

108 年淹水損失推估模式精進及暴露量更新

Enhancement of the Flood Disaster Loss Assessment Model and Updating of Exposure Database in 2019

主管單位：經濟部水利署水利規劃試驗所

張齡方¹ 方文村¹ 蘇明道¹

Chang, Ling-Fang¹ Fang, Wen-Tsun¹ Sug, Ming-Daw¹

¹財團法人農業工程研究中心

摘要

台灣因特殊的地理位置經常遭受颱風暴雨的侵襲而導致水災，淹水損失亦隨著社會經濟發展的密度增加而益形嚴重，淹水風險管理成為相當重要的工作，而淹水損害評估是淹水風險管理及相關決策之基礎。利用淹水災害損失曲線配合淹水深度資料推估淹水災害損失是目前國內外最常用的災損估算方法，但是淹水災害損失與建築式樣、用途與內容物等關係密切且具地域性，國外的淹水災害損失曲線並不一定適用國內。本所於民國 102~103 年完成桃園、宜蘭、台中與高雄地區四縣市之淹水損失問卷調查，並建立淹水損失模式。然而國內之淹水災害並非僅侷限於此四縣市，倘若就全省其他縣市逐一調查，勢必得花上大量之人力、物力與時間成本，故民國 104~105 年計畫主要應用四縣市調查結果，研討如何建置其餘縣市之住宅、工商業類別之淹水損失推估模式，以使整體之排水規劃更趨於完善。此外並收集彙整相關社經圖層，建構淹水災害損失評估模組，並完成淹水災害損失評估系統，以簡化災損人工估算之複雜程序，提升排水規劃於淹水損失估算之效率及便利性。106~107 年度精進淹水災害損失模式，建立考量生長期與淹沒時間建立農業災害損失推估模式與畜牧業損失模式之建置，並訂定網格標準及評估模式系統功能擴充(包含新建模式於系統功能之更新與擴充、支援多元資料匯入、即時災害調查淹水範圍圖介接)，提供未來辦理排水規劃及水利防災應用。

為使淹水損失模式精進與暴露量更新，本(108)年度辦理漁業淹水損失推估模式精進、農業區暴露量資料更新、全省淹水潛勢災損圖資建立、建立權限管理及流通服務以及教育訓練，本計畫可提升都市防災韌性並提供未來排水規劃應用。

為比較本系統推估成果，本計畫以嘉義縣 107 年 0823 暴雨為案例，推估暴露量與損失，再與官方災害統計資料進行比較。損失推估結果 0823 暴雨嘉義縣住宅損失約 5 億 2,500 萬元，工商損失約 19 億 2,400 萬元，農

業損失約 3 億元，公共設施損失約 1 億 7,900 萬元，總損失為 29 億 2,700 萬元。漁業淹水損失推估結果政府相關報告所公告之損失相比較結果發現，本系統所估算之結果與政府公告之數值相近。藉由本系統相較傳統透過災害調查估計損失的方式，可更快速進行災害損失粗估，作為防洪決策之參考。

關鍵字：淹水損失調查、淹水損失分析、淹水深度損失曲線、淹水評估系統、漁業淹水損失

Abstract

Due to unique geographic location, Taiwan is frequently suffering from floods caused by typhoons and heavy rainfall. As the density of economic development is increasing, flood damage is becoming more severe. Flood risk management therefore is a very important task for the government. Flood damage assessment is the basis of flood risk management and relevant policy decision making. The Water Resources Planning Institute (Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs) has completed flood loss surveys of four metropolitan areas (Taoyuan, Yilan, Taichung and Kaohsiung) and established the flood depth-damage curves in 2013 to 2014. However, the areas suffering from floods in Taiwan are not only restricted to the four areas being investigated. In case a complete field investigation is planned to be conducted over Taiwan, it is expected to consume tremendous of manpower, materials and time costs. Following the results obtained for the four areas, the project in 2015 and 2016 then proposed to explore an approach for the established flood depth-damage curves being adjusted for practicing in other areas of residential and industrial-commercial sectors with a more appropriate planning of integrated flood mitigation. Furthermore, relevant social and economic GIS layers are collected to build up loss assessment modules for floods as well as to complete the construction of the flood disaster loss assessment system. The construction is to simplify complicated artificial assessment procedure for flood disaster loss, and to increase efficiency and convenience for flood drainage planning. To further expand the functions for the flood disaster loss assessment system, it is implemented in 2017 and 2018 to refine the model. It is to establish the agricultural disaster loss assessment model with consideration of the growth period and submerged time, and animal husbandry losses. It is also to set up grid standard for the GIS exposure layers and to expand the loss assessment system functions (including updating and expansion of the system functions of the new model, supporting multiple data importation, and intervening real-time field investigation flooding maps). These are to provide for drainage planning and flood disaster prevention applications in the future.

In order to make the flood disaster loss assessment model refined and the

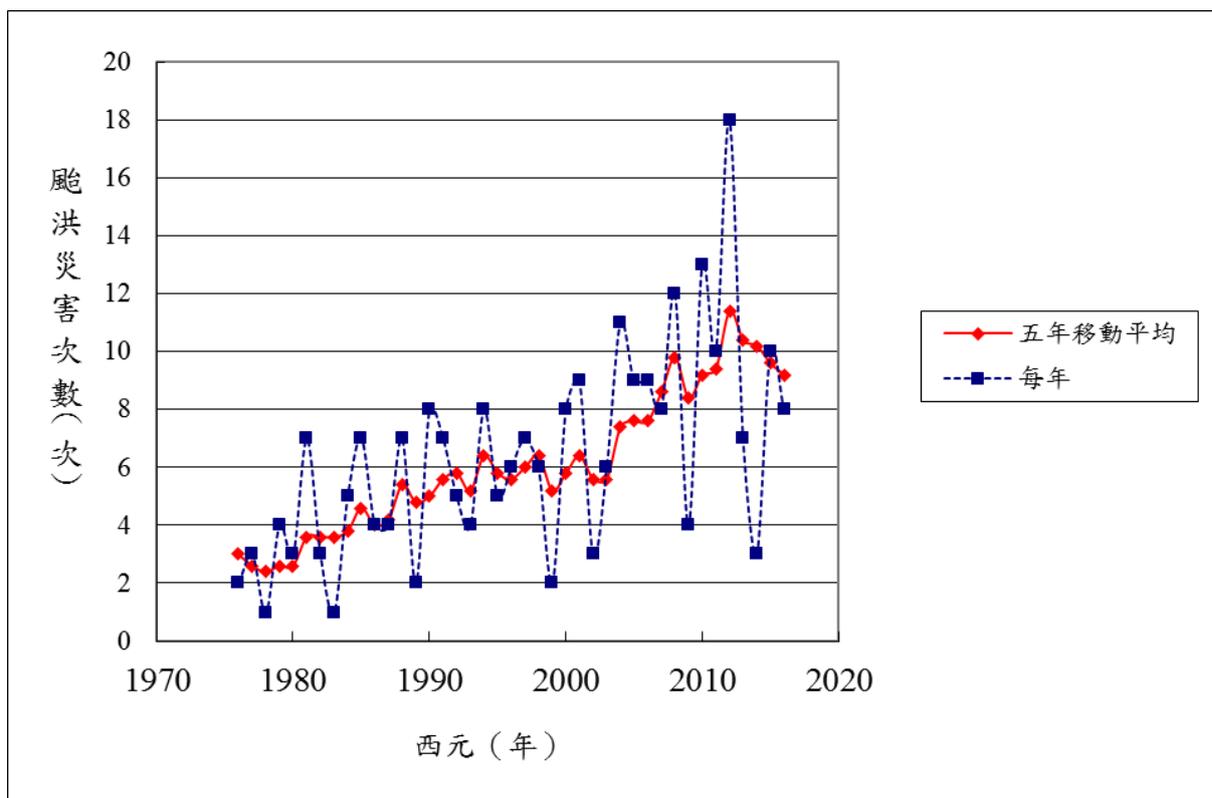
exposure updated, it was in 2019 to conduct the improvement of the fishery flood loss assessment model, the update of the agricultural area exposure data, the establishment of the flooding potential disaster maps in Taiwan, and the establishment of system hierarchy management, circulation services and system user training. This project is expected to enhance urban resilience in disaster prevention and provide planning for future drainage applications.

