

應用氣象預報提昇公共運輸公開資訊品質之可行性初探

陳其華¹
交通部運研所¹

吳東凌²
交通部運研所²

張恩輔³
中興工程顧問社³

陳翔捷⁴
交通部運研所⁴

黃笙玟⁵
中興工程顧問社⁵

摘要

氣象對社會大眾之影響是全面性的，交通運輸亦不例外，故本研究蒐集氣象歷史資訊、公車動態、旅客搭乘紀錄（電子票證）等數位資料，並從中分析探索搭乘人數、行車時間與天氣之關聯，由於氣象局每天均提供最新天氣預報，未來每天均可根據天氣預報資訊作為模式的自變數輸入，將可隨不同天氣提供適切之公共運輸相關資訊，如此將有助於提昇公共運輸之公開資訊品質。本研究以臺中地區市區公車為例，蒐集梧棲、精武兩個氣象測站之氣溫及雨量資料，搭配市區公車動態資料及電子票證公司之搭乘紀錄，探討天氣對運量、行車時間之影響，初步探勘結果發現：氣溫或晴雨對於運量似乎無明顯關係，但雨天則會增長行車時間，研判除旅客使用兩具拉長上下車時間外，雨天道路壅塞也是原因之一，目前國內許多城市的公車均設有公車動態資訊系統提供旅客以手持裝置即時查詢「預估到站時間」，此預估資訊通常僅以站間數或距離推估之，但若將晴雨之變數納入，則可提昇預估到站時間之準確性，提昇公共運輸公開資料之品質。

關鍵字：氣象預報應用、公車動態、預估到站時間

一、前言

天氣對於社會大眾之影響深遠且全面，舉凡食衣住行育樂均會受氣象所影響，因此本研究蒐集氣象歷史資訊、公車動態、旅客搭乘紀錄等數位資料，企圖從中分析探索搭乘人數、行車時間與天氣之關聯。若能從中尋得蛛絲馬跡，在公共運輸相關之預測模式中納入天氣相關自變數，搭配氣象局的天氣預報資訊，則未來將可隨不同天氣提供適切之公共運輸相關資訊，有助於提昇公共運輸之公開資訊品質。本研究以臺中地區市區公車為例，蒐集梧棲、精武兩個氣象測站之氣溫及雨量資料，搭配市區公車動態資料及電子票證公司之搭乘紀錄，探討天氣對運量、行車時間之影響，初步探勘結果發現：氣溫或晴雨對於運量似乎無明顯關係，但雨天則會增長行車時間，研判除旅客使用兩具拉長上下車時間外，雨天道路壅塞也是原因之一，若從資訊應用的實務面角度切入，天氣對公共運輸運量即便有影響，現行的公共運輸均是計劃性供給且受主管機關管制，業者必須根據營運計畫書與預定時刻按時如實發車載客，故實務上無法依據前一天氣象預報或當日天氣來動態調整；但天氣對行車時間的影響則較有運用潛力，因為目前各地方政府之公車均設有公車動態資訊系統提供旅客以手持裝置即時查詢「預估到站時間」，此預估資訊通常僅以站間數

或距離推估之，但若將晴雨之變數納入，則可提昇預估到站時間之準確性，提昇公共運輸公開資料之品質。而就預測模型建立角度，過去由於資料取得成本高只能採抽樣處理，通常會將晴雨樣本以虛擬變數（Dummy Variable）處理，透過回歸模式之P值來判斷晴雨是否顯著，用係數值作為雨天所增加的行車時間值，但如今已是巨量資料世代，無論是天氣、行車軌跡、旅客搭乘紀錄的母體資料均源源不絕由機器產生，在分析出各種影響因素（如尖/離峰、晴雨等）後可考慮直接將母體樣本拆分多類後以各種情境之平均值作為該情境的預估到站時間預報依據，而非追求一個形式上的模式（Formula）做預測，如此將有助於實務上以氣象資訊來提昇公共運輸公開資料之品質。

