

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文

先進大眾運輸系統之效益評估研究

The Study of Benefit Evaluation of
Advanced Public Transportation System



研究生：宋怡君

指導教授：王晉元

中華民國九十四年七月

先進大眾運輸系統之效益評估研究

The Study of Benefit Evaluation of Advanced Public
Transportation System

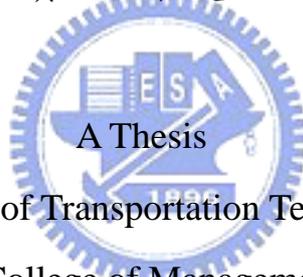
研究生：宋怡君

Student : Yi-Chun Sung

指導教授：王晉元

Advisor : Jin-Yuan Wang

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文



Submitted to Department of Transportation Technology and Management
College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

July 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年七月

博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在國立交通大學(學院)運輸科技與管理學系
_____組，93學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文名稱：先進大眾運輸系統之效益評估研究

指導教授：王晉元

1. 同意 不同意

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心(或改制後之機構)，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，註明文號者請將全文資料延後半年再公開。

2. 同意 不同意

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)資料，授予教育部指定送繳之圖書館及國立交通大學圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會及學術研究之目的，教育部指定送繳之圖書館及國立交通大學圖書館得以紙本收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，不限地域與時間，讀者得進行閱覽或列印。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，註明文號者請將全文資料延後半年再公開。

3. 同意 不同意

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)，授予國立交通大學與台灣聯合大學系統圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會及學術研究之目的，國立交通大學圖書館及台灣聯合大學系統圖書館得不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行線上檢索、閱覽、下載或列印。
論文全文上載網路公開之範圍及時間 -

本校及台灣聯合大學系統區域網路：立即公開

校外網際網路：立即公開

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

研究生：宋怡君

(親筆正楷)

學號：9232531

(務必填寫)

日期：民國 94 年 7 月 日

1. 本授權書請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。

國家圖書館博碩士論文電子檔案上網授權書

本授權書所授權之論文為本人在國立交通大學(學院)運輸科技與管理學系
_____組，93 學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文名稱：先進大眾運輸系統之效益評估研究

指導教授：王晉元

同意 不同意

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)，以非專屬、無償授權國家圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

研究生：宋怡君
(親筆正楷)

學號：9232531
(務必填寫)

日期：民國 94 年 7 月 日



1. 本授權書請以黑筆撰寫，並列印二份，其中一份影印裝訂於附錄三之一(博碩士論文授權書)之次頁；另一份於辦理離校時繳交給系所助理，由圖書館彙總寄交國家圖書館。

國立交通大學

論文口試委員會審定書

本校 運輸科技與管理學系 碩士班 宋怡君 君

所提論文：先進大眾運輸系統之效益評估研究



合於碩士資格水準、業經本委員會評審認可。

口試委員：

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

指導教授：

系主任：

中華民國九十四年六月 日

先進大眾運輸系統之效益評估研究

學生：宋怡君

指導教授：王晉元

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

先進大眾運輸系統(APTS)是改善大眾運輸營運效率和服務品質的一個重要方法。主要係利用電腦、通訊和其它先進技術等，使公車業者能更有效率的管理，並且，提供搭乘者足夠的資訊使之擁有更多舒適的搭乘經驗。

過去十年，APTS 技術成熟與廣泛的在台灣建置。然而，在 APTS 的效益評估上投入的研究卻有限。因此，本研究之目的在建立先進大眾運輸之評估系統。此評估系統可幫助業者評估 APTS 之效益，並且提供相關的統計資料給政府使之能有效率地做資源分配。

首先，我們確認 APTS 之效益評估指標並提供相關的衡量方法，再利用資料包絡分析法來評估導入 APTS 前後之績效。我們使用真實的資料來做測試，而測試的結果顯示出我們的評估系統能夠有系統地衡量出 APTS 的效益。

關鍵字：先進大眾運輸系統，效益評估，資料包絡分析法

The Study of Benefit Evaluation of Advanced Public Transportation System

Student : Yi-Chun Sung

Advisor : Jin-Yuan Wang

Department of Transportation Technology and Management

National Chiao Tung University

Abstract

APTS is an important means to improve the efficiency of public transit operation as well as service levels. Applying the computer, communication, and advanced technologies can allow the transit operators to improve the efficiency of management. Moreover, it can provide transit riders adequate information to make a more bus-riding comfortable experience.

Over the past ten years, the technologies of APTS are mature and widely deployed in Taiwan. However, a limited work has been done regarding the benefit assessment of APTS. The purpose of this research is to establish an evaluation system for Advanced Public Transportation System. Thus, the evaluation system can assist transit operator in assessing the benefit of APTS and can provide relevant statistics for the governments to allocate resource efficiently and effectively.

First of all, we have to identify benefit evaluation indexes and offer related measurement techniques. Next, we use Data Envelopment Analysis (DEA) to evaluate the performance before and after introducing APTS. We use the real world data for testing purpose. The testing results show that our evaluation system can measure the benefits of APTS in a systematic way.

Keyword: Advanced Public Transportation Systems, Benefit Evaluation, Data Envelopment Analysis

誌 謝

本論文得以順利完成，首先要感謝王晉元老師的細心指導。在論文撰寫的過程中，每當遭遇難題時，老師總能很快的點出問題所在並且從旁給予適時的協助，不僅如此，更著重在培養我們解決問題的能力。在這二年的過程中，老師花了很多心力在訓練我們的思考邏輯，這些都是老師辛苦栽培我們的點滴，對我們來說這些都是無價之寶。在此，向我們最親愛的老師致上最深的謝意，以及謝謝您這幾年的教導與照顧。

感謝中華大學運輸科技與物流管理學系 蘇昭銘老師以及交通部運輸研究所王穆衡組長在論文口試過程中給予相當多寶貴的意見及指導。以及感謝亞通汽車客運股份有限公司給予獎學金補助，使本論文更臻完備。

在這二年的研究生涯中，感謝實驗室學長大師兄(最愛聽你說故事)、小松給予學業上的指導，以及東凌學長的大力幫忙(每個禮拜都 e-mail 去問你問題)；感謝一起同甘共苦的研二小朋友們彥佑、hoho，記得每當我們不用 meeting 時的欣喜若狂；感謝學弟妹嘉英、dozo、思文、瑞豐、小翔(我的頭號粉絲)在生活上的互相照顧，也因你們生活多了許多的樂趣，最後在此祝實驗室的學長、學弟妹都能順利的畢業。

感謝台南市交通局 林文郁大哥、高雄客運 陳彥碩先生提供本論文之研究資料，謝謝你們總是不厭其煩的幫我解答疑惑。感謝室友穎紹、joanne、蘭綺的互相照顧，以及像妹妹般的佳惠我們一起瘋狂合購的日子我永遠也忘不了，此外，還有許多大學、研究所的好朋友思好(在校門口唱歌以及每次都打扮的粉漂亮去上課)、佳興(號稱交大最瞭解我的人)、anson(最崇拜你的英文)、雅竹、逸欣、又菁、俊德、善界、雯瑋……等，有了你們使我的研究所生活更加的充實愉快。

最後要感謝一直在背後默默支持我的家人，謝謝爸爸及媽媽這一路對我的支持與照顧，哥哥及嫂嫂總在我回家時菜色特別豐富，姊姊及像家人的 joseph，當然還有二個可愛的小姪子承恕、承恩。謝謝你們讓我全心全力的投入學校的研究，在此，僅以本文獻給我最親愛的老爸老媽。

誠心感謝各位在這段日子裏參與我的生活，在此與大家一同分享論文完成的喜悅，感謝大家。

宋怡君
新竹交大
2005/6/30

目 錄

	頁次
目錄	I
表目錄	III
圖目錄	V
一、緒論.....	1
1.1 動機.....	1
1.2 目標.....	2
1.3 範圍.....	2
1.4 研究流程.....	3
二、文獻回顧.....	4
2.1 APTS 之介紹.....	4
2.2 APTS 之效益評估方法.....	5
2.3 績效評估方法.....	13
三、建立效益評估指標.....	16
3.1 指標定義.....	16
3.2 指標設計.....	18
3.2.1 調度時間降低指標.....	18
3.2.2 乘客人數增加指標.....	21
3.2.3 薪資計算成本減少指標.....	22
3.2.4 車隊維修成本減少指標.....	23

3.2.5 肇事費用減少指標.....	25
3.3 整合性評估指標.....	27
四、建立 DEA 模式	28
4.1 投入產出項之選擇.....	28
4.2 評估 APTS 之研究方法.....	29
4.2.1 資料包絡分析法的應用程序.....	29
4.2.2 資料包絡分析法模式.....	31
4.2.3 分析項目	35
五、模式測試.....	37
5.1 資料來源.....	37
5.2 分析導入 APTS 前之效益.....	41
5.3 分析導入 APTS 後之效益.....	43
5.4 分析導入 APTS 之前後比較.....	45
5.5 測試小結.....	51
六、結論與建議.....	53
6.1 結論.....	53
6.2 建議.....	54
參考文獻.....	56
附錄一效益評估分析調查表.....	58



表 目 錄

表 2-1 APTS 效益評估項目.....	7
表 2-2 台灣地區 APTS 發展之目標、標的及量化分析指標.....	9
表 2-3 效益評估準則與使用方法.....	10
表 2-4 使用對象所產生之預期效益.....	11
表 2-5 各種績效評估方法比較.....	14
表 3-1 APTS 發展目標、標的及效益分析指標.....	17
表 4-1 投入產出項目指標.....	28
表 5-1 各路線投入 APTS 之金額.....	38
表 5-2 93 年 3 月各路線駕駛人數.....	38
表 5-3 94 年 3 月各路線駕駛人數.....	39
表 5-4 導入 APTS 前之投入產出資料.....	39
表 5-5 導入 APTS 後之投入產出資料.....	40
表 5-6 導入 APTS 前之相關係數.....	41
表 5-7 台南市公車導入 APTS 前之各項效率.....	41
表 5-8 導入 APTS 後之相關係數.....	43
表 5-9 台南市公車導入 APTS 後之各項效率.....	43
表 5-10 導入 APTS 前後之整體效率值比較.....	45
表 5-11 軟硬體設備資料.....	46

表 5-12 營運成本資料.....	46
表 5-13 乘客人數資料.....	47
表 5-14 測試 1 結果.....	49
表 5-15 測試 2 結果.....	49
表 5-16 測試 3 結果.....	50



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖.....	3
圖 3-1 調度時間降低之流程圖.....	19
圖 3-2 搭乘人數增加之流程圖.....	21
圖 3-3 薪資計算成本減少之流程圖.....	22
圖 3-4 車隊維修成本減少之流程圖.....	24
圖 3-5 肇事費用減少之流程圖.....	26
圖 4-1 DEA 應用程序.....	30



一、緒論

1.1 動機

先進大眾運輸系統(Advanced Public Transportation Systems, APTS)被視為改善大眾運輸營運效率和改善服務品質的一個重要方法。先進大眾運輸系統(APTS)係利用電腦、通訊等資訊技術，使公車業者能更有效率的管理，亦即藉由車輛位置，精確且效率地掌握車輛運行資訊，派遣中心能夠調整駕駛速度、修改排班，並且提供調度者決策支援，縮減緊急狀況的處理時間，使調度排班能更有效率的管理、提昇營運效率；同時 APTS 能夠提供即時車輛位置資訊以減少乘客等待時間，使乘客能隨時掌握公車位置、轉乘資訊、到離站資訊等，讓乘客能獲得可靠且即時的公車動態資訊，以改善公車的服務品質。



在過去的十年，APTS 之技術成熟與廣泛的在台灣應用，例如：車隊管理系統、資訊管理系統、自動車輛定位等。而現在也正處於 APTS 的建置階段，例如：高雄市、台南市和台北市等目前正在建置他們的 APTS 系統，就台南市而言，已開發出符合台南市公車的動態資訊系統。因此，各縣市地區應視實際狀況進行建置作業，才能使得投入的 APTS 系統能達到最佳的效用。

鑑於國內尚無一完整評估先進大眾運輸系統之架構，其對於政府機關，能在資源有限的當下，讓資源能最佳的運用是一項重要的課題；同時，對業者而言，也能夠使其評估經營上是否達到預期的效益。因此，在建置階段中，績效評估是一個很重要的議題，我們期望建立一評估架構以幫助政府或其它運輸營運者能全面性的評估 APTS 的效益。然而，大多數評估 APTS 的研究中多集中在非量化之方法，並不足以提供政府評估 APTS 系統之績效。因此，發展量化指標使之能夠量化評估是非常重要的。

