

淡江大學土木工程學系碩士班  
商用地理資訊系統在鋪面管理上的應用

(The Application of Commercial Geographic Information System to Pavement Management)

指導教授：李英豪

研究生：林明輝

中華民國九十六年一月十三號

## 緒論

研究背景

- 公路路網日漸完善後鋪面工程之重點  
→ 由著重設計施工提升至管理的層面
- 鋪面管理  
→ 在鋪面管理上，如何能增進鋪面路網管理上的效率，並且讓使用者可以迅速獲得所需資訊並且能迅速的做出正確的判斷、分析及決策，為鋪面管理的重點之一
- 鋪面管理系統  
→ 資訊化與自動化是為了增進鋪面管理系統效率的主要發展目標  
→ 結合最佳化分析、動態分段資料庫以及地理資訊系統的鋪面管理系統，提供了鋪面管理所需要的資料庫資訊，也提供了圖形化介面可提升使用者的管理效率及決策印象

## 緒論

研究目的

- 瞭解商用地理資訊系統於動態分段及圖形展示上之應用方式。
- 研究如何將商用地理資訊系統中動態分段及圖形展示之應用方式自動化。
- 建立動態分段及圖形展示之自動化模組。
- 結合動態分段資料庫、地理資訊系統與最佳化維修策略，建立一鋪面路網管理系統。
- 對國內鋪面管理系統發展方向與如何應用及落實給予建議。

## 緒論

研究步驟

- 瞭解GPS及GIS之基礎觀念與應用方向
- 瞭解國內外所發展之鋪面管理系統之概況，以及GPS與GIS於其中之應用
- 選擇並引進適用於鋪面管理之商用GIS
- 針對選用之GIS軟體建立動態分段及圖形展示之自動化模組
- 結合動態分段資料庫、地理資訊系統與最佳化維修策略，建立一鋪面路網管理系統
- 驗證系統分析結果之正確性
- 結論與建議

## 鋪面管理資料庫架構 (1)

- 鋪面管理階層
  - 路網階層、個案階層
- 鋪面資料蒐集
  - 明確性、可量測性、可否達成、相關性與及時性原則 (SMART原則)。
  - 抽樣調查
- 鋪面路段定義
  - 固定長度路段、均質路段
- 路網階層資料庫構建
  - 道路基本資料、路面狀況調查資料、交通量調查資料、維修養護資料

## 鋪面管理資料庫架構 (2)

- 鋪面管理指標
  - 結構性指標、功能性指標
- 國內發展之鋪面管理指標
  - 鋪面破壞指標 (PSDI)
  - 結構強度指標 (SSI)
- 鋪面維修利益
  - 降低使用者成本 (User Cost)

## 全球衛星定位系統之介紹

- GPS系統架構
  - 太空部分
  - 地面控制部分
  - 使用者部分
- 座標定位系統
- 誤差來源
  - 選擇效應 (Selective Availability, SA) 差分定位
- GPS應用特點
  - 不受任何氣候的影響、全球覆蓋 (高達98%)、三維定速定時高精度、快速省時且高效率、應用廣泛且多功能及可移動定位

## 全球衛星定位系統之應用

- GPS的應用範圍
  - 精確定時、工程施工、勘探測繪、導航、定位
- GPS於鋪面管理之應用
  - GPS對於固定的參考點可以提供準確的定位
  - GPS可以準確且有效率的提供空間資料給地理資訊系統
  - 對於一些擁有非線性鋪面的設施來說，GPS是非常好的定位系統
  - 然鋪面乃固定位置之結構物，因此GPS於鋪面管理資料的即時蒐集上，有較佳的應用

## 地理資訊系統之介紹與應用

- 地理資訊系統
  - 為一套強而有力的工具，可以將我們居住的地球數位化，進而管理、分析地球上有限之資源
- GIS基礎理論
  - 廣義定義、狹義定義、空間資料、屬性資料
- GIS之應用範圍
  - 土地利用；交通狀況、選線分析；管線管理；暴力分佈狀況；訊息發射站傳輸訊號通阻分析；商業分析；環境分析、自然資源監測管理；資源調度

