雨量)

3. 資料規一化



5. 訓練並評估模型

推估模型

6. 建置預警通知功能



4. 資料集劃分

訓練資料集

測試資料集

評估模型

LSTM

Best criteria (complex LSTM)
CC
NSE
NRMSE

水文站與氣象站信息

台灣水利署萬大大橋水位測站:
氣象局高雄測站。



台灣交通部中央



數據來源

颱風資料庫 Typhoon Database

最新消息 基本分類 進階查詢 極端值查詢 資料說明 相關連結

首頁 > 有發警報颱風列表

最大風速定義

篩選年份 全部

(侵臺路徑說明, 如顯示 --- 則表示未侵臺。)

年份	颱風編號	颱風名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	近臺最低氣壓 (hPa)	近臺最大風速 (m/s)	近臺7級風暴風半徑 (km)	近臺10級風暴風半徑 (km)	警報發布報數
2022	202220	尼莎 (NESAT)	---	2022-10-15 16:00 2022-10-16 20:30	中度	970	33	200	70	11

颱風基本資料：[颱風資料庫](#)

高屏溪下游水位：[經濟部水利署水文資訊網](#)

降雨量：[中央氣象局全球資訊網](#)

觀測時間: 2017-

467440 高雄 (撤銷站)

int	RH		WDWS			Precp	
溫度 (°C)	相對溼度 (%)	風速 (m/s)	風向 (360degree)	最大陣風 (m/s)	最大陣風風向 (360degree)	降水量 (mm)	降水時數 (h)
point	RH	WS	WD	WSGust	WDGust	Precp	PrecpHour
4.2	74	7.3	160	11.7	170	0.0	0.0
4.3	75	4.8	160	12.0	150	0.0	0.0



原始資料

舉例: 盧碧颱風

日期	時間	即時水位(m)	大氣壓強(hPa)	颱風中心氣壓(hPa)	最大風速(m/s)	當地降雨量(mm)
11/6	1200	5.28	1009.6	998	10	0
11/6	1300	5.28	1008.1	998	9.8	0
11/6	1400	5.29	1007.4	998	9	0
11/6	1500	5.3	1006.9	998	12	0
11/6	1600	5.32	1007.4	998	10.6	0
11/6	1700	5.32	1008.2	998	7.1	2
11/6	1800	5.32	1009.6	1000	4.7	3
11/6	1900	5.32	1009.2	1000	4.9	2
11/6	2000	5.31	1010	1000	6.1	0
11/6	2100	5.32	1010.3	1000	6.2	1
11/6	2200	5.33	1011.1	1000	4.5	1
11/6	2300	5.33	1011.6	1000	9.2	0.5
11/7	0	5.32	1011.2	1004	13.4	7
11/7	100	5.33	1011.4	1004	3.4	10
11/7	200	5.34	1010.6	1004	4.4	3.5
11/7	300	5.35	1010.9	1004	4.1	5.5
11/7	400	5.35	1011.1	1004	3.5	4.5

颱風與河流水位相關性分析

01 分析

1. 風速對結果(Y)的影響性較低
2. 即時水位和氣壓對結果(Y)的影響較顯著
3. 有些項目雖然在預測短期的時候較不精確，但在預測長期較精確

02

採取行為

針對分析1，我們將風速從X中移除

針對分析3，因為我們主要是要做有足夠避難時間的預測故將其保留

p值		water_level_after_one_hour	water_level_after_three_hours	water_level_after_seven_hours
即時水位	Y	2.8125E-229	2.7164E-118	1.88207E-59
風速		0.812423803	0.219076125	0.581098074
氣壓		0.000193614	1.02212E-06	1.4148E-14
颱風中心氣壓		0.115106993	0.003918775	5.7874E-07
最大風速		0.010810378	8.42107E-05	2.36989E-05
當地降雨量		0.090872251	0.002167081	4.14296E-05