二、文獻回顧

本節將逐一針對下述課題回顧文獻或介紹現況

(1)氣象對交通運輸之影響(2)國內公車動態系統概況(3)國內電子票證概況。

(一)氣象對交通運輸之影響

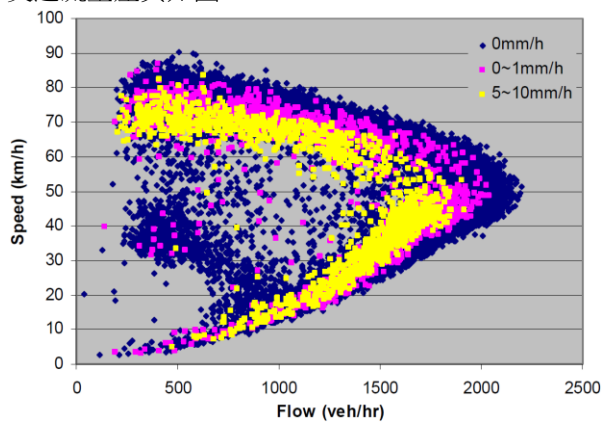
一般社會大眾雖認同天氣對交通之影響，但多半流於直覺推論，本節將蒐集相對科學嚴謹之論文或報告做說明，作為本研究分析之參考。

Goodwin(2002)整理不同氣象事件(降雨、降雪、冰雹、洪水、強風、濃霧、山嵐與極端溫度)對於道路與交通營運之衝擊，其中不乏視距降低、鋪面黏著性下降、車輛性能下降、設施損壞、降低容量、增加延遲、風險提高等，除了質化的因素，該文章亦引用美國猶他州之調查，若以乾燥路面為基準，在下雨、潮濕、下雪、雪凍等各式情境下，車速與車流下降的數值比例(10~30%依天氣惡劣狀況不同)，顯見天氣對交通之影響是可透過量化方式分析。

Agarwai(2006)亦針對天氣對交通相關的影響做了完整回顧，其中比較特別的是該研究強調天氣對駕駛風險的影響，提出暴風雪會將肇事風險提高至25倍，遠高於一般超速、酒駕等行為的風險，呼籲政府應高度關注之。

而Nookala(2006)不僅探討天氣對交通流量之影響，也分析天氣對旅運時間的衝擊。該研究係透過RWIS(Road Weather Information System)取得天氣資料，該研究發現(1)天氣狀況變差，交通變壅擠，因為道路容量下降需求未下降；(2)下雪時需求變低，壅擠消失(3)預測失誤和交通占有率的改變有關。換言之，整體而言來說惡劣天氣會讓交通流速變慢，行車時間拉長，但也會讓車流變少，導致行車時間的拉長有時變得不明顯。

日本學者Chung(2006)認為多數研究均探討天氣對運量、事故之影響，故將研究焦點移置快速道路容量之衝擊評估，並以東京附近的快速公路(長283公里，平均日輛次114萬)為分析對象，不同雨量下之交通流量差異如圖1。



資料來源：Chung(2006)

圖1 日本快速道路不同降雨量條件之流量圖

Andrew(2013)亦分析天氣對交通量之影響，而且是選擇紐約Buffalo高速公路為分析對象，有別於前述研究，本研究將焦點放在尖峰小時(上午7~9點;下午3~5點)之影響，研究發現天氣因素(能見度,氣溫,天氣類型,降水,風速)的確會影響交通量，惡劣天氣的交通量會比乾燥天氣降低約13~34%，尤其在晨峰時段，而各種因素中，則以降累積降水因素影響最大。

(二) 國內公車動態系統概況

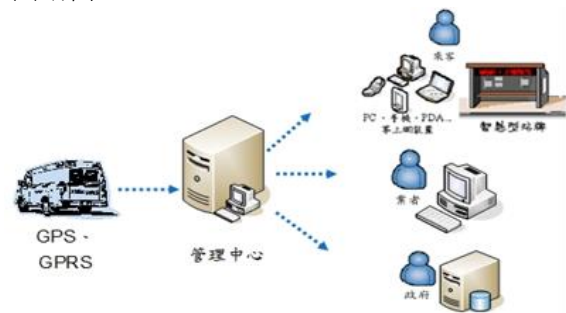
公車動態系統屬於先進公共運輸系統(Advanced Public Transportation System, APTS)之一環，近年APTS之建置計畫多以交通部「聰明公車」計畫下之