## 地理資訊系統於鋪面管理之應用 (1)

- 就資料管理而言，以往所用來做資料管理的資料庫軟體在功能上已經足夠
- 地理資訊系統於鋪面管理系統中分析道路資料最重要的兩個觀念，動態分段 (Dynamic Segmentation) 及即時轉換 (Concurrent Transformation) 的執行能力與舊有手法來說較為簡單、方便、穩定且不易出錯的
- GIS中強大的位置參照及空間分析功能較傳統分析手法有利
- 地理圖形化顯示鋪面管理時的重要資訊，可讓使用者更清楚的明白實際路段情況，更加深管理相關資訊的概念

## 地理資訊系統於鋪面管理之應用 (2)

- 國外應用範例
  - ILLINET
  - Micro PAVER
  - DataPave
- 國內應用範例
  - 鋪面路網動態分段資料庫系統
  - 台灣地區瀝青路面網級養護管理系統
  - WEB-BASED機場剛性道面版塊管理系統
  - 機場鋪面維修系統
  - 屏東縣柔性鋪面養護與諮詢系統

## 鋪面管理系統架構與功能之比較 (1)

- 國內之鋪面管理系統於資料分析、自動化、查詢資料分析運算工具及GIS圖形化展示方面，相較於國外之鋪面管理系統相對的未盡完善
- 普查方式及固定長度路段的定義來蒐集資料，較適用於需要資料較詳細的個案階層
- 理階層屬於路網層級時，較適合運用抽樣方法及均質路段觀念調查資料

## 鋪面管理系統架構與功能之比較 (2)

名稱	管理階層	資料蒐集方法	路段定義	GIS應用	GPS應用	動態分段應用
ILLINET	路網	抽樣	均質	自行撰寫	無	有
Micro PAVER	路網	抽樣	均質	ArcView	無	有
鋪面路網動態分段資料庫系統	路網	抽樣	均質	自行撰寫	無	有
台灣地區瀝青路面網級養護管理系統	路網	普查	固定長度	MapInfo	無	無
WEB-BASED機場剛性道面版塊管理系統	個案	普查	固定長度	MapInfo	無	無
機場鋪面維修系統	個案	普查	固定長度	ArcView	有	無
屏東縣柔性鋪面養護與諮詢系統	個案	普查	固定長度	ArcView	無	無

## GIS軟體應用之分析與比較

- SuperGIS
  - 為台灣崧旭資訊股份有限公司針對國人使用習慣所研發之桌上型地理資訊系統
  - 內含分析、查詢、編輯等功能
- Geomedia
  - 為InterGraph公司所發展之GIS系統，可支援多種GIS軟體格式與連結，且有多種程式語言可供使用者開發
  - 於2001年所發展之GeoMedia Transportation Manager軟體，方能解決各種線性參考分析等問題
- ArcView
  - 為ESRI公司ArcGIS地理資訊系統系列軟體中之桌上型軟體
  - 自ArcView 8.2版（2001年）開始，將線性參照模組統合至ArcView軟體中，成為ArcView的基礎應用模組之一，以解決各種線性參考分析的問題

## 商用GIS軟體選定

- SuperGIS 軟體為針對國人使用習慣所研發，且其使用者介面為繁體中文，具有使用簡單及介面親和力高的特性，但卻無法達成本研究所需要之動態分段功能
- GeoMedia 軟體雖然可以符合本研究所需要之動態分段功能的需求，但其動態分段的分析及展示分別應用於不同的兩套子系統，使用GeoMedia 軟體將會需要更多的花費及人員訓練時間
- ArcView 軟體不但包含了各種應用模組，更能簡單的應用本研究所需之動態分段模組，且人員訓練簡單、軟體購置費用節省以及相關套件的功能與相容性亦相當強

## 鋪面資料庫之建立 (1)

- 資料蒐集
  - 在經費有限且符合SMART原則的情況下，傳統普查之資料蒐集單位及方式將有其執行的困難度。因此抽樣調查觀念之引進實有其必要性
  - 直接採用施工單位所記錄的資料將可簡化資料蒐集程序，亦較有根據；且各屬性之調查資料獨立記錄亦較具可靠性
  - 採用動態分段記錄方式將不同資料分別記錄於各獨立表單，可方便屬性資料之專責機構的蒐集，亦可方便各種屬性資料的更新
  - 利用均質路段取代傳統之固定長度路段將可使資料庫更有彈性、調整性且更易於更新及分析管理
  - 本研究於卡車因子及鋪面評估指標上，針對國內情形於以假設