1.2 目標

本研究之目標為發展一系列評估 APTS 效益之評估指標。這些指標可分為三大項，分別如下：(1)可靠性；(2)效率性；(3)安全性。同時，這些指標將提供一量化方法用以評估 APTS 系統。

此外，我們發展一評估模式用以衡量客運公司之績效，依據這個評估模式得到導入 APTS 的客運公司將在建置 APTS 系統後營運績效更有效率，並將導入 APTS 之評估結果提供給予政府相關單位做為未來資源分配之參考。

1.3 範圍

本研究中，我們只考慮由車隊管理系統(FMS)；管理資訊系統(MIS)；動態資訊系統(DIS)所衍生的效益。而電子票證系統(EFP)和智慧型車輛(IVI)則不列入本研究評估 APTS 效益之範圍。

研究對象可以為導入 APTS 營運之市區和國道客運的公車營運者。並且，我們只從業者的角度評估導入 APTS 後的相關效益，而不考慮乘客面所帶來的效益，如：乘客滿意度，準點率之提昇等。

1.4 研究流程

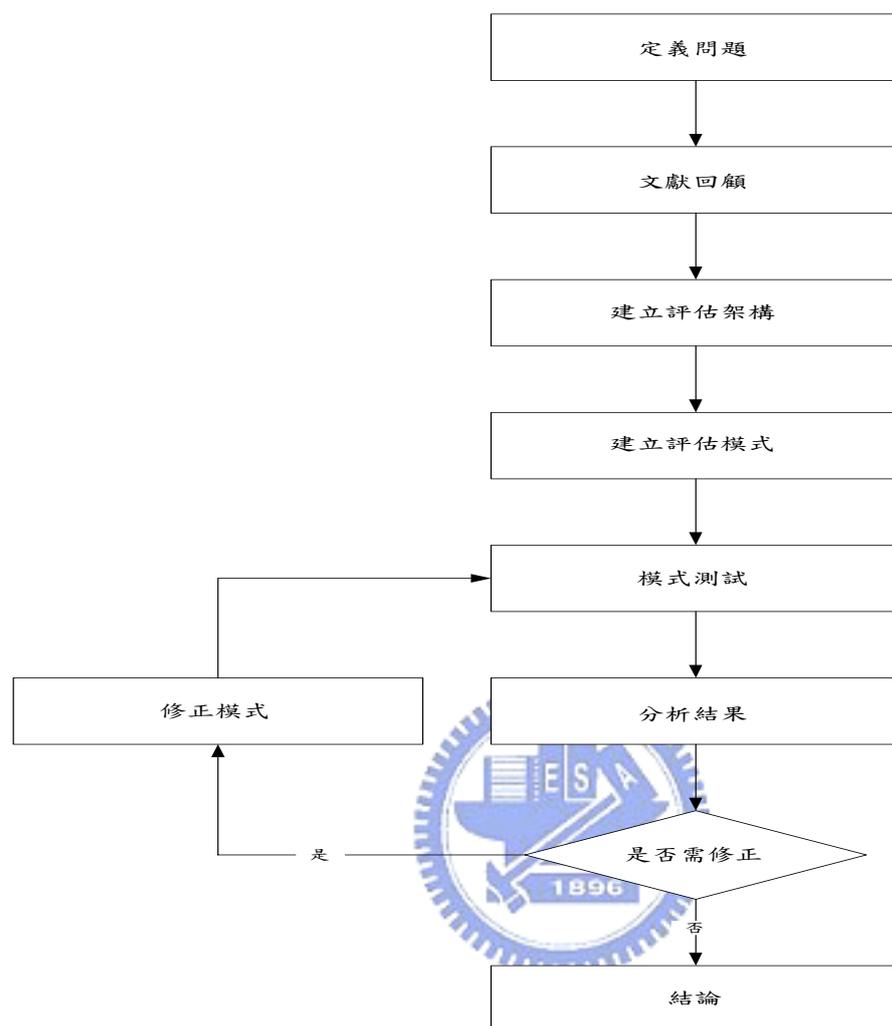


圖 1-1 研究流程圖

如圖 1-1 所示，研究流程說明如下：

1. 定義問題：依據目標和範圍，定義問題的目標。
2. 文獻回顧：確認問題後，回顧與 APTS 效益評估相關的文獻以及評估方法，以確認目前此研究目前之發展狀況。
3. 建立評估架構：我們將建立評估架構。
4. 建立評估模式：提出效益評估方法的模式。
5. 模式測試：收集實際資料與進行模式測試。
6. 分析結果：模式測試完畢後，將持續修正我們的模式直到結果令人滿意。
7. 結論：最後，給予結論和提供建議作為日後研究之參考。

二、文獻回顧

在本章中，我們將文獻分成三個章節。在 2.1 節，我們簡略的介紹大眾運輸系統之內容。在 2.2 節，我們介紹 APTS 的效益評估方法。最後，介紹績效評估方法。

2.1 APTS 之介紹

APTS 係利用資訊、通訊、導航及控制等先進技術於大眾運輸車輛之經營管理，藉由 APTS 技術，促進公共運輸之安全性、可靠性和效率性。其中 APTS 包括下列五大子系統[2]：

- 一、車隊管理系統(Fleet Management System, FMS)：透過車隊基礎通訊、自動乘客計數器、車輛監控/定位及車輛控制技術的整合，主要提昇大眾運輸系統整體規劃、排班及營運作業效率。
- 二、營運軟體與電腦輔助派遣系統(Operational Software and Computer Aided Dispatching Systems, OS/CAD)：導入自動化系統，用以改善運輸排班、調度相關營運作業，特別是透過與車輛監控/定位系統的結合，系統能快速提供車隊即時調度，以提昇大眾運輸之排班與調度效率。
- 三、先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)：透過資訊等相關技術，提供大眾運輸使用者之行前資訊與即時資訊，作為其運具選擇、路線規劃與旅行時間預估依據。一般 ATIS 可藉由有線電視(Cable TV)、互動式電視(Interactive TV)與網際網路建置車上通告與顯示系統(In-vehicle Annunciators and Displays)、場站/路側資訊中心(Terminal

or Wayside Based Information Centers)及電話諮詢系統(Telephone Information Systems)，提供大眾運輸使用者充分資訊。

四、電子票證系統(EFP)：使用先進票證收費技術。對乘客，不僅能增加購票及付費的便利，還能減少現金使用而增進安全性；對運輸提供者，不僅能導入更創新及公平的票價結構，還能減少票價收益的計算、及管理成本。

五、智慧型車輛(IVI)：利用先進車輛技術，如：車輛衝突警告(Vehicle Collision Warning)與駕駛者資訊系統(Driver Information Systems)，來幫助駕駛者處理資訊、決策、及操作車輛來改善運輸服務的安全性，預估可減少大眾運輸車輛車禍，減少因車禍所造成的損失。

2.2 APTS 之效益評估方法



國內推行 APTS 至今，多偏重於技術可行性分析與系統建置，對於系統建置後之效益評估則鮮少探討，然而系統效益評估係為衡量系統建置成效與提供管理者分析其營運業績效之重要依據，因此如何針對國內客運營運特性提供合理之評估指標即為首要工作，本研究係透過國內外相關 APTS 效益分析文獻之回顧，作為後續 APTS 評估指標建立之依據，茲將重要國內外文獻回顧之結果說明如下：

美國運輸部門 FTA(1996)[1]提供 APTS 評估指導方針，提出四個階段的評估程序，分別如下：1、參考的評估架構：包括運作測試、APTS 計畫目標、地方性目標、課題及地點之特性與潛在的外部影響。2、評估規劃：包括措施、資料蒐集的來源與要求，以及為能適當評估，而用來執行的設備或服務之成本、功能特性、效率、效能、與其它的影響。3、評估執行：包含記錄專案的執行及運作歷史，蒐集及分析與專案目標有關的資料，與記錄可能會影響運作測試發現及結果

的外部因子。4、評估產物：最後的評估報告將會廣泛的發行，讓其它有興趣的機構可以分享這些研究發現，並幫助地方決策者決策哪些 APTS 技術應該要納入地方的運輸改善計畫。

並且藉由測量來評估 APTS 達成初步目標的程度，估計方法分成五項：1、財務影響：財務估計與 APTS 設備的執行及運作成本有關，內容包括硬體及軟體還有其它設備的固定成本，以及變動成本，如行銷、管理、營運、保養與供給成本。2、功能特性：功能特性估計為用來評估設備的績效，評估的主要方向環繞在準確度、可靠度、可保養性、規格的一致性、及其它設備方面。3、使用者接受度：用來評估服務顧客的目標是否達成。4、大眾運輸系統之效率與效能：效率是藉由車輛、人員、燃料、及財務資源的運用來產出運輸服務，衡量的方式包含服務提供的成本，員工生產力，及車輛利用率。效能的衡量則包含成本及營收的效能，及非財務方面，如服務利用率、服務的可靠度及品質、創造營收及安全。5、其它影響：如大眾運輸機關的人員或組織上的問題、交通擁塞疏解、新技術發展等。

在衡量方式確定後，必須定出適當的資料蒐集方法、推導技術、蒐集的頻率，及資料彙整的時期。而其中兩個主要的比較方式是事前與事後(before vs. after)及實驗組與對照組(test vs. control)。每一個比較方式都有其限制，因此，比較好的方式是在可行的情況下，同時做事前與事後比較，以及實驗與對照比較。

美國運輸部(2000)[2]發表的『先進大眾運輸系統技術效益評估』報告中，對先進大眾運輸系統的效益作推估，並且將 APTS 分成五大類，其所產生之效益如表 2-1 所示。

表 2-1 APTS 效益評估項目

APTS 子系統	效益項目
車隊管理系統	增進大眾運輸之安全與保全 改善營運效率 改善大眾運輸服務品質與班表穩定性 改善大眾運輸資訊
營運軟體與電腦支援派遣系統	提昇大眾運輸營運效率 改善大眾運輸服務與乘客便利性 符合美國大眾運輸限制法案(ADA)之要求
電子票證系統	改善大眾運輸收費之安全性 增加乘客便利性 擴大大眾收益的範圍 減少收費過程的成本 發展更具彈性的費率結構
先進旅行者資訊系統	增加大眾運輸的搭乘率和收益 改善大眾運輸的服務 增加顧客的方便性 符合 ADA 法案之要求
大眾運輸車輛智慧化初步規劃	增加大眾運輸乘客之安全 降低運輸車輛維修成本 符合 ADA 法案之要求

此研究並沒有對所有的 APTS 效益項目作推估，僅對其中子系統的幾項作估計，分別為：1、車隊管理系統：僅估算大眾運輸車隊營運成本的減少。2、營運軟體與電腦支援派遣系統：僅估算大眾運輸車隊營運成本的減少。3、電子票證系統：僅估算大眾運輸處理運費的節省。4、先進旅行者資訊系統：僅估算大

眾運輸運費的收入。5、大眾運輸車輛智慧化初步規劃：僅估算降低事故率、死亡率、受傷率、車輛碰撞率與財產損失。

美國運輸部(2003)[3]共同計畫辦公室(JPO)建立一套 ITS 計畫的目標領域。底下茲將 JPO 評估 ITS 在各個目標領域下的績效衡量方式，包括六大領域，說明如下：1、安全性(Safety)：這個目標範疇著重於減少車禍的次數、減低死亡車禍發生的可能；而績效的量化方式包含總事故發生率、死亡車禍發生率、及受傷車禍發生率。2、機動性(Mobility)：績效的衡量方式有延誤數量或旅行時間變化性；而延誤可以用幾種方式來衡量，如系統的延誤特別以每車延誤之秒或分。3、容量/通過率(Capacity/Throughput)：有效容量是指「在代表性的道路情況組成下，人及車輛通過一路段、節點、或是網路的潛在最大流率」，而情況包含了”天氣、事故及交通需求的變異”。而通過率定義為「單位時間內通過一路段或網路的人、貨物、或車輛之數量」。4、生產力 (Productivity)：效能的衡量方式為執行 ITS 後成本的節省；另一方式為量化執行傳統方法或 ITS 方法來解決運輸問題後成本節省的幅度差異。5、能源與環境 (Energy and Environment)：效能的衡量方式主要以排放標準及能源消耗的降低為方法，其中排放標準有燃油(公升或加侖)、燃油經濟性(公里/公升或英哩/加侖)等。6、顧客滿意度 (Customer Satisfaction)：衡量的方式包括各種運具的旅行次數、運具選擇、服務品質及服務提供者接到的客戶投訴及支持量。

