

# GIS 3D 應用於地下水位之研究

## The Study of Underground Water Levels Using the Technique of GIS 3D

國立宜蘭技術學院土木工程系  
副教授

徐輝明

Hsu, H.M.

國立宜蘭技術學院土木工程系  
副教授

趙紹錚

Chao, S.J.

國立宜蘭技術學院土木工程系  
教授

黃賢統

Hwang, S.T.

### 摘 要

本文主要目的在應用地理資訊系統(GIS)探討宜蘭地區地下水之分佈狀況，GIS之應用軟體為 Arc/Info 3.4.2、ArcView 3.0a 及其外掛模組 3D Analyst (ESRI)，宜蘭地區之平面電子地圖則採用內政部營建署所數化之 1/25000 臺灣多層底圖中之部分圖層，大地起伏則採用中央大學遙測中心之數值地形檔，地下水之資料則以蘭陽地區近五年來之新建工程及建築之鑽探資料為主，鑽探資料以地下水之資料為主，而以其他地質資料為輔，故除展示地下水狀況外，相關之地質資料亦予以展示，ArcView 3D 模組(TIN)為其主要應用模式，其中等高線、剖面分析、表面分析(Surface Analysis)等功能應用於地下水之分析，分析之結果可提供宜蘭地區土地應用之極佳之依據，本文除以 GIS 3D 實際應用於地下水的角度外，並對其 GIS 3D 之應用作一廣泛之探討。

**關鍵詞：**地理資訊系統，地理資訊系統 3D，地下水，鑽孔，數值地形模型。

### ABSTRACT

The major objective of this research is to study the current distribution of the underground water levels of the I-Lan plain areas using a tool of Geographic Information System (GIS) 3D. The digitized or computerized data such as area maps, DTM elevations, and boring holes' water tables were collected and processed. And then the data were analyzed through the use of the GIS 3D tool which adopted ARCVIEW 3D ANALYST as a trial. The ARCVIEW 3D modules such as Contouring, Cutting, Surface Analyzing, etc. were powerful and so helpful for the study. The conclusions of this study not only updated the current distribution of the water tables of the I-Lan plain areas but also

pointed out some other new observations.

**Keywords:** GIS, 3D GIS, Underground water, Boring hole, DTM.

## 一、前言

地下水之分佈狀況為一重要之水文現象，本研究之研究區域以蘭陽平原之區域為主，著重以既有之資料加以分析而得到結果，而其中應用地理資訊系統(GIS)之 Arc/Info 3.4.2、ArcView 3.0a 及其外掛模組 3D Analyst (ESRI)，並藉 ArcView 圖表及分析功能比較地下水之微區域分佈狀況。資料以已完成收集之大部份蘭陽地區近五年來之新建工程及建築之鑽探資料之地下水資料為主，而以其他土壤及水文資料為輔(S.T. Hwang, etc, 1997, 徐輝明等 1997, 黃賢統等 1997)，而資料則轉換為 GIS 檔案(圖檔及屬性檔)。藉著 GIS 可連結點(地下水)、線(水系)及面(大地起伏)之關係，除了可以圖形直接表示外，更能藉套疊(OVERLAY)功能對 3D 特性加上統計關係表提供各物理特性之圖形(Chart)進而使得比較具可讀性且具回饋性。

## 二、研究區水文簡介

宜蘭縣境內共有大小河川十餘條，其中以蘭陽溪最長最大，為最主要河川。蘭陽溪發源於中央山脈之南湖大山地區向東直流入海，其支流主要包括馬當溪、逸久溪、米磨登溪、賓谷富溪、夫布爾溪、四重溪、加納富溪、多望溪、田古爾溪、碼崙溪、芴芴溪、松蘿溪、清水溪等，出蘭陽平原後，則有羅東溪(寒溪)來會合而後出海。除蘭陽溪之外，其餘主次要河川包括：打狗溪、宜蘭河、大湖溪、蘇澳溪、白米溪、新城溪、五十溪、大礁溪、小礁溪、得子口溪、猴硐溪、北門溪、金面溪、福得溪、冬山河、大南澳北溪、大南澳南溪等(圖 1)，這些溪河當中就地下水之分佈流域而言，其中三者代表著三大流域而具有重要之意義，自北而南依序為得子口溪、蘭陽溪、冬山河。