資料集之模型輸入與輸出

X(輸入):颱風侵台24小時內	Y(輸出):
1.氣壓	1.一小時後水位
2.颱風中心氣壓	2.三小時後水位
3.最大風速	3.七小時後水位
4.當地降雨量	
5.即時水位	

資料前處理

時間	即時水位(m)	大氣壓強(hPa)	颱風中心氣壓(hPa)	最大風速(m/s)	當地降雨量(mm)
1200	5.28	1009.6	998	10	0
1300	5.28	1008.1	998	9.8	0
1400	5.29	1007.4	998	9	0
1500	5.3	1006.9	998	12	0
1600	5.32	1007.4	998	10.6	0
1700	5.32	1008.2	998	7.1	2
1800	5.32	1009.6	1000	4.7	3
1900	5.32	1009.2	1000	4.9	2

數據歸一化 (**z-score**)

$$z = \frac{x - \text{mean}(x)}{\text{stdev}(x)}$$

將數據縮放到相同的範圍，消除不同特徵之間的量綱差異

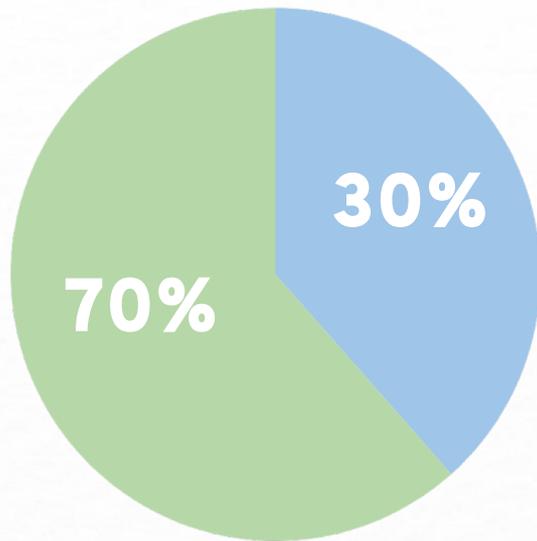
。歸一化可以使不同特徵對模型的影響更加平衡，避免某些特徵由於數值範圍較大而對模型產生過大的影響。

	water_level_0	atmospheric_pressure	typhoon_center_pressure	maximum_wind_speed	local_rainfall
0	0.288170	0.068584	0.949656	-0.831229	-0.506764
1	0.288170	0.097062	0.949656	-0.503344	-0.555179
2	0.276323	0.196736	0.949656	-0.323007	-0.555179
3	0.276323	0.253692	0.949656	-0.224641	-0.555179
4	0.169705	0.253692	0.949656	-0.060699	-0.555179
5	0.128242	0.239453	0.949656	0.119638	-0.555179
6	0.128242	0.182497	0.949656	0.250793	-0.555179
7	-0.321926	0.082823	0.949656	-0.208247	-0.555179
8	0.015700	0.054345	0.949656	-0.191853	-0.555179
9	-0.025763	-0.016850	0.949656	-0.011516	-0.458349

訓練資料集與測試資料集劃分

Training Data

用於 LSTM 模型訓練的
data set (231筆)



Test Data

用於測試訓練好的模型對於
未知數據的預測精準度的
data set (58筆)