交通部運輸研究所(2002)[15]將 APTS 發展之主要目標定為：應用電腦、資訊、控制、通信與自動定位等先進技術使大眾運輸系統提供「可靠 (Reliable)、效率 (Efficient)、安全 (Safe)、永續 (Sustainable) 的服務」。底下茲將各項發展目標、相對應之標的及其量化分析指標整理於表 2-2。

表 2-2 台灣地區 APTS 發展之目標、標的及量化分析指標

APTS 發展目標	APTS 發展標的	APTS 效益分析指標
可靠	減少誤點	1. 旅行時間延滯之降低
		2. 使用者滿意度提升所帶來之營收增加
	提供充足且正確之資訊	1. 旅行時間延滯之降低
		2. 使用者滿意度提升所帶來之營收
效率	營運/管理效率化	1. 營運成本的減少
		2. 管理成本的減少
	減少交叉路口 停等時間	1. 旅行時間延滯之降低
		2. 使用者滿意度提升所帶來之營收增加
		3. 營運成本的減少
	減少轉乘時間	1. 旅行時間延滯之降低
		2. 使用者滿意度提升所帶來之營收增加
	票證服務/彈性 費率整合, 提昇 服務品質	1. 減少成本之減少(減少現金處理過程可能之損失)
		2. 使用者乘車費用的節省
		3. 使用者滿意度提升所帶來之營收增加
安全	減少交通事故	1. 肇事傷亡率之降低
		2. 營運成本的減少
	縮短緊急救援 與處理時間	1. 救援時間之縮短
		2. 營運成本之減少
永續	減少污染	1. 車輛排放污染之減少
	節省能源	2. 營運成本之減少

交通部運輸研究所(2001)[16]在智慧型運輸系統之效益評估研究中以「使用者」、「交通系統」、「產業經濟」為評估取向，提出「ITS 效益評估架構」如表 2-3，此效益評估係基於社會福利最大化之觀點，以前後比較(Before-and-After)研究或成本效益分析來評估 ITS 計畫之效益，其目的在於探討 ITS 所投入之資源成本及系統完成後所產生之效益。

表 2-3 效益評估準則與使用方法

	評估取向	評估類項	使用方法
效益評估	交通系統	設置成本	● 淨效益現值(NPV)
		營運成本	● 益本比(B/C)準則
		營運效益	● 內在報酬率(IRR)準則
	產業經濟	產出乘數效果	● 投入產出分析法
		所得乘數效果	
		就業乘數效果	
		能源乘數效果	
		污染乘數效果	
	使用者	時間價值	● 個體運具使用特性
		生命價值	● 等候時間感受度
		品質價值	● 使用者效益衡量 ● 消費者剩餘

交通部運輸研究所(1996)[17]，針對新竹市公車動態資訊系統進行整體的績效評估，並對新竹市民眾進行問卷調查，調查方式為電話訪問與實地訪問，目的在於收集民眾對系統的滿意度及系統所提供資訊的清晰度，並藉由交叉分析了解不同層級間民眾對系統的觀感。調查結果發現依據實地訪問，經常搭乘公車的民眾有近五成的人對系統感到滿意，有七成的民眾希望系統繼續維護、並希望政府能廣設站牌，九成五民眾認為設置後，會提昇搭乘大眾運輸工具的意願；根據電

話訪談，有四成民眾認為普通，三成五民眾認為滿意，近六成民眾希望系統繼續維護，超過五成希望政府能廣設站牌，六成民眾認為設置後，會提昇搭乘大眾運輸工具的意願。從以上資料可看出，全體市民希望市政府能繼續維護本系統，多數的民眾認為新竹市公車動態資訊系統能夠帶來正面的效益。

華夏科技公司(2004)[18]針對建置台南市公車動態資訊系統進行預期效益分析，並從三方面做探討，分別為乘客、管理者、政府及社會民眾，相關內容彙整如表 2-4 所示。

表 2-4 使用對象所產生之預期效益

對象	預期效益項目
乘客	方便乘客作旅行規劃
	提升可靠度
	增進安全性
	多樣化的資訊發佈方式
管理者	提昇車輛調度與管理功能
	強化人事管理效率
	減少緊急應變處理時間
	提昇競爭力
	提升行車安全性
	提升公車營運收入
政府及社會民眾	促進道路順暢
	環境保護責任
	美化市容
	營造大眾運輸優質環境
	提升國內 ITS 領域專案能力

楊博文(2001)[19]，為衡量公車動態資訊系統引進後使用者所產生之經濟效益，係利用時間價值，建立等候時間感受度之理論基礎，主要分析有資訊系統提供下，使用者將消除其不確定性與焦慮感，相對提昇服務品質的情形，並利用個體運具選擇模式推估其時間價值之變化。進而透過消費者剩餘理論，結合個體運具選擇模式，估計資訊系統引進後為使用者所帶來的實質效益。最後建立使用者效益估計式推估公車動態資訊系統之使用者效益。研究結果為公車動態資訊系統設置後，使用者消除了等車的不確定性與焦慮感，並且得到每年所帶來之使用者效益高於興建維護費用甚多。

交通部運輸研究所(2002)[17]，在『大眾運輸車隊管理系統核心模組』中提出的績效評估方式為進行電腦化系統與傳統人工作業之差異比較，只需將相關資料蒐集完成後即可進行離線測試，資料運作來源為營運後相關資料之紀錄，因此在系統測試時無需至站上進行線上測試。其相關測試步驟如下：1. 測試資料蒐集：主要係由研究人員至受測業者公司蒐集相關輸入項目及營運材料表單以便系統操作，其蒐集之資料需涵蓋一定期間，以利測試系統計算是否正確。2. 系統操作：研究人員將前述所蒐集之資料內容依序在系統中進行操作，並記錄其處理時間與執行結果。3. 績效評估：完成前述兩步驟後即可進行系統績效評估，主要是比較系統作業時間及目前業者作業時間上之差異。其系統節省時間可以用下列兩項計算公式進行計算與表示： $(1) \text{節省作業時間(分鐘或秒/月)} = (\text{每次人工作業時間} - \text{每次系統作業時間}) \times \text{次數(次/日)} \times 30 \text{天}$ 。 $(2) \text{節省作業時間百分比(\%)} = (\text{節省作業時間} / \text{人工作業時間}) \times 100\%$ 。

在回顧先進大眾運輸系統(APTS)效益評估文獻中，顯示大部份客運公司在投入 APTS 後，其營運績效大體呈現改善趨勢且有顯著之提昇，可見投入 APTS 後，的確有助於客運業者經營績效的提昇。在研究方法上大部份文獻多針對不同的研究對象提出不同的評估指標與方法去分析，而採用的研究方法多為利用事前與事

後(before vs. after)的比較方式分析導入 APTS 後績效是否有顯著的改變，或是利用問卷調查方式；在評估指標方面，則以導入 APTS 後所能帶來之效益做為指標之來源。因此，本研究除考量國內導入 APTS 之狀況外，並參考過去文獻中所提出之效益評估指標，以此作為後續建立效益評估指標之參考，而評估方式將選用事前、事後的比較方式，以得到投入 APTS 後之績效改變。

2.3 績效評估方法

平衡計分卡(Balanced Scorecard; BSC)是由Kaplan & Norton[6]於1990年所提出，它是一種企業策略管理體制，將企業經營者的願景轉化為共同語言。而運用平衡計分卡係為了明瞭組織在資訊時代如何創造價值，並藉由四個主要績效構面—包括財務、顧客、內部程序以及學習與成長等四項來衡量組織創造價值的。Kaplan & Norton認為財務衡量是可以顯示企業策略的實施與執行，可以反應過去績效，對於企業的營利是否有所貢獻。而顧客滿意是企業獲利來源，企業整個經營活動要以顧客忠誠度為指標。至於內部流程構面則致力作業的程序與品質程序的改善，以確定生產能滿足現在及未來顧客的需求。最後關於組織的學習則應使單位間、員工間上下傳達訊息能暢通無止。

層級分析法(Analytic Hierarchy Process; AHP)是由 Saaty[5]於 1980 年所發展出來的一套決策方法，主要應用在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題上。此技術係藉系統化與結構化的概念將一系統分解為多個層級，並排定其關聯性，再予以綜合。其作法在建立方案與屬性的層級關係，利用層級結構了解一個複雜問題的過程，使得決策者處理多屬性決策問題時，在層次架構中釐清問題，從而解決多方案不易評比的問題。目的是將複雜的問題系統化，由高層次往低層逐步分解，並透過量化的判斷與綜合評估，求得各方案間的優先權重值，提供決策者選擇適當方案的充份資訊，凡優先權重值愈大的方案表示被採納的優先

順序愈高，以減少決策錯誤的風險性。

資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis; DEA)是由 Charnes、Cooper 及 Rhodes[4]於1978年所提出，是一種線性規劃的模式，其觀念是源自於Farrell所提出確定性無參數之生產前緣函數的效率衡量模式後，將單一產出對單一投入之簡單比率予以一般化，拓展為不需事先定權數的多產出對多投入比率的效率模式。資料包絡分析法是由所有受評估單位(Decision Making Unit, DMU)中，將某一單位與所有其他單位逐一比較，選出在現有資源下，表現最好的單位，並由這些單位所組成之生產前緣，找出其他落在該生產前緣內相對效率較差的單位，其與生產前緣的距離即為無效率值，所以稱為「資料包絡」。Banker、Charnes 及 Cooper 繼 CCR 模式後於1984年[4]提出 BCC 模式，擴大了 CCR 模式的比率觀念與使用範圍，之後許多學者亦針對不同問題提出資料包絡分析的修正模式，但大部份學者仍使用資料包絡分析法的基本模式(CCR 模式及 BCC 模式)。

使用績效評估的方法有很多，除了上述介紹的平衡計分卡(BSC)、層級分析法(AHP)與資料包絡分析法(DEA)外，尚有迴歸分析(Regression Analysis; RA)、比率分析(Ratio Analysis; RA)等，然而不同的方法各有不同的優缺點與適用性，因此必需依研究所需達成之目標，選擇適當的方法。底下茲將績效評估方法的主要優點、限制與特性整理如下表 2-5[20, 22]所示。

表 2-5 各種績效評估方法比較

績效評估方法	優點	限制	適合用途
比率分析法	運算簡單，各比例的意義明確易懂	只能評估個別效率；指標多，不易判斷高低；須先設權重，無法處理多重投入/產出問題	評估投入與產出問題

平衡計分卡	將組織運作成果用作內部溝通、學習工具；將關鍵性因素一併考量，整合資訊	只能評估個別效率；評估指標須透過專家賦予分數，不夠客觀公正	多項投入與單一產出的問題
層級分析法	將複雜問題分解；指標權重的決定須經過檢定	各層級結構項目不能太多；未探討指標間的關係	求取指標的權重係數
資料包絡分析	可評估多重產出與投入項目；無事先假設生產函數；不須設定權重	產出與投入項不能太多；樣本數太少會影響準確性	評估多重產出與投入項目
迴歸分析	利用函數表達投入與產出關係，分析嚴謹；在有限樣本下，可作為比較與預測工具	只能處理單一產出；須先假設函數；受評估單位樣本數少時，無法找出具效率之單位	評估單一產出與多項投入之關係

績效評估之方法眾多，各種方法各有其優缺點、限制與適用性，綜合表 2-5 之比較，基於資料包絡分析法可衡量多項投入與產出，且無需預設生產函數，並以數學規劃模式設定權重，符合客觀精神，此外考慮本研究在建立效益評估指標時，其各項指標並無法顯示出一致的方向，可能某一指標對一評估對象而言是較高的，但另一指標卻可能較低，因而無法單純就多項指標判斷評估對象之績效。相形之下，DEA 方法則能克服傳統比率分析之缺陷，因此本研究選擇以資料包絡分析法作為評估導入 APTS 前、後之營運績效變化。

三、建立效益評估指標

本研究選擇以資料包絡分析法作為評估導入 APTS 前、後之營運績效變化，而此方法所評估之效率係建立在各單位之投入產出資料上，因此本章將對 APTS 所產生之效益建立一系列之效益評估指標，並將之納入 DEA 方法所需選取之投入項或產出項，在 3.1 節中將對所建立之效益評估指標予以清楚定義、3.2 節中進行指標設計、3.3 節中提出整合性評估指標。

