

## 建構服務導向之地下水模擬輔助資訊系統

### Development of Groundwater Modeling Support System Based on Service-Oriented Architecture

國立交通大學  
土木工程學系  
碩士生

**王又田**

**You-Tian Wang**

國立交通大學  
土木工程學系  
博士後研究員

**蔡瑞彬**

**Jui-Pin Tsai**

國立交通大學  
土木工程學系  
教授

**張良正**

**Liang-Cheng Chang**

中州科技大學  
資訊管理學系  
副教授

**蕭金財**

**Chin-Tsai Hsiao**

經濟部  
中央地質調查所  
所長

**江崇榮**

**Chung-Jung Chiang**

國立交通大學  
土木工程學系  
碩士生

**李長諺**

**Chang-Yan Li**

#### 摘 要

地下水數值模擬目前已成為地下水資源評估及管理上的必備步驟，目前雖有不少單機版本的模式建置前輔助軟體，惟多數單機輔助軟體多無資料與模擬成果集中管理與網路分享的功能，以致目前每個模擬案例，皆是獨立完成，因此不論是單位內部或是跨單位間，皆難以做到地下水資料與知識有系統的集中管理與再利用。故本研究乃以服務導向架構為基礎，以使用率最高之 MODFLOW 模式為核心，結合資料庫與各種建模輔助之 Web Service，提出一個資料與成果集中管理，且能在網路上共同使用之網路共用型地下水建模輔助系統概念，並發展建置一個雛型系統以驗證其可行性。系統將提供地下水各項水文地質調查與觀測資料的資料倉儲、地下水模式輔助建置系統、MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉、地下水流模擬與專家系統參數檢定等五項服務來輔助研究人員建置模式。本系統採用服務導向架構，並透過 Web Service 來實作各輔助功能，目前雛型系統已可有效的提供遠端建模輔助，由於系統架構具有高度延伸彈性，後續可以此建模輔助系統為核心，擴充建置情境模擬分析及知識庫管理等，以更有效的集中管理各個寶貴的模擬案例，並使各模擬案

\*通訊作者，國立交通大學土木工程學系碩士生，30010 新竹市東區大學路 1001 號，ted12312006@gmail.com

例如知識能被再利用。

**關鍵詞：**地下水，地下水數值模式，服務導向架構。

## ABSTRACT

Groundwater simulation has become an essential procedure on the groundwater resources management and assessment. There are many stand-alone pre- and post-processing software packages to alleviate the model simulation loading, but the stand-alone software do not consider centralized management of data and simulation results neither do they provide network sharing functions. Hence, it is difficult to share and reuse the data and knowledge (simulation cases) systematically within or across organizations. Therefore, this study develops a centralized and network based groundwater modeling support system to assist model development. The system is based on service-oriented architecture and allows remote user to develop their modeling cases on internet. The data and cases (knowledge) are thus easy to manage centralized. MODFLOW is the modeling engine of the system, which is the most popular groundwater model in the world. The system provides a data warehouse to store groundwater observations data, MODFLOW Support Service, MODFLOW Input File & Shapefile Convert Service, Model Simulation and Parameters Identification By Expert System to assist model building. Since the system architecture is service-oriented, it is scalable and flexible. The system can be easily extended to include the scenarios analysis and knowledge management to facilitate the reuse of groundwater modeling knowledge.

**Keywords:** Groundwater, MODFLOW, Service-oriented architecture.

## 一、前言

### 1.1 研究動機

地下水數值模式為地下水資源評估及管理上的重要分析工具，而建立數值模式的完整流程，可分為資料蒐集、資料分析與處理及最後的模式建立等三大步驟，目前已有不少單機版本的模式建置前後端軟體(Preprocessor and post-processor)輔助模式建置，惟這些單機輔助軟體，如 Visual MODFLOW, Groundwater Vista 等，大都注重在最後的模式建立階段，而較少著墨於前端的資料蒐集及資料分析與處理兩部分。事實上，資料蒐集本身及從原始資料至可應用單機輔助軟體進行建模之前，尚需許多資料的分析與處理，其中包括較基本的資料格式轉換、時序資料

處理乃至需更多專業整合的模式分層架構準備等。因此，目前市售單機軟體雖然已可提供相當程度的建模輔助，惟就完整的建模過程而言，仍然有許多可加強的空間，尤其是在建模前的資料分析與處理部分，使用目前的單機軟體，模式開發者仍需花費大量時間與精力方能完成模式建置。此外這些單機軟體多無資料集中管理與網路分享的功能，亦無法將建置好的模式進行知識管理，進一步加值利用。

### 1.2 研究目的

本研究為解決目前地下水數值模式建置單機輔助軟體之不足，提出一可在網路上管理與分享之地下水模式建置輔助系統架構，加強以往單機版較不足的資料前置分析與處理，此系統包含

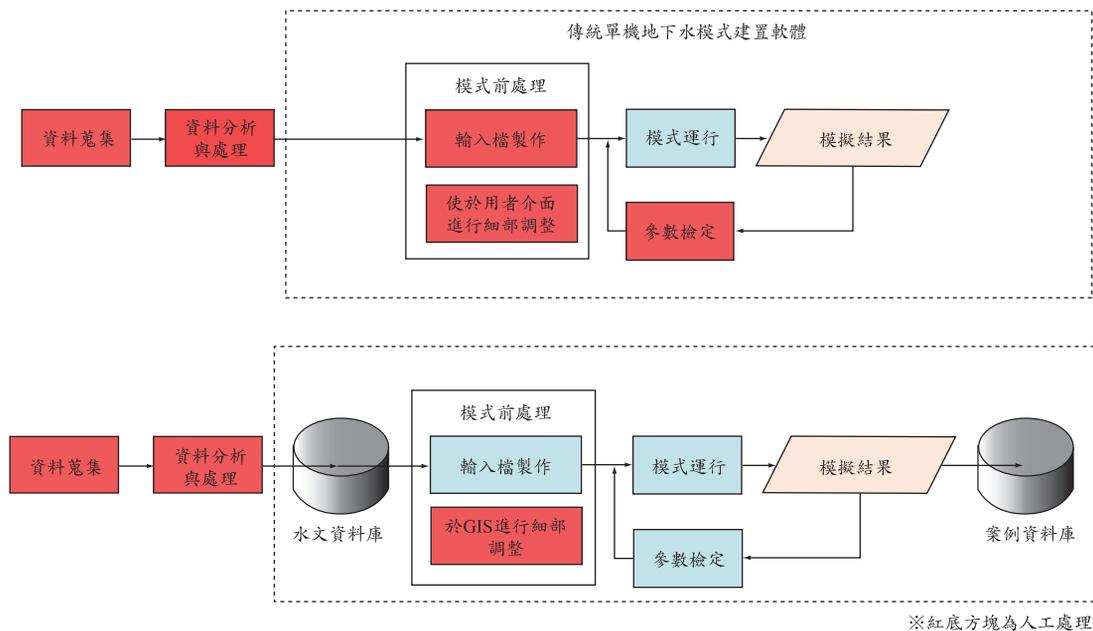


圖 1 傳統單機版本與本研究發展系統之比較圖。

資料庫、前端資料分析與處理工具以及參數檢定等元件，並開發建置一雛型系統以驗證其可行性。圖 1 進一步比較說明傳統單機版與本研究之差異，本研究發展之系統透過資料庫建立，可達到資料集中管理與分享之目的，並自動自資料庫產生模式輸入檔，可進一步減少建模準備工作，以及減少人為錯誤，並發展模式輸入檔與 GIS 圖層之相互轉換，使模式輸入資料的進一步調整可直接由 GIS 軟體進行，可無縫整合使用相關空間地理資訊，提高建模效率；模式資料分析與處理工具則以 Web Service 進行開發，除了可彈性組裝各工具產生新的服務外，並可達到服務共享的目的，此輔助工具與資料庫結合，可分析研究區域資料，自動化產生模式輸入檔；本系統亦納入 Chen *et al.* [2014]的地下水參數檢定專家系統，作為模式參數檢定之工具，進一步輔助模式之建置。

### 1.3 研究流程

第一階段為資料蒐集，蒐集內容為地下水模擬與服務導向架構相關文獻、水文地質調查資

料、水位及雨量等觀測資料，以及過去研究區域相關模式之水文地質參數。本研究所蒐集之相關資料將儲存於水文資料庫，進行集中管理。

第二階段為系統建置，此階段包含水文資料庫建置、地下水模式輔助建置系統、MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉、地下水流模擬模式，以及參數檢定五部分。首先，在地下水水文地質與觀測資料倉儲部分，本研究將建置水文資料庫，提供資料維護及資料查詢的功能；其次，在地下水模式輔助建置系統部分，本研究利用資料倉儲所提供水文調查與觀測資料，結合地下水流數值模擬專家知識，大幅簡化建置模擬模式所需之人工資料前處理；在地下水流模擬模式部份，本研究採用 USGS (U.S. Geological Survey)所開發之地下水模式 MODFLOW 作為地下水流模擬工具。在參數檢定部份，本研究採用 Chen *et al.* [2014]所開發之專家系統，對 MODFLOW 之數值建模進行自動化參數檢定。最後，在 MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉部分，本研究提供 MODFLOW 輸入檔內容轉換至 Shapefile，使得研究人員可將部分輸入檔內容與相關圖資

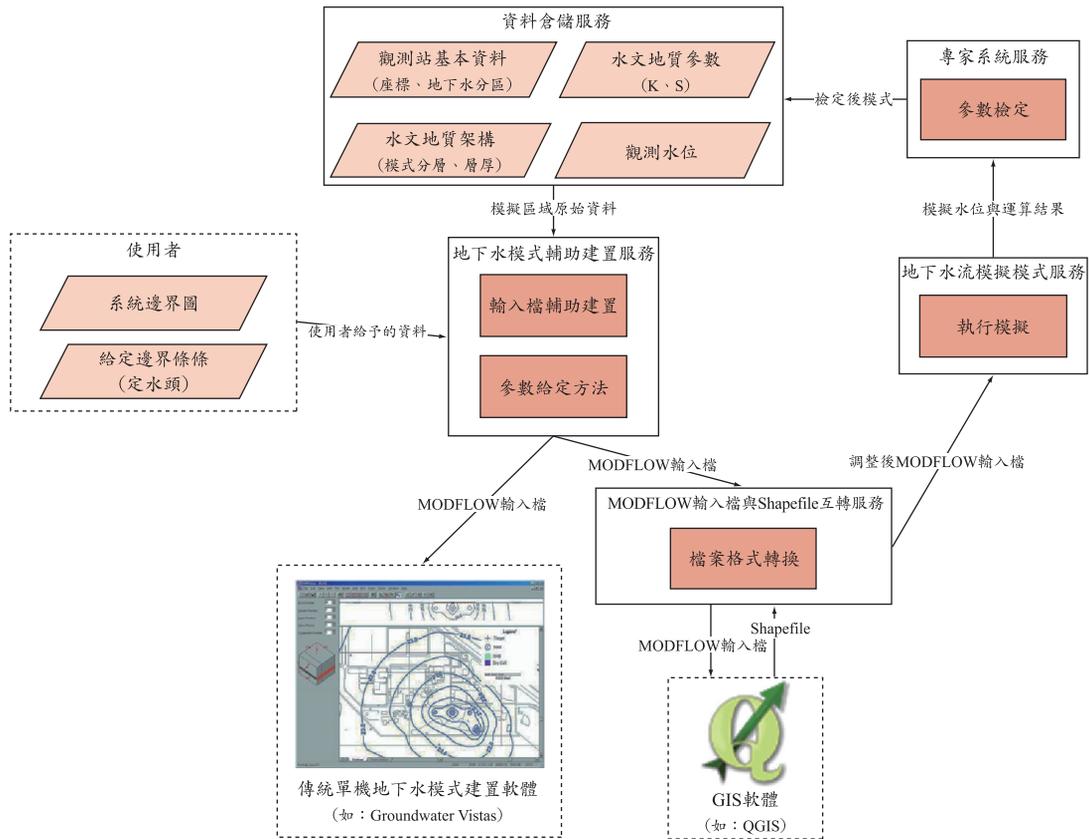


圖 2 系統整體概念圖。

(Shapefile)套疊，方便使用者對地下水模式設定及參數進行調整，調整後再將 Shapefile 轉換為 MODFLOW 輸入檔進行模擬分析。

第三階段為系統測試，此階段主要測試本研究所開發之系統，包含系統案例測試及案例測試結果分析。

第四階段為應用於實際案例，此階段選取蘭陽平原透過本系統來建立地下水模式，而案例比對方面，本研究採用經濟部中央地質調查所於民國 102 年完成之「地下水水文地質與補注模式研究-補注區劃設與資源量評估(1/4)」，來比對本系統所建置之模擬模式，與以往模式是否相似。