## 鋪面資料庫之建立 (2)

### ● 資料庫構建

- 將鋪面性質針對收費站前後500公尺假設為剛性鋪面，其餘假設為柔性鋪面
- 將基隆至員林路段，全長111公里假設為雙向六車道，員林以南則假設為雙向四車道
- 將中山高速公路以”基隆-新竹系統”、”新竹系統-大林”以及”大林-高雄”為基準，分割為北、中、南三區，分別代表為北區工程處、中區工程處以及南區工程處
- 將全線柔性鋪面面層厚度一致假設為20公分，剛性鋪面面層厚度則一致假設為15公分
- 將柔性鋪面之結構強度 (SN) 假設為4，而剛性鋪面結構強度 (D) 假設為18公分

## 鋪面資料庫之建立 (3)

### ● 資料庫構建 (續)

- 完工日期上將三重到中壢路段假設為為1974年7月29號，其餘路段則假設為中山高速公路全線通車時間1978年10月31號，而建造年數將以鋪面加鋪年度減去建造年度後定義之
- 由於交通量統計資料僅在全線十個收費站有數值紀錄，因此本研究將兩兩收費站之里程數假設為路段之起迄點，再將兩收費站所蒐集之交通量做平均並訂為該路段之交通量
- 針對PSR預測模式計算其平均每日交通量，及重車比率，且將資料更新至民國91年之資料
- 將記錄養護之時間以年度為單位，並合理假設其加鋪及刨除之厚度
- 國內目前在鋪面狀況調查方面是以蒐集國際糙度指標 (IRI) 為主，因此本研究於此資料表單以每一公里分向假設一IRI值

## 鋪面資料庫之建立 (4)

欄位名稱	所屬表單	範例值	單位
識別碼	所有表單	1, 2, 3	-
行車方向	所有表單	N (北上)、S (南下)	-
起點	所有表單	55, 300	公里
迄點	所有表單	55, 300	公里
鋪面形式	鋪面形式	AC、JPCP、JRCP	-
車道數	鋪面形式	2, 3	-
分區	鋪面形式	北區、中區	-
鋪面厚度	鋪面厚度	18, 20	公分
結構強度	鋪面厚度	4, 18	當鋪面鋪面結構為AC時代表SN，PCC時代表D，ACOL時代表OLTHK
完工日期	鋪面建造年數	1982/10/10	-
鋪面建造年數	鋪面建造年數	2, 5	年
交通量	交通量調查資料	30	千輛
年度	交通量調查資料	82	年 (民國)
AADT	交通量調查資料	83	千輛
重車比率	交通量調查資料	12	%
維修年度	鋪面維修資料	82	年 (民國)
加鋪厚度	鋪面維修資料	10	公分
刨除厚度	鋪面維修資料	10	公分
IRI	鋪面狀況調查	2, 9	m/km

## 動態分段分析及展示

- 傳統的動態分段分析是利用資料庫資料表單欄位間相互排序與疊加來達成動態分段的目的，當資料增大或屬性種類繁多時將會使使資料庫變的相當龐大且操作過程複雜
- 過去鋪面管理系統為了配合動態分段的功能，必須依照系統開發條件配合軟體開發，或自行開發獨立之地理資訊系統
- 本研究利用VB之功能，於外部介面控制ArcView功能，藉此達到雖然脫離軟體架構，卻仍然能夠符合功能之要求

## 位置參照之介紹

### ● 位置參照系統

- 為一套程序，應用於某單位內之空間資料管理，系統提供空間資料之存取、維護與儲存
- 位置參照系統為以下四部份所組成：
  - ✓ 資料儲存方式
  - ✓ 路網或路徑
  - ✓ 位置參照方法
  - ✓ 位置表達方式