訓練模型-LSTM

將輸入數據按24小時的滑動窗口劃分為數據切片

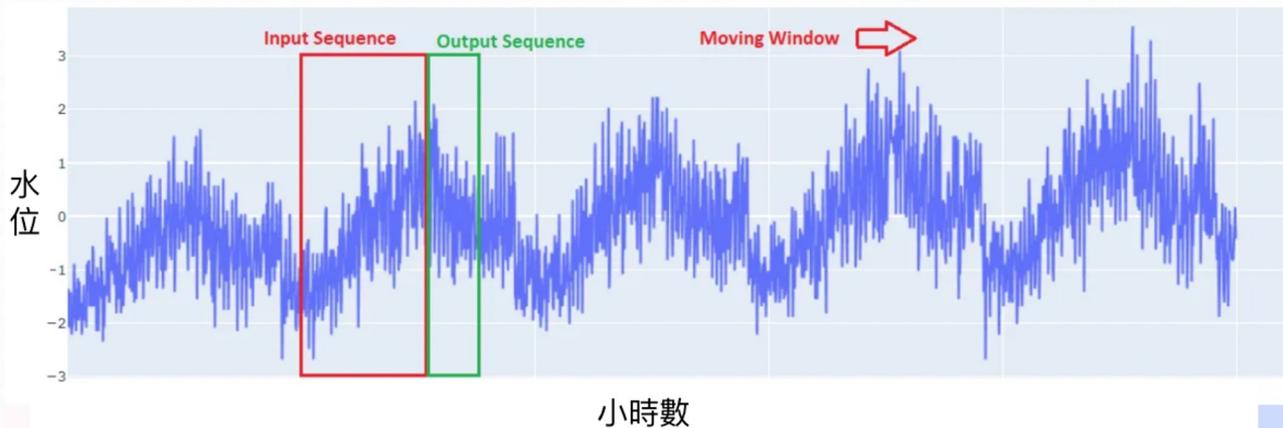


使用24小時的數據切片分別預測接下來的1小時、3小時、7小時。

將數據集分成80%的訓練集和20%的測試集，訓練週期數為100



input Sequence : 24
Output Sequence : 1 / 3 / 7



模型評估

均方根誤差 (RMSE)

RMSE 是最常見的時間序列模型評估指標之一，它對異常值比較敏感，會放大異常值的影響。

RMSE 的計算會對誤差進行平方操作，因此它可以更好地反映預測值和觀測值之間的差異，特別是對於較大誤差值的懲罰更嚴厲。

RMSE 在許多時間序列預測任務中廣泛使用，尤其是當誤差值的大小對於任務的重要性較高時。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i^p - X_i^o)^2}$$

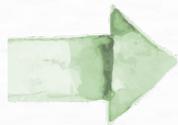
精度係數 (ACC)