## 二、研究方法

一個地下水流模擬模式的建置，需要大量的水文地質調查與觀測資料，並搭配專家之背景知

識解析，方可完成一精確的地下水流模擬，本研究開發之系統，包含水文地質資料倉儲、地下水模式輔助建置系統、MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉、地下水流模擬模式，以及參數檢定專家系統，五者彼此獨立，分別可視為獨立網路服務，如圖 2 所示。資料倉儲服務肩負倉儲、管理與分享這大量且繁雜的資料；地下水模式輔助建置服務則以資料倉儲服務所提供之各項基本資料，歸納水文地質與地下水流數值模擬相關專家之知識、經驗與成果，大幅簡化甚至省略許多繁瑣之前處理流程，減輕模式開發者之負擔，並能降低模式開發者的入門門檻；建置完成的數值模式，再轉由地下水流模擬模式模擬計算，可得模擬後水位等資訊；若模擬水位與觀測水位誤差太大，可經由專家系統來進行自動化的參數檢定[Chen *et al.*, 2014]；若系統自動產生之輸入

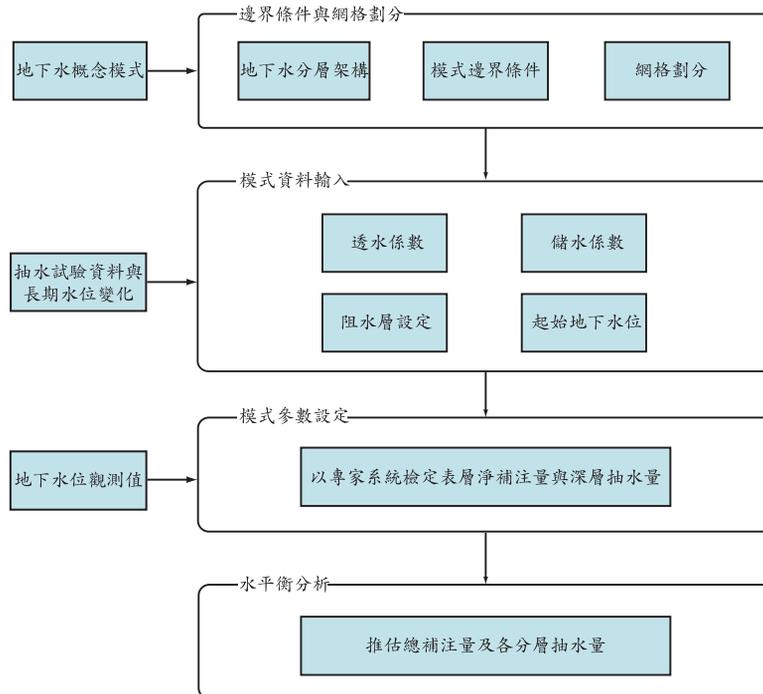


圖 3 地下水模式建置流程示意圖。

檔，需進一步調整，除可於傳統單機版地下水模式建置軟體(如：Groundwater Vistas)進行調整外，本研究所開發之 MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 檔案格式轉換服務，使模式開發者可直接於 GIS 軟體中進行輸入檔調整，無縫整合使用相關空間地理資訊，提高建模效率。

在地下水模式輔助建置系統的開發上，本研究為達網路分享服務的目的，以服務導向架構(Service Oriented Architecture, SOA)為基礎，遵循網路服務(Web Service)技術規範，實作上以微軟 Windows Communication Foundation (WCF)各項工具，發展模式建置輔助工具，各輔助工具皆為一獨立之 Web Service，再將各 Web Service 組裝完成系統開發。

Web Service 係將各項服務進行封裝，若各個服務之通訊協定與開發語言均不同，則透過 Web Service 之封裝，資訊開發人員可成功克服異種協定與程式語言之難題，可迅速組合數個較小服務而完成較複雜之功能。

## 2.1 地下水水流數值模擬程式(MODFLOW)

MODFLOW (Modular Three-dimensional Finite-difference Ground-water Flow Model)為美國地質調查局(USGS)發展之程式。該程式可解二維及三維之飽和地下水流問題，含水層之種類可為自由、受壓、半受壓含水層，依地質特性分類可為均質、非均質及等向性、非等向性含水層。其設計採模組化架構，因此模組已日趨增多，其模擬能力也大幅擴張，不僅可進行地下水流模擬外，地表逕流、河川、湖泊與未飽和層等，目前最新版本為 2014 年釋出之 MODFLOW-OWHM，OWHM (One-Water Hydrologic Flow Model)之意為考量整個水文循環之水流模式[R.T. Hanson, 2014]。

### 2.1.1 MODFLOW 結構與運行流程

在地下水模式建置之流程上，本研究參考經濟部中央地質調查所(2013)，將地下水模式建置流程分為四大步驟，依序為邊界條件與網格劃分、模式資料輸入、模式參數檢定及水平衡分析，如圖 3 所示。在以 MODFLOW 建模時，首

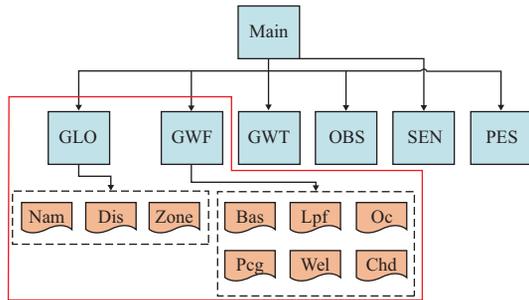


圖 4 MODFLOW 整體結構。

先需先定義研究區域之空間切割、模擬期距、分層架構及邊界條件等設定，接著再設定初始條件與含水層參數(如透水係數、儲水係數、比出水量、含水層厚度等)；其輸出資訊則包含各含水層之地下水位分佈、洩降分佈、模式水平衡等。在給定建模所需之基本資料後，本研究採用 Chen *et al.* [2014]所開發之專家系統進行淨補注量檢定，檢定模擬期距中每日表層淨補注量與深層抽水量，再進行水平衡分析。

MODFLOW 的特色為程式結構模組化、離散方法簡單化和求解方法多樣化(吳劍鋒與朱學愚, 2000)。在 MODFLOW-2000 中，將完整的地下水流問題，從結構上拆解成多個部分，整體結構可分為主程序與其他獨立的子程序，如圖 4 所示，各個子程序則稱之為模組(Modules) [Wang *et al.*, 2008]。模式結構模組化可帶來開發上與使用上的彈性，不同研究人員可針對所欲探討的問題，獨立開發模組，而不至於影響其他功能。使用者亦可依據所需功能，選用不同模組。

### 2.1.2 MODFLOW 輸入檔格式

本研究參考經濟部中央地質調查所(2013)之地下水流模式設定，採用全域程序(Global Process, GLO)與地下水流程序(Groundwater Flow Process, GWF)。全域程序(GLO)定義全域變數，其 MODFLOW 輸入檔格式說明如下：

1. Name File (NAM)：定義模式中所需使用的模組。
2. Discretization File (DIS)：定義模式結構及在時間、空間上的離散設定，如：模式分層數量、列數、欄數、期距長度(stress period)、

時刻(time step)長度單位、長度單位、網格大小、模式各層層頂與層底高程、穩態與暫態設定。

3. Zone File (ZONE)：定義模式參數分區，而在參數分區上，本研究採用徐昇氏網格的概念自行產生分區。
4. Basic File (BAS)：定義模式的基本設定，包含網格啟用(Active)與不啟用(Inactive)網格，以及初始水位設定等。
5. Layer-Property Flow File (LPF)：設定模式之水文地質參數，包含水平向與垂向水力傳導係數(Hydraulic Conductivity)、儲水係數(Primary Storage, S)、比出水量(Specific yield, Sy)。
6. Output Control File (OC)：定義輸出項目和格式，如：水位、水平衡輸出及輸出格式等。
7. Preconditioned Conjugate-Gradient File (PCG)：定義以有限差分法求解所需參數，如：最大外部和內部疊代次數，選擇矩陣條件方法，疊代衰退因子等。
8. Well File (WEL)：定義水井的抽水量及補注量，設定項目包含所有期距內井數量的最大值、各期距內井數量與位置(層、列、欄)，以及抽水量或補注量值本身，其中負值代表抽水、正值代表補注。
9. Time-Variant Specified-Head File (CHD)：定義時變給定水頭邊界條件，需給定所有期距內定水頭數量的最大值，每個期距內定水頭數量、位置(層、列、欄)，期距內起始和結束時的水位。

### 2.2 服務導向架構(SOA)

SOA (Service Oriented Architecture)為 Gartner Group 於 1996 年所提出之新一代資訊技術架構，此架構為一系統開發概念，於系統開發之初將系統依照企業之服務單元(Unit)所需進行服務(Service)包裝，並依循著企業流程(Business Process)將多個服務進行組裝，形成鬆散耦合(Loosely Coupled)的系統架構，而此種開發方式優點有三：(一)可使服務與系統的再用性(Reuse)

大幅提高，且當企業流程進行改變時，也不需要重新開發新系統，僅需將服務組裝流程進行修改即可；(二)服務的開發也不需再考慮協定及異質平台等問題，SOA 期望達到不論利用何種開發技術及通訊協定，皆能進行整體系統之組裝，因此亦大幅降低系統開發之成本；(三)系統開發之初，對於系統需求規格是否能明確定義為一極大難處，因此若採用緊密耦合(Tight Coupled)的系統架構，較難因應往後系統需求異動(藍元宏，2009)。

### 三、系統分析與設計

本研究將地下水文資料倉儲服務、地下水模式輔助建置系統、MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉、地下水流模擬模式，以及專家系統參數檢定分別包裝成網路服務(Web Service)，可依研究人員需求適當調整服務的工作流程(Work Flow)，使得本系統於維護及擴展時更具彈性。