都市公車系統建置為主。由於民眾對於公車動態資訊系統之反應良好，其動態資訊查詢使用率與服務滿意度皆尚稱滿意，因此，交通部公路總局於2009年參考聰明公車之成功經驗，導入公路汽車客運以建置公路客運動態資訊管理系統，目前已建置完成，並正式上線提供服務。

聰明公車之車輛動態資訊系統設備包括：

- (1)管理中心：包含地理資訊系統、便民入口網站、動態資訊(車輛位置與到站時間預測)提供模組、行程規劃模組、分析模組等。
- (2)車上單元(車機)：GPS定位、GPRS(3G)通訊裝置等。
- (3)查詢介面：網際網路、電話、行動裝置、智慧型站牌等。

整個系統的運作方式為利用車上單元(車機)回傳資訊至管理中心，掌握車輛行駛資訊，提供管理者調度排班之決策支援，或縮短異常狀況處理時間與提早車輛調度機動性；另一方面可透過中心發佈智慧型站牌、網頁、行動裝置、電話，提供民眾動態資訊，如圖2所示。



資料來源：交通部運研所(2009)

圖2 聰明公車系統架構圖

公車動態系統的紀錄檔格式最早由運研所制定，而各縣市在建置時也會因特殊需求而調整格式，形成各縣市公車動態格式雖「大同」但仍存在「小異」，因此近年來交通部致力推動「公共運輸旅資料標準」，此標準規範了公車動態定時回傳與地點回傳的欄位名稱如圖3與圖4，欄位型態則可參考

車牌號碼	PlateNum	M	xs:string
營運業者資料	Operator	M	OperatorType
路線資料	Route	M	BusRouteType
班次資料	Trip	O	BusTripType
車輛位置	BusPosition	M	PointType
行駛速度	Speed	M	xs:double
方位角	Azimuth	M	xs:double
車輛狀態	BusStatus	M	CodeList
去返程	Direction	M	CodeList
勤務狀態	DutyStatus	M	CodeList
車輛種類	CarType	O	xs:string
資料送出日期時間	TrasTime	O	xs:dateTime
GPS 記錄時間	GPSTime	O	xs:dateTime
資料收到日期時間	RecTime	M	xs:dateTime

資料來源：公共運輸旅資料標準v1.0

圖3 公車動態定時(A1)資料欄位圖

站牌/位資料	Stop	M	BusStopType
車牌號碼	PlateNumb	M	xs:string
營運業者資料	Operator	M	OperatorType
路線資料	Route	M	BusRouteType
班次資料	Trip	O	BusTripType
去返程	Direction	M	CodeList
資料型態種類	MessageType	M	CodeList
車輛種類	CarType	O	xs:string
資料送出日期時間	TrasTime	O	xs:dateTime
GPS 記錄時間	GPSTime	O	xs:dateTime
資料收到日期時間	RecTime	M	xs:dateTime

資料來源：公共運輸旅資料標準v1.0

圖4 公車動態定點(A2)資料欄位圖

(三)國內電子票證系統概況

悠遊卡是國內第一個非接觸式交通電子票證，起初(2002年)僅通用於臺北捷運系統，經過15年來的發展，悠遊卡不僅可在臺鐵/高鐵/公共汽車/停車場等交通事業運用，包括便利超商、動物園、書局、餐飲等均可消費使用。另外，臺灣智慧卡、一卡通、ETC卡也有如雨後春筍逐一問世。

目前國內市區客運及公路客運車輛均已完成安裝電子票證刷卡設備。依目前搭乘規定之不同，電子票證資料運用可分為兩類：

(1)一段式(單邊)刷卡：

多為市區客運所採用，乘客於上車時或下車時刷一次電子票證即可，因此票證內容僅可統計各站之搭乘需求量，但並無法統計起訖運量資料紀錄，此刷卡方式典型例子是雙北市區公車。