In order to compare the results of the system, the project used the 0823 rainstorm in 2018 in Chiayi County as a study case to assess the exposure and flood disaster loss, and then compare with the official disaster statistics. The results of the loss assessment are as follows: the 0823 rainstorm in Chiayi County caused residential loss of about NT\$525 million, industrial and commercial losses about NT\$1924 million, agricultural losses of NT\$300million, and public facilities loss of NT\$179million. The total loss was NT\$2927 million. Comparing the results of the fishery flood loss assessment with the loss results announced in the relevant government reports, this project found that the assessment results of the system are similar to those by the government. Compared with the traditional way of assessing flood disaster losses through field investigation, the system can make a rough estimate of disaster losses more quickly, which can be used as a reference for decision making in flood prevention.

Keywords: Flood loss field survey, Flood loss analysis, Flood depth-damage curves, The flood disaster loss assessment system, Fishery flood disaster loss

一、前言

近年來由於極端氣候等因素影響，淹水災害頻仍，造成淹水損失慘重，尤其都會區遭受之衝擊更為劇烈。根據內政部統計資料顯示，民國 47 年~106 年間共發生 314 次颱風、水災及豪雨等天然災害，平均每年發生 5.32 次(內政部消防署，2018)，使工商、住宅、農漁業、水利、房屋、交通、電力、電信等設施以及經濟活動遭受重創，並造成許多人員傷亡。為瞭解台灣地區的颱風災害情況，本計畫將內政部消防署的資料以五年移動平均法整理如圖 1 所示，由圖中可發現民國 65 年~106 年台灣地區平均每年颱風災害發生的次數有逐漸增加的趨勢。由於近年來颱風災害不斷，且多次造成嚴重的經濟損失，洪災的風險管理遂扮演著相當重要的角色。



資料來源：本計畫根據內政部消防署（2018）資料整理

圖 1 1976~2018年台灣地區颱風災害事件數統計

為改善淹水災害，近年來政府投入了相當的財力、人力、物力於防救災害的工作，諸多的排水規劃亦陸續辦理中。然而，就國家總體經濟學的觀點，進行防洪工程建設或排水規劃時，應考量經濟投資效益，所以應有一完整的災害損失評估系統，作為國家防洪工程規劃的參考。

經濟部水利署水利規劃試驗所於 102~103 年完成宜蘭、桃園、台中、高雄等四個都會區之淹水損失調查分析，104~105 年度計畫利用前揭成果，建立全台不同縣市淹水災害損失之區域調整機制，擴大應用於全台其他縣市之淹水損失估算。此外並收集彙整相關社經圖層，建構淹水災害損失評估模組，完成淹水災害損失評估系統，提升排水規劃於洪災損失估算之效率及便利性。淹水損失推估模式於 106~107 年度

已完成農業、畜牧業模式建立、暴露量圖層精進及評估模式系統功能擴充。為進一步進行模式精進及暴露量更新，108 年度辦理漁業淹水損失推估模式精進，由於魚塭分布多位於中南部地區，故將以中南部魚塭為重點訪談區域，以建立漁業之淹水損失推估模式。此外本年度配合所建立之模式，更新農業區暴露量、全省淹水潛勢災損圖資建立，預期可提升都市防災韌性並提供未來排水規劃應用。

二、漁業災害損失推估模式之建立

鑒於漁業經營多樣而且資料處理量大，因此本計畫選定利用土地經營、天然災害造成水產物損失佔最大比例之內陸養殖漁業，作為計畫研究之主題。本計畫研究重點乃在於漁業淹水損失推估模式之建立，將來選定不同漁業類別，或利用其他類別災害損失評估成果，仍可循本模式進行不同漁業別之各類災害損失估算。

本研究所定義之養殖漁業淹水損失為台灣本島地區，因淹水造成養殖漁業之損失。漁產之損失以生產成本估算。本計畫之損失推估方式，係以各地魚塭分佈資料作為基礎，結合淹水潛勢圖資料作為災害損失推估之基礎。水災損失以淹水魚塭之水產損失量乘以漁產生產成本。災害造成養殖水產物收成之減少與養殖方式、養殖型態等有關，而收成減少單位面積水產物價值則隨魚種飼養成本、放養密度、放養時間而有不同。

參考鄭文賢(2005)損失推估之研究首先以魚塭分布圖套疊淹水潛勢圖，找出受淹水影響之魚塭、魚種、放養量、面積等資料，導入漁產的生產成本之分析結果，求得各種淹水情況下之損失估算。

由於各魚種類別於不同養殖型態在各種淹水深度下之損失率不同，本計畫擬透過學者、專家與業者訪談，以了解淹水對不同魚種別透過最大淹水損失，以及在各淹水深度下之損失率，以作為淹水損失函數建立之基礎。再配合本計畫所建置之暴露量網格資料，可得受淹水影響之魚塭分布、魚種、放養量、面積等資料之區域內空間分布，再結合淹水潛勢圖，則可推估區域內之內陸養殖漁業損失。建置之內陸養殖漁業淹水損失函數如下：

$$D = \sum_i^m \sum_r^n H_i(\text{depth}_r) \cdot D_{\max,i} \cdot M_{r,i}$$

(1)