#### 3.1 系統概述

本系統於地下水模式建置過程中，扮演輔助建置的角色，因此本系統適用於欲建置地下水模式之相關研究人員。建置台灣各地下水區之地下水模式，可有下列需求：

1. 台灣地區地下水觀測網，經由長時間建置已漸趨完善，亦已累積大量的水文地質參數與觀測水位，應有完善的資料倉儲與管理系統，進行前述資料之倉儲與管理。
2. 資料倉儲與管理系統應具有人性化的介面及良好的應用程式介面(API)，人性化的介面使研究人員可從大量資料中，簡單與迅速地查詢與調閱，方便研究人員之資料再處理；而良好的應用程式介面(API)，則可方便系統開發人員取得資料，開發地下水相關處理程式。
3. 長年已累積大量的時序觀測水位，對於研究人員而言，視覺化的呈現方式相較於原始資料，較能使得研究人員清楚掌握地下水位在空間上與時間上的變化，方便研究人員掌握各地下水區之特性。

4. 由於地下水系統具有高度異質性，必須透過現地調查來取得該地下水區域的原始資料。
5. 地下水水流模擬模式之建置與檢定需要大量之現地觀測水位與水文地質參數。對於研究人員而言，如有系統可直接大量取得前述所需資料，可減少研究人員在資料蒐集之繁瑣工作。
6. 對於研究人員而言，資料蒐集完後到執行 MODFLOW 進行模擬尚有相當繁複的過程，若有系統能將原始資料轉換成合乎理論的 MODFLOW 輸入檔，便能有效地縮短模式建置所需時間。
7. 相對於模式網格大小，水文地質參數之現地試驗值數量遠遠不足，模式參數必須透過參數內插推估或分區給定等方式，搭配專家主觀判斷方可完成參數之設定。故若有資料庫可以儲存、管理並分享檢定完成之模式參數，對於曾完成建置的研究區域，可節省參數推估之時間與精力。
8. 地下水數值模擬目前已成為地下水資源評估及管理之必備步驟，然過去模擬案例僅能以紙本文件的方式整理、呈現、分享與重現，較少研究者直接將案例本身分享於網際網路上，原因在於除了案例本身外，如欲於成功分享給他人，必先完成數值模式之安裝與設定，造成模擬案例之分享不易。如可以集中式的伺服器完成數值模式之安裝與設定，在伺服器上統一進行計算，藉由網際網路分享案例模擬結果，可有效分享模擬案例，達到知識分享與管理之目的。

#### 3.2 系統功能需求分析及應用

本研究以地下水模式輔助建置為主軸，資料共享與系統整合為輔，建議一地下水模式輔助建置系統架構，並開發其雛型系統，以驗證其可行性。

本系統主要在幫助研究人員，在電腦前透過瀏覽器取得水文地質相關資料，並輔助建置模擬模式，以進行地下水資源決策評估分析。系統目的主要為輔助建置模擬模式為主，系統功能分為

表 1 系統功能需求描述

功能名稱	子功能	功能說明
觀測井相關資料查詢	井基本資料	選取井號或依文字查詢 →連結觀測井基本資料 →列出基本資料
	水位資料維護	選取井號 →選取資料種類，如：日/時水位、raw/modified data、insert/update →選擇資料上傳或下載
	水位歷線	選取井號 →選取資料種類，如：raw /modified data →連結觀測井水位 →繪出水位歷線
模式輔助建置	系統預設	選取模式狀態，如：steady、transient →選取時間種類，如：日/月模式 →設定模式開始時間、結束時間 →選取地下水分區 →選取水文地質參數給定方式 →修改邊界條件 →結果輸出
	自訂	選取模式狀態，如：steady、transient →選取時間種類，如：日/月模式 →設定模式開始時間、結束時間 →設定專案名稱 →設定產生系統網格圖所需，如：系統網格左上角、右下角座標、邊長 →上傳系統邊界圖 →上傳模式分層資訊，如：系統網格地表高程、分層層頂層底 →選取水文地質參數給定方式 →給定邊界條件 →結果輸出
	匯出資料	選取專案或輸入專案名稱 →連結專案資料 →匯出專案資料
MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉	MODFLOW 輸入檔轉為 Shapefile	選擇所需 MODFLOW 輸入檔 →開始轉檔 →結果下載
	Shapefile 轉為 MODFLOW 輸入檔	選擇所需 Shapefile →開始轉檔 →結果下載
模式運行及數值模擬結果查詢	開始模擬	選擇模擬區域所需檔案 →開始模擬
	結果下載	模擬結果下載
專家系統參數檢定	開始檢定	選擇檢定區域所需檔案 →開始檢定
	結果下載	檢定結果下載

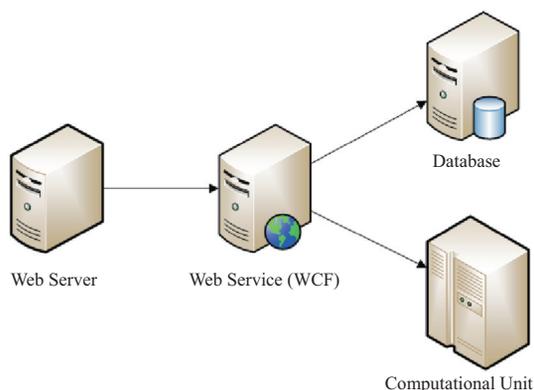


圖 5 系統硬體架構圖。

地下水觀測井相關資料查詢、地下水模式輔助建置、MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉、模式計算及模擬結果查詢，以及專家系統參數檢定等。這五大項目之系統功能需求如(表 1)所示。

### 3.3 系統架構

為了因應系統在後續開發上，可能會遭遇到因研究方向調整而導致需求上的改變。因此，系統需能較快地因應需求變化，故本研究將採用分散式架構，較易於擴展及減少重複開發，因此系統軟體架構採用服務導向架構為基礎，系統硬體架構則採用分散式架構，可方便擴展到雲端運算。服務導向架構的開發方式著重以網路服務 (Web Service)作為系統的基本單元，本系統將地下水模擬模式的建置過程分為資料倉儲、地下水模式輔助建置、MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉、地下水模擬模式與專家系統參數檢定五項服務，並採用 Web Service 為其技術規範。

#### 3.3.1 系統硬體架構

本研究建置一服務導向架構之地下水模式輔助建置系統，其軟體開發方式皆採分散式架構，如圖 5、圖 6 所示，此系統可分為網站、Web Service、資料庫以及 MODFLOW 相關模擬計算。本研究將網站架設於 Windows IIS 網頁伺服器上，以建置電腦版應用與行動版應用。資料庫部分採 MSSQL 2012，並掛載於 Window Server 2012 上。對於 Web Service 之部分則另建置獨立之 IIS

掛載，另相關計算單元則放入效能較高之伺服器。

#### 3.3.2 系統軟體架構

圖 6 為本研究之系統軟體架構圖，本系統可分為 Web Client、Website、Web Service、Computational Unit、Database 等部分，本系統採用分層架構，即將系統分為表現層(Presentation Layer)、處理層(Process Layer)、服務層(Service Layer)和資源層(Resource Layer)，如圖 7 所示；兩圖之間所相對應之關係為：Web Client 屬於表現層，Mobile Website/Website 屬於處理層，Web Service 屬於服務層，Computational Unit、Database 屬於資源層。本研究以分層負責的方式並安排其責任歸屬，使得系統需求變化及異常發生時，能夠盡量使系統程式更動最小，以提高系統的可維護、可擴展和可修改性。

##### 3.3.2.1 表現層

負責提供使用者介面，以便於研究人員以電腦查詢水利相關資訊，並可於電腦版應用輔助建置地下水模擬模式，藉由網頁介面輸入所需的參數設定及檔案送至處理層，再呼叫相關 Web Service 進行運算，並返回結果給研究人員。

##### 3.3.2.2 處理層

屬於一個概念層級，系統開發人員根據不同的功能需求，依工作處理流程的順序，組裝服務層所提供的 Web Service，使這一組裝流程來符合特定功能需求。使系統開發人員可專注於 Web Service 的實現，本層只需選擇適合的元件來組裝達到功能需求，也可於需求改變時，靈活組裝 Web Service 來快速因應。

##### 3.3.2.3 服務層

本研究以現實生活中的服務為角度，來將相關函式庫包裝成 Web Service，以提供處理層各項服務進行組裝。Web Service 為一技術規範，其實作方式採用 WCF，並佈署至服務伺服器上，且提供應用程式介面(API)給服務需求者調用。本層提供四個 Web Service，後續可依研究需求持續增加，說明如下：

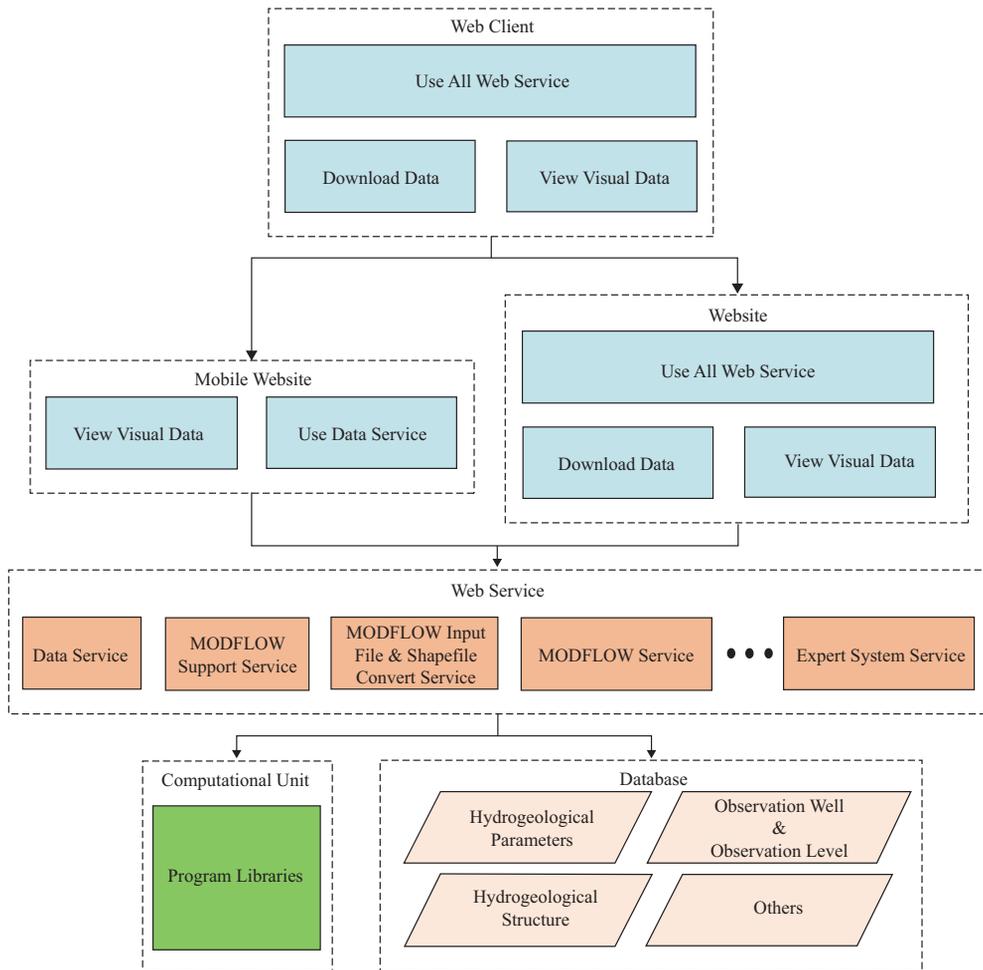


圖 6 系統軟體架構圖。

1. 資料倉儲服務(以下簡稱 Data Service)，可分為資料維護及資料查詢，資料維護方面主要提供具有維護權限的研究人員，來維護資源層中的水文資料庫之資料正確性以及擴充其資料量。資料查詢方面提供標準格式之資料服務，使資料庫可以跨平台使用，不用再重複建置。
2. 地下水模式輔助建置服務(以下簡稱 MODFLOW Support Service)來說，為本研究之核心服務，透過研究人員輸入所需的參數設定及檔案，便會調用資源層中的水