## 線性參照之介紹 (1)

### ● 線性參照之定義

- 針對線性特徵之物件做為認定物件位置之方式稱為線性參照，並且可以針對線性特徵資料進行生產、展示、質問、分析及管理等工作

### ● 應用範圍

- 主要應用範圍包含高速公路及街道、運輸系統、鐵路、石油及瓦斯的探測、地下管線及水資源等領域

## 線性參照之介紹 (2)

### ● 基本應用方法

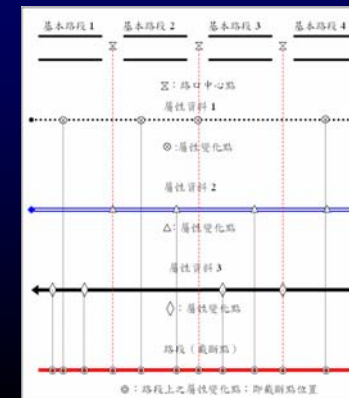
- 將包含道路資料之底圖，與道路圖層做疊合、校正。
- 展示各圖層，並在圖資上或是資料表內，針對內部資料進行查詢。
- 將不同圖層中相同屬性部分挑出並展示。
- 將擁有相同名稱或屬性的路段重新彙整為新路段，並可以重新分段及校正。
- 可修改調整因子用以改變自動量測之單位

### ● 資料儲存方式

- 靜態分段
- 動態分段

## 動態分段之介紹

### ● 動態分段示意圖



## 數位圖資之擷取與應用 (1)

- 數位圖資
  - 本研究所使用之數位圖資為交通部運輸研究所所構建的1/25000的數位道路地圖
- 數位圖資之擷取
  - 由於數位地圖資料包含了全國的道路資料，因此在ArcView軟體中利用SQL語法將中山高速公路圖資選取後另行匯出
- 數位圖資之篩選
  - 交通部運輸研究所構建的數位道路地圖中，將交流道及匝道等路段名稱亦定義為中山高速公路，而其為本研究非必要之雜項路段。但由於其名稱定義相同，無法利用SQL語法將其去除，因此需利用人工將其選取及刪除後再另行匯出圖層

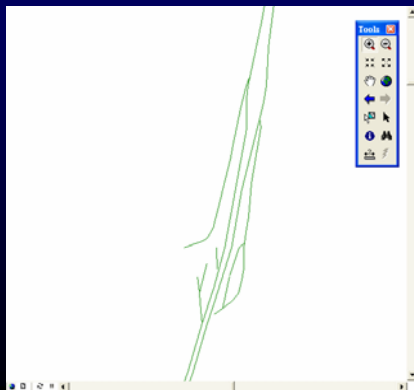
## 數位圖資之擷取與應用 (2)

- 中山高速公路圖資擷取示意圖



## 數位圖資之擷取與應用 (3)

- 匯出圖資後之雜項路段 (新竹交流道為例)



## 數位圖資之擷取與應用 (4)

- 數位圖資之定義
  - 本研究所應用之數位道路地圖中，並未將中山高速公路南下及北上路斷分開定義，而是將雙向都單純的定義為「中山高速公路」
  - 在鋪面管理中，雙向道路的兩側宜分別定義與管理，然而又因為其定義相同，無法利用SQL語法將其去除，因此需於表單內新增「行車方向」欄位，並利用人工將其選取後新增「行車方向」之欄位名稱以利後續研究分析

## 線性參照之應用 (1)

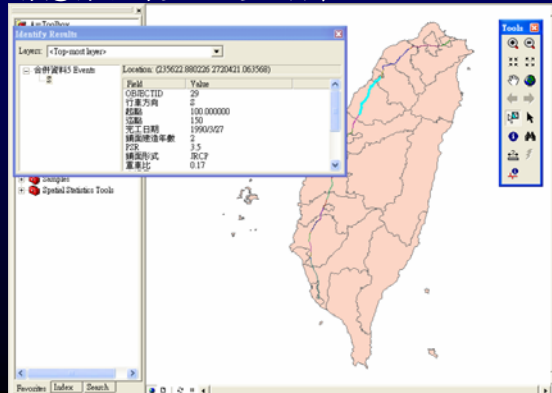
- 手動操作步驟
  - Create Routes
    - ✓ 將GIS中的線段資料定義並宣告為路段
  - Create Routes From Existing Lines
    - ✓ 將已經存在之路段定義其起點及里程數
  - Overlay Route Event
    - ✓ 將描述路段屬性之表單合併
  - Make Route Event Layer
    - ✓ 將合併完成之表單與路段依據起迄點分段及展示