(2)二段式(雙邊)刷卡：

乘客於上下車皆需刷卡，其票證資訊除可統計各站之搭乘需求量外，亦可獲得各路線站間之起訖運量，此刷卡方式典型的例子是臺中市區公車、公路客運為代表，這種刷卡方式背後通常搭配不同長度運送距離會收取不同費用。

整體而言，兩段式刷卡的票證資料來源因為資訊較為充分，可輕易取得旅客上/下車位置與搭乘時間，反之，單邊刷卡所獲得之票證資訊則較為侷限，不利於分析。

三、實例分析

從前一節文獻回顧可歸納出氣象對交通之影響是相當全面性的，許多研究之分析焦點均在公路車輛與路況之衝擊，公共運輸的議題相對較少研究接觸，因此本研究收集 & 分析公車動態系統紀錄，探討不同天氣下公車軌跡是否有所差異。此外，過去研究亦未曾探討氣象與電子票證紀錄之關係，電子票證紀錄的價值在於能同時提供兩種資訊，包括(1)運量(2)搭乘時間，前者可分析不同天氣民眾搭乘公共汽車的數量

消長，後者則可探討不同天氣公共汽車搭乘時間之變化。

由文獻回顧可知兩段式雙邊刷卡之市區公車有較充分的資訊供分析之用，故本研究選擇臺中市作為分析對象，本城市除人口眾多外，八(十)公里免費的公車政策也讓刷卡乘車比例節節高升，投現(幣)乘客比例很低，促使電子票證的樣本幾近母體。

(一)公車動態資料分析

本研究蒐集公車動態紀錄檔的歷史資料時段為2014/05至2015/04，故本研究須收集歷史的氣象資料，圖5係中央氣象局提供歷史氣象資料下載之「觀測資料查詢系統」，可從中下載如圖6包含氣溫、雨量、風向、風速等14項氣象資訊，本研究撰寫爬蟲工具批次將全年資料下載並規劃如圖7之資料表儲存之。



圖5 氣象歷史資料收集來源

觀測時間 ObsTime	站別編號 StaID	氣壓 Pressure	氣溫 Temperature	濕度 Humidity	露點 Dew point	風速 Wind Speed	風向 Wind Dir	可見度 Visibility	降水 Precip	日照時數 Sunshine	雲量 Cloud	其他 Other
18114	18217	1013.7	18.3	83	7.7	1.1	320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
2	18115	1021.9	10.0	85	7.9	0.2	0.0	2.9	300.0	0.0	0.0	0.00
3	18115	1021.9	10.0	85	7.9	0.2	0.0	2.9	300.0	0.0	0.0	0.00
4	18116	1022.0	11.8	85	8.1	0.1	0.0	1.8	300.0	0.0	0.0	0.00
5	18119	1022.3	12.1	86	7.9	0.2	0.0	2.7	340.0	0.0	0.0	0.00
6	18217	1023.1	10.0	85	7.2	1.5	100	0.3	100.0	0.0	0.0	0.00
7	18218	1023.6	11.8	79	7.7	0.3	200.0	4.8	300.0	0.0	0.0	0.00
8	18242	1024.8	13.4	85	7.0	1.7	100	4.5	310.0	0.0	0.0	0.7
9	18149	1025.2	10.3	7.8	8.1	1.4	300.0	3.7	310.0	0.0	0.0	1.8
10	18244	1024.9	17.6	85	10.5	1.1	300.0	4.1	300.0	0.0	0.0	1.0
11	18248	1023.6	18.4	81	8.8	1.4	300.0	5.6	300.0	0.0	0.0	1.8
12	18224	1022.9	20.1	6.8	4.2	2.5	340.0	6.2	300.0	0.0	0.0	1.0
13	18118	1021.7	20.2	6.6	4.1	2.0	300.0	7.3	300.0	0.0	0.0	1.8
14	18210	1021.1	19.4	6.0	4.2	3.1	340.0	7.9	300.0	0.0	0.0	1.0
15	18211	1021.3	19.4	5.8	4.0	3.9	300.0	10.1	300.0	0.0	0.0	1.0
16	18215	1021.7	19.2	5.2	4.0	3.1	300.0	8.9	300.0	0.0	0.0	1.0
17	18211	1022.4	19.2	4.7	4.0	3.1	340.0	8.5	310.0	0.0	0.0	0.7
18	18218	1023.1	18.0	4.8	7.4	3.4	300.0	8.5	310.0	0.0	0.0	0.0
19	18217	1024.1	19.2	5.0	5.1	2.9	300.0	8.4	300.0	0.0	0.0	0.0
20	18242	1024.4	19.1	4.8	5.0	2.8	200.0	8.9	300.0	0.0	0.0	0.0
21	18241	1024.5	12.4	5.0	8.1	1.9	340.0	8.4	100.0	0.0	0.0	0.0
22	18241	1024.5	11.8	4.8	8.0	1.4	340.0	8.4	300.0	0.0	0.0	0.0
23	18241	1024.5	11.8	4.7	8.0	2.2	300.0	4.3	300.0	0.0	0.0	0.00
24	18241	1024.5	11.8	4.7	8.0	2.2	300.0	4.3	300.0	0.0	0.0	0.00