其中，

D：內陸養殖漁業總損失(金額)；

i：魚種類別；

m：魚種類數；

r：網格編號；

n：淹水範圍網格總數；

D_{max,i}：魚種類別 i 之最大淹水損失(金額/隻、金額/尾)；

Mr,i ：魚種類別 i 在網格編號 r 的養殖數目(隻、尾)；

$depthr$ ：網格編號 r 之淹水深度；

$Hi(depthr)$ ：魚種類別 i 在網格編號 r 的淹水深度下之損失率(%)。

以上損失函數是由參考文獻與考量國內現有資料庫狀況初步的規劃，其中，魚種類數通常可含：一般魚種、蝦、貝類等，但亦有以高價、中價、低價位魚種類而分為模式推估，於專家訪談後必要時檢討修正之。此外，各魚種在不同淹水深度下之損失率與養殖的設施狀況有關，以養殖魚塭而言，通常視魚塭堤岸高度，舉虱目魚的養殖管理為例，主要有傳統淺坪式養殖(池水深度 30~45 公分)與深水式養殖(池水深度 1~1.5 公尺，也有加深至 2.0 公尺者)，堤岸高度較池水深度為深。

本計畫淹水災害損失估算係以內陸養殖漁業水產物之直接損失為主，直接損失為人力、土地、資本等投入損失之總合；有關間接損失將以本系統應用產業關聯模型所建置之間接損失評估模式推估。

養殖漁業損失成因可區分為降雨與淹水。多數的研究會將降雨與淹水致災混為一談，因為淹水常伴隨著降雨之後而來，淹水造成的漁業損失往往來自於髒水進入養殖池後造成的病菌感染，幾乎會造成養殖魚類的全損。

直接降雨進入魚塭對養殖魚類的影響較小，部分蝦貝類較會因降雨雨水直接進入魚塭，養殖池水鹽度降低而死亡。但本計畫是以淹水損失為主要因子，因此不考慮直接降雨進入魚塭所造成的漁業損失。綜合專家訪談之結論，本計畫將不考慮在淹水深度變化下之養殖漁業不同損失率，而建議予以簡化，以淹水達一定高度後，以全損方式估算。以本章之方程式(1)而言，淹水達一定高度後，魚種類別 i 在網格編號 r 的淹水深度下之損失率皆為 100%。

雖然本研究之前期計畫(經濟部水利署水利規劃試驗所, 2018)對於畜牧業之淹水災害損失金額以不同淹水深度估算之，然前述專家訪談後，並參考國立交通大學(2013)對西南沿海淹水敏感區之水文地文區域化的不確定性影響研究成果指出並非所有產業之淹水脆弱度皆可以「淹水深度-損失金額」之函數關係表達。故改以「淹水受災面積-損失金額」之關係提出養殖漁業之淹水損失模式建立。

以此方式建立之養殖漁業損失模式，需要進行設定養殖區淹水高度、農林漁牧普查之漁業暴露資料庫進行分類調整、各魚種之養殖成本等三個部分的討論：

一般魚塭平均養殖水深約為 1-1.5 m，魚塭堤頂高度距魚塭水面為 1.5-2.5 m。而魚塭堤頂高程與鄰近道路之高程相比較，此相較高程差會因魚塭所在區域以及引用水源方式(例如：透過大圳引水或引用沿海地表水至養殖區)之不同而有所不同，一般粗估約有 15~20 公分。此外，根據**錯誤! 找不到參照來源。**養殖漁業淹水損失特性訪談重點，淹水過塭堤岸約 15cm，以虱目魚為例，開始逆流出養殖魚塭。所以，以不低估養殖漁業損失來設定養殖區淹水高度門檻值，設定為高出鄰近道路之高程 30 公分即會造成養殖生物全損。

將農林漁牧普查之漁業暴露資料庫進行分類調整，根據**錯誤! 找不到參照來源。**

訪談重點摘錄，暴露量資料庫建議分為高價海水、高價淡水、平價海水、平價淡水等四類養殖生物。各類養殖生物表列如表，例如：石斑魚屬於高價海水養殖生物，而鯛魚屬平價海水養殖生物。

根據表 1 訪談重點摘錄，政府的農業天然災害現金救助辦法的項目及額度，有關養殖漁業約為業者之成本的一成。第二章文獻資料收集中之**錯誤！找不到參照來源。**，列出漁業救助項目及額度，以此救助額度粗估養殖漁業業者之養殖成本，如表 所列出之高價海水及高價淡水養殖生物之養殖成本為 3,800,000 元/公頃，平價海水及平價淡水養殖生物之養殖成本為 1,150,000 元/公頃。

表 1 漁業暴露資料庫調整-農林漁牧普查分類

高價海水		高價淡水	粗估養殖成本
觀賞魚 九孔 石斑魚		鰻魚 鱒魚	3,800,000 元/公頃
低價海水		低價淡水	
鯛魚 黃臘 海鱺 蟳蟹類 牡蠣 龍鬚菜 鰲	烏魚 其他蝦類 斑節蝦 其他魚類 其他水產 其他藻類 其他貝類 草蝦	鯉魚 吳郭魚類 長腳大蝦 蜆	1,150,000 元/公頃

備註：養殖成本乃依據天然災害救助金除以 0.1 估算之。

三、漁業損失估算功能模組更新

本計畫於前期計畫中已建立淹水損失評估系統，將會以現有的系統架構增加漁業損失估算模組。本系統的網頁伺服器及網際網路地理資訊系統設置於第二層(網頁伺服器層)，此層主要為應用軟體之功能執行，為接收使用者指令後，執行啟動應用程式，並視需求向第三層之資料庫伺服器，存取所需之資料，此層所耗用之電腦資源最多，故須以較佳之設備執行。

系統資料庫設置於第三層(資料庫端)，此層主要負責資料的儲存與管理，並以 Microsoft SQL Server 為資料庫的伺服器，提供淹水評估模式執行所需的基本資料、各模式的估算參數取得以及執行結果之儲存等，提供使用者端對於各類資料查詢服

務。

「淹水災害損失評估系統」建置目的為透過系統化方式計算區域淹水損失金額，並且將淹水損失圖形套疊於電子地圖上，方便人員掌握淹水損失的空間分布情形，同時淹水損失金額計算成果也可以輸出為報表格式，供人員下載與參考。

後端前處理單機架構包含 GIS 圖資處理與淹水損失模式參數建立。GIS 圖資處理作業係為提供線上即時分析所需的網格資料屬性，處理內容有建物圖資網格資料處理、工商普查圖資網格資料處理、土地利用圖資網格資料處理、暴露量圖資網格資料產製等，處理工具主要使用 GIS 軟體，如 ESRI 公司的 ArcMap 軟體。淹水損失模式參數建立則是依據本計畫所建立各縣市、各土地利用類型、各產業分類的淹水損失模式參數，建置線上淹水損失估算使用的參數表 (Table)，並將之儲存於 SQL 資料庫內，提供線上網頁模組進行淹水損失估算使用，後續參數變更與調整時，不需修改系統程式碼，僅修改參數表即可進行更新，大幅簡化更新流程與提高維護效率。