## 線性參照之應用 (2)

- 資料表單整合
  - ArcView軟體的線性參照功能裡，已整合了Combine Events的功能，可將國內所有固定長度的鋪面資料，自動整合成動態分段所需之資料形式
- 表單整合功能
  - Dissolve Route Events

## 線性參照之應用 (3)

- 動態分段展示及查詢圖



## 線性參照之自動化 (1)

- 自動化之方法
  - 於外部利用VB建立使用者介面並連接資料庫軟體與GIS軟體，以進行資料庫管理、資料分析及圖形化展示
- 動態分段自動化
  - 在ArcView中表單之結合與分段應用為「Line on line event overlay」功能，並結合VBSQL Reference程式碼，撰寫刪除資料表之程式碼以完成動態分段自動化



## 線性參照之自動化 (2)

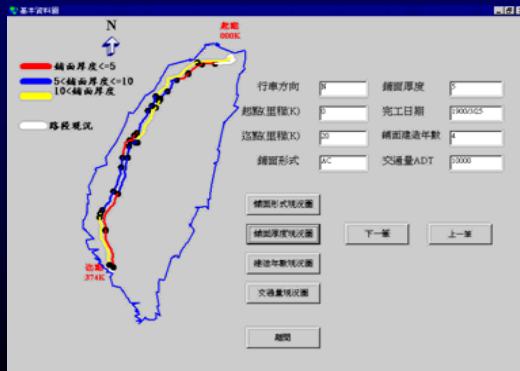
- 動態分段圖形化展示自動化執行程序
  - 搜尋並讀取欲結合之資料表；
  - 搜尋並讀取欲結合之路段圖層；
  - 指定目標欄位及起迄點欄位；
  - 依據指定之欄位進行表單及圖資之結合；
  - 展示完成後畫面。

## 線性參照之自動化 (3)

- 線性參照自動化之困難
  - ArcView的程式碼中又分為介面、介面查詢、多形等屬性。ArcView共有超過50個以上的物件庫，而每個物件庫有一個以上的物件模組圖，且物件模組圖中有超過1500個以上的類別以及超過1600個以上的介面，因此如何正確的選擇欲使用功能的歸類所在以及程式碼的查詢應用，確有其複雜性困難度
  - ArcView本身程式碼功能有限，若要做到完全獨立於外部運作，必須結合ArcEngine控制程式及額外授權碼

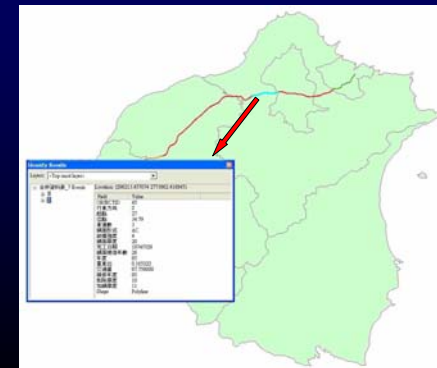
## 線性參照之自動化 (4)

- 過去之圖形化展示



## 線性參照之自動化 (5)

- 北區工程處以交通量為基準查詢及展示圖



## 最佳化維修策略 (1)

- 鋪面評估指標之預測與估算
    - 國內目前雖然有進行國際糙度指標 (IRI) 資料的蒐集，但卻沒有一套具代表性與可靠性之鋪面績效預測模式
    - 本研究於鋪面管理資料庫中特將鋪面評估指標假設為IRI，並利用根據研究所發展出PSR與IRI之轉換公式將IRI之數值轉換為PSR後，利用PSR鋪面績效預測模式來進行分析
- $$PSR = 5 * e^{(-0.24 * IRI)}$$
- $$PSR = PSR_1^{-a} * STR^b * AGE^c * CESAL^d$$
- 於分析後，再利用轉換公式將其轉換為IRI，藉此預測模式之轉換方式，以代替IRI之預測模式