圖6 由氣象資料擷取欄位清單

資料行名稱	資料類型	可否 Null
wd_index	decimal(18, 2)	否
wd_wa_id	nvarchar(3)	是
wd_date	date	是
wd_hour	float	是
wd_hpa_1	float	是
wd_hpa_2	float	是
wd_temperature_1	float	是
wd_temperature_2	float	是
wd_humidity	float	是
wd_wind_mph	float	是
wd_wind_degree	float	是
wd_gust_mph	float	是
wd_gust_degree	float	是
wd_rain_mmm	float	是
wd_rain_hr	float	是
wd_sunshine_hr	float	是
wd_sunshine_mj	float	是
wd_visibility	float	是

圖7 擷取/清理後之歷史氣象資料表

本研究對公車動態資料之處理程序可簡單分為三點：

(1) 將公車動態資料依趟次分組

公車動態資訊僅詳實紀錄每一傳回資訊之細節，但並未將資料群組為可直接判讀行車時間資訊之格式，特別關聯式資料庫的先天的儲放設計就未排序，須搭配後天的索引建立或查詢語法來執行。依趟次分組的演算法主要流程是將公車動態資訊先依公車車牌、GPS時間依先後排序，接著檢視這些依時間排序後的資料，若發現有路線或去返程的改變時，就可視為新趟次的分界點。以上僅是基本原則，程式實作時尚須考慮資料清理、不同日期&業者、批次大量計算效率等細節。

(2) 計算公車行經每個站牌之通過時間

前述分組過程中僅擷取單趟次首尾時間，若欲進一步瞭解公車通過各站牌時間可依圖4中的CodeList欄位，媒合不同筆資料計算時間差。換言之，係透過計算公車觸發InRadius（通常為接近站牌約40公尺）與OutRadius（通常為離開站牌約50公尺）之時間差，作為公車通過該站牌之時間。

(3) 預先計算各筆資料之屬性維度

為方便後續多維度分析需求，除了公車動態資料必帶的屬性（如路線/車牌/站牌）之外，舉凡資料所屬的月份/日/星期/時段/溫度/晴雨等資料也均先計算並連結完成，將有助於後續的多維度探索分析。

經過前述整理後，即可透過如Tableau等BI商用軟體探索各時段/星期/晴雨之平均站牌通過時間差異如圖8，亦可使用Open Source統計軟體如R語言使用Loess函數（Local Regression）搭配ggplot2套件（<http://ggplot2.org/>）繪製局部回歸曲線如圖9。