文資料庫及函式庫，經過運算後可得合乎理論之 MODFLOW 輸入檔，研究人員可再依自身需求選擇是否調用地下水流模擬模式及專家系統參數檢定服務。

3. MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉服務(以下簡稱 MODFLOW Input File & Shapefile Convert Service)，經由地下水模式輔助建置服務所產生的 MODFLOW 輸入檔，對於非模式開發者已然足夠，但對模式開發者而言，仍可能需對模式進行細部調整，便可利用此服務將 MODFLOW 輸

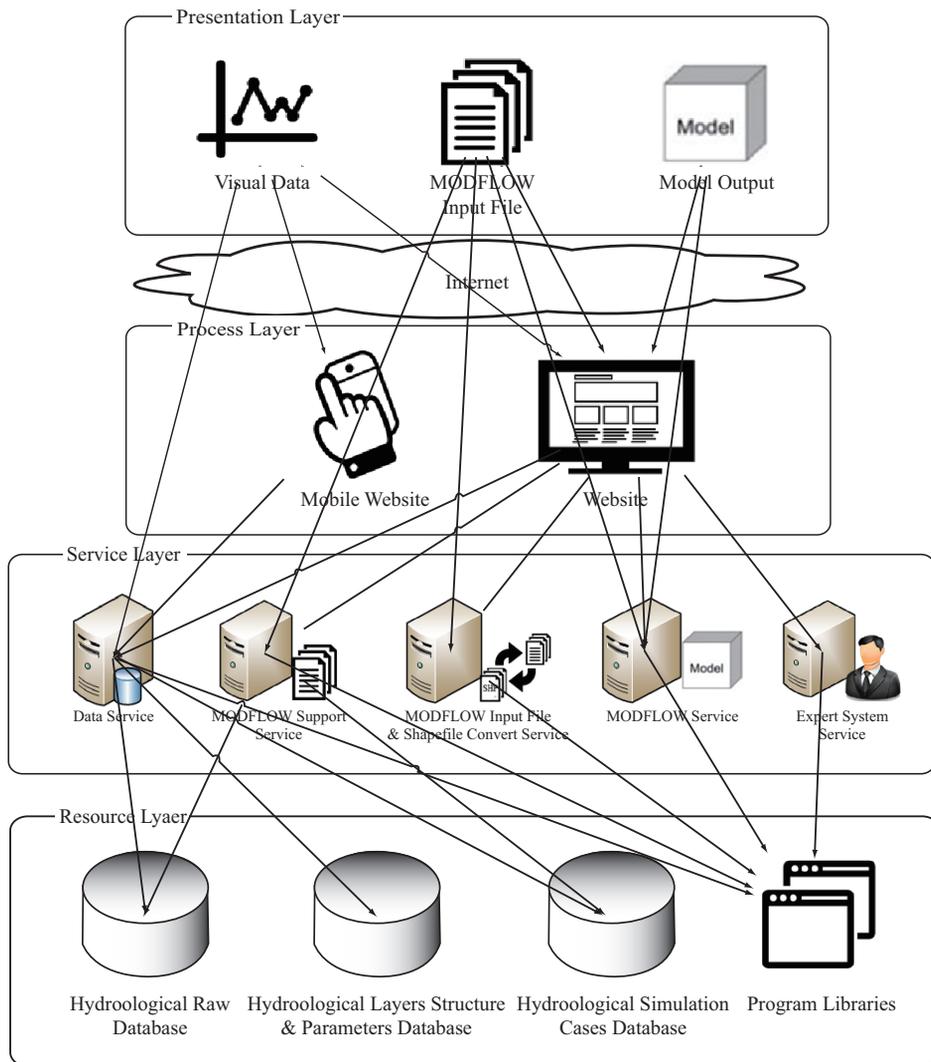


圖 7 系統分層圖。

入檔轉為 Shapefile，藉由 GIS 之視覺化輔助來調整模式，調整完再透過此服務將 Shapefile 轉回 MODFLOW 輸入檔。

4. 地下水流模擬模式服務(以下簡稱 MODFLOW Service)，提供運行地下水流模擬模式之環境，研究人員可不需安裝 MODFLOW，即可運行並得運算後之模擬結果。
5. 專家系統參數檢定服務(以下簡稱 Expert System Service)，採用 Chen *et al.* [2014]所

開發之專家系統自動化參數檢定，將其包裝成 Web Service，使得研究人員可在本系統上來檢定與優化模擬模式中的參數。

#### 3.3.2.4 資源層

資源層中包含水文資料庫與函式庫，水文資料庫做為服務層的资料提供者，後續可整合其他水文資料庫進行資源層的擴充。函式庫則做為服務層的運算基礎。本層經由服務層的調用而包裝成 Web Service，其中服務層所提供的資料倉儲服務為提供存取水文資料庫的 API。

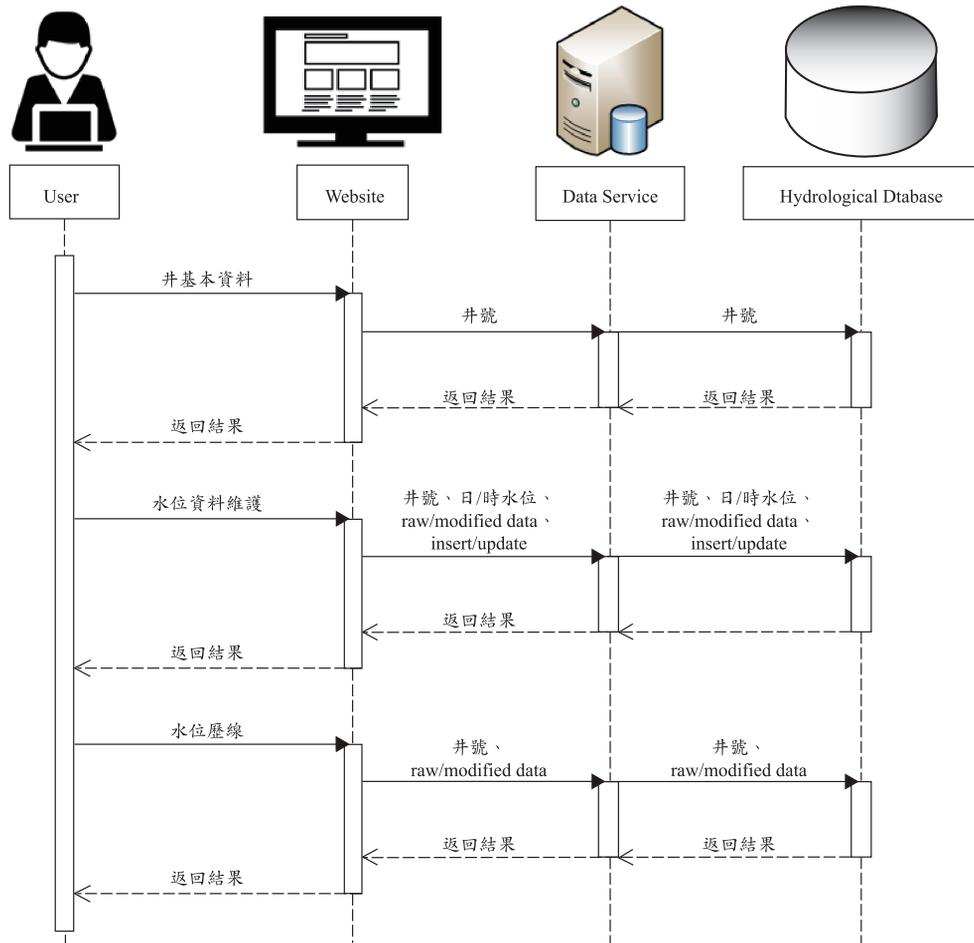


圖 8 查詢地下水觀測井相關資料之時序圖。

### 3.4 系統設計

#### 3.4.1 系統設計

本系統為一分散式架構的系統，而針對使用的環境不同再分為電腦版應用，本節將透過時序圖來描述系統流程，時序圖是一種 UML (Unified Modeling Language) 行為圖，用來描述系統各功能執行時與其他系統元件或單元間互動的狀況，並依時間發生先後順序繪製而成。依據時序圖讓系統開發人員能在分散式架構下清楚掌握系統功能之佈署情況，並把焦點置於單元間互動的狀況，且於需求改變時較能評估需求之可行性。

##### 3.4.1.1 查詢地下水觀測井相關資料

查詢地下水觀測井相關資料，如圖 8 所示。

- 研究人員於電腦版應用進行井基本資料查詢，其流程為電腦版應用呼叫 Data Service，並將參數傳遞給水文資料庫來查詢井基本資料。
- 研究人員於電腦版應用進行水位資料維護，其流程為電腦版應用呼叫 Data Service，並將參數傳遞給水文資料庫來維護水位資料。
- 研究人員於電腦版應用繪製水位歷線，其流程為電腦版應用呼叫 Data Service，並將參數傳遞給水文資料庫來繪製水位歷線。

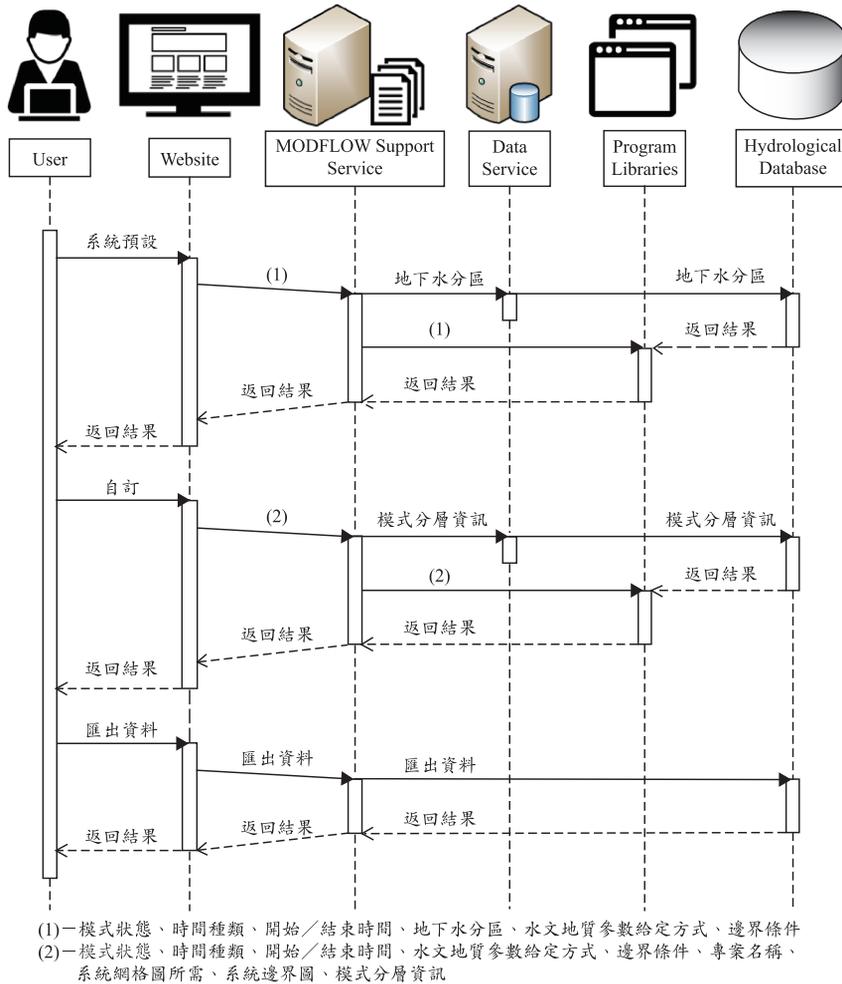


圖 9 地下水模式輔助建置之時序圖。

### 3.4.1.2 地下水模式輔助建置

系統預設與自訂的流程大致相同，因此文字描述部分僅撰寫自訂。

- 研究人員於電腦版應用進行地下水模式輔助建置並採用自訂，其流程為電腦版應用將參數傳遞給 MODFLOW Support Service，MODFLOW Support Service 先呼叫 Data Service 撈出所需資料後，透過函式庫的運算後得到 MODFLOW 輸入檔，並將結果傳給研究人員，如圖 9 所示。