## 最佳化維修策略 (2)

- 卡車因子之估算
  - 國內卡車因子變動情形相當大，要找出一符合國內現況的卡車因子並不容易
  - 本研究暫時採用洪政乾學長所建議之1.5作為計算ESAL時卡車因子之數值，未來若有一符合國內現況之卡車因子則可藉由本系統之參數修改，直接修改使用

## 最佳化維修策略 (3)

- 維修方案排序最佳化
  - 需求分析：需求分析不考慮預算限制，只要為待維修之候選路段都能得到維修養護
  - 簡單排序：簡單排序以狀態越差越優先作為準則考量
  - 益本比：將所有需維修之候選路段的益本比 (Benefit-Cost, B/C) 從大排到小，益本比越大者越優先給予經費維修，直到有限的年度經費用完
  - 增量益本比：增量益本比法為對於一路段之所有可行維修方案計算增加的成本 ( $\Delta C$ ) 與增加的利益 ( $\Delta B$ )，再對路網所有需維修路段之所有可行方案一起考量

## TKUNET2系統 (1)

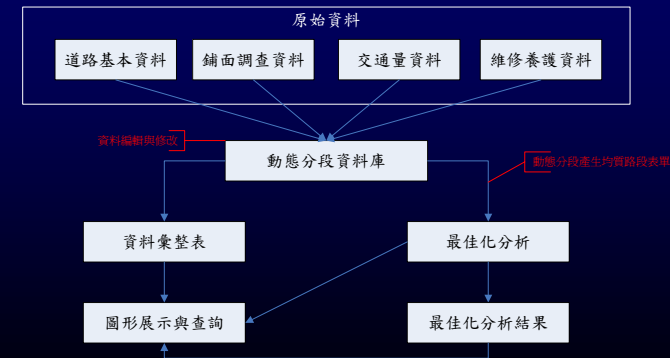
- 程式語言之選定
  - 在考慮整合及應用上的相容性與便利性後，本研究採用Visual BASIC 6.0企業版軟體為開發資料庫系統的程式。因為其為物件導向之視窗化開發語言，更能夠利用外掛模組與多數軟體進行連結與控制。且本研究整合之鋪面路網動態分段資料庫系統模組是以Visual BASIC 6.0作為開發工具。

## TKUNET2系統 (2)

- 系統之整合
  - 本研究將各原始資料表單存於ACCESS資料庫中，利用VB於外部介面控制及編輯
  - 本研究以商用地理資訊系統的內部程式碼，利用VB程式撰寫於外部系統操控彙整資料的動態分段與圖形化展示功能。藉此避開商用地理資訊系統繁雜的操作介面，並同時解決傳統利用資料表整合所執行之動態分段不穩定之問題
  - 本研究利用均質路段觀念將鋪面資料依屬性作分類，將不同屬性之資料儲存於不同的表單之中，並可以原始資料表單進行分析，藉此改善鋪面管理的效率。

## TKUNET2系統 (3)

- TKUNET2運作流程

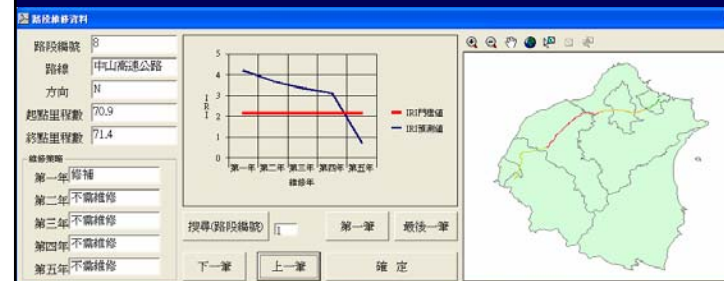


## TKUNET2系統 (4)

- TKUNET2之功能
  - 以原始資料登錄形式記錄之各表單可直接自動分段及分析
  - 可擷取欲分析年度及工務段資料進行分析
  - 將ArcView 動態分段功能於外部VB介面撰寫自動化程式，並可圖形化展示及查詢彙整資料
  - 可利用各種最佳化分析方法（需求分析、簡單排序、益本比等）進行最佳化維修策略之分析
  - 最佳化分析結果可結合ArcView軟體於以圖形化展示及查詢