一般而言，本縣之河川，落差均很大，且多垂直入海，故流短水急，沖蝕力量大，常導致河水亂流，而形成廣大河床。上游河段年幼段的 V 形谷地遍存，多湍流瀑布，不直接流入海者，常自上游帶來大量砂石，堆積河口，形成典型的沖積扇地形，其中面積較大者，每成為山地部落分佈所在地(例如寒溪村)。又由於降雨率集中，故本縣河川多屬「荒溪型」，中下游多呈地下潛流，旱季每不見水流。(摘自宜蘭縣綜合發展計劃，1986)

蘭陽地區雨量豐沛，地下水之涵養良好，補注迅速，本屬極為優良之含水層，近年來由於開發不當，抽水量超出補注量，地下水位逐漸降低，導致土層所承受之有效應力增加，而產生地盤下陷。同時，淡水與海水之交界面，由於水壓力之失去平衡，不斷向內陸推進，水質也因而惡化。

### 降雨與補注

本地區之降雨量極為豐沛，由位於山麓之五峰雨量觀測站(標高 140 公尺)自民國 70 年 1 月至 79 年 12 月之記錄可知，最大月雨量發生於 77 年 9 月曾達 1,798 公厘，當年雨量則達 4,694 公厘。位於平地之冬山河雨量觀測站，自民國 48 年 1 月至 79 年 12 月之記錄中，其月雨量在 63 年 10 月曾高達 2,546 公厘，而當年之年雨量則達 7,581 公厘(黃賢統，1991；張智欽，1995)。

蘭陽平原三面環山，對地下水文而言形成一封閉之盆地，地下水位之消長，主要決定於入滲及涵養之補注與地下水之抽用。經由民國 77 年礁溪自記觀測井日平均水位線與五峰雨量站日雨量變化，分析相關係數推算得補注時間約為 3 天(黃賢統，1991)，可見補注容易便捷，但因河川流短坡急，故大部份流入海洋，無法利用。

近年來，由於養殖業的興起，過度的依賴地

下水源抽水養殖，因而大部份地點地下水位逐年降低，顯示抽水量已超過補注量，而導致地盤下陷之問題。

### 地下水位

地下水位為本研究之專注所在，目前一般對地下水位了解圍蘭陽平原地下水位最深處在蘭陽溪上游天送埤一帶，地下水水位約在地面下 15~20 公尺間；至平原中央，地下水水位在地面下 5~7 公尺間，部份區域有受壓地下水潛出；而下游海岸沖積平原之地下水水位約在地面下 5 公尺以內。由於地下水流由水位高處向低處流動，故此區地下水流沿蘭陽溪自西向東注入海。地下水位等水位線形似梯階，甚為規則，其中以壯圍鄉大福村所形成之地下水洩降錐（黃賢統，1991）自成一系。根據經濟部 1989 年由 17 口水位觀測井，統計民國 58 年至 71 年蘭陽平原之地下水位季節變化，發現每年 9 月至隔年 1 月為高水位期，3 月至 7 月份為低水位期。

## 三、資料及處理

### 水系

資料蒐集採宜蘭縣境內大部份主要河川十餘條如圖 1，其中以蘭陽溪最長最大，為最主要河川。

### 鑽孔資料來源及登錄

資料蒐集採大部份蘭陽地區近五年來之新建工程及建築之鑽探資料之地下水資料為主，已抄錄鑽孔資料之單位計有：

1. 宜蘭縣政府建設局建管課；
2. 宜蘭縣政府建設局土木課；
3. 宜蘭縣政府建設局觀光課；
4. 國道新建工程局第三區工程處；
5. 水利處第一河川局；及
6. 宜蘭地區經篩選過之工程顧問公司和建築師事務所等。