### 3.4.1.3 MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉

- 研究人員於電腦版應用進行 MODFLOW 輸

入檔轉為 Shapefile，其流程為電腦版應用將 MODFLOW 輸入檔傳遞給 MODFLOW Input File & Shapefile Convert Service，再將 MODFLOW 輸入檔交由函式庫來轉換，轉換完成後將其結果傳遞給研究人員下載。

- 研究人員於電腦版應用進行 Shapefile 轉為 MODFLOW 輸入檔，其流程為電腦版應用將 Shapefile 傳遞給 MODFLOW Input File & Shapefile Convert Service，再將 Shapefile 交由函式庫來轉換，轉換完成後將其結果傳遞給研究人員下載，如圖 10 所示。

### 3.4.1.4 模式運行及數值模擬結果查詢

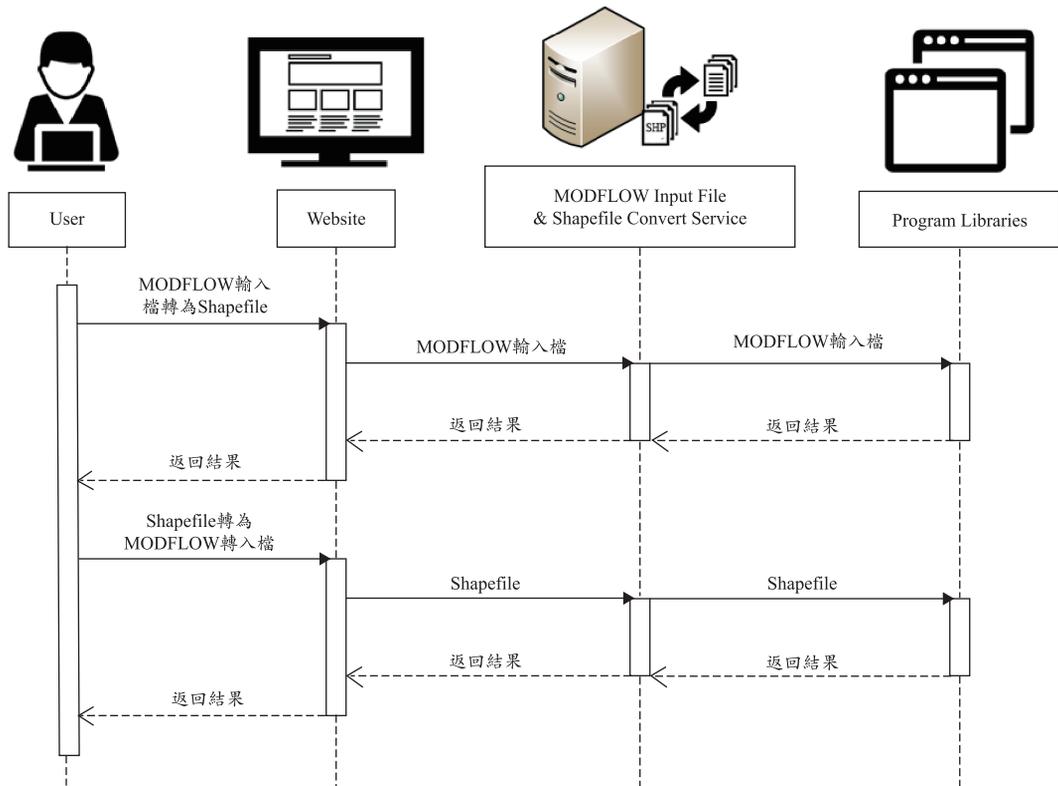


圖 10 MODFLOW 輸入檔與 Shapefile 互轉之時序圖。

- 研究人員於電腦版應用執行模擬，其流程為電腦版應用呼叫 MODFLOW Service，並將 MODFLOW 輸入檔交由函式庫來運行，並告知研究人員是否完成模擬。
- 研究人員於電腦版應用進行結果下載，其流程為電腦版應用呼叫 MODFLOW Service，來查詢是否有完成模擬之結果，若有則將其結果傳遞給研究人員下載，如圖 11 所示。

#### 3.4.1.5 模式運行及數值模擬結果查詢

- 研究人員於電腦版應用進行專家系統參數檢定，其流程為電腦版應用呼叫 Expert System Service，並將 MODFLOW 輸入檔及模擬結果交由函式庫來運行，並告知使用者是否完成檢定。
- 研究人員於電腦版應用進行結果下載，其流

程為電腦版應用呼叫 Expert System Service，來查詢是否有完成檢定之結果，若有則將其結果傳遞給研究人員下載，如圖 12 所示。

#### 3.4.2 資料倉儲設計

本節將介紹水文資料庫的資料設計，其資料庫內容包含地下水井觀測資料、雨量等水文調查與觀測資料，且其資料格式標準大多採經濟部水利署(2010)修訂之水資源資料格式標準，如此便易於與水文相關單位之資料庫進行整合。

##### 3.4.2.1 水文資料庫之資料庫

水文資料庫的資料表格設計，其資料庫內容包含地下水井觀測資料、雨量等水文調查與觀測資料，且其資料格式標準大多採經濟部水利署(2010)修訂之水資源資料格式標準，如此便易於與水文相關單位之資料庫進行整合。

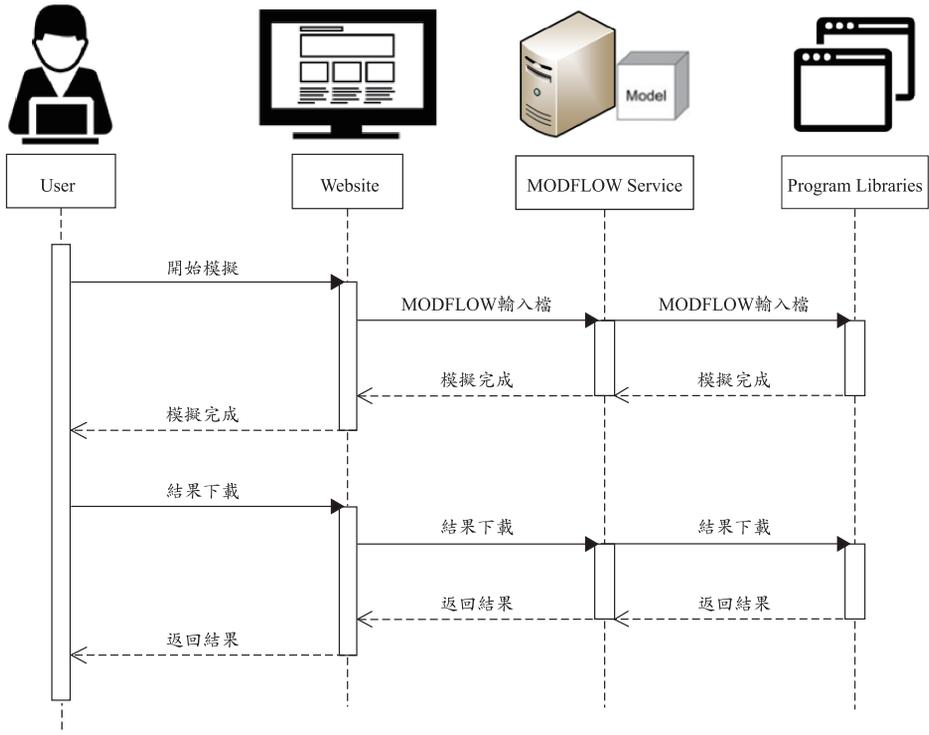


圖 11 模式運行及數值模擬結果查詢之時序圖。

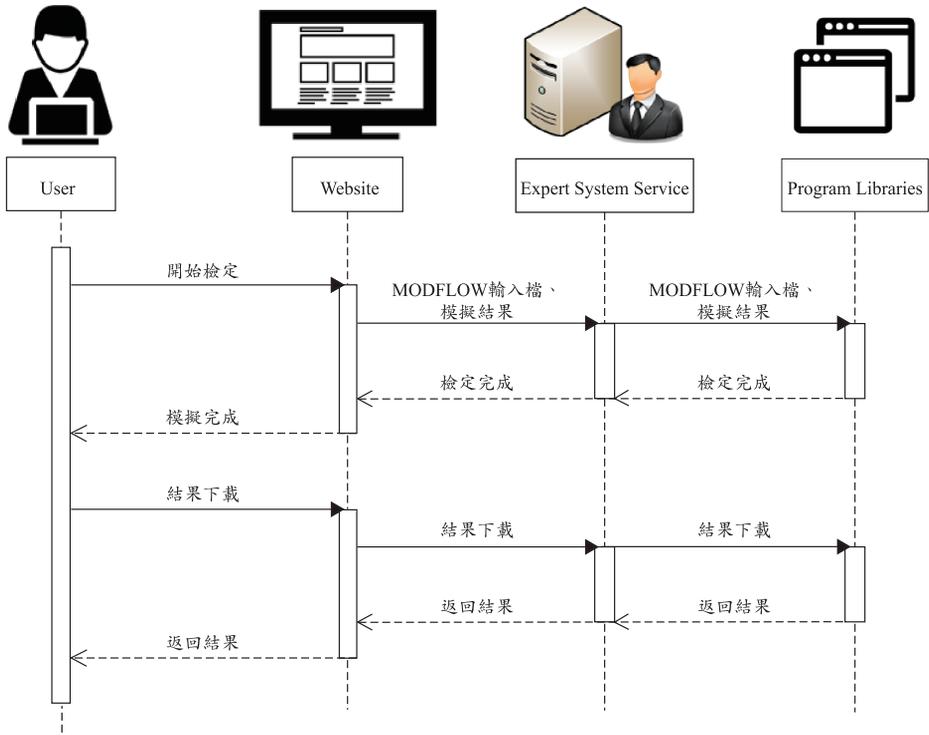


圖 12 專家系統參數檢定之時序圖。

資料分為(A)水井基本資料:基本資料包含地下水分區、井別、水位高、座標及其他相關係數，(B)日水位資料：此資料包含觀測日期、原始水位及補遺後水位，(C)時水位資料：水位觀測日期時刻、原始水位、補遺後水位，(D)地下水模式分層：包含概念分層、模式分層、分層之層頂、層底、層厚。