用於衡量模型正確分類樣本的比例。精度系數的計算方法是將模型正確分類的樣本數量除以總樣本數量，通常以百分比形式表示。

由於本案不是分類任務，為了計算預測的準確度，我們會加入閾值設定，只要預測值在閾值的加減範圍內，便可分類為正確選項。

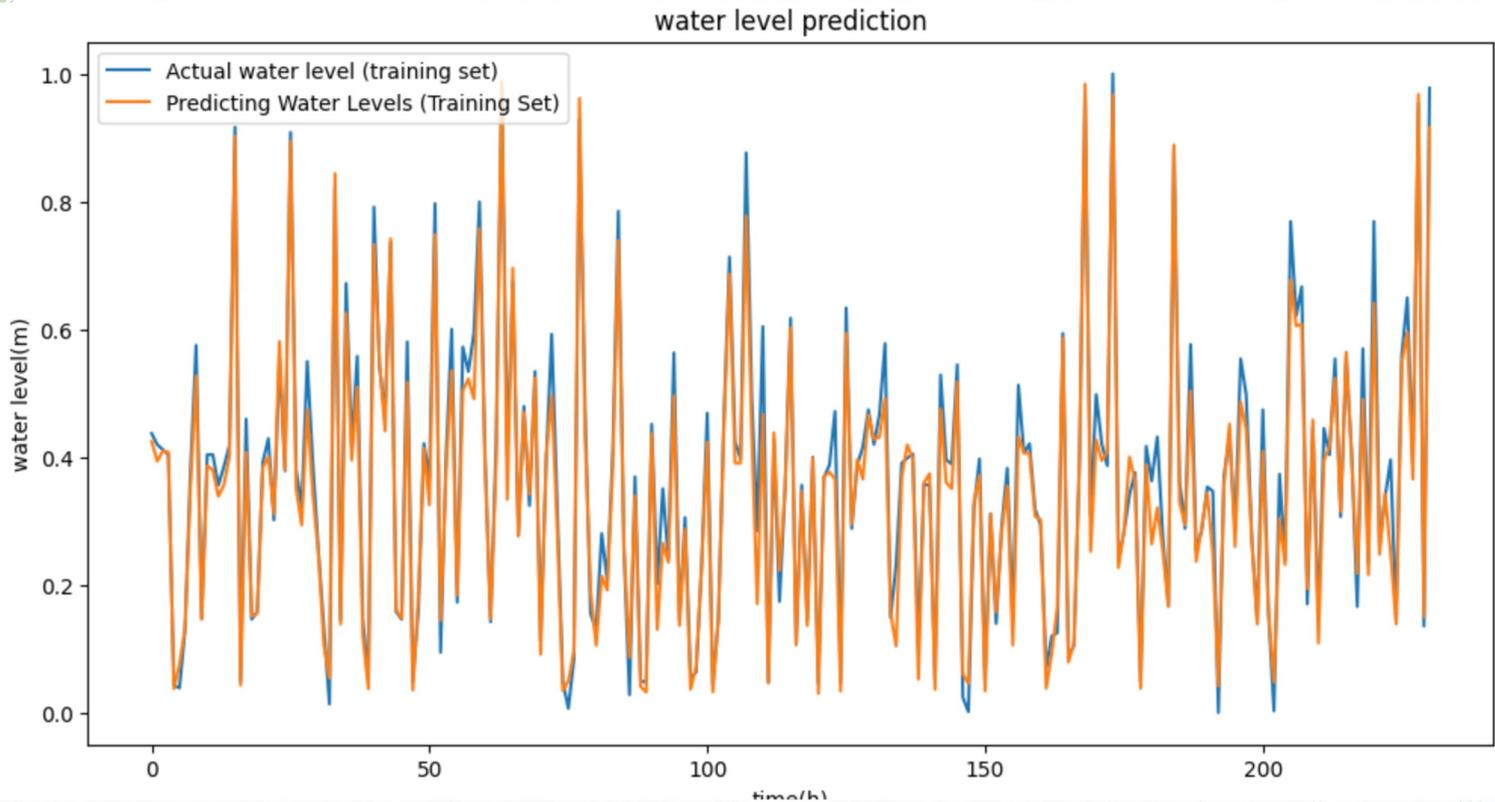
$$ACC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i^p - X_i^o|}{X_i^p}}{n}$$