此項工作共計登錄宜蘭地區之基本鑽孔資料 513 孔，鑽孔蒐集、檢核、抄錄、建檔、轉檔後以地理資訊系統軟體，使用 1/120,000 之宜蘭

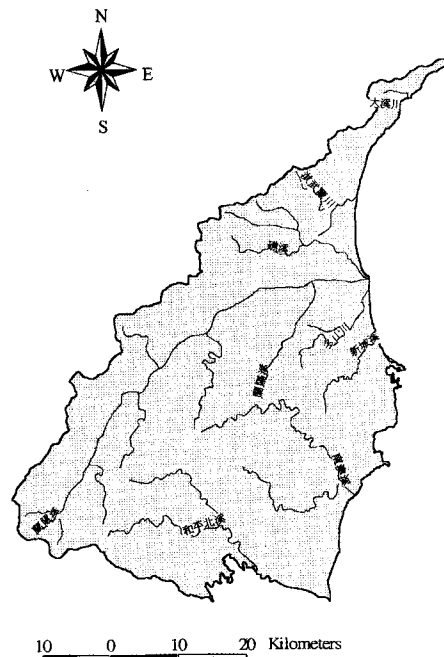


圖 1 宜蘭縣水系圖

縣鄉鎮圖，將完成之宜蘭縣 513 孔之分佈情形以圖 2 說明。

### 數值地形模型來源及登錄

資料蒐集以蘭陽地區為主，計有：

1. 鑽孔資料 513 孔之高程；
2. 臺灣地區數值地形模型資料庫。

然而限於臺灣地區數值地形模型資料庫資料過於龐大，蘭陽大範圍區域則採用鑽孔資料 513 孔之高程，而於局部小地區則採用臺灣地區數值地形模型資料庫中之宜蘭部分相對於分析之局部地區。

## 四、地理資訊系統相關分析

地理資訊系統 3D 模式乃採用 ARCVIEW 外掛之 3D 模組 (ARCVIEW 3D ANALYST)，在該模組中除可展出 3D 體外，更可作 3D 之表面 (SURFACE) 及分析 (ANALYTIC) 功能，資料格式為內建之 ARC TIN 及 ARC GRID，亦可轉入

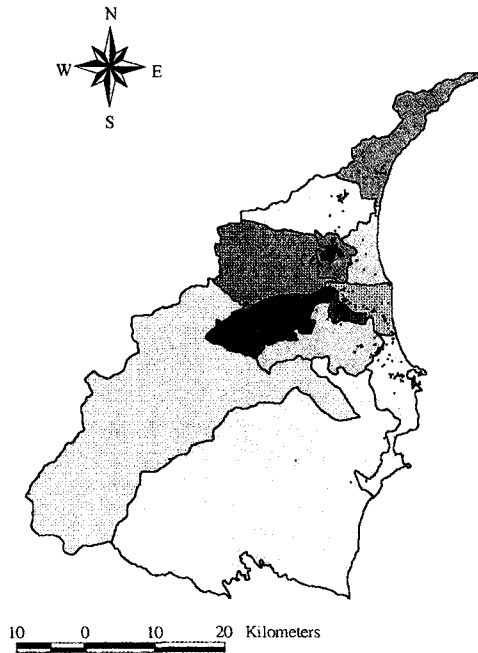


圖 2 宜蘭地區鑽孔分佈圖

(IMPORT) DEM、DTED、ASCII 等格式檔，此外 2D 之資料亦可在給予一參考高程情形下修改成爲 3D 之資料。依據該 3D 模組分析地下水分佈之狀況可得到較具分析性之結果。

首先將鑽孔資料 513 孔之屬性資料庫中之地下水高程作平面等高線之繪製，依不同之比例可畫出圖 3 及圖 4 之地下水等高線圖，該地下水等高線圖雖可解讀出部分結果，然因等高線之閱讀較爲困難，故而接著將該 2D 型式轉變成一 3D GIS 展示圖形資料庫格式。