圖8 平均站牌通過時間差異比較

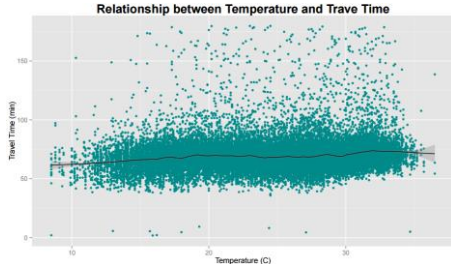


圖9 氣溫與行車時間局部回歸結果

以圖8的站牌通過時間探索結果而言，顯然傍晚時段的數值顯著高於其他時段，而週間的比較裡，週日的數值有較其他週間日還低的現象，但晴/雨的差異較不明顯。

以圖9的分析結果而言，由於採用的並非傳統的線性回歸，因此回歸線並非全直線，雖然溫度與行車總時間似乎存在關係，但因為係數過低（0.276），因此雖顯著但實用價值不高。

(二) 電子票證資料分析

相較於公車動態的資料集，電子票證的紀錄檔同屬於可由機器源源不絕產生之資料，除能瞭解每旅客每趟次的上/下車站牌與搭乘時間外，資料筆數也反應了使用公共汽車之旅客量，換言之，本資料集能掌握各種時間空間之旅客總數，因此以下的分析將包含旅運量分析與搭乘時間分析兩大項。

(1) 晴雨運量分析

本研究利用BI工具製作互動儀表板如圖10，可在右上方挑選欲觀察之路線，儀表板會即時顯示上方的起訖量矩陣圖及下方的運量趨勢圖，趨勢圖中藍色代表有下雨之日期或時段，紅色代表晴天無雨，在探勘多路線後發現搭乘量與晴雨的影響不大，研判是因為除了少數颱風大雨特例之外，大部分常態公共運輸旅次的目的以通勤或通學為主，因此較少因為晴雨而取消行程或轉換運具。

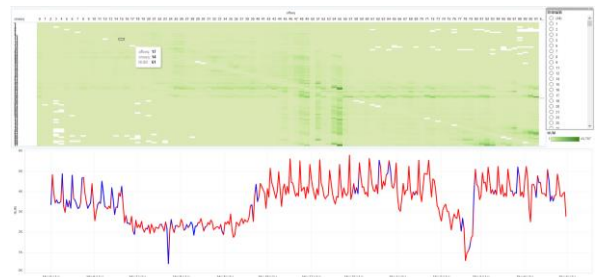


圖10 各路線起訖運量暨晴雨運量趨勢儀表板

(2) 晴雨旅行時間分析

在分析不同天氣之旅行時間前，必須先處理其他影響因子，根據探勘分析結果顯示，影響旅行時間的因素包括星期/時段等因素，若不先排除上述因素，很容易誤導結果，例如若下雨都發生在週五昏峰，就會強化誤導出下雨導致旅行時間差異很大，但實際上的影響因素是時段。

有鑑於此，本研究設計如圖11之互動儀表板，右上區塊可以選擇欲分析之路線，上方Heap Map則顯示星期/時段/晴雨等各種情境的平均旅行時間，從中可觀察這三種因素之差異，上方的Heap Map區塊可支援多重選擇，例如圖11係選取週一全時段資訊，底下會即時顯示出晴天雨天該路線搭乘不同站間數之搭乘時間趨勢，晴雨的差距有時達五分鐘以上。

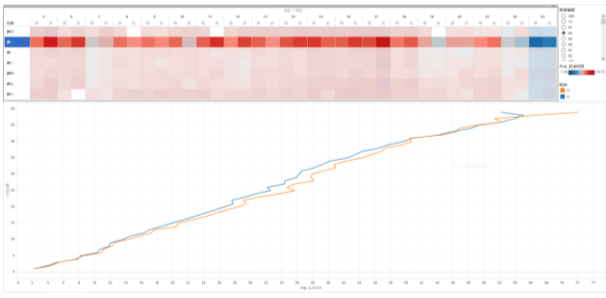


圖11 各路線逐星期時段晴雨行車時間差異儀表板

為了更深入分析不同情境，圖12更進一步將上下車站牌展開，上方同樣支援多重選擇，例如圖12上方係選擇傍晚五~七點三小時全週之樣本，下方的起訖矩陣則允許使用者探索各種起訖，點選任一起訖方塊時，右下側會顯示該條件（星期/時間/起訖/晴雨）的平均旅行時間，以圖12之截圖為例分別是晴天71.6分鐘；雨天76.8分鐘，同樣約有五分鐘之差異，但不同情境之數值則都略有不同。