3.1 指標定義

本研究架構主要參考交通部運輸研究所(2002)[15]所提出的台灣地區 APTS 發展之目標、標的及量化分析指標架構後，根據此架構所提出的四大目標：可靠、效率、安全、永續，本研究提出 APTS 可具體達到「可靠」、「效率」、「安全」三大發展目標，並在考量目前國內導入 APTS 之情況後，將「永續」目標尚不列入本研究之評估架構中，因為此效益在國內尚未有顯著之成效。

由於本研究只從客運業者投入 APTS 所衍生之效益做為評估架構，未探討從乘客面所帶來之效益，如使用者滿意度與準點率等，因此這些內容將不在本研究之探討範圍內。其中各地區導入 APTS 系統功能之情況不一，為凸顯衡量之績效，在量化指標方面，將針對導入 FMS、MIS 及 DIS 所直接帶來明顯之差異性較大之部份，進行量化績效評估，以確實掌握本評估架構可帶給客運業者之實質效益。

在車隊管理系統(FMS)，提出調度時間降低指標；在管理資訊系統(MIS)中包含人事管理、票務管理、維修管理及薪資計算四部分，其中人事管理將在薪資計算時看出其效益，因此不單獨設置指標；而票務管理則因調查結果顯示多數地區尚未電腦化，因此，本研究以直接導入 MIS 系統後，能明顯帶來較大實質差異的維修管理與薪資計算作為本研究指標之選取。同時配合先進技術之搭配使用，本

研究預估將減少肇事次數之發生，並因減少之交通事故而減少肇事費用的損失。底下將分別說明各 APTS 效益分析指標之定義，而各項目標、相對應之發展標的及其效益分析指標整理於表 3-1。

表 3-1 APTS 發展目標、標的及效益分析指標

APTS 發展目標	APTS 發展標的	APTS 效益分析指標
可靠	提昇準點率	1. 調度時間降低
	提供充足且正確之資訊	2. 乘客人數增加
效率	營運/管理效率化	3. 薪資計算成本減少
		4. 車隊維修成本減少
安全	減少交通事故	5. 肇事費用減少

資料來源：本研究整理

本研究提出五項 APTS 效益分析指標，其各別之定義分別如下：

- 一、調度時間降低：已知一班車誤點，車隊管理系統(FMS)可幫助調度員使用自動或半自動的調度程序，緊急調派車輛以減少人工調度所需耗費之時間成本。
- 二、乘客人數增加：動態資訊系統(DIS)能有效率的提昇運輸服務，提供相關資訊給乘客，不僅能維持現有客源，更能吸引新的潛在乘客。
- 三、薪資計算成本減少：管理資訊系統包含薪資計算系統，藉由電腦的薪資系統，操作員可立即將薪資資料鍵入資料庫，減少彙整相關人事資料與薪資計算之時間成本。
- 四、車隊維修成本減少：管理資訊系統包含車隊維修系統，藉由電腦的維修系統，可立即告知車輛應進行維修之時間，減少人工運算之時間成本，以及預防車

輛故障，造成一段時間無法營運之損失。

五、肇事費用減少：利用定位導航(GPS)及地理資訊系統(GIS)之搭配，告知駕駛者應行駛之速限，降低因超速所造成之人員傷亡。

3.2 指標設計

本研究所設計之量化指標方式主要參考交通部運輸研究所(2002)[17]，在大眾運輸車隊管理系統核心模組中提出之績效評估方式，亦即進行電腦化系統與傳統人工作業之差異比較。此外，本研究所建立的五項效益評估指標，各自以流程圖的方式呈現，其中流程圖又劃分成不同作業階段，底下說明各作業階段所代表之涵意：

- 一、抽樣階段：因資料量不易取得，因此針對調查項目提出建議抽樣數。
- 二、調查階段：調查導入 APTS 前後之相關項目，在此可利用各項指標所附之效益評估分析調查表格做為調查輔助工具。
- 三、量化階段：將調查資料乘上量化值。
- 四、總計階段：將量化資料以金額為單位表示。

底下茲針對調度時間降低、搭乘人數、計算薪資成本、車隊維修成本與肇事費用共五項指標分節說明如下：

3.2.1 調度時間降低指標

調度時間降低指標流程如圖 3-1 所示，我們將解釋流程圖的意義，並提供指標量化公式，分別探討如下：

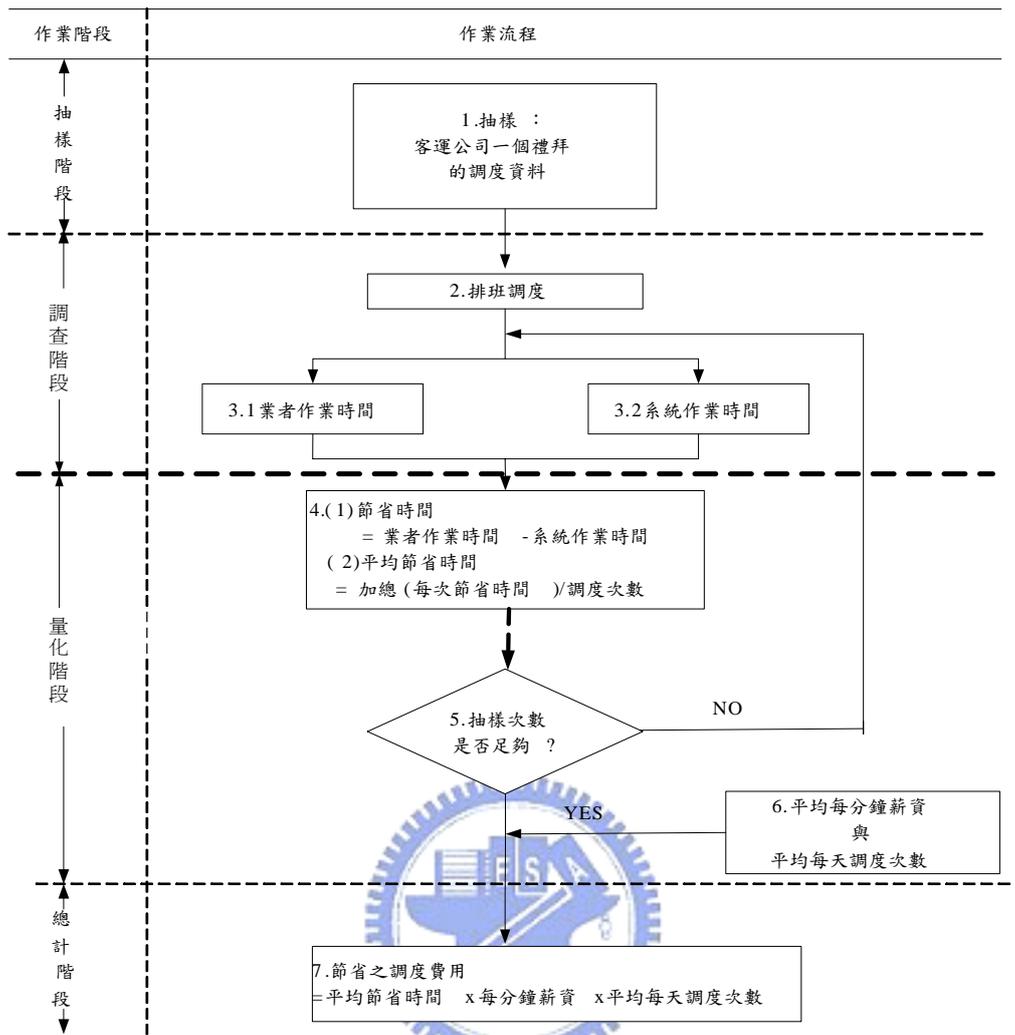


圖 3-1 調度時間降低之流程圖

站務人員在每日營運前，即事先完成車輛派遣及人員排班工作，但在實際營運過程中，難免會有駕駛員生病請假、車輛拋錨或道路塞車等突發狀況發生，導致預定班表無法正常運行，此時即為排班調度之發生。

在抽樣階段，由於要取得客運公司平時之調度資料著實不易，除受到資料取得不易外，更有調查時間上之限制，因此，抽取客運公司一週時間內之尖離峰調度資料，期中尖峰時段分別為早上 7 點至 9 點與下午 4 點至 6 點，其餘時段皆為離峰時段。

在調查階段，本研究分別調查人工作業時間與系統作業時間；在人工作業時間上，每一單筆調度資料之取得步驟如下，並且記錄如下每一項目之時間，才算完成一筆調度資料。

步驟一：記錄調度發生起始時間：以事件發生的時間點為準。

步驟二：記錄真正開始執行的時間點：記錄人工排班作業起始時間點。

步驟三：記錄調度狀況的時間點：已經確認完成由哪輛車或人去執行調度工作。

步驟四：記錄完成調度的時間點：亦即被調度人員回覆可的時間點：若可，則調度完成；若否，則回到步驟二。

完成上述所有步驟後，將步驟四的時間減掉步驟一的時間，並扣除中間過程中有非調度動作的時間，即為人工作業時間。系統作業時間的計算，則分別記錄系統調度開始時間(如上述步驟一)到系統調度結束時間(如上述步驟四)，由於系統作業為一電腦化程序，所以中間項目(步驟二至步驟四)不予記錄。調度時間降低之調查，可參考本研究之調查表格，請參見附錄一調度時間之調查表格。

在量化階段，將每筆人工作業時間與系統作業時間相減後加總，再除以平均調度次數，即可得到導入系統後，每次調度所能節省之平均時間。在總計階段，將上述所得到之調度平均節省時間乘上每分鐘員工薪資，即為該公司平均每次發生調度狀況時所能節省的成本，若再乘上平均每天調度次數，即為平均每天可節省之成本。

指標之量化公式如下：

平均每天節省成本(元/天)

$$=[(\sum(\text{業者作業時間}-\text{系統作業時間}))/\text{平均一個禮拜之調度次數}](\text{分/次})\times[\text{平均每分鐘薪資}(\text{元/分})]\times\text{平均調度次數}(\text{次/天})$$

說明：

所有時間單位為分，所有金額單位為元。

$$\text{平均每分鐘薪資} = \text{員工薪水} / (30 \times 8 \times 60)$$

3.2.2 乘客人數增加指標

實際搭乘人數增加指標流程如圖 3-2 所示，我們將解釋流程圖的意義，並提供指標量化公式，分別探討如下：

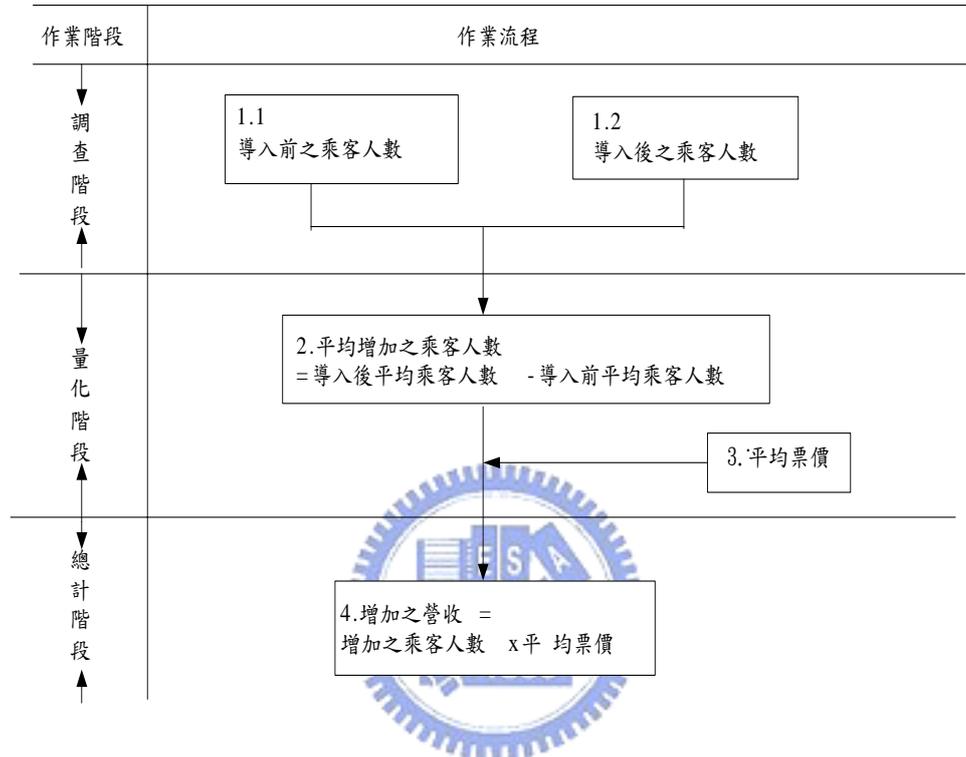


圖 3-2 乘客人數增加之流程圖

在調查階段，本研究分別調查導入前、後之乘客人數，資料來源之取得可直接由公司內部報表查閱。搭乘人數增加之調查，可參考本研究之調查表格，請參見附錄一搭乘人數之調查表格。