設置閾值
threshold=0.3



正確值±0.3 範圍
內的值視為正確

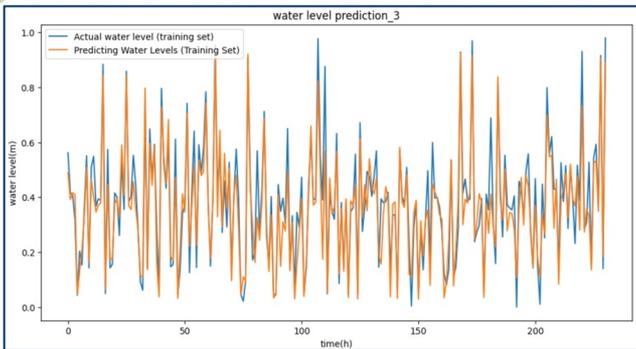
测试模型精度--在训练集上的精度



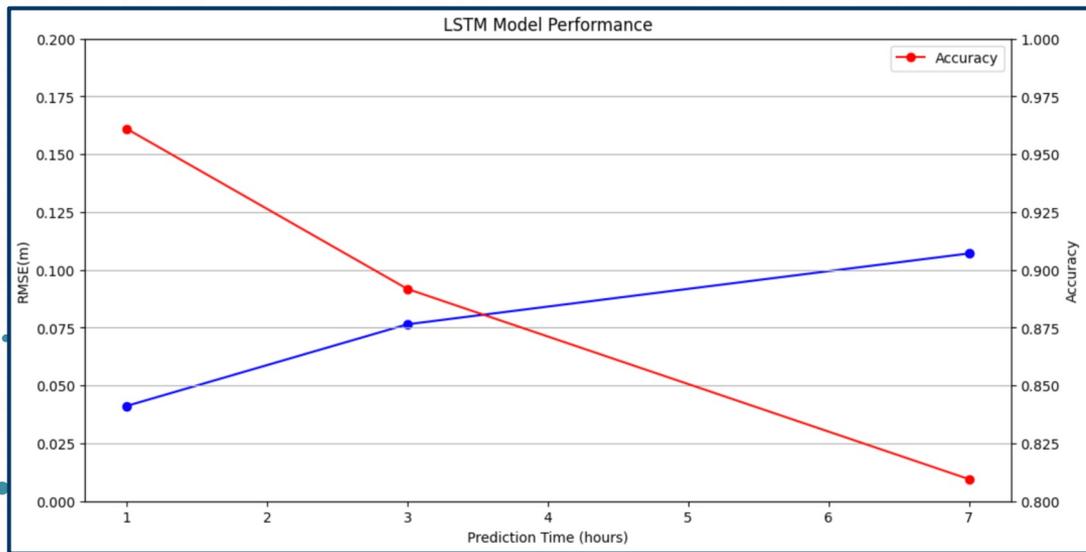
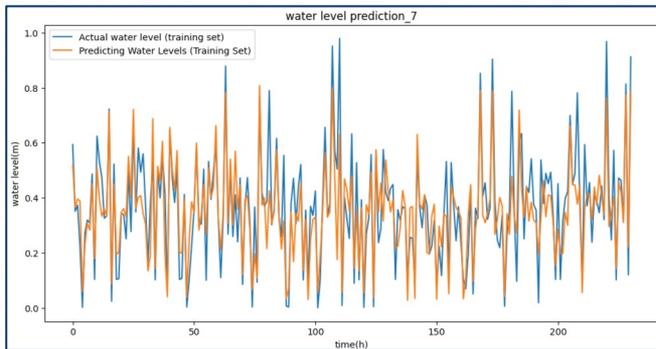
1小時後的水位預測對比圖