將 513 孔之屬性資料庫中 X、Y、Z 之座標檔及宜蘭縣之數值地形檔(DTM)二檔分別以 TIN(或 GRID)格式轉成地形基面，接著同樣地將 513 孔之屬性資料庫中之地下水高程檔轉換成地下水基面，再將 513 孔之平面圖檔轉換成 3D 圖並以前項中任一個地形基面爲基礎面，同時藉由延伸線功能(EXTRUDE)將各點位延伸該點位之地下水長度至地下水基面，之所以製作兩個地形基面乃因宜蘭縣之數值地形檔資料過於龐大，故僅適合小範圍之建檔(如圖 5)，而以孔

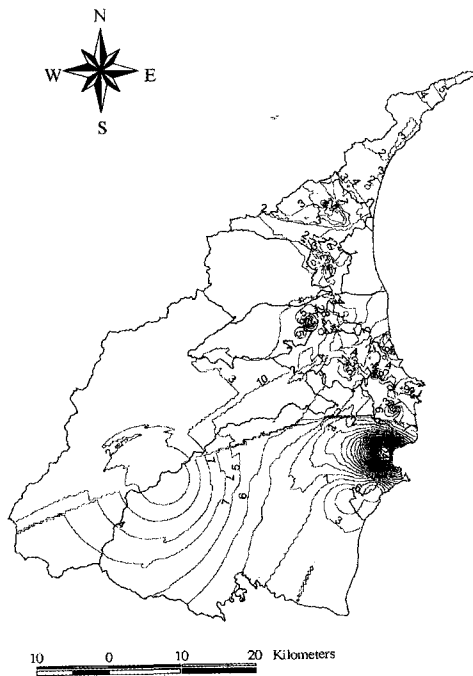


圖 3 宜蘭縣地下水位等深度圖

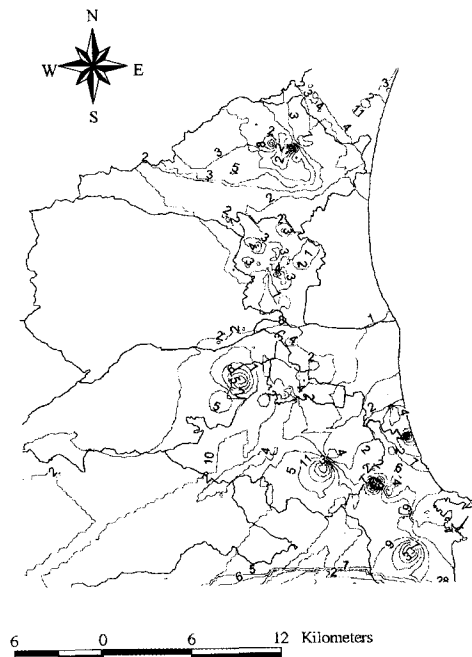


圖 4 宜蘭縣部分地下水位等深度圖

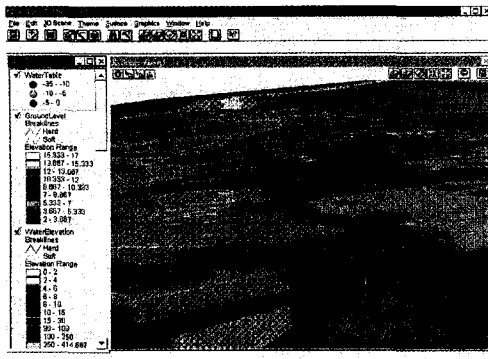


圖 5 宜蘭縣部分地下水水位 3D 深度圖

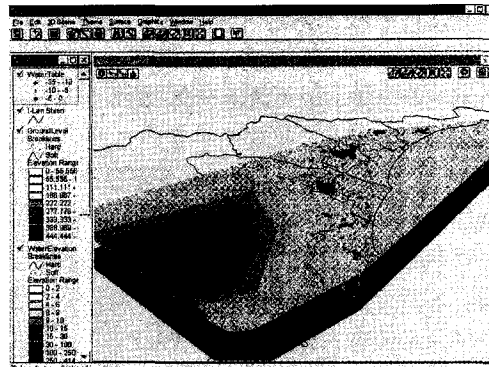


圖 6 宜蘭縣地下水水位 3D 深度圖

位建成之地形基面則較適合大範圍之建檔(如圖 6), 為求出地下水水位高程(即地形起伏面減地下水深度)以找出地下水流向, 則以圖 6 為基礎圖(宜蘭縣大範圍區)製作出地下水水位高程圖(如圖 7)。