在量化階段，將調查階段之導入前、後乘客人數相減，即為增加之乘客人數，並求取公司之平均票價。在總計階段，將增加之乘客人數乘上平均票價即為公司增加之營收。

指標之量化公式如下：

增加營收(元/月)

$$= [(\text{導入後平均乘客人數} - \text{導入前平均乘客人數})(\text{人/月})] \times [\text{平均票價}(\text{元/月})]$$

3.2.3 薪資計算成本減少指標

薪資計算成本減少指標流程如圖 3-3 所示，我們將解釋流程圖的意義，並提供指標量化公式，分別探討如下：

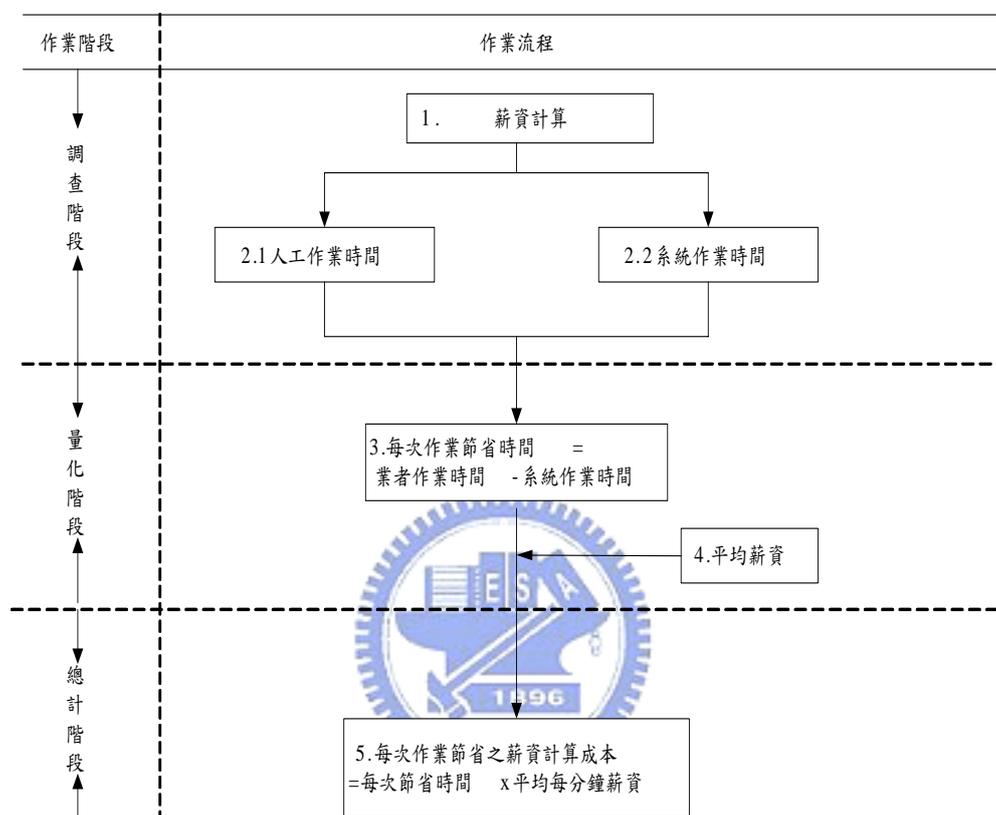


圖 3-3 薪資計算成本減少之流程圖

在調查階段，計算員工薪資時，需將相關資料先行彙整(包括駛車憑單、休假、違規等)，再由專人進行員工薪資計算作業。在此，本研究將分別調查導入系統前後，業者計算薪資所耗費的時間，而薪資計算的流程大致如下：

1. 基本薪資計算：計算考核記錄統計月報表、計算差休記錄統計月報表、計算駕駛員執勤狀況報表。
2. 獎金計算：計算里程獎金、計算趟次獎金、計算公司其它獎金。
3. 彙整計算。

由於上述每一個項目，薪資計算人員可能同時進行，或者在薪資計算時處理

其它事務(此狀況將不予以考慮)。因此，本研究假設此計算過程是一連續動作，所以不需單獨計算上述每一項目的開始時間與結束時間，只記錄計算薪資的開始時間(上述任一項目開始進行計算即開始記錄時間)與薪資計算完畢的結束時間(上述所列項目全部運算完畢)。其中，薪資計算的過程中若有進行其它事務，將不額外扣除。薪資之調查，可參考本研究之調查表格，請參見附錄一薪資之調查表格。

在量化階段，將導入前之人工計算時間與導入後之系統計算時間相減，即為所節省之時間，並計算員工平均每分鐘薪資。在總計階段，將量化階段所求得之節省時間乘上員工平均每分鐘薪資，即為該公司每次作業可節省之費用。

指標之量化公式如下：

每次作業節省成本(元/月)

$$=(\text{人工作業時間}-\text{系統作業時間})(\text{分})\times\text{平均薪資}(\text{元}/\text{分})$$

說明：

所有時間單位為分，所有金額單位為元。

平均每分鐘薪資 = 員工薪資 / (30 × 8 × 60)



3.2.4 維修計算成本減少指標

維修計算成本減少指標流程如圖 3-4 所示，我們將解釋流程圖的意義，並提供指標量化公式，分別探討如下：

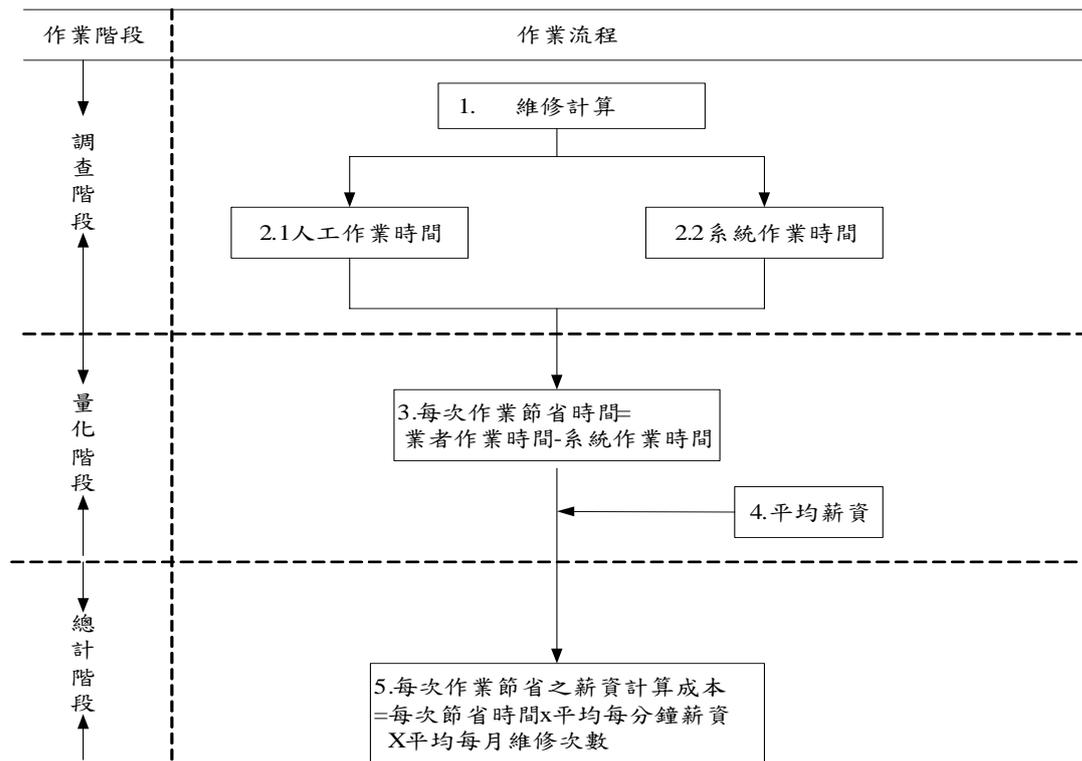


圖 3-4 維修計算成本減少之流程圖

在調查階段，本研究將分別調查導入系統前後，業者計算維修所耗費的時間，而維修流程大致如下：

1. 尋找下週應保養的固定里程保養車輛。
2. 尋找已預約下週維修之車輛。
3. 排入臨時需保養或維修之車輛。

由於上述每一個項目作業人員可能同時進行，或者在維修計算時處理其它事務(此狀況我們將不予以考慮)。因此，本研究假設此計算過程是一連續動作，所以不需單獨計算每一項目的開始時間與結束時間，只記錄維修與保養班表的開始時間(上述任一項目開始進行計算即開始記錄時間)與維修與保養班表完畢的結束時間(上述所列項目全部運算完畢)。其中，維修排程計算的過程中若有進行其它事務，將不額外扣除。車隊維修之調查，可參考本研究之調查表格，請參見附錄一車隊維修之調查表格。

在量化階段，將導入前之人工計算時間與導入後之系統計算時間相減，即為

所節省之時間，並計算員工平均每分鐘薪資。在總計階段，將量化階段所求得之節省時間乘上員工平均每分鐘薪資，即為該公司每次作業可節省之費用。

指標之量化公式如下：

平均節省成本(元/月)

$$=[(\text{人工作業時間}-\text{系統作業時間})(\text{分})]\times[\text{平均每分鐘薪資}(\text{元}/\text{分})]\times[\text{平均維修次數}(\text{次}/\text{月})]$$

說明：

所有時間單位為分，所有金額單位為元。

$$\text{平均每分鐘薪資} = \text{員工薪資} / (30 \times 8 \times 60)$$

3.2.5 肇事費用減少指標

肇事費用減少指標流程如圖 3-5 所示，我們將解釋流程圖的意義，並提供指標量化公式，分別探討如下：



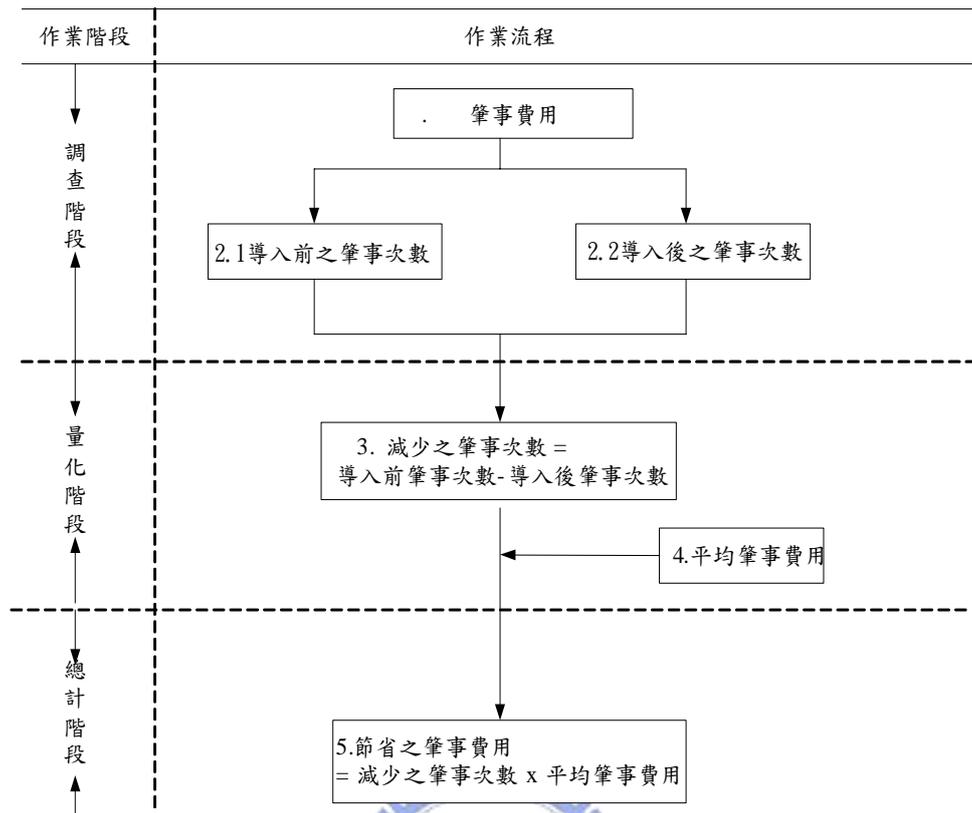


圖 3-5 筆事費用減少之流程圖

在調查階段，將分別調查導入前、後之筆事次數與筆事費用，資料來源請查閱公司內部報表。減少筆事費用之調查，可參考本研究之調查表格，請參見附錄一筆事費用之調查表格。

在量化階段，將導入前、後之筆事次數相減，即為減少之筆事次數，並求平均筆事費用。在總計階段，將減少之筆事次數乘上平均筆事費用即為公司減少之費用。

指標之量化公式如下：

節省費用(元/月)

$$=[\text{導入後平均筆事次數}-\text{導入前平均筆事次數(次/月)}]\times[\text{平均筆事費用(元/月)}]$$

3.3 整合性評估指標

在前一章節中，本研究建立了五項效益評估指標。然而，本研究的目的是在於衡量整體導入 APTS 後之績效。因此，我們選取的指標必須具獨立性亦即不重覆性，以免整體的評估出現偏移的效率，所以我們將部分相同性質之指標予以合併，以求得更完整之整體效益。