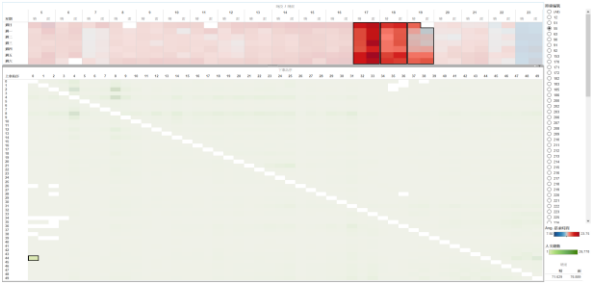


圖12 各路線逐星期時段/起訖/晴雨行車時間差異儀表板

四、結論與建議

從前述分析歸納可知，氣溫或晴雨似乎不會對運量造成明顯影響，但雨天則會增長行車時間，研判除旅客使用雨具拉長上下車時間外，雨天道路壅塞也是原因之一，與客運業者訪談也印證雨天行車較長的結論。

而就資訊應用的實務面角度切入，即使天氣是公共運輸運量的影響因子，分析結果也很難應用於目前的公共運輸法規及業者車輛/司機調度現況，原因在於公共運輸目前受主管機關管制，包括發車數量與發車時間都必須事前報備審核，不容許根據前一天氣象預報或當日的天氣取消（颱風或極端氣象例外），而就增班的部份，客運業者的生產計畫（時刻表、車輛運用、司機運用）也是早在數週前就已完成規劃，動態臨時增班有其困難性。

反觀晴雨對行車時間的影響，不僅顯而易且具有運用潛力，因為目前各地方政府之公車均設有公車動態資訊系統提供旅客以手持裝置查詢，所以「預估行

車」可用「資訊提供」的方式提供旅客參考，輔以氣象晴雨的自變數，將可提供公共運輸使用者更精確之資訊，而且無論是公車動態資料或電子票證資料均屬於由機器自動產生的資料集，加上氣象預報也是會持續產生的自變數，因此利用晴雨來提昇公共運輸公開資料的品質有相當高的可行性。

最後，本研究屬於初步探勘性質之應用研究，因此並未採用繁複的統計理論，同時在氣象測站的擷取上只抓取「氣象站」資料，並未將所有「雨量站」資料全部納入，建議未來的研究除可在分析理論做強化之外，也可以收集更多「雨量站」資料，同時每一個公車站牌均以地理座標運算的方式參考鄰近的氣象站或雨量站資料，上述建議將有助於本類型的研究更臻完備。

參考文獻

1. 公共運輸旅資料標準v1.0，2016年3月，交通部
2. ITS整體發展規劃，2009，交通部運輸研究所。
3. Agarwai, M., Burchett, G., Maze, T., 2006: "Whether Weather Matter to Traffic Demand, Traffic Safety, and Traffic Operations and Flow", Transportation Research Board
4. Andrew ,P.B., Winifred, L., Yunjie, Z., Adel, A.S., 2013: "Impact of Inclement Weather on Hourly Traffic Volumes in Buffalo, New York", Transportation Research Board
5. Chung, E., Kawahara, M., Morita, H., Ohtani, O., Warita, H.,2006: "Does Weather Affect Highway Capacity? ", Transportation Research Board
6. Goodwin, L.C., 2002: "Weather Impact on Arterial Traffic Flow", Road Weather Management Program
7. Nookala, L.S., 2006: "Weather Impact on Traffic Conditions and Travel Time Prediction"