## 四、系統實作與實例展示

### 4.1 資料倉儲服務(Data Service API)

資料倉儲服務可於 3.3.2.3 節得知可分為資料維護及資料查詢，資料維護之 API 涉及水文資

料庫之安全性，因此本節僅介紹資料查詢之 API 使用方式，以便於系統開發人員後續調用資料。資料倉儲服務之實作是以 C#操作 SQL 語法來對 MSSQL 進行資料庫的 CRUD，再透過 WCF 包裝成 Web Service，且以 REST 為其通信機制，並佈署至 IIS 服務伺服器上，讓服務需求者可藉由資料倉儲服務所提供 WSDL 來調用此服務，由於 WSDL 僅提供 XML 來描述其提供的 API，因此為讓系統開發人員後續在 API 使用方式較為明瞭，本系統亦提供完整的 API 文件一併放置在 IIS 服務伺服器上。以下圖 13 至圖 16 來針對上述作說明，API 用途與參數則於表 2 進行說明。

## baseData 服務

您已建立服務。

若要測試此服務，必須建立用戶端，並用它來呼叫服務。請從命令列以下列語法使用 svcutil.exe 工具：

```
svcutil.exe http://[redacted]/DataService/baseData.svc?wsdl
```

您也可以存取服務描述做為單一檔案：

```
http://[redacted]/DataService/baseData.svc?singleWsdl
```

這會產生組態檔與包含用戶端類別的程式碼檔。請將這兩個檔案新增至用戶端應用程式，並使用產生的用戶端類別來呼叫服務。例如：

C#

```
class Test
{
    static void Main()
    {
        IbaseDataClient client = new IbaseDataClient();

        // 使用 'client' 變數來呼叫服務上的作業。

        // 永遠關閉用戶端。
        client.Close();
    }
}
```

Visual Basic

```
Class Test
    Shared Sub Main()
        Dim client As IbaseDataClient = New IbaseDataClient()
        ' 使用 'client' 變數來呼叫服務上的作業。

        ' 永遠關閉用戶端。
        client.Close()
    End Sub
End Class
```

圖 13 資料倉儲服務之調用方式。

## baseData Methods

The baseData type exposes the following members.

### Methods

Name	Description
Equals	Determines whether the specified Object is equal to the current Object. (Inherited from Object.)
Finalize	Allows an object to try to free resources and perform other cleanup operations before it is reclaimed by garbage collection. (Inherited from Object.)
getData	取得觀測井基本資料
GetHashCode	Serves as a hash function for a particular type. (Inherited from Object.)
getLoc	取得全台各大分區名稱
GetType	Gets the Type of the current instance. (Inherited from Object.)
getWellDepth	取得觀測井日水位
getWellNo	取得單一分區中觀測井井號
MemberwiseClone	Creates a shallow copy of the current Object. (Inherited from Object.)
ToString	Returns a string that represents the current object. (Inherited from Object.)

圖 14 資料倉儲服務以 REST 所調用之結果。

## baseData Methods

The baseData type exposes the following members.

### Methods

Name	Description
Equals	Determines whether the specified Object is equal to the current Object. (Inherited from Object.)
Finalize	Allows an object to try to free resources and perform other cleanup operations before it is reclaimed by garbage collection. (Inherited from Object.)
getData	取得觀測井基本資料
GetHashCode	Serves as a hash function for a particular type. (Inherited from Object.)
getLoc	取得全台各大分區名稱
GetType	Gets the Type of the current instance. (Inherited from Object.)
getWellDepth	取得觀測井日水位
getWellNo	取得單一分區中觀測井井號
MemberwiseClone	Creates a shallow copy of the current Object. (Inherited from Object.)
ToString	Returns a string that represents the current object. (Inherited from Object.)

圖 15 資料倉儲服務之 API 列表畫面。

Data Service API Documentation

- Data Service API Documentation
  - DataService
    - baseData Class
      - baseData Methods
        - getData Method**
        - getLoc Method
        - getWellDepth Method
        - getWellNo Method

## baseData.getData Method

取得觀測井基本資料

**Namespace:** DataService  
**Assembly:** DataService (in DataService.dll) Version: 1.0.0.0 (1.0.0.0)

### Syntax

```

C# VB C++ F# ASP.NET
public List<wellAttr> getData(
    string wellNo
)
  
```

**Parameters**

*wellNo*  
 Type: System.String  
 井號

**Return Value**  
 Type: List<wellAttr>  
 [Missing <returns> documentation for "M:DataService.baseData.getData(System.String)"]

圖 16 資料倉儲服務之 API – getData 詳細內容。

表 2 資料倉儲服務之 API 列表

方法名稱	描述	參數
getData	取得觀測井基本資料	string wellNo
getLoc	取得全台各大分區名稱	
getWellDepth	取得觀測井日水位	string wellNo, string datafield, string startDate, string endDate
getWellNo	取得單一分區中觀測井井號	string loc, string wellType

#### 4.2 地下水模式輔助建置服務

地下水模式輔助建置服務之實作是以 C#組裝以 Python 開發之函式庫，再透過 WCF 包裝成 Web Service，且以 SOAP 為其通信機制，並佈署至 IIS 服務伺服器上，其餘皆與資料倉儲服務之處理方式相同，本系統亦提供完整的地下水模式輔助建置服務之 API 文件一併放置在 IIS 服務伺服器上。以下圖 17 至圖 20 來針對上述作說明，API 用途與參數則於表 3 進行說明。

#### 4.3 實例展示

本節將針對電腦版應用透過實際案例作系統展示，實例展示將以蘭陽平原為例，利用本系統輔助建置其模擬模式，並將其過程作為展示畫面。

##### 4.3.1 應用之實例展示

研究人員若欲於電腦版應用查詢井基本料，先點選地下水分區，選定分區後再點選井號，最後，點擊查詢即可顯示出井基本資料，若需保存資料則可點擊下載，如圖 21 所示。

具有維護權限的研究人員於電腦版應用進行水位資料維護，先點選地下水分區與井號，再

## MODFLOWSupportService 服務

您已建立服務。

若要測試此服務，必須建立用戶端，並用它來呼叫服務。請從命令列以下列語法使用 svcutil.exe 工具：

```
svcutil.exe http://[redacted]/MODFLOWSupportService/MODFLOWSupportService.svc?wsdl
```

您也可以存取服務描述做為單一檔案：

```
http://[redacted]/MODFLOWSupportService/MODFLOWSupportService.svc?singleWsdl
```

這會產生組態檔與包含用戶端類別的程式碼檔。請將這兩個檔案新增至用戶端應用程式，並使用產生的用戶端類別來呼叫服務。例如：

**C#**

```
class Test
{
    static void Main()
    {
        MODFLOWSupportServiceClient client = new MODFLOWSupportServiceClient();

        // 使用 'client' 變數來呼叫服務上的作業。

        // 永遠關閉用戶端。
        client.Close();
    }
}
```

**Visual Basic**

```
Class Test
    Shared Sub Main()
        Dim client As MODFLOWSupportServiceClient = New MODFLOWSupportServiceClient()
        ' 使用 'client' 變數來呼叫服務上的作業。

        ' 永遠關閉用戶端。
        client.Close()
    End Sub
End Class
```

圖 17 地下水模式輔助建置服務之調用方式。

- MODFLOW Support Service API Documentation
  - MODFLOWSupportService
    - IMODFLOWSupportService Interface
    - MODFLOWSupportService Class

## MODFLOWSupportService Namespace

[Missing <summary> documentation for "N:MODFLOWSupportService"]

### Classes

Class	Description
 MODFLOWSupportService	MODFLOW Support Service

### Interfaces

Interface	Description
 IMODFLOWSupportService	MODFLOW Support Service Interface

圖 18 地下水模式輔助建置服務之 API 文件首頁。

- MODFLOW Support Service API Documentation
- MODFLOWSupportService
- MODFLOWSupportService Class

#### MODFLOWSupportService Methods

- ComputebyArea Method
- ComputebyDistance Method
- ComputeDistance Method
- CreateGridshp Method
- GetBasFile Method
- GetChdFile Method
- GetDisFile Method
- GetLpfFile Method
- GetNamFile Method
- GetOcFile Method
- GetPcgFile Method
- GetWelFile Method
- GetZoneFile Method
- LinearRegression Method

## MODFLOWSupportService Methods

The MODFLOWSupportService type exposes the following members.

### Methods

Name	Description
ComputebyArea	採徐昇氏分區給定參數
ComputebyDistance	採距離倒數方法給定參數
ComputeDistance	計算兩點距離
CreateGridshp	產生系統網格圖之 shapefile
Equals	Determines whether the specified <i>Object</i> is equal to the current <i>Object</i> . (Inherited from <i>Object</i> .)
Finalize	Allows an object to try to free resources and perform other cleanup operations. (Inherited from <i>Object</i> .)
GetBasFile	運算並取得MODFLOW輸入檔中的 bas file
GetChdFile	運算並取得MODFLOW輸入檔中的 chd file
GetDisFile	運算並取得MODFLOW輸入檔中的 dis file
GetHashCode	Serves as a hash function for a particular type. (Inherited from <i>Object</i> .)

圖 19 地下水模式輔助建置服務之 API 列表畫面。

- MODFLOW Support Service API Documentation
- MODFLOWSupportService
- MODFLOWSupportService Class

#### MODFLOWSupportService Methods

- ComputebyArea Method
- ComputebyDistance Method
- ComputeDistance Method
- CreateGridshp Method
- GetBasFile Method
- GetChdFile Method
- GetDisFile Method
- GetLpfFile Method
- GetNamFile Method
- GetOcFile Method
- GetPcgFile Method
- GetWelFile Method
- GetZoneFile Method**
- LinearRegression Method

## MODFLOWSupportService.GetZoneFile Method

運算並取得MODFLOW輸入檔中的 zone file

**Namespace:** MODFLOWSupportService

**Assembly:** MODFLOWSupportService (in MODFLOWSupportService.dll) Version: 1.0.0.0 (1.0.0.0)

### Syntax

C# VB C++ F#

```
public string GetZoneFile(
    int layerAmount,
    string projectName
)
```

#### Parameters

*layerAmount*

Type: System.Int32

模式分層

*projectName*

Type: System.String

專案名稱

**Return Value**

Type: String

圖 20 地下水模式輔助建置服務之 API — GetZoneFile 詳細內容。

表 3 地下水模式輔助建置服務之 API 列表

方法名稱	描述	參數
ComputebyArea	採徐昇氏分區給定參數	string[][] wellRowCell, string[][] modifygridRowCell, Dictionary<string, string> dicKValue
ComputebyDistance	採距離倒數方法給定參數	string[][] wellRowCell, string[][] modifygridRowCell, string[][] dateRowCell
ComputeDistance	計算兩點距離	double x1, double y1, double x2, double y2
CreateGridshp	產生系統網格圖之 shapefile	string projectName, double xmin, double xmax, double ymin, double ymax, double gridHeight, double gridWidth
GetBasFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 bas file	int layerAmount, string projectName
GetChdFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 chd file	int layerAmount, string projectName, int timeAmount, int timeUnit, int lengthUnit, double gridSide, string initialdate
GetDisFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 dis file	int layerAmount, string projectName, int timeAmount, int timeUnit, int lengthUnit, double gridSide
GetLpfFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 lpf file	int layerAmount, string projectName, int method, int status
GetNamFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 nam file	string projectName
GetOcFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 oc file	string projectName, int timeAmount,
GetPcgFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 pcg file	string projectName
GetWelFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 wel file	int layerAmount, string projectName, int timeAmount
GetZoneFile	運算並取得 MODFLOW 輸入檔中的 zone file	int layerAmount, string projectName
LinearRegression	計算線性回歸	double[] xvalues, double[] yvalues