綜上所述，本研究將上述之五項指標予以衡量後，提出一項整合性指標，亦即將調度時間減少、計算薪資成本減少、車隊維修成本減少、肇事費用減少(當成其它費用)彙整成營運管理成本減少指標。而上述這些指標必須針對尚可取得導入前之相關資料的客運公司才能做導入前後之比較。因此，為克服無法取得導入前之資料的客運公司也能利用本模式進行測試，我們提出客運公司在計算其營運成本時可利用與本研究所建立之 APTS 效益評估指標(調度時間減少、計算薪資成本減少、車隊維修成本減少、其它費用)有直接相關之會計成本項目，將之列為營運成本之內容。

會計成本項目中的營運成本項目，其內容包括三項：行車人員薪資、管理員工薪資與肇事費用，並將三者會計項目予以加總後，即為營運成本指標之實際內容。而行車人員薪資與管理員工薪資細項內容為：薪資、獎金、津貼、加班費及勞健保，其中勞健保部份雖與 APTS 之效益無關，但因無法將其從非 APTS 之因素中排除，且導入前後之勞健保金額應為差異不大，所以不會影響本研究之評估結果。

四、建立 DEA 模式

本研究所提出的研究架構可作為客運公司導入 APTS 前、後整體營運績效評估的模式，此外 DEA 方法所評估之效率係建立在各單位之投入產出資料上，因此本章在建立 DEA 模式時會利用前一章所建立之效益評估指標，並將之納入 DEA 方法中的投入項或產出項，以下將對 DEA 所採用的投入產出項、研究方法、分析項目說明如下：

4.1 投入產出項之選擇

本論文篩選重要的投入、產出項指標作為衡量客運公司導入 APTS 前後之績效指標，並將前一章節所建立之營運成本減少指標及乘客人數增加指標分別納入 DEA 模式中的投入項與產出項，投入、產出指標如表 4-1 所示。

表 4-1 投入與產出項目指標

	指標
投入項	1. 軟硬體設備(元)
	2. 駕駛人數(人)
	3. 營運成本(元)
產出項	1. 乘客人數(人)

投入產出項指標之內容分別如下：

- 一、軟硬體設備：部分軟硬體設備，並非本研究之搜集資料時間範圍內購入，如智慧型站牌、MIS 資訊系統等。由於這些運輸設備並不因使用而發生顯著之變化或損耗，其都有一定之耐用年限，在會計作法上，必須將其成本分攤於各使用期間作為費用，按有系統而合理之方法，將設備資產的成本分攤於耐用年限的會計程序，稱為折舊。因此，本研究依據台南市公車所提供的成本資料中，將車輛折舊與各項設備折舊相加後，即為模式中之軟硬體設備金額。其中，導入後的軟硬體設備除車輛折舊與各項設備折舊外，還包括投入 APTS

之金額。

二、駕駛人數：本研究以各路線駕駛人數取代全公司之員工數，是由於本研究是在做導入 APTS 前後之比較，只要前、後之比較基礎相同即同，以及模式中的決策單位為各營運路線，因此，選擇與各路線有直接關係之駕駛人數做為投入項之一。

三、營運成本：導入 APTS 後，其目的之一在於縮減客運公司之營運成本，因此，其內容包括調度時間降低、計算薪資成本減少、車隊維修成本減少、肇事費用減少，或以會計成本項目表示包含行車人員薪資、管理員工薪資與肇事費用，加總後即為本模式之營運成本金額。

四、乘客人數：選擇以乘客人數作為產出項，是因為可看出投入 APTS 後，是否除維持現有客源外，更能吸引新的潛在常客。由於 DEA 之使用不受衡量單位之限制，因此本研究直接以乘客人數作為產出項。



4.2 評估 APTS 之研究方法

績效評估之方法眾多，各種方法各有其優缺點、限制與適用性，本研究為衡量多項投入與產出以及考慮其適用性，在互相比較各方法後，選擇以資料包絡分析法作為評估投入 APTS 前後的營運績效之變化。以下將介紹資料包絡分析法的應用程序、模式及分析項目。

4.2.1 資料包絡分析法的應用程序

此章節的目的在於介紹 DEA 的應用程序，在此我們僅介紹重要的觀點，而不著重於完整的全面性介紹。因為，在程序的某些步驟中並不是完全講究方法來處理，完整程序流程圖如圖 4-1 所示。

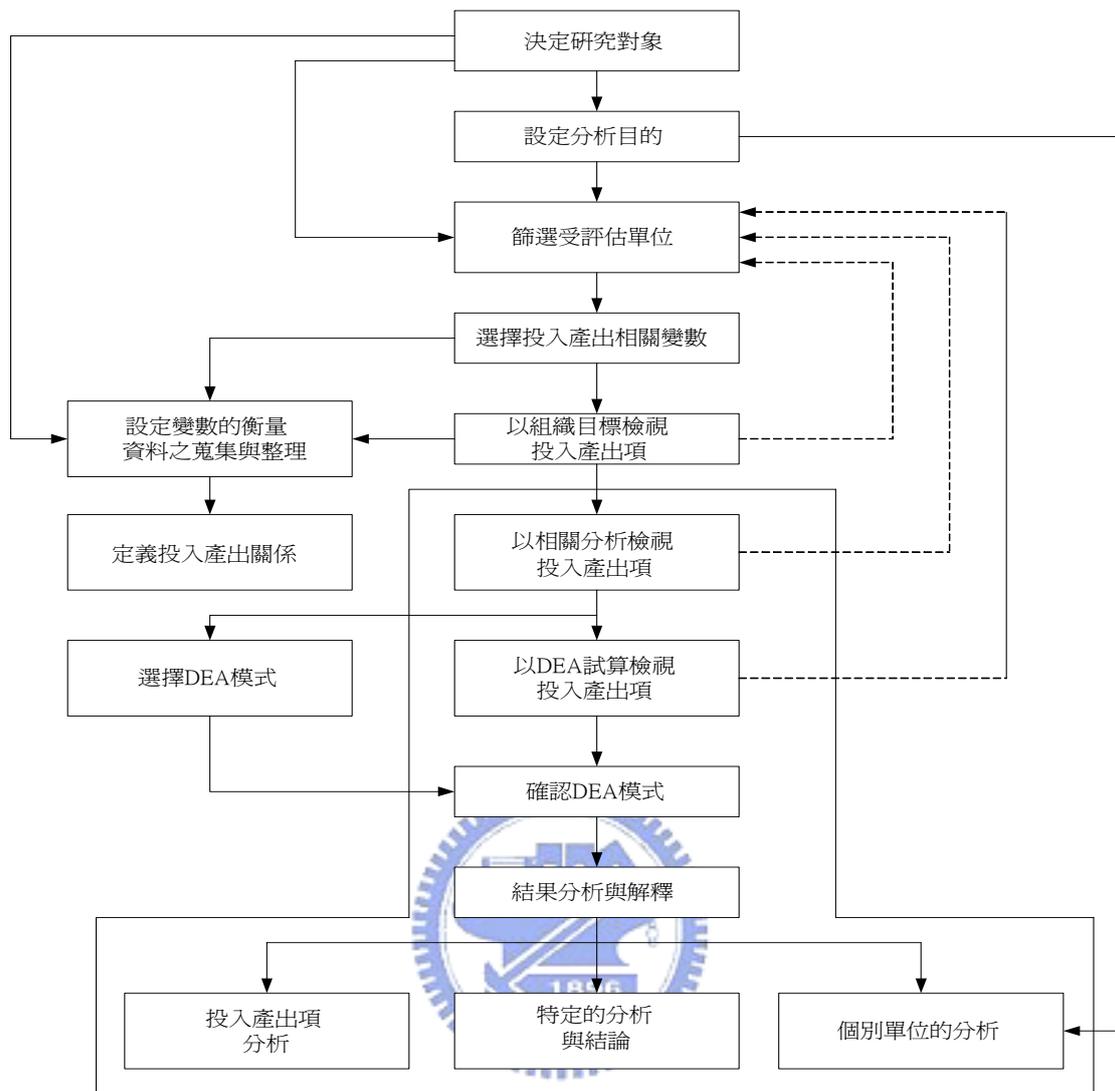


圖 4-1 DEA 應用程序

一、定義和選擇進行分析的決策單位

DEA 是用來評估可比較單位之相對效率之方法，以求改進現有績效，因此受評估單位必須有比較上的意義，同時有相同的目標、執行相似的工作，並在相同的市場條件下運作，所以，必須先行找出同質性(homogeneous)之單位群。

其次考量受評單位之個數，依經驗法則(rule of thumb)，受評估單位之個數至少應為投入項個數與產出項個數和之二倍。最後，是受評單位中的離群單位(outlier)，必須妥善處理，甚至從受評估群中移除，以避免離群單位對結果造成干擾。

二、決定相關且適當的投入與產出要素

投入係對產出具有貢獻之各種資源，而產出係達成組織目標之具體化的衡量項目，在選擇投入產出項時，應儘可能的列出所有可能的項目，然後進行篩選。一般篩選的方法有經驗判斷法、非 DEA 的數項分析與 DEA 模型的測試。

另外，如果引入過多的投入產出項，會稀釋決策單位間的差異，因此我們可經由上述的方法篩選後，再進一步以量化的方法確認投入產出之關係。此關係可由統計上之相關分析予以確認投入產出項資料是否符合「等幅擴張性」，亦即投入數量增加時產出數量不得減少。

投入產出項所採用的計量單位對評估結果並無影響，但為避免因數值全距太大所導致計算上之問題，必須採用計算誤差容忍度較好的軟體。其次，為確保每一投入產出資料均大於 0，除了可以 10^{-6} 取代 0 外，亦可將性質相近之投入產出項目予以合併。



4.2.2 資料包絡分析法模式

DEA 方法的求算過程是每次將一個決策單位的產出與投入的比值做為目標函數，以所有 DMU 的投入產出為限制條件，共執行 n 次，並在所有決策單位的效率值為最大為一限制下，找出對該 DMU 最有利的權數 u_r 及 v_i ，使該決策單位的效率值為最大，各決策單位的效率值是將各項產出加權除以各項的投入加權而得出。

由於每個 DMU 均有機會成為目標函數，而每個比率規劃所對應的限制條件完全一樣，因此 DEA 方法所求的各 DMU 之效率值是有相同的比較基礎。底下彙整式子中常用的符號：

符號：

n ：決策單位數

s ：產出項個數

m ：投入項個數

j ：決策單位， $j=1, \dots, n$

r ：產出項， $r=1, \dots, s$

i ：投入項， $i=1, \dots, m$

ε ：代表一極小之正值

資料：

y_{rk} ：代表第 k 個 DMU 之第 r 項產出

x_{ik} ：代表第 k 個 DMU 之第 i 項投入

變數：

u_r ：第 r 項產出項的權重

v_i ：第 i 項投入項的權重

s_r^+ ：產出項之差額變數

s_i^- ：投入項之差額變數

λ_j ：參考集合之權重

h_k ：表示目標 DMU 之相對效率值

θ_k ：所有決策單位投入項最適減少之比例

z_k ：表示第 k 個目標決策單位的相對效率值



一、CCR 模式

目標式 DMU 之效率值為：

$$\text{Max} \quad h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (\text{式 4-1})$$

$$\text{Subject to} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad i=1, \dots, n \quad r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m$$