前端分析展示網頁架構系統係以網頁架構開發與設計，使用者於上網環境下即可登入使用。本系統以三層式架構建置，第一層為網路瀏覽器，提供用戶端提出查詢資料與資料獲取要求指令；第二層為網頁伺服器層，設置網頁伺服器及網際網路地理資訊系統，主要工作為應用軟體功能執行，也就是說接收使用者指令後，啟動並執行應用程式，同時視需求向資料庫伺服器 (第三層) 存取所需資料，該層耗用電腦資源較多，因此對電腦設備規格有較高需求；第三層為資料庫端，設置系統資料庫，主要負責資料儲存與管理，並以 Microsoft SQL Server 為資料庫的伺服器，提供淹水評估模式執行所需的基本資料、各模式的估算參數取得以及執行結果之儲存等，提供使用者端對於各類資料查詢服務，系統運作架構如圖 2 所示。資料庫、運算邏輯 (模式) 與使用者介面各司其職，並且依需求存放在最適宜的電腦上執行，除了可共享資料與運算邏輯 (模式) 的使用外，也可達到分散化運算的目標，增加系統彈性與後續維護的便利。

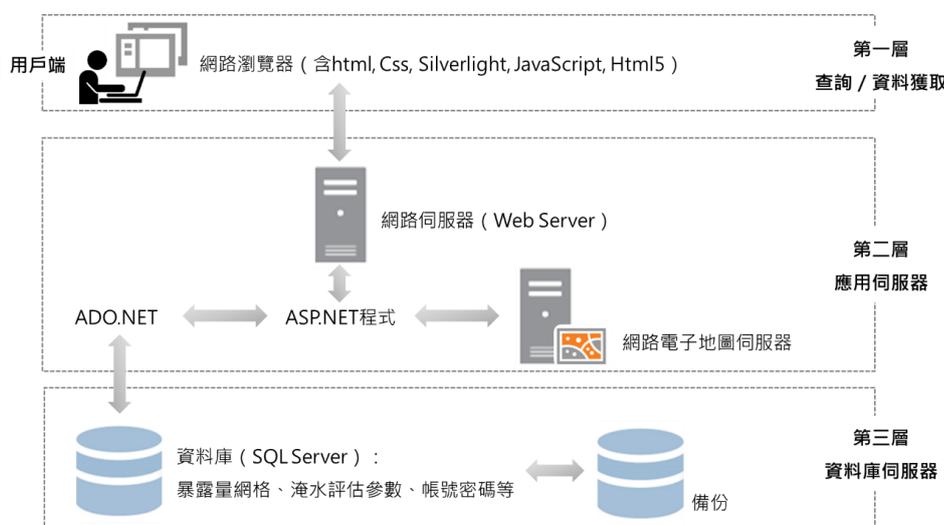


圖 2 系統運作架構

本計畫在前期計畫所建置的系統架構基礎之上精進漁業計算模組，新增養殖業的暴露量成果範例如圖 3 以及細項如圖 4 所示，損失金額範例如圖 5 所示。使用者上傳淹水模擬圖後，可於系統摘要表或統計表中查詢暴露量與損失值成果。



圖 3 新增養殖業的暴露量(深度別)



圖 4 新增養殖業的暴露量細項(深度別)

The screenshot shows the 'Flood Damage Assessment System' interface. At the top, there is a navigation bar with the system name and user information (User ID: 00007871, Username: kiki, IP: 101.13.203.117). Below this is a menu bar with 'Flood Damage Assessment' and 'Direct Loss Assessment Table'. The main content area displays a table with columns for 'Exposure' (暴露量) and various agricultural categories: 'Retail' (批發業), 'High Price Sea Water' (高價海水), 'Low Price Sea Water' (平價海水), 'High Price Fresh Water' (高價淡水), 'Low Price Fresh Water' (平價淡水), 'Miscellaneous 1' (雜作一), 'Miscellaneous 2' (雜作二), 'Other' (其他), and 'Cattle' (牛). The table lists exposure amounts and corresponding loss amounts for categories like Residential (住宅), Industrial (工商業), Agriculture (農業), and Livestock (畜牧業). A 'Direct Loss' (直接損失) row is also present, showing a total loss of 39,061. The unit is specified as '萬元' (Ten thousand Yuan).

暴露量	批發業	高價海水	平價海水	高價淡水	平價淡水	雜作一	雜作二	其他	牛
住宅：11 棟 / 22	11	0	2	0	0	0	0	0	0
工商業：221,140	220	3	32	12	19	1	12	2	3
農業：854,941 呎	53	5	38	0	187	0	4	1	0
畜牧業：0 平方公	66	5	58	0	0	0	0	0	0
公共設施：231,8	273	26	220	246	35	0	18	3	11
直接損失 39,061 萬	5,121	1,139	11,621	0	15	1	7	2	2
住宅：70 萬元	5,744	1,170	11,071	0	0	0	0	0	0
工商業：37,779 萬									
農業：582 萬元									
畜牧業：0 萬元									
公共設施：631 萬									

圖 5 新增養殖業的評估損失金額

四、農業區暴露量更新

更新暴露量資料庫所使用之資料包含國土利用調查、農林漁牧普查，其資料來源單位列如表 2。本計畫今年採用 104 年度行政院主計處農林漁牧普查資料，其電子檔資料如圖 8 進行暴露量資料庫的更新，此版本普查資料於 107 年 1 月完成公告發布。本計畫將農林漁牧普查資料結合該年度之村里圖層，再搭配內政部國土測繪中心國土利用調查圖層中農業於空間上之分布，將農林漁牧普查資料中之農業活動相關屬性，分布到網格資料庫之屬性欄位(如圖 6、圖 7 以及圖 8 所示)。

表 2 更新暴露量資料庫所使用之資料來源單位

使用資料	來源單位
國土利用調查	內政部國土測繪中心
農林漁牧普查	行政院主計總處

本計畫暴露量資料庫調整作業主要於農業資料更新，包括農作物、畜牧與養殖業暴露量。計畫作業範圍涵蓋台灣本島（北部、中部、南部及東部）。北部部分包括：基隆市、新北市、台北市、桃園市及新竹縣市；中部部分包括：台中市、苗栗縣、彰化縣、南投縣及雲林縣；南部部分包括：嘉義縣市、台南市、高雄市、屏東縣；東部部分包括：宜蘭縣、花蓮縣及台東縣。