## TKUNET2系統 (5)

- 最佳化分析結果查詢及展示



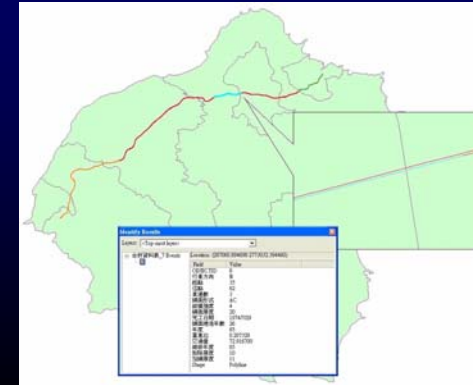
## TKUNET2系統 (6)

- 工程處分區示意圖



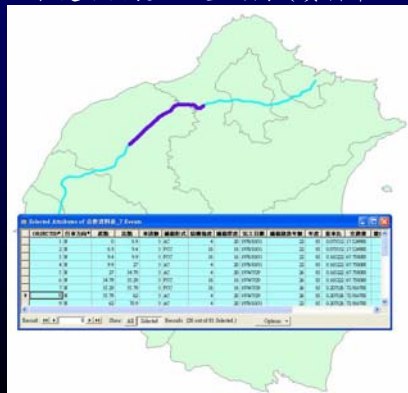
## TKUNET2系統 (7)

- 北區工程處路段展示及查詢圖 (路段點選查詢)



## TKUNET2系統 (8)

- 北區工程處路段展示及查詢圖 (資料庫點選查詢)



## 結論 (1)

- 研究成果(TKUNET2)
  - 資料庫是以均質路段及抽樣調查之觀念，以原始資料登錄形式，將資料記錄於各表單，並記錄多年度之資料
  - 系統可擷取欲分析年度及工務段之資料，並在外部VB介面利用ArcView之動態分段功能於以彙整
  - 系統可將彙整之資料在外部VB介面利用ArcView功能進行圖形化展示及查詢，並針對彙整資料進行最佳化分析
  - 系統提供決策樹、生命週期成本與單一選擇之維修策略選擇，及多種的維修利益考量，包括：延車公里、使用者成本之降低、增加之壽命與平均PSR等，配合不同的最佳化排序法，包括：需求分析、簡單排序、益本比及增量益本比等多種方法，進行最佳化分析
  - 系統可將最佳化分析結果在外部VB介面利用ArcView功能進行圖形化展示及查詢

## 結論 (2)

- 系統效率
  - 將各屬性表單結合抽樣調查觀念分別記錄，並以原始資料形式登錄，將改善資料蒐集與分析之效率
  - 將地理資訊系統之功能匯出至外部VB表單使用，將可避免於軟體內使用之複雜性，以及軟體運作所需之硬體資源
  - 於外部整合各項功能，並運用ArcView動態分段功能，可解決傳統利用資料表整合所執行之動態分段不穩定之問題
  - 在同一介面下彙整並執行最佳化分析，將可節省管理者之分析決策時間
- 系統程式需持續編修

## 建議 (1)

- 資料蒐集
  - 建議國內公路主管機關利用均質路段觀念將鋪面資料依屬性作分類，將不同屬性之資料儲存於不同的表單之中；再結合抽樣調查之方法，藉此減少鋪面資料之調查並增進鋪面管理分析之效率
  - 建議國內公路主管機關可以比照交通量之調查，增加軸重軸次調查資料之可靠度與適用性，藉此找出一適用於國內狀況之卡車因子

## 建議 (2)

- 鋪面指標
  - 應採用一所需資料最少之簡易型綜合性指標
- 預測模式本土化
  - 可先以國外類似環境的預估模式配合國內現有資料加以使用，並逐步發展出本土化的預估模式
  - 未來系統持續發展後可藉由多度年資料作修正，使本研究所採用之預測模式能符合國內現況

## 建議 (3)

- TKUNET2之擴充
  - 系統持續發展後，藉由回饋資料修改符合國內之參數
  - 陸續將統計圖表及各項分析結果展示，利用ArcView軟體之功能於外部控制展示
  - 以本系統作為基礎，加入個案分析之功能
  - 資料庫資料可向相關單位取得真實資料後，進而修正假設資料

簡報完畢

敬請指教！謝謝！