测试模型精度--在训练集上的精度

3小時後的水位預測對比圖



7小時後的水位預測對比圖



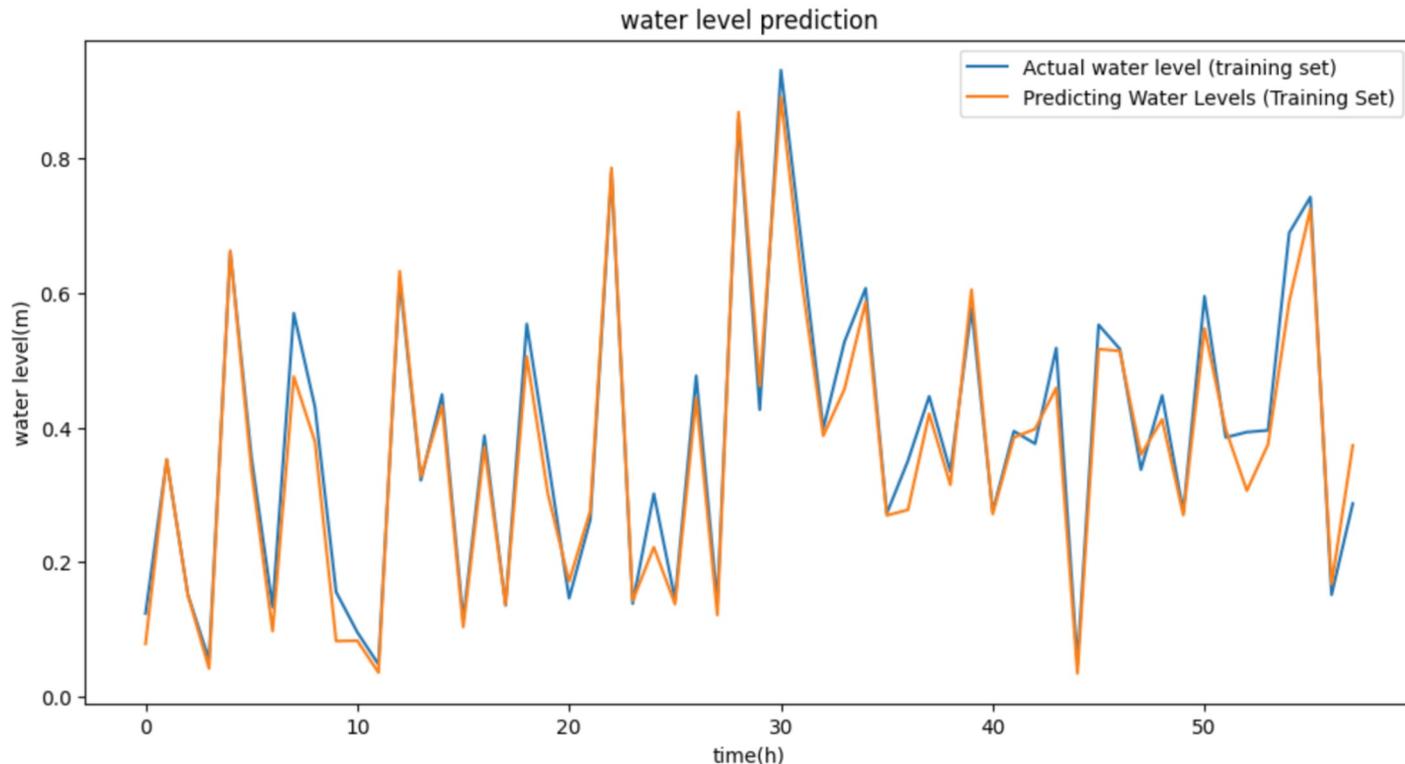
左圖顯示具有 1 小時、3 小時、7 小時預測時間的 LSTM 模型測試集的 RMSE 和 ACC 值。

圖像結果顯示該模型在訓練集上的ACC精度在81.05%--95.5%之間，均方誤差保持在0.025m-0.125m內。

模型準確性隨著時間的增加在下降。

测试模型精度--在测试集上的精度

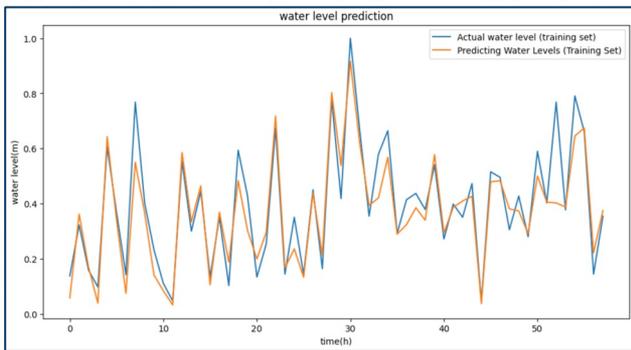
▶ 预测集上的损失: 0.006723891943693161
RMSE: 0.07961484890706386
☞ 2/2 [=====] - 0s 8ms/step