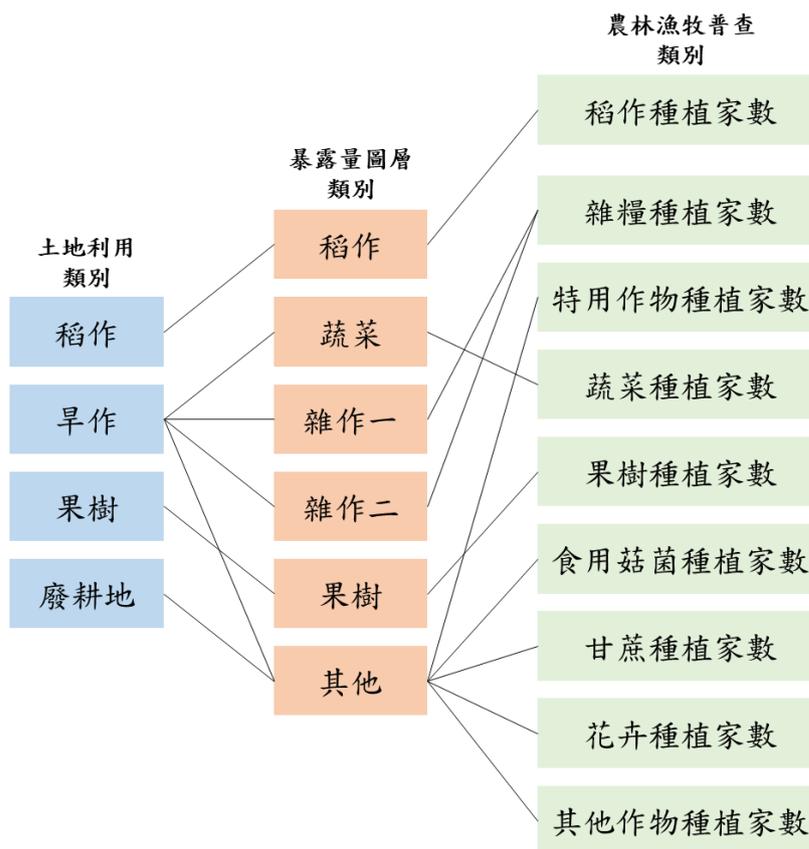


圖 6 農作物資料來源之作物類別關聯圖

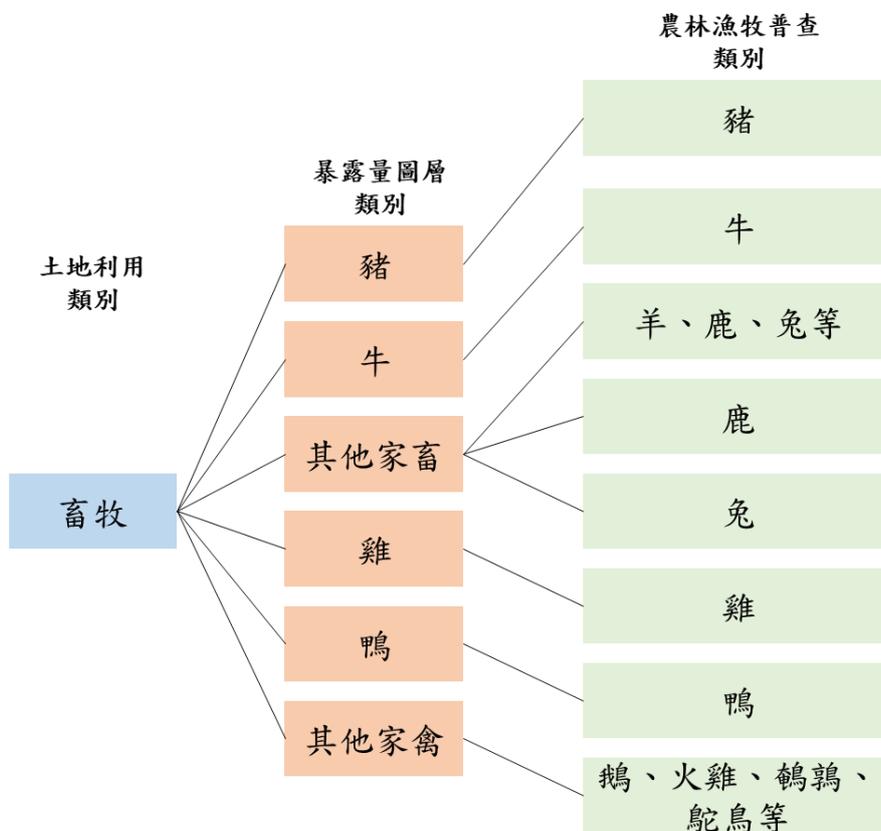


圖 7 畜牧類資料來源之作物類別關聯圖

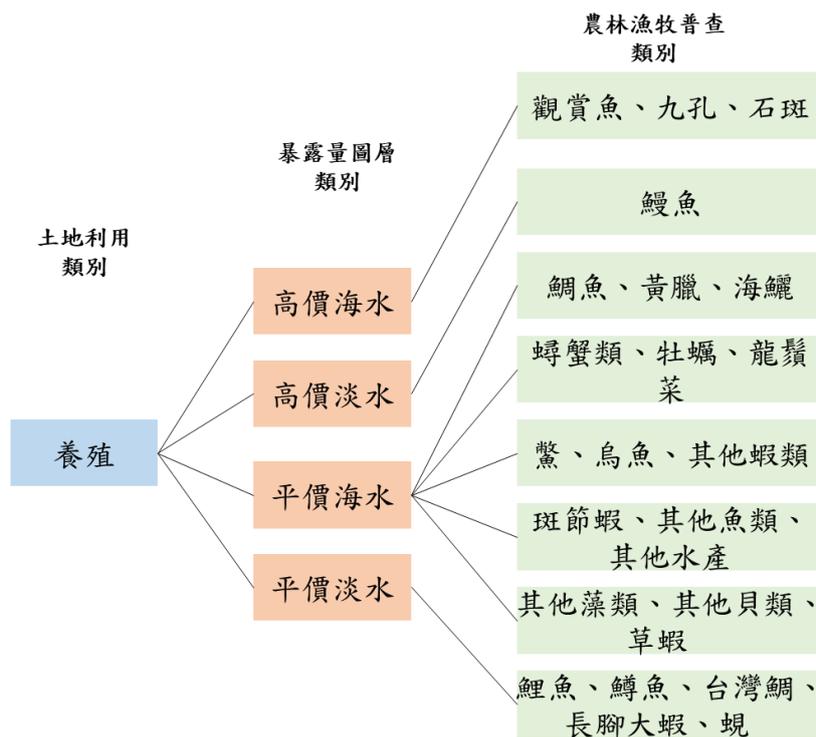


圖 8 養殖類資料來源之作物類別關聯圖

0201009	470	1402	2,490	1197	617	570	2,438	1,131	1,021	180	27,466	593	42,330	76,000	120	531	302	249	121,259	4,359	84	467	262
0201010	696	1992	2,186	1621	822	799	2,333	1,118	1,115	123	17,677	485	24,335	57,449	119	465	252	213	111,331	3,51	48	417	224
0201011	1023	2438	2,38	1994	962	1032	1,95	0,94	1,01	89	6,70	385	15,79	45,29	87	378	182	196	92,86	4,34	64	314	157
0201012	503	1515	3,01	1291	690	601	2,57	1,37	1,19	102	20,28	393	25,94	70,17	102	393	216	177	122,03	3,85	42	351	200
0201013	745	2275	3,05	1858	939	919	2,49	1,26	1,23	160	21,48	719	31,60	105,29	159	718	367	353	104,56	4,52	98	620	322
0201014	902	2683	2,97	2199	1077	1122	2,44	1,19	1,24	76	6,43	365	13,60	49,64	75	360	186	174	106,50	4,40	53	307	154
0201015	1325	3910	2,95	3129	1475	1654	2,36	1,11	1,25	150	11,32	575	14,71	94,99	148	567	286	281	101,78	3,83	48	519	263
0201016	524	1725	3,25	1427	769	658	2,72	1,47	1,26	161	30,73	605	35,07	88,24	159	599	325	274	118,61	3,77	53	546	294
0201017	779	2055	2,61	1777	794	983	2,29	1,02	1,26	51	6,55	200	9,83	29,30	51	200	109	91	119,78	3,52	17	183	99
0201018	756	1806	2,27	1616	857	789	2,03	1,04	0,99	53	6,66	195	10,80	29,98	45	157	107	80	133,75	2,82	20	167	86
0201019	493	1137	2,31	1011	527	484	2,05	1,07	0,98	38	7,71	116	10,20	18,55	36	113	65	48	135,42	3,14	5	108	61
0201021	651	1741	2,67	1560	797	763	2,40	1,22	1,17	47	7,22	146	8,39	21,42	44	139	72	67	107,46	3,16	1	138	71
0201022	610	1533	2,51	1383	644	715	2,23	1,06	1,18	32	5,25	118	7,07	12,52	27	106	55	51	107,84	3,53	6	100	52
0201023	538	1388	2,58	1227	644	583	2,23	1,20	1,08	54	4,46	141	10,16	11,64	22	128	62	66	89,54	2,82	22	106	51
0201024	1024	3008	2,94	2584	1322	1262	2,52	1,29	1,23	168	16,41	754	25,07	107,75	165	745	384	361	106,37	4,52	86	659	346
0201025	952	2410	2,93	2043	1014	1025	2,40	1,19	1,21	111	13,03	381	15,81	63,93	109	377	201	176	114,20	3,46	33	344	181
0201026	931	2624	2,92	2252	1101	1151	2,46	1,18	1,28	79	9,49	283	10,02	36,76	78	260	139	121	114,88	3,33	16	244	133
0201027	1207	3690	3,96	3189	1615	1584	2,65	1,34	1,31	251	20,80	1028	27,89	122,57	245	1015	526	486	108,85	4,14	122	853	460
0201028	497	1356	2,73	1219	614	605	2,45	1,24	1,22	22	4,43	46	3,39	7,57	18	33	18	15	120,00	1,83	2	31	17
0201031	483	1078	2,23	994	491	503	2,06	1,02	1,04	30	6,21	54	5,01	12,13	27	97	30	17	176,47	1,74	1	46	30
0201032	772	2035	2,64	1791	915	976	2,32	1,19	1,13	37	6,79	97	4,77	11,77	33	81	46	35	131,43	2,45	4	77	46
0201034	667	1788	2,68	1489	736	763	2,23	1,09	1,14	35	5,25	139	7,77	15,98	31	116	55	61	90,16	2,74	12	104	50
0201035	1410	3843	2,73	3075	1410	1665	2,18	1,00	1,18	69	4,89	244	6,35	29,78	50	198	97	101	96,04	3,36	21	177	85