此外尚須考慮水系之影響, 故須再將宜蘭縣主要河川十餘條平面水系圖以地形基面為基礎面轉換成 3D 水系圖, 同時並將該 3D 水系圖加入以上之 3D GIS 地下水水位高程圖以完成最後之成圖(同圖 7)。

### 五、分析成果之探討

依據近期中較完整之蘭陽平原區地下水報告中(張智欽, 1995)以 35 口水井調查結論出“宜蘭平原的地下水大致上自平原西側之雪山山脈山麓向東流和平原南側之中央山脈北端向東北流, 形成三個地下水系: 得子口溪地下水系、蘭陽溪地下水系、冬山河地下水系。”, 此項結論在本研究之 513 口孔中依地理資訊系統 3D 模式可得到完全之證明, 如觀查水脊線, 即可實際由圖上之資料驗證出地下水之流向及三個地下水系之形成。

此外將兩者之地下水水位水面距作成一比較如表 1 (35 孔 vs 513 孔)可發現約 60%蘭陽平原區下水水位水面距在 5m 內, 在 10m 內已有 90%, 此外本研究鑽孔資料僅能反應出年平均地下水水位, 並不能如 35 孔之水位觀測可別整理出枯水位及漲水位兩種不同時期, 實為依據工程鑽孔資

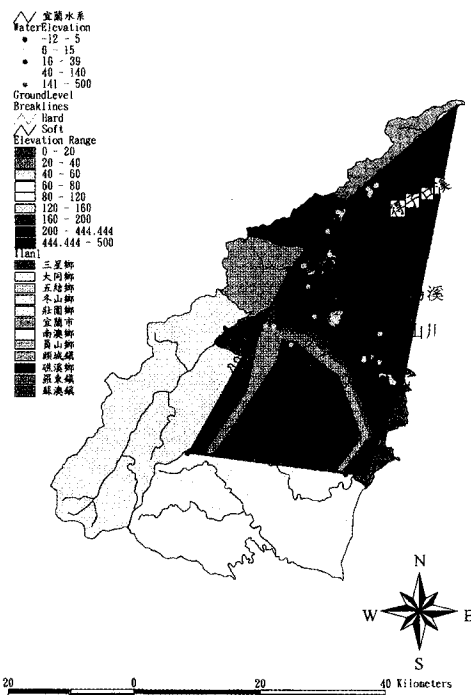


圖 7 宜蘭縣地下水深度及水系關係圖

表 1 地下水水位水面距比較表(35 孔 vs 513 孔)

地下水水位水面距(m)	35 孔(%)	513 孔(%)
<0	17	0
0-5	49	59
5-10	17	29
>10	11	12

料判讀地下水之缺憾；然此並不影響年平均狀況判讀之發現，如一般所認知蘭陽平原地下水水位最深處在蘭陽溪上游天送埤一帶，地下水水位約在地面下 15~20 公尺間似乎並不完善，應是 10~20 公尺間散佈在平原西麓及南麓帶；其他認知如至平原中央，地下水水位在地面下 5~7 公尺間；而下游海岸沖積平原之地下水水位約在地面下 5 公尺以內，似乎以平原中央直到下游海岸沖積平原之地下水水位約在地面下 5 公尺以內較能表達此次之資料。