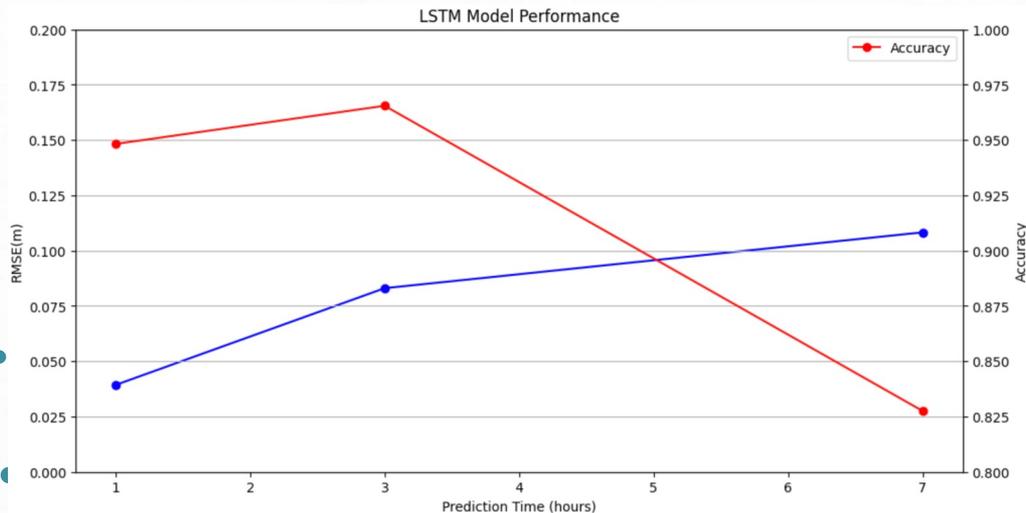
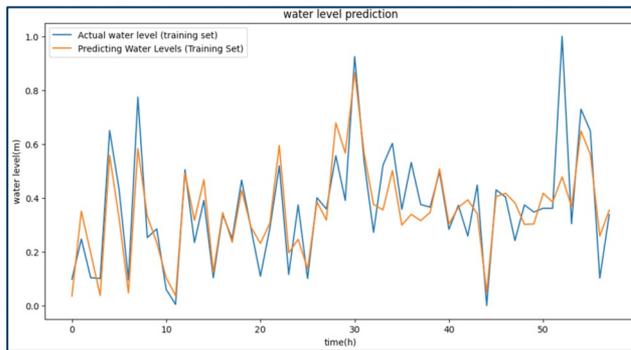
1小時後的水位預測對比圖

测试模型精度--在测试集上的精度

3小時後的水位預測對比圖



7小時後的水位預測對比圖



左圖顯示具有 1 小時、3 小時、7 小時預測時間的 LSTM 模型測試集的 RMSE 和 ACC 值。

圖像結果顯示該模型在測試集上的ACC精度在82.05%--97.5%之間，均方誤差保持在0.025m-0.125m內。

模型準確性在3h時有所上升，在7小時時有所下降。

模型情景再現

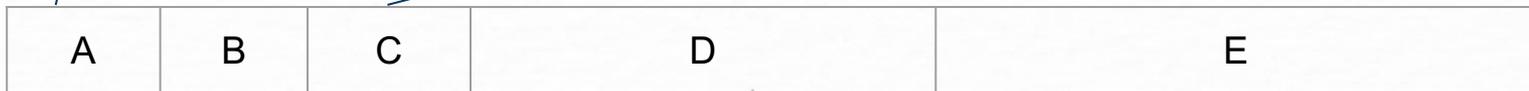
A. 颱風預警發布

收集**24h**颱風數據

收集高屏溪這**24**小時內每小時的即時水位

B. 模型預測出1、3、7h後河流水位

C. App根據水位數據顯示預警程度



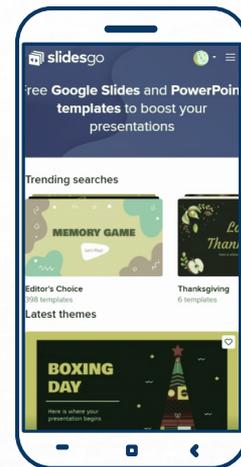
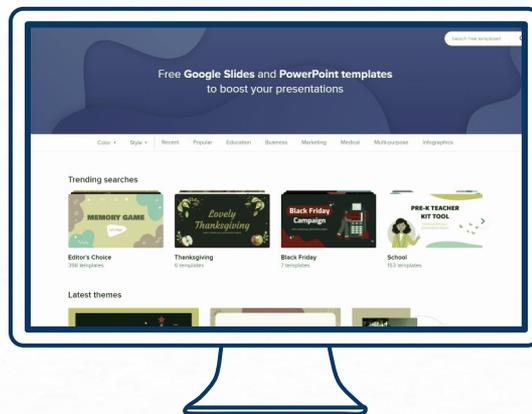
D. APP在超過標準時對使用者發出警報
(民眾可在收到預警後進行撤離準備)