0201036	1097	2946	2,66	2391	1128	1263	2,18	1,03	1,15	83	7,57	295	10,01	34,41	72	263	143	120	119,17	3,65	27	236	127
0201037	749	2057	2,75	1707	789	816	2,23	1,05	1,23	47	6,28	152	7,39	27,59	43	140	76	64	119,75	3,26	12	128	71
0201038	1949	5323	2,73	4350	2030	2320	2,23	1,04	1,19	95	4,97	303	5,69	43,53	91	388	169	125	130,40	3,16	25	263	148
0201039	1444	3918	2,71	3164	1480	1684	2,19	1,02	1,17	77	5,33	342	8,73	41,00	72	318	158	160	99,75	4,42	48	270	135
0201040	1393	3316	2,38	2893	1353	1540	2,09	0,97	1,11	86	6,17	314	9,47	42,65	82	306	162	144	112,50	3,73	25	281	145
0201041	1335	3641	2,88	3095	1471	1624	2,32	1,10	1,22	63	6,73	237	6,17	20,83	61	231	120	111	100,11	3,79	12	219	118

圖 9 農林漁牧普查村里原始資料

Shape	COUNTYNAM	TOWNNA	VILLAGENAM	join_id	corrected	C060	C062	C064	C066	C06
Polygon	雲林縣	二崙鄉	三和村	0911004	0911004	0	6	0	0	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	大同村	0911016	0911016	0	23	0	0	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	大庄村	0911014	0911014	0	15	0	3	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	大華村	0911008	0911008	0	3	0	0	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	大義村	0911012	0911012	0	3	0	2	1
Polygon	雲林縣	二崙鄉	永定村	0911018	0911018	0	3	1	4	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	田尾村	0911006	0911006	0	7	0	1	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	庄西村	0911015	0911015	0	7	0	1	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	來惠村	0911003	0911003	0	45	1	2	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	定安村	0911007	0911007	0	3	0	1	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	油車村	0911013	0911013	0	7	0	1	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	崙西村	0911002	0911002	0	9	0	0	1
Polygon	雲林縣	二崙鄉	崙東村	0911001	0911001	0	5	1	0	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	復興村	0911017	0911017	0	14	0	2	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	港後村	0911011	0911011	0	13	1	4	2
Polygon	雲林縣	二崙鄉	滿仔村	0911005	0911005	0	3	0	2	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	楊賢村	0911010	0911010	0	12	0	1	0
Polygon	雲林縣	二崙鄉	義庄村	0911009	0911009	0	2	0	5	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	下崙村	0919008	0919008	0	1	0	0	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	口湖村	0919002	0919002	0	0	0	0	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	水井村	0919017	0919017	0	3	0	1	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	成龍村	0919015	0919015	0	1	0	0	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	青蚘村	0919011	0919011	0	1	0	0	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	後厝村	0919018	0919018	0	2	0	3	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	埔北村	0919004	0919004	0	1	0	2	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	埔南村	0919005	0919005	3	1	1	0	0
Polygon	雲林縣	口湖鄉	崙中村	0919009	0919009	1	1	0	0	0