上式從已知的投入項(x_{ij})與產出項(y_{rj})，根據每個決策單位的集合，找出對每個決策單位最有利的權數(u_r, v_i)，以求得相對效率值最大。因為(式 4-1)為分數線性規劃問題，為一種非線性的數學規劃，無法直接計算，必須先轉換成線性規劃模式後，才能進行求解，如式 4-2。

$$\text{Max} \quad h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (\text{式 4-2})$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad i=1, \dots, n \quad r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m$$

由(式 4-2)發現，限制式個數($n+s+m$)個多於目標式之變數個數($n+s$)個，依據對偶理論(Duality)，可將該式轉換成對偶問題(Dual Problem)以降低限制式中變數的個數，方便求解。並令各限制式條件之影子價格(Shadow Price)為參考集合(reference set)之權重為 λ_j ，所有決策單位等比例減少的額度為 θ_k ，投入與產出之差額變數為 S_i^- 、 S_r^+ ，對偶模式如下：

$$\text{Min} \quad z_k = \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right) \quad (\text{式 4-3})$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = y_{rk}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta_k x_{ik} + S_i^- = 0$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

$$\text{for } r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

由(式 4-3)中可瞭解投入與產出有多少可以改善的空間，若一決策單位達到最有效率(即 $z_k=1$)，則 S_i^- 與 S_r^+ 皆為 0，因此可以知道投入與產出項應改善的方向與大小，以達最有效率。

二、BCC 模式

CCR 模式是假設規模報酬固定(CRS)，當規模報酬變動時(VRS)，技術效率有可能部份原因是規模運用不當所造成，因此 BCC 模式擴大了 CCR 模式，藉以衡量各單位的技術效率、規模效率及規模報酬為遞增遞減或固定的情況。BCC 的對偶模式如下所示：

$$\text{Min} \quad z_k = \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right) \quad (\text{式 4-4})$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = y_{rk}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta_k x_{ik} + S_i^- = 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

$$\text{for } r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

BCC 比 CCR 模式多了一個 $\sum_{j=1}^n \lambda_j$ 變數是為判斷決策單位(DMU)屬何種報酬之依據。

DEA 理論除了 CCR 與 BCC 兩基本模式以外，尚有其它的模式。而目前 DEA 模式在實證應用上，多以 CCR 和 BCC 模式為主。本研究亦使用 CCR 與 BCC 模式。本研究

將探討台南市公車路線的整體效率、技術效率、規模效率，為滿足研究的目的，必須同時選用 CCR 模式和 BCC 模式。

4.2.3 分析項目

執行完 DEA 模式後，需將 DEA 評估結果加以分析與解釋，以提供有用的資訊，根據結果可提供以下分析：

一、效率分析：

當受評估單位相對效率值為 1，代表該單位是相對有效率的，並進一步解釋其穩健度(robustness)；當受評估單位相對效率值小於 1，則代表該單位是相對無效率的。其次，由投入產出項權數 u_r 、 v_i 之值，亦可得知投入產出項對效率之相對貢獻。

根據 Norman 和 Stocker(1999)可將受評估單位依整體效值強度分類如下：

1、強勢效率單位：

由相對效率值為 1 的 DMU 所成的集合。此集合中之 DMU 滿足： $\theta_k = 1$ ，且差額變數 $s_{ik}^- = s_{rk}^+ = s_{rk}^+ = 0$ ，這些 DMU 為效率之參考集合，當一受評估單位出現在其他受評估單位之參考集合中之次數愈多，隱含此受評估單位相對有效率之穩健度(robustness) 愈強。

2、邊緣效率單位：

由相對效率值為 1 的 DMU 所成的集合。此集合中之 DMU 滿足： $\theta_k = 1$ ，但差額變數 s_{ik}^- 、 s_{rk}^+ 不全為 0。同時該集合中之 DMU 不會出現在其他無效率 DMU 之參考集合中。

3、邊緣非效率單位：

由無效率 DMU 所成的集合。該集合中之 DMU 相對效率值介於 1 與 0.9 之間，同時差額變數 s_{ik}^- 、 s_{rk}^+ 皆不為 0。此類 DMU 表示其投入產出項只要稍微作

調整即可達到相對有效率。

4、明顯非效率單位：

由無效率 DMU 所成的集合。該集合中之 DMU 其相對效率值小於 0.9，，同時差額變數 s_{ik}^- 、 s_{rk}^+ 皆不為 0。此類 DMU 表示其投入產出項須做較大調整始可達到相對有效率。

二、規模效率分析：

規模效率係指當投入資源成比例變動時，其產出變動的狀況；因此可用來調整生產規模。當規模報酬是可變動的，廠商必存在一最適生產規模使每單位投入之平均產出最大，判斷生產行為處於何種生產規模。若 SE 值等 1 則該 DMU 處於固定規模報酬，若小於則可能處於遞增規模報酬或遞減規模報酬。

根據 Banker & Morey(1986)的研究，在 CCR 模式中，由 $\sum \lambda$ 的值可分類如下：

- (1) $\sum \lambda = 1$ 表示該受評估單位是在最適規模下生產，屬於固定規模報酬(CRS)
- (2) $\sum \lambda < 1$ 表示該受評估單位小於最適生產規模，屬於規模報酬遞增(IRS)
- (3) $\sum \lambda > 1$ 表示該受評估單位大於最適生產規模，屬於規模報酬遞減(DRS)

三、差額分析：

當評估單位為非效率單位時，可藉由差額分析，以瞭解須減少多少的投入或增加多少的產出使該評估單位達到效率單位。若採用投入導向模式，表示將現有的產出值視為固定值，計算投入項可以縮減多少，讓決策單位達到最高效率值。

五、模式測試

本章主要探討導入 APTS 前後效益評估之實證分析結果，包括 5.1 分析之資料來源、5.2 導入 APTS 前之效益評估、5.3 導入 APTS 後之效益評估、5.4 導入 APTS 前後之比較以及 5.5 測試小結共五個部份。

5.1 資料來源

在分析導入 APTS 前、後績效評估所需之資料中，由於各地區導入 APTS 之狀況不一，因此為準確衡量導入 APTS 前後之差異，本研究選取已建置完成且開始正常營運之台南市公車為研究對象。並且，因台南市公車於 94 年 2 月中旬才正式導入 APTS，因此本論文資料蒐集期限只能收集一個月，為民國 94 年 3 月。而為使導入前後之比較基礎相同，在導入前的資料本研究是採用民國 93 年 3 月，資料則由台南市交通局提供。



決策單位為台南市公車路線，並且在各路線之比較中，由於導入 APTS 後，部份營運路線已經停駛或新增，故本論文只選取導入前後均有經營之路線，對於停駛或新增之路線則不予考慮。其中導入 APTS 後之路線中，台南市公車將導入前之 1 路南路線拆成 1 路南與 1 路北，而本研究為使導入前後之比較基準相同，因此將 1 路南與 1 路北之各項資料加總彙整成 1 路後放入導入 APTS 後之資料。

採用的指標包括軟硬體設備(元)、駕駛人數(人)、營運成本(元)及乘客人數(人)。在軟硬體設備部份，導入前的內容包括車輛折舊與各項設備折舊，而導入後部份除了車輛折舊與各項設備折舊外尚需加入投入 APTS 之經費，由於市政府在投入 APTS 時之總金額為 1000 萬元，且這 1000 萬元將分為 5 年攤提並採用平均攤提法，因此每年攤提為 200 萬元，而本研究之研究範圍為 1 個月，因此，我們將 200 萬元除以 12 個月後為 166,667 元後，再將此筆經費分攤到各條路線，

在分攤方式，本研究以班次做為權重分配，是因為因考慮投入 APTS 之金額，與其站牌數或車輛因素相關，因此，以班次代表車子的使用量，表 5-1 為各路線投入 APTS 之金額。

表 5-1 各路線投入 APTS 之金額

路線	日駛班次	比率	APTS 金額(單位:元)
1	180	0.347	57803
2	72	0.139	23121
3	52	0.100	16699
5	60	0.116	19268
6	50	0.096	16057
7	32	0.062	10276
9	13	0.025	4175
10	15	0.029	4817
11	13	0.025	4175
14	32	0.062	10276
合計	519	1.000	166667

在駕駛人數部份，有部份路線的駕駛員是合併計算，因此無法單獨取得各路線駕駛人數，本研究在各路線的駕駛人數分配是以日駛班次做為權重，將總駕駛人數乘上各路線之班次比率，即可得各路線駕駛人數。表 5-2 為 93 年 3 月各路線駕駛人數，表 5-3 為 94 年 3 月各路線駕駛人數。

表 5-2 93 年 3 月各路線駕駛人數

路線	日駛班次	比率	駕駛人數
1	90	0.222	13.1
2	72	0.177	10.5
3	50	0.123	7.3
5	60	0.148	8.7
6	50	0.123	7.3
7	32	0.079	4.7
9	13	0.032	1.9
10	13	0.032	1.9
11	13	0.032	1.9

12	13	0.032	1.9
合計	406	1.000	59

表 5-3 94 年 3 月各路線駕駛人數

路線	日駛班次	比率	駕駛人數
1	180	0.347	20.8
2	72	0.139	8.3
3	52	0.100	6.0
5	60	0.116	6.9
6	50	0.096	5.8
7	32	0.062	3.7
9	13	0.025	1.5
10	15	0.029	1.7
11	13	0.025	1.5
14	32	0.062	3.7
合計	519	1.000	60

在營運成本部份，導入前的內容包括行車人員薪資、管理員工薪資與肇事費用，其中肇事費用項目因無法得知各路線之費用，因此，本研究為使權重分配方式一致，同樣採用班次比率分配。其中導入前之肇事費用為 44,000 元，而導入後之肇事費用為 0。

本研究彙整上述資料後，將各項指標之內容予以加總後，將要放入模式中的導入前、後資料，分別以表 5-4 表示導入 APTS 前之投入產出資料，表 5-5 表示導入 APTS 後之投入產出資料。

表 5-4 導入 APTS 前之投入產出資料

編號	決策單位	軟硬體設備 (單位:萬元)	營運成本 (單位:十萬元)	駕駛人數 (單位:人)	乘客人數 (單位:萬人)
1	1 路	6.0726	8.66595	13.1	5.4377

2	2路	1.5037	4.52835	10.5	2.7980
3	3路	2.7237	3.22720	7.3	1.6342
4	5路	3.073	3.85396	8.7	1.7639
5	6路	2.6817	3.44911	7.3	0.9660
6	7路	1.8401	1.92797	4.7	0.9873
7	9路	0.4738	0.57693	1.9	0.0934
8	10路	0.3935	0.45954	1.9	0.0574
9	11路	0.3678	0.39319	1.9	0.0138
	合計	19.1299	27.08219	59	13.7517

表 5-5 導入 APTS 後之投入產出資料

編號	決策單位	軟硬體設備 (單位:萬元)	營運成本 (單位:十萬元)	駕駛人數 (單位:人)	乘客人數 (單位:萬人)
1	1路	12.1108	10.70122	20.8	7.6571
2	2路	7.0934	5.19148	8.3	2.9473
3	3路	15.9874	4.39025	6.0	2.0489
4	5路	17.2747	5.38375	6.9	2.3544
5	6路	11.5332	3.97954	5.8	1.0995
6	7路	1.9150	1.74504	3.7	1.2405
7	9路	2.3923	0.53124	1.5	0.1172
8	10路	2.6966	0.55589	1.7	0.0165
9	11路	1.7473	0.41034	1.5	0.0284
	合計	72.7506	32.88875	60	17.5098

5.2 分析導入 APTS 前之效益

本論文採用投入導向之 CCR 模式與 BCC 模式，可以取得三個主要效率值，包括整體效率值、技術效率值、規模效率值。但在計算 DEA 效率前為確認所選取之投入產出要素之合理性，亦即檢驗所選取之投入產出要素是否具有等幅擴張性之關係，可採用相關係數來加以分析。

表 5-6 為投入產出項間之相關係數，可知投入產出間之係數均為正值，且數值均高達 0.9 以上，符合 DEA 對投入與產出間需具同向性之假設。

表 5-6 導入 APTS 前之相關係數

	乘客人數
軟硬體設備	0.982
駕駛人數	0.994
營運成本	0.979

表 5-7 為台南市公車 9 條路線，分別以 CCR 與 BCC 模式所求得之整體效率、技術效率、規模效率、規模報酬及參考集合，分析結果如下所示：

表 5-7 台南市公車導入 APTS 前之各項效率

路線	整體效率 (CCR)	技術效率 (BCC)	規模效率 (CCR/BCC)	$\sum \lambda$	規模報酬	參考 集合
1 路	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1
2 路	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	2
3 路	0.807	0.873	0.924	0.301	IRS	1
5 路	0.729	0.781	0.934	0.324	IRS	1
6 路	0.446	0.534	0.836	0.178	IRS	1
7 路	0.816	0.961	0.849	0.182	IRS	1
9 路	0.258	1.000	0.258	0.017	IRS	1