選擇資料種類為日/時資料、raw/modified Data 以及 insert/update，最後，選擇相對應的檔案進行上傳，若需確認資料庫中資料是否正確，則可下載資料進行確認。

研究人員可於電腦版應用繪製日水位歷線，先點選日資料，再點選地下水分區與井號，最後，點擊繪出即可得日水位歷線，如圖 22 所示。

研究人員可繪製月平均水位歷線，先點選月平均，後續操作與日水位歷線一致。如圖 23 所示。

研究人員應用進行地下水模式輔助建置時，若是第一次使用本系統，則可開新專案，選擇系統預設或自訂的系統網格圖、系統邊界圖、地表高程以及模式分層狀況，如圖 24 所示；若是已有使用過本系統，則可開啟舊檔匯入之前的設定，做完上述動作後點擊檢核，本系統會確認是否所需的設定皆已完成，如圖 25 所示。確認

沒問題後點擊產生 MODFLOW 輸入檔，即可得到 MODFLOW 輸入檔，如圖 26 所示。

倘若地下水模式輔助建置所產製的 MODFLOW 輸入檔，仍需細部調整，可將 MODFLOW 輸入檔轉為 Shapefile，便可藉由 GIS 將 Shapefile 與相關圖資進行套疊來輔助模式調整，調整完畢後再於系統將 Shapefile 轉回 MODFLOW 輸入檔。以下圖 27 至圖 29 來針對上述作說明。

研究人員可將所得到的 MODFLOW 輸入檔，倘若自身沒有可運行 MODFLOW 的環境，可於電腦版應用進行模擬。以下圖 30 與圖 31 來針對上述作說明。

研究人員倘若需要對模擬後的結果進一步確認，本系統採用[Chen et al. [2014]]所開發的專家系統自動化參數檢定，來輔助研究人員對於模擬後結果進行檢定。以下圖 32 與圖 33 來針對上述作說明。



圖 21 查詢地下水觀測井相關資料之井基本資料。



圖 22 查詢地下水觀測井相關資料之日水位歷線。



圖 23 查詢地下水觀測井相關資料之月平均水位歷線。

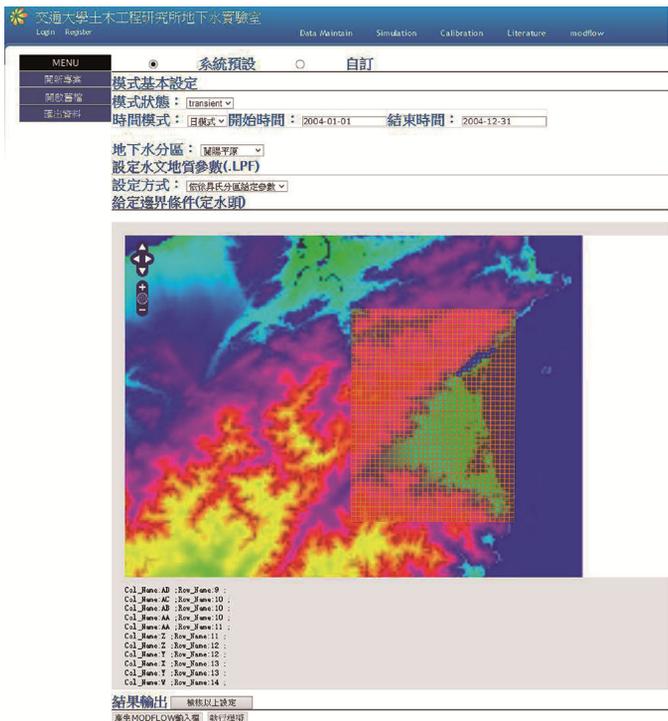


圖 24 地下水模式輔助建置系統預設之設定。

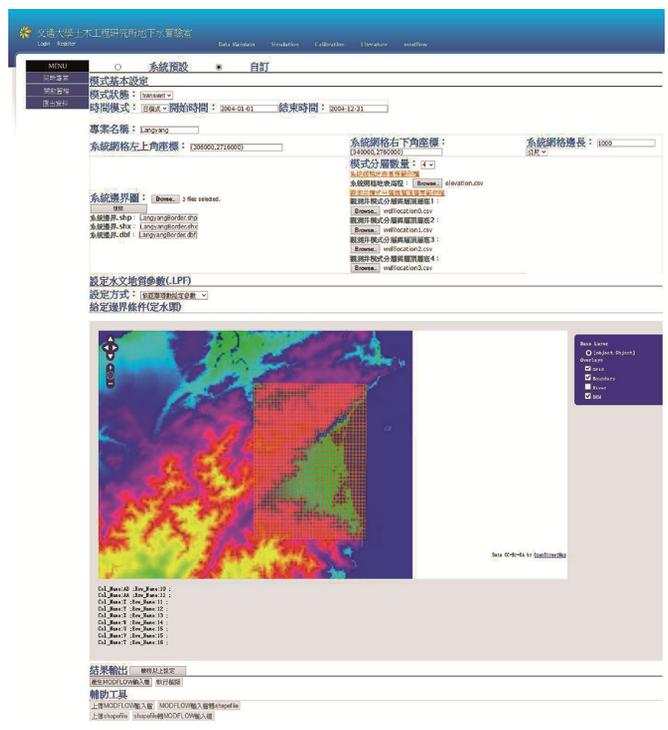


圖 25 地下水模式輔助建置自訂之設定。

交通大學土木工程研究所地下水實驗室  
Open Report Data Maintain Simulation Calibration Liberate modflow

MENU 系統預設 自訂

斷斷考慮 模式基本設定  
開斷考慮 模式狀態: [transient]   
備出資料 時間模式: [日模式] 開始時間: [2004-01-01] 結束時間: [2004-12-31]

地下水分區: [基隆平原]   
設定水文地質參數(LPF)  
設定方式: [選擇再區分區設定參數]   
給定邊界條件(定水頭)

Cell Name AD : Row Name 9 :  
Cell Name AC : Row Name 10 :  
Cell Name AB : Row Name 10 :  
Cell Name AA : Row Name 10 :  
Cell Name A : Row Name 11 :  
Cell Name T : Row Name 11 :  
Cell Name Z : Row Name 12 :  
Cell Name Y : Row Name 12 :  
Cell Name V : Row Name 13 :  
Cell Name W : Row Name 13 :  
Cell Name X : Row Name 14 :

結果輸出 條件以上設定  
產生MODFLOW輸入檔 執行模擬  
zone區下載 bas區下載 dis區下載 nam區下載 pcgrd區下載 pcgrd區下載 wel區下載 chd區下載

輔助工具  
上傳MODFLOW輸入檔 MODFLOW輸入檔轉shapefile  
上傳shapefile shapefile轉MODFLOW輸入檔

圖 26 地下水模式輔助建置之結果輸出。

屬性表格 - LangyangGrid - 圖面x總共:1496, 總筆: 1496, 已選取: 0

COL_NAME	ROW_NAME	BOUND_1	BOUND_2	BOUND_3	BOUND_4	STARHEAD_1	STARHEAD_2	STARHEAD_3	STARHEAD_4	TOP_1	BOTTOM_1	BOTTOM_2	BOTTOM_3	BOTTOM_4	KH_1	KH_2	KH_3	KH_4	
0	A	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	358.85	55.77	54.77	52.77	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
1	B	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	412.83	52.297	51.297	49.297	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
2	C	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	227.04	48.852	47.852	46.852	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
3	D	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	516.53	45.445	44.445	43.445	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
4	E	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	384.29	42.085	41.085	40.085	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
5	F	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	173.64	38.781	37.781	36.781	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
6	G	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	241.42	35.545	34.545	33.545	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
7	H	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	299.49	32.386	31.386	30.386	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
8	I	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	472.31	29.216	28.216	27.216	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
9	J	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	329.12	26.346	25.346	24.346	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
10	K	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	446.96	23.486	22.486	21.486	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
11	L	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	358.48	20.746	19.746	18.746	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
12	M	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	399.93	18.137	17.137	16.137	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
13	N	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	388.16	15.667	14.667	13.667	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
14	O	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	296.26	13.343	12.343	11.343	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
15	P	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	235.92	11.168	10.168	9.1685	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
16	Q	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	291.84	9.162	8.162	7.162	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
17	R	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	277.99	7.2739	6.2739	5.2739	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
18	S	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	518.43	5.5452	4.5452	3.5452	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
19	T	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	404.85	3.949	2.949	1.949	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
20	U	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	599.04	2.4882	1.4882	0.48823	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
21	V	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	623.87	1.08	0.079974	-0.02003	-1.92	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
22	W	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	653.27	-0.2461	-1.2466	-2.2466	-3.2466	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
23	X	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	590.9	-1.5394	-2.5394	-3.5394	-4.5394	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
24	Y	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	416.18	-2.8413	-3.8413	-4.8413	-5.8413	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
25	Z	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	563.54	-4.1867	-5.1867	-6.1867	-7.1867	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
26	AA	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	592.29	-5.6073	-6.6073	-7.6073	-8.6073	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
27	AB	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	473.93	-7.1257	-8.1257	-9.1257	-10.1257	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
28	AC	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	462.28	-8.5973	-9.5973	-10.5973	-11.5973	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
29	AD	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	428.13	-10.043	-11.043	-12.043	-13.043	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
30	AE	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	572.84	-11.4276	-12.4276	-13.4276	-14.4276	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
31	AF	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	481.66	-12.8602	-13.8602	-14.8602	-15.8602	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
32	AG	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	198.03	-14.2446	-15.2446	-16.2446	-17.2446	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
33	AH	1	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	0.63732	-15.6290	-16.6290	-17.6290	-18.6290	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
34	AA	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	324.05	-17.0134	-18.0134	-19.0134	-20.0134	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
35	B	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	543.95	-18.3978	-19.3978	-20.3978	-21.3978	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
36	C	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	484.21	-19.7822	-20.7822	-21.7822	-22.7822	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
37	D	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	498.56	-21.1666	-22.1666	-23.1666	-24.1666	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
38	E	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	400.64	-22.5510	-23.5510	-24.5510	-25.5510	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
39	F	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	308.5	-23.9354	-24.9354	-25.9354	-26.9354	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
40	G	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	186.13	-25.3198	-26.3198	-27.3198	-28.3198	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
41	H	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	173.44	-26.7042	-27.7042	-28.7042	-29.7042	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
42	I	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	297.86	-28.0886	-29.0886	-30.0886	-31.0886	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
43	J	2	0	0	0	0	10.0	10.0	10.0	241.37	-29.4730	-30.4730	-31.4730	-32.4730	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