圖 10 農林漁牧普查村里圖層屬性資料範例

四、結論與建議

(一)結論

1. 本計畫已完成漁業災害損失推估相關國內外文獻收集與損失模式的建置。研究中發現，漁業損失推估的文獻不多，只要淹水超過養殖魚塭，多有養殖生物竄游至其他魚塭之情形。故政府單位天然災害救助認定乃以只要淹水則當作全損方式估算。
2. 因養殖生物種類多，倘分類的種類過多，雖可以較精準的估算漁業災害損失，然將造成系統的負荷與未來參數維護需取得預測變數的困難。因此本計畫透過專家訪談後，將魚種分為高價淡水養殖生物、平價淡水養殖生物、高價海水養殖生物與平價海水養殖生物四大類。
3. 由於政府單位定期檢討天然災害救助金基準，通常依據養殖成本的一成作為救助金的基準。因此本計畫中漁業損失模式之最大損失值乃由天然災害救助補助金推估各類別的養殖成本，作為各類別之最大損失值。
4. 由於淹水多為髒水，常造成養殖生物的死亡後延後性災損。因此本計畫乃以當淹水深度超過 30 公分，以全損的方式估算損失，此計算概念與天然災害救助認定標準一致。
5. 本計畫已收集各縣市公開之淹水潛勢圖，並完成各縣市之淹水潛勢災損圖之建立，此災損分佈圖可作為災害時即時決策之參考。
6. 本計畫已配合本年度所建置的漁業損失模式，於暴露量建立高價淡水、平價淡水、高價海水與平價海水養殖生物的家數、尾數與養殖面積等欄位，以作為損失計算之基礎。本計畫暴露量的計算方式，乃將農林漁牧普查資料分至國土利用調查之池塘中，其假設為不隨時間而異動。一般而言，由於養殖戶需向漁業署申報魚種與放養量，然因為實際養殖時，養殖戶為充分利用不同魚塭之養殖空間，初始階段之魚苗統一申報於養殖魚池 A，待其成長為中魚，另養殖魚池 B 的魚已長成成魚售出，養殖戶常將魚池 A 中的部分中魚移至魚池 B 養殖。也就是實際上魚塭的數量可能隨時間而異動，此為本計畫漁業損失推估時的限制。
7. 已完成權限管理及流通服務申請流程相關表單建立，並協助各 8 個河川局(共 12 個計畫)完成本系統之服務介接。透過本計畫介接服務，可更有效率的估算損失，提供排水規劃參考。
8. 本計畫應用以嘉義縣 107 年 0823 豪雨場次進行損失推估，並與政府統計及災害調查報告比較，所推估成果相近。本計畫成果將較於以往僅能以簡易分類的曲線概略估算，更為合理且有效率估算淹水損失。

(二)建議

以下就損失模式、暴露量分析、系統功能與整合應用等方向提出建議：

1. 損失模式

- (1) 過去公共設施損失推估模式，乃是以資料收集的方式粗略建立，以單位面積損失估算。實際上公共設施包括機關、學校等可以用點位表示的設施，以及公園、道路等可以用面表示的範圍。為更精確掌握淹水損失的情形，建議可針對公共設施如何分類進行討論，並建立其各細類之損失推估模式。
- (2) 損失模式需藉由大量數據驗證修正，方可更符實際狀況。未來各縣市倘有淹水災害損失調查資料，建議可納入收集與分析，以作為損失模式參數修正之參考。
- (3) 本計畫以淹水平均 30cm，認定魚塢養殖生物全損，此概念與農委會(漁業署)天然災害救助金額估算損失成本尚屬一致。然因近年政府針對養殖專區規劃堤岸加高，建議未來可針對各淹水區域養殖池災損，滾動檢討及修正漁業災損模式，更精進該模式。

2. 暴露量分析

- (1) 農業、漁業損失模式所需使用到的暴露量欄位之原始資料乃由農林漁牧普查資料分析而得，由於原始資料發佈單元乃以村里為發佈單元，為更精準的掌握農業活動於空間的分布，乃配合國土利用調查之農業區分布，將農林漁牧普查資料分佈至農業區，此方法可使暴露量資料推估更符合現況。惟因基礎空間分布所使用到的國土利用調查圖層定期更新，建議可與國土測繪中心合作，俾使損失推估更為完善。
- (2) 本次系統介接服務發現各河川局多為排水改善規劃方案，其區域較小且鄰近排水。由於區域較小，所使用的網格大小有的為 10 公尺，有的為 20 公尺，本系統所採用的網格標準為 40 公尺，雖可內插方式計算其淹水網格內之損失，但可能造成內插計算時之誤差。此為本系統目前使用上之限制之一。倘未來持續服務各河川局或其他單位，應考量 40 公尺解析度之適用性，或重點區域需規劃更細緻解析度之暴露量。

3. 系統功能

- (1) 經由流通服務與介接成果發現本系統服務上的幾項限制：(1)由於本系統開發時之主要區域為都會區範圍，河川地或沿岸等部分區域可能因非本計畫研究區域而無暴露量資料，故造成損失推估值為零的問題。(2)倘應用介接服務於河川局小排水改善或規劃，模擬淹水圖採用 10 公尺或 20 公尺的網格，而本系統主要發展乃以 40 公尺為解析度，不同尺度或解析度可能面臨淹水模擬圖內插時所造成之誤差。倘若持續推動流通服務，建議未來可檢討是否需針對部分易淹水區建置暴露量，或考量更細緻的網格。

- (2) 前期計畫執行時發布的普查資料為 99 年，目前 104 年的普查資料已發布，因應普查資料發布的更新，建議可以更新工商普查的暴露量資料庫。此外，由於各機關所發布的資料格式不同，要轉入成為本計畫所需格式，往往需經過許多處理步驟，建議可針對轉檔小工具進行建置，以方便未來資料庫更新維護。
- (3) 目前系統的發展，多是以損失估算為主的設計架構，由於本系統已經有全省的暴露量網格在後台資料庫，建議可於前台功能中，增加暴露量資料庫查詢功能。例如：將在系統圖台介面上圈選一範圍，即可直接查詢該範圍內的暴露量資料庫。或用圖層套疊的方式，估算該圖層下的暴露量數量。此功能的設計，除了可查詢暴露量外，倘若有即時的淹水範圍調查，亦可使用本系統以推估遭受災害衝擊的住宅、工商、農業與公共設施等數量。
- (4) 為了使本系統與即時災害調查業務結合，以強化調查成果產製之時效與準確性提供，建議未來可結合行動災害調查功能開發，透過行動工具設定淹水深度與淹水範圍，粗估淹水暴露量與淹水損失。
- (5) 考量未來系統的發展及延續，當圖檔上傳愈多，圖層清單愈長，愈不易找尋所需圖層。未來可提升系統的資料管理功能。如發展使用者以及群組權限功能，並可將分析模擬成果分享在群組內，提升資料的流通性，如此不僅可以有效管理檔案，亦能減低資料庫的儲存容量。此外建議可強化暴露量資料庫後台管理功能，分年度管理暴露量資料庫與損失模式，或可批次表單匯入修改損失參數功能。