E. 政府協助民眾進行撤離

預期成果

軟體UI及操作模式

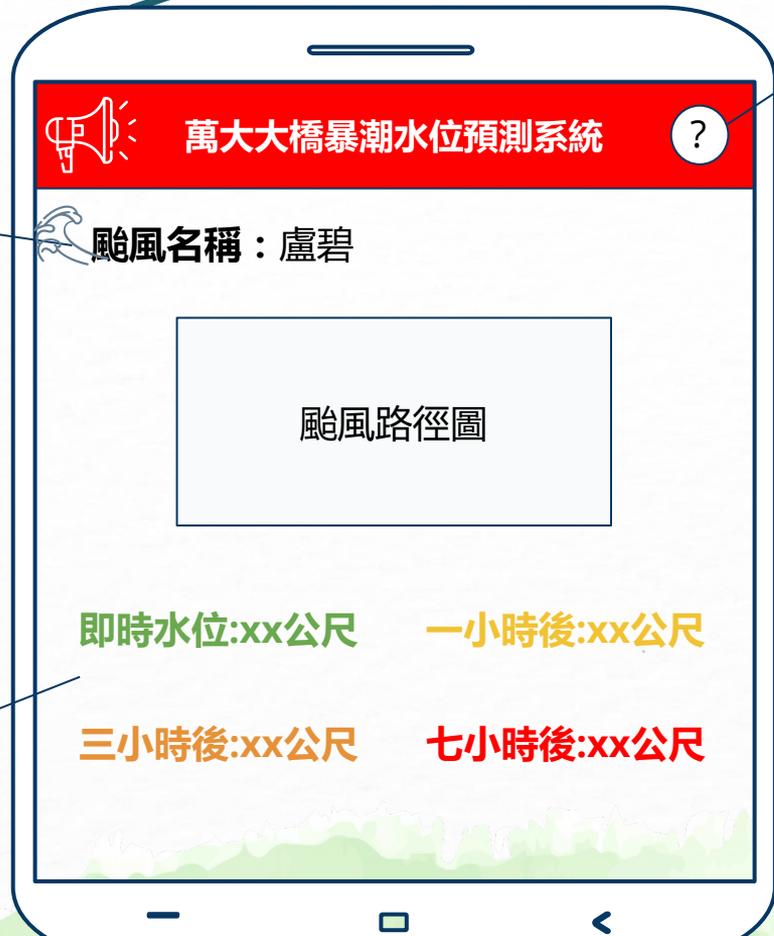
構建提供政府和民眾使用的軟體



軟體UI及操作模式

當存在颱風警報時為**颱風名稱**。
不存在時顯示為**暫無颱風警報**

同樣根據危險等級不同會變更顏色



此處顯示1、3、7h中**最嚴重**的危險等級，顏色也會相應的變化。

具體的危險等級細分分類為：

0綠色-安全 (<10.2m)

1黃色-需使用者注意預測情況 (10.2m - 12.2m)

2橘色-建議該區域進行撤離 (12.2m - 13.3m)

3紅色-十分危險，須立即撤離 (>=13.3m)

其中出現2，3等級的危險時會出現彈窗通知；等級3會產生震動和鳴叫。

***分級依據：**

萬大大橋

水利署第七河川局

時程表

得標日

第一個月

第二個月

第三個月

第四個月

	得標日	第一個月	第二個月	第三個月	第四個月
蒐集資料					
學習文獻,LSTM					
用回歸分析過濾出重要因子(統計)					
用LSTM建立預測模型					
期初報告撰寫					
評估模型的性能狀況					
期中報告撰寫					
訓練並調整模型					
測量模型準確性					
結案報告撰寫					

The background features soft watercolor washes in shades of blue, green, and yellow. A blue paperclip icon is visible on the left side. The word "THANKS" is centered in a bold, dark blue font.

THANKS