## 六、結論

本文主要目地在應用地理資訊系統(GIS)探討宜蘭地區地下水之分佈狀況，宜蘭地區之電子地圖則採用內政部營建署所數化之 1/25000 臺灣多層底圖中之部分圖層，大地起伏則採用中央大學遙測中心之數值地形檔，地下水之資料則以蘭陽地區近五年來之新建工程及建築之鑽探資料為主，鑽探資料以地下水之資料為主，而以其他地質資料為輔，用 ArcView 3D 模組(TIN)其中等高線、剖面分析、表面分析(Surface Analysis)等功能應用於地下水之分析，分析之結果有以下四點結論：

1. 地理資訊系統為一最適於將含位相資料用以分析應用之軟體工具，本研究以地下水之研究即為一明顯之實例，尤其其中 GIS 3D 分析工具更具有其特有適合性於地下水之分析上；而針對以上之應用而言資料之數值電腦化實為一更重要之課題，如本研究中含有點(地下水)、線(水系)及面(大地起伏)之關係，藉著資料之數值電腦化與地理資訊系統分析應用，則可快速地達到分析之目的。
2. 在本研究之 513 口孔位中依地理資訊系統 3D 模式可得到蘭陽平原地下水現況，如地下水之流向及三個地下水系(得子口溪地下水系、蘭陽溪地下水系、冬山河地下水系)之形成及 90%蘭陽平原區下水位水面距在 10m 內，平均值約在 7m 附近。此外發現如蘭陽平原地下水水位最深處應是 10~20 公

尺間散佈在平原西麓及南麓帶，而且平原中央直到下游海岸沖積平原(蘭陽平原之大部分人口分佈區)之地下水水位約在地面下 5 公尺以內較能反應現況之資料。

3. 在點位之平面圖中以等高線繪製成果中(如圖 3 及 4)可發現成圖不易找出其成果特性，此乃因不同點位間之等高線變化過大，如改以繪製成 3D 基面圖且輔助以軟體局部縮放功能(如圖 4 及 5 之比較)則大大增加可讀性與功能性，此外軟體之統計功能更能有效地幫助解讀資料，對於處理其他類似之分析，GIS 3D 軟體就功效上而言應是一較佳的選擇。
4. GIS 3D 分析工具以 ARCVIEW 3D 模組而言，TIN 或 GRID 的基面(例如大地起伏面)固然方便及有效快速，然兩個基面之同時展示則不易閱讀(如圖 5 及 6)，而且其軟體本身並無法將兩個基面之相減以產生一新基面(例如將大地起伏面減去地下水深度面以得到地下水之高程面)，這對實際應用上有極大不方便，所以各 GIS 3D 軟體之適用性有更進一步研究探討之必要。

## 七、誌謝

本文承蒙宜蘭縣政府及其他各相關單位資料提供，謹此致謝。

## 八、參考文獻

1. 徐輝明，黃賢統，游械誠，1997，GIS 應用於評估分級花蓮地區地下水補注功能之研究，中華地理資訊學會資訊學報第一期，pp.73~86。
2. 黃賢統，黃成良，徐輝明，1997，GIS 應用於宜蘭地區水稻田入滲率推估之研究，第三屆地理資訊系統學術研討會，pp.688~700。
3. 張智欽，1995，宜蘭地區地下水之研究，博士論文，國立台灣師範大學地理學系。
4. 黃賢統，1991，宜蘭地區地下水天然補注影響時間之研究，宜蘭農工學報第 3 期，PP.151-166。

5. 宜蘭縣政府，1986，宜蘭縣綜合發展計畫。
6. Hwang, S.T., Hsu, H.M., and You, Y.C.,1997, "Evaluation of Groundwater Recharge for I-Lan Area Using the Technique of GIS," The Proceedings of GIS AM/FM ASIA'97 & Geoinformatics'97, pp.221-227.
7. ESRI, ARC/INFO 3.4.2 & ARCVIEW 3.0a, GIS Software Package, 仲琦科技。

收稿日期：民國 87 年 9 月 1 日

修正日期：民國 87 年 9 月 24 日

接受日期：民國 87 年 10 月 7 日