4. 整合應用

- (1) 目前台灣已經進行多年的災害潛勢分析與災害損失評估，然而潛勢與損失並非風險，僅是風險分析架構的一部分。由於風險分析是區域規劃的基石。有關淹水的風險管理，首先需了解何謂風險(Risk)，參考 ISO31000 中的定義，風險是指對目標的不確定性的效應。本標準乃參考近代各國對風險管理所發展出來的標準及規範為基礎。ISO31000 是風險管理的國際標準，提供全面性原則和準則，協助公私單位進行風險分析和風險評估。依據 ISO31000 的風險評估，淹水風險評估供作區域防洪規劃之參考，係針對在某區域推估各種重現期距下之水文事件，進行上述各種重現期距下之水理演算的淹水範圍及淹水深度，最後獲得不同尺度事件之災害損失風險評估。各項分析後即可以建立該區域之損失-頻率曲線，倘若將損失-頻率曲線積分後，即可得該區域之年平均損失(Expected Annual Damages, EAD)，以供作區域防洪規劃之決策參考，合理地估算各種災害程度下之區域損失才能夠有效評估淹水所帶來的災害危險度。建議未來可以 ISO31000 建構完整的淹水災害風險評估架構，除了以各重現期之淹水潛勢圖建立區域的經濟風險地圖外，可擴充以暴露量的分布，建立暴露量風險地圖，以供

防災決策參考。

- (2) 本系統淹水災害損失推估未來不僅可應用於風險地圖，此外可與物聯網之智慧河川結合，作為災害之決策應變支援之參考。此外淹水事件之損失與暴露量推估亦可作為政府單位對淹水範圍內進行救助的輔助資訊參考。
- (3) 目前淹水模擬魚塭區時，多假設魚塭不會淹水，建議未來水理分析時應採用水利 DEM，將實際堤高納入考量，所模擬的淹水模擬圖可更符合實際情形，以使損失推估更為準確。
- (4) 因損失推估模式有其建置之基礎假設與分析資料基礎，本系統建置原始目的為供排水規劃估算淹水損失之用，故暴露量圖層為 40 公尺解析度，且非即時更新為現況分布資料。由於水理潛勢圖或模擬圖亦有其不確定性，倘未來欲應用於淹水損失補償救濟之參考，建議應考量更細緻的網格，並結合即時的災害調查與暴露量分佈資訊。

參考文獻

1. Bauduceau, N. (2004). "De la caractérisation de la vulnérabilité del'exploitation agricole face au risque d'inondation à la production d'un outil opérationnel de réduction de la vulnérabilité," Tech. rep., Équipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, (in French).
2. Breaden, J. P. (1973). "The generation of flood damage time sequences." University of Kentucky Water Resources Institute Paper, 32.
3. Du plessis LA and Viljoen MF (1999). "Calculation of the secondary effects of floods in the lower Orange River area - A GIS approach." Water SA, 25(2), 197-204.
4. Dutta D, Herath S, Musiakec K (2003) A mathematical model for flood loss estimation. J Hydrol 277(1-2):24-49.
5. Elisabetta G (2006). "A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study." European Commission, <http://natural-hazards.jrc.it>
6. Green C. et al. (1994). "Vulnerability refined: analysing full flood impacts" (Chapter 3). In: Penning-Rowsell, E., Fordham, M. (eds.), Floods across Europe: hazard assessment, modelling and management, London.
7. Gissing and Blong (2004), "Accounting for variability in commercial flood damage estimation", Australian Geographer, 35(2), 209-222.
8. Grigg, N. S., Leslie, H., Botham, Leonard Rice, W. J., Shoemaker, and Scott Tucker, L. (1976). "Urban drainage and flood control projects economic, legal and financial aspects." Hydrology paper.
9. Grigg, N. S., and Heiweg, O. J. (1975). "State-of-the-art of estimating flood damage in urban areas." Water Resources Bulletin, 11(2), 379-390.
10. Grigg, N. S. (1985). Water Resources Planning, McGraw-Hill, New York.
11. Hamdmer, J. W., Red, C. and Percovich, O. (2002). Disaster loss assessment guidelines, Queensland Government Department of Emergency Services, Queensland

- and Emergency Management Australia, Australia.
12. Kates, R. W. (1965). "Industrial flood losses: damage estimation in the Lehigh Valley." Univ. of Chicago, Water Resources Paper, 98.
 13. Morris, J. and Brewin, P. (2013). "The impact of seasonal flooding on agriculture: the spring 2012 floods in Somerset, England," J. Flood Risk Manage., doi:10.1111/jfr3.12041, online first.
 14. Parker D. J., Green C. H., Thompson P. M. (1987). Urban flood protection benefits: a project appraisal guide, Red manual, Gower Technical Press, UK.
 15. Parker, W. J. and Atkisson, A. A. (1982). Natural Hazard Risk Assessment and Public Policy: Anticipating the Unexpected. New York: Springer-Verlag.
 16. Petry B. (2002). "Coping with floods: complementarity of structural and non-structural measure. " In: Wu B. et al., Flood Defence 2002, ed. Science Press, New York.
 17. Posthumus, H., Morris, J., Hess, T. M., Neville, D., Philips, E., and Baylis, A. (2009). "Impacts of the summer 2007 floods on agriculture in England, " J. Flood Risk Manage., 2, 182–189.
 18. Smith, D. I., and Greenaway, M. A. (1992). ANUFLOOD: a field guide, Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.
 19. Smith, D. I. (1994). "Flood damage estimation - A review of urban stage-damage curves and loss function." Water SA, 20(3), 231-239.
 20. Su, M. D., Kang, J. L., Chang, L. F., and Chen, A. S. (2005). "Loss functions and framework for regional flood damage estimation in residential area." Journal of Marine Science and Technology, 13(3), 193-199.
 21. TVA. (1969). Tennessee Valley Authority research on flood loss rates.
 22. USACE. (1999). Post-flood assessment.
 23. Van der Sande, C. J. (2001). "River flood damage assessment using IKONOS imagery. " European Commission, Joint Research Centre, Natural Hazards Unit – Floods, Ispra(Va), Italy
 24. 方舟顧問有限公司，(1997)，洪災保險制度（潭底洋地區）案例調查分析，經濟部水資源局。
 25. 內政部消防署，(2011)，<http://www.nfa.gov.tw/show/show.aspx?pid=19>
 26. 辛晚教，(1984)，都市及區域計畫，中國地政研究所。
 27. 張靜貞.(2003)，基隆河汐止、五堵地區居民參與意洪災保險意願之研究，經濟部水利署水利規劃試驗所委託研究計畫。
 28. 張齡方，(2000)，住宅區淹水損失之推估，國立台灣大學農業工程學系碩士論文。
 29. 張齡方、蘇明道，(2001)，空間資料於洪災損失推估之應用，農業工程學報，第47卷第1期，20-28頁。
 30. 張齡方，(2008)，集合住宅淹水深度損失曲線之不確定性分析及其應用，國立台灣大學農業工程學系博士論文。
 31. 農委會台中區農業改良場，(2016)，農作物天然災害損害率客觀指標。
 32. 經濟部水利署水利規劃試驗所，(2013)，都會區洪水災害損失調查分析(1/2)。

33. 經濟部水利署水利規劃試驗所，(2014) ，都會區洪水災害損失調查分析(2/2)。
34. 糠瑞林，(2005)，區域淹水災害風險評估及其未確定性分析，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所博士論文