圖 27 MODFLOW 輸入檔轉為 Shapefile。

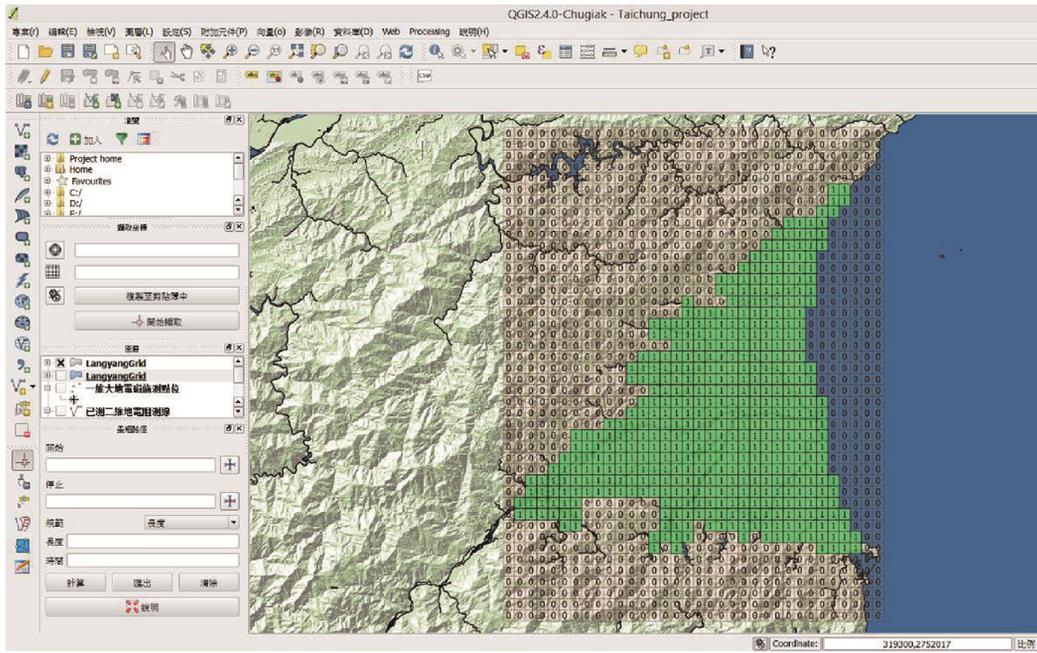


圖 28 MODFLOW 輸入檔之第一層網格啟用(Active)分布。

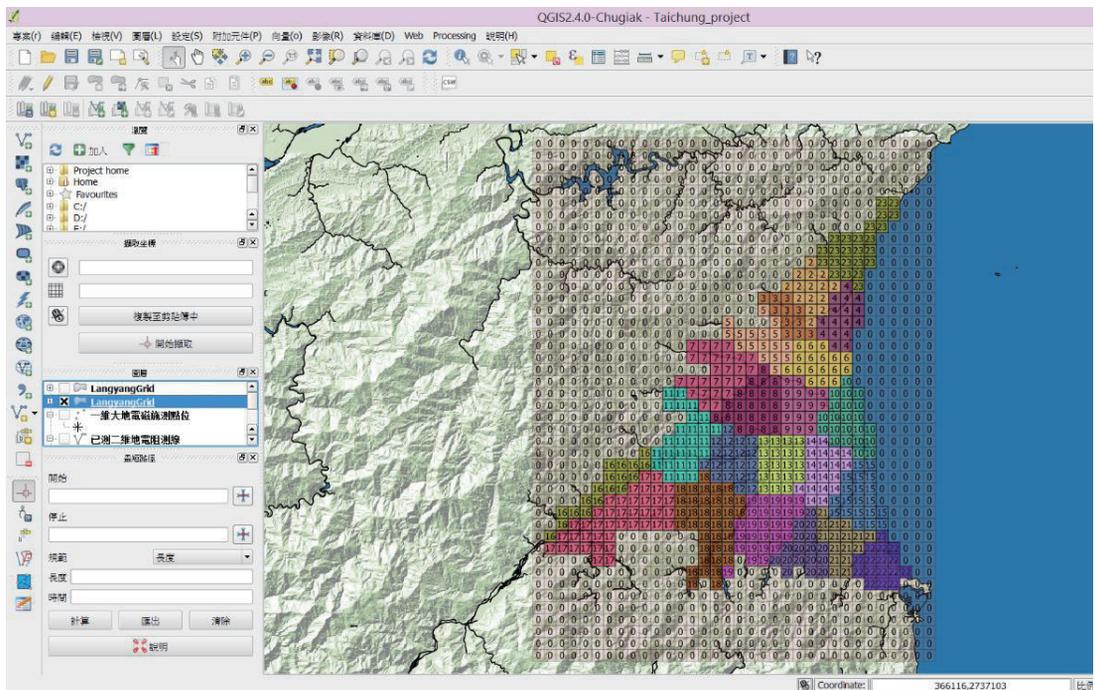


圖 29 MODFLOW 輸入檔之第一層 K 分區分布。



圖 30 模式運行及數值模擬結果查詢之開始模擬。

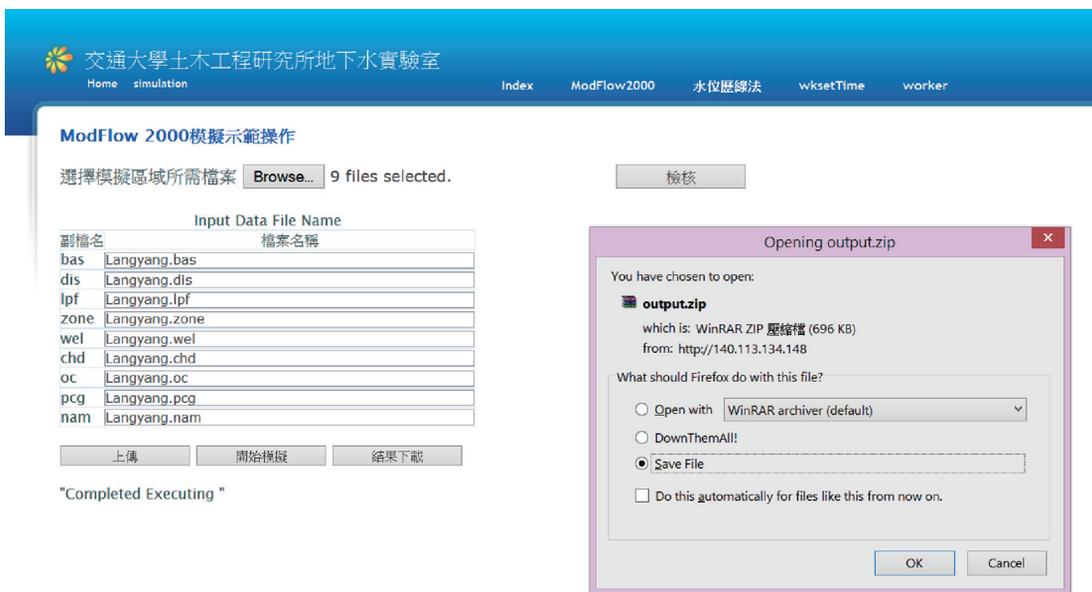


圖 31 模式運行及數值模擬結果查詢之結果下載。



圖 32 專家系統參數檢定之開始檢定。

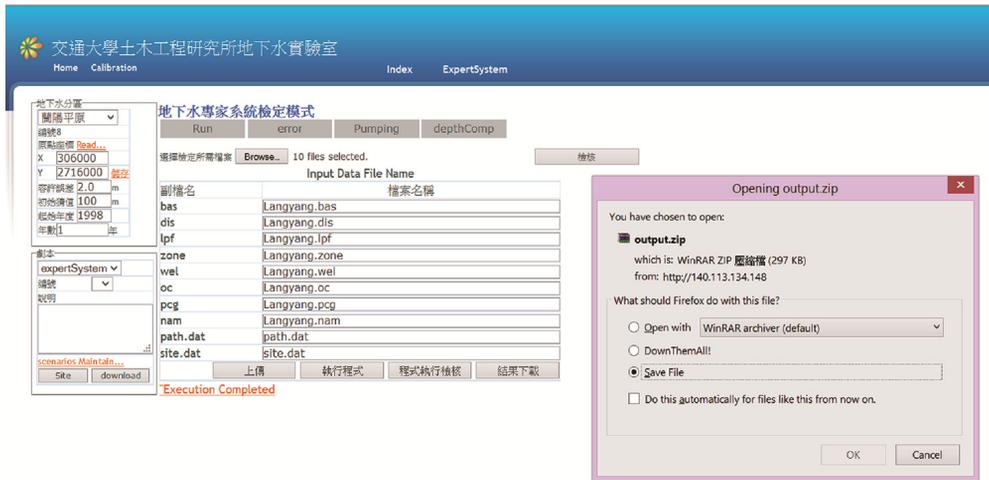


圖 33 專家系統參數檢定之結果下載。

## 五、結論與建議

本研究已成功建置以服務導向架構為開發概念的地下水模式建置輔助系統之雛形，其提供之服務有四，一為地下水各項水文地質調查與觀測資料的資料倉儲服務，提供研究人員相關水文資料查詢；二為地下水模式建置輔助服務，協助

研究人員進行模式前處理；三為地下水流模擬服務，提供研究人員可於本系統進行地下水流模擬；四為專家系統參數檢定服務，提供研究人員自動化模式參數調整。目前先於系統上建置曾完成模式模擬的區域，未來應可將研究人員於本系統建置之模擬案例進行知識管理，以達知識分享之功效。

本研究目前已蒐集地下水各項水文地質調查與觀測資料以及雨量觀測資料，並放置於水文資料庫，未來可蒐集更多水文相關資料來擴充資料庫內容。

本研究僅先針對 MODFLOW 來進行系統開發，此開發理念與方式，未來應可應用於其他水資源相關領域，以協助研究人員更專注於問題本身而非資料蒐集與前處理，目前先於系統上建置曾完成模式模擬的區域，未來應可將研究人員於本系統建置之模擬案例進行知識管理，以達知識分享之功效。

### 參考文獻

1. Chen, Y. W., Tsai, J. P., Chang, L. C., Chiang, C. J., Wang, Y. C., Hsiao, C. T. and Chen, Y. C. (2014), Identification of Regional Groundwater Net-Recharge Rate Using Expert System – A Case Study of Pintung Plain, Journal of Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering, pp. 37-49.
2. Wang, S. Q., Shao, J. L., Song, X. F., Zhang, Y. B., Huo, Z. B. and Zhou, X. Y. (2008), Application of MODFLOW and geographic information system to groundwater flow simulation in North China Plain, China, Environ Geol, 55(7), pp. 1449-1462.
3. 吳劍鋒、朱學愚(2000)。由 MODFLOW 淺談地下水流數值模擬軟件的發展趨勢。工程勘察(2)，頁 12-15。
4. 經濟部中央地質調查所(2013)。地下水水文地質與補注模式研究-補注區劃設與資源量評估(1/4)。
5. 經濟部水利署(2010)。水資源資料格式標準。
6. 藍元宏(2009)。適用於異質行動設備之以 SOAP 為基礎之領域 Web 服務中介平台。屏東科技大學資訊管理系所學位論文，頁 1-89。

收稿日期：民國 105 年 4 月 26 日  
修正日期：民國 105 年 7 月 25 日  
接受日期：民國 105 年 9 月 25 日