10 路	0.199	1.000	0.199	0.011	IRS	1
11 路	0.056	1.000	0.056	0.003	IRS	1
平均值	0.590	0.905	0.673	---	---	---

一、台南市公車導入 APTS 前各路線之效率分析如下：

1、強勢效率單位：包含 1 路、2 路，共 2 條路線。

2、明顯非效率單位：包含 3、5、6、7、9、11、12 路，共 7 條路線。

我們發現台南市公車 9 條路線中，2 條路線屬於效率單位；其它的 7 條路線屬於非效率單位，這些路線的效率值都不等於 1，表示尚需加強。

二、台南市公車導入 APTS 前各路線之規模分析如下：

(1)最適生產規模(CRS)：包含 1 路、2 路，共 2 條路線。

(2)小於最適生產規模(IRS)：包含 3、5、6、7、9、10、11、12 路，共 7 條路線。

根據規模報酬分析，可看出 7 個非效率單位中全部建議擴大規模，顯示大部份的路線均未達到最適生產規模的境界，可以調整規模大小以增進效率。

三、參考集合

如路線 3 的參考集合為 1 路，表示 3 路效率之改善方向可以 1 路為目標邁進，而 1 路南、2 路因為已達效率前緣，沒有可改進之目標，所以沒有參考集合。

四、小結

由表 5-7 的平均值來探討導入 APTS 前之 9 條路線，其平均整體效率值為 0.59；技術效率為 0.91；規模效率為 0.67。其所代表的經濟意涵分別說明如下：

1、平均整體經營效率 0.59，代表整個台南市公車的經營約有 41%的改善空間。

2、平均技術效率 0.91，代表公車業者因投入資源管理不善而造成約 9%的技

術無效率。

3、平均規模效率 0.68，代表台南市業者接近在最適規模下經營，造成 32% 的規模無效率。

5.3 分析導入 APTS 後之效益

在計算 DEA 效率前，同樣為確認所選取之投入產出要素之合理性，採用相關係數來加以分析。表 5-8 為投入產出項間之相關係數，可知投入產出間之係數均為正值，且數值均高達 0.9 以上，符合 DEA 對投入與產出間需具同向性之假設。

表 5-8 導入 APTS 後之相關係數

	乘客人數
軟硬體設備	0.932
駕駛人數	0.990
營運成本	0.993

表 5-9 為台南市公車 9 條路線，分別以 CCR 與 BCC 模式所求得之整體效率、技術效率、規模效率、規模報酬及參考集合，分析結果如下所示：

表 5-9 台南市公車導入 APTS 後之各項效率

路線	整體效率 (CCR)	技術效率 (BCC)	規模效率 (CCR/BCC)	$\sum \lambda$	規模報酬	參考 集合
1 路	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1
2 路	0.962	0.991	0.971	0.385	IRS	1
3 路	0.926	0.974	0.951	0.268	IRS	1
5 路	0.922	0.962	0.959	0.307	IRS	1
6 路	0.517	0.592	0.873	0.144	IRS	1
7 路	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	7
9 路	0.308	1.000	0.308	0.015	IRS	1

10 路	0.041	0.867	0.048	0.002	IRS	1
11 路	0.097	1.000	0.097	0.004	IRS	1
平均值	0.642	0.932	0.690	---	---	---

一、台南市公車導入 APTS 後各路線之效率分析如下：

- 1、強勢效率單位：包含 1 路、7 路，共 2 條路線。
- 2、邊緣非效率單位：包含 2 路、3 路、5 路，共 3 條路線。
- 3、明顯非效率單位：包含 6、9、10、11 路，共 4 條路線。

我們發現台南市公車 9 條路線中，2 條路線屬於效率單位；其它 7 條路線屬於非效率單位，其中邊緣非效率單位佔 3 條，明顯非效率單位佔 4 條，這些路線的效率值都不等於 1，表示尚需加強管理。

二、台南市公車導入 APTS 後各路線之規模分析如下：

- 1、最適生產規模(CRS)：包含 1 路、7 路，2 條路線。
- 2、小於最適生產規模(IRS)：包含 2、3、5、6、9、10、11 路，7 條路線。

根據規模報酬分析，可看出 7 個非效率單位中全部建議擴大規模，顯示大部份的路線均未達到最適生產規模的境界，可以調整規模大小以增進效率。

三、參考集合

如路線 3 的參考集合為 1 路，表示 3 路效率之改善方向可以 1 路為目標邁進，而 1 路、7 路因為已達效率前緣，沒有可改進之目標，所以沒有參考集合。

四、小結

由表 5-9 的平均值來探討導入 APTS 後之 9 路線於研究期間之整體效率值為 0.64；技術效率為 0.93；規模效率為 0.69。其所代表的經濟意涵分別說明如下：

- 1、平均整體經營效率 0.64，代表整個台南公公車的經營約有 36%的改善空間。因為，台南市公車的整體經營效率值僅達到 0.64，因此個別路線間的差異還是值得注意。
- 2、平均技術效率 0.93，代表公車業者因投入資源管理不善而造成約 7%的技術無效率。
- 3、平均規模效率 0.69，代表台南市業者接近在最適規模下經營，造成 31%的規模無效率。

5.4 分析導入 APTS 之前後比較

由表 5-10 導入 APTS 前後的整體效率值互相比較得知：

- 1、導入 APTS 後績效值增加之路線計有 6 條路線分別為：3 路、5 路、6 路、7 路、9 路與 11 路。
- 2、導入 APTS 後績效值降低之路線計有 2 條路線分別為：2 路、10 路。
- 3、導入 APTS 後績效值不變之路線有 1 條為 1 路，導入 APTS 前後之整體效率值均為 1。

表 5-10 導入 APTS 前後之整體效率值比較

路線	導入 APTS 前	導入 APTS 後	變化情形
1 路	1.000	1.000	不變
2 路	1.000	0.962	降低
3 路	0.807	0.926	增加
5 路	0.729	0.922	增加
6 路	0.446	0.517	增加
7 路	0.816	1.000	增加
9 路	0.258	0.308	增加
10 路	0.199	0.041	降低

11 路	0.056	0.097	增加
平均	0.590	0.642	增加

從上面結果發現導入 APTS 後只有 2 條路線之績效值低於導入 APTS 前，並且有 6 條路線之績效值比導入前佳，而 1 條效率值維持不變。因此，本研究將各項指標之導入前、後之原始資料做一比較分析，表 5-11 為軟硬體設備資料，表 5-12 為營運成本資料，表 5-13 為乘客人數資料，並且我們將從這些表格中，找出效率值可能降低之原因。

表 5-11 軟硬體設備資料 (單位:萬元)

路線	投入前	投入後	差異
1	6.0726	12.1108	6.0382
2	1.5037	7.0934	5.5897
3	2.7237	15.9874	13.2637
5	3.0730	17.2747	14.2017
6	2.6817	11.5332	8.8515
7	1.8401	1.9150	0.0749
9	0.4738	2.3923	1.9185
10	0.3935	2.6966	2.3031
11	0.3678	1.7473	1.3795
合計	19.1299	72.7506	53.6207

從表 5-11 的軟硬體設備資料中，我們發現 3 路、5 路、6 路導入前後的差值最大，其原因是因為車輛折舊部份的計算方式為分八年攤提，並且會保留一年再攤提，並且車輛是使用混合調度，亦即車輛與路線為多對多之關係。所以，在 3 路、5 路、6 路的車輛是較為新購入之車輛，因此在計算車輛折舊時金額偏高。

表 5-12 營運成本資料 (單位:十萬元)

路線	投入前	投入後	差異
1	8.66595	10.70122	2.03527
2	4.52835	5.19148	0.66313
3	3.22720	4.39025	1.16305

5	3.85396	5.38375	1.52979
6	3.44911	3.97954	0.53043
7	1.92797	1.74504	-0.18293
9	0.57693	0.53124	-0.04569
10	0.45954	0.55589	0.09635
11	0.39319	0.41034	0.01715
合計	27.08219	32.88875	5.80656

從表 5-12 的營運成本資料中，我們發現導入後的營運成本比導入前的營運成本增加，本研究預估營運成本應為在投入 APTS 後大幅減少，其原因可能資料為正式導入後之一個月的資料，在導入初期系統仍然需要有額外的系統維護人員，因此在薪資方面會提昇，而原本導入前之 1 路日駛班次為 90，在導入後路線重新規劃為 1 南及 1 北，所以班次增為 180，較原先多增加 90 班次，因此，加班費及獎金等因素都會造成導入後之營運成本較導入前增加。

表 5-13 乘客人數資料(單位:萬人)

路線	投入前	投入後	差異
1	5.4377	7.6571	2.2194
2	2.7980	2.9473	0.1493
3	1.6342	2.0489	0.4147
5	1.7639	2.3544	0.5905
6	0.9660	1.0995	0.1335
7	0.9873	1.2405	0.2532
9	0.0934	0.1172	0.0238
10	0.0574	0.0165	-0.0409
11	0.0138	0.0284	0.0146
合計	13.7517	17.5098	3.7581

從表 5-13 的乘客人數資料中，我們發現 10 路的乘客人數在導入 APTS 後比導入 APTS 前減少 409 人，其餘路線雖然沒有增加像 2、3、5 路增加人數較多，但不致於人數縮減為負值。

將資料分析後，本研究提出造成導入後之 2 條路線，分別為 2 路與 10 路其導入後之效率值比導入前低的原因如下：

- (1) 本研究是以投入的角度探討效率，其觀點是以目前的產出水準下，應使用多少之投入方屬有效率，而路線 10 在產出項的乘客人數中，乘客人數不僅沒有增加反而有減少的趨勢，會使投入的 APTS 金額無法達成預期之效率，因此導致導入 APTS 後之效率值較導入前差。
- (2) 2 路是因為其投入的各項金額與其它路線差不多，但乘客人數卻增加很少，因此造成效率值降低。而本研究在分析時，可發現在路線 1、2、3、5 中其投入的各項金額皆比較大、路線也較熱門(可從增加的乘客人數看出)。所以，本研究將這 4 條路線一同做比較分析。1 路是因為班次增加 90 班次，所以乘客數明顯大幅增加，2、3、5 路因為其營運概況接近，投入的比值也接近(但因為 3 路與 5 路二路線更換新車，因此導致部份數值增加)，所以在相同的條件下，卻不能造成更多的乘客來搭乘，明顯處於沒有效率的狀態。

彙整上述結果後，本研究發現 1 路之班次由原先 90 班次增為 180 班次；3、5、6 路是由於該路線是由新車所駕駛，因此造成軟硬體設備的投入後金額較投入前大，但這些都非導入 APTS 後所帶來之影響，為避免上述這些因素造成評估偏移，本研究將再分別進行三項測試，測試 1：刪除 1 路，其餘路線保留(表 5-14)；測試 2：刪除 3、5、6 路，其餘路線保留(表 5-15)；測試 3(表 5-16)：刪除 1、3、5、6 路，其餘路線保留。其分析結果分別如下：

表 5-14 測試 1 結果

路線	導入前 (未刪路線)	導入前 (已刪路線)	變化	導入後 (未刪路線)	導入後 (已刪路線)	變化
1	1.000	---		1.000	---	
2	1.000	1.000	不變	0.962	1.000	不變
3	0.807	0.787	減少	0.926	0.909	減少
5	0.729	0.707	減少	0.922	0.882	減少
6	0.446	0.530	增加	0.517	0.563	增加
7	0.816	0.833	增加	1.000	1.000	不變
9	0.258	0.267	增加	0.308	0.399	增加
10	0.199	0.196	減少	0.041	0.058	增加
11	0.056	0.055	減少	0.097	0.116	增加

導入前後之路線變化情形雖然有增有減，但我們若比較刪除 1 路後的導入前後之效率值變化，我們發現只有 10 路的效率值由 0.196 降為 0.058，其原因為導入後乘客人數減少，而 2 路則顯示已達效率值。所以，刪除 1 路後僅造成 2 路已達到相對有效率，10 路效率值降低，其餘路線皆顯示導入後之效率值比導入前佳，所以刪除 1 路後對其原先所得之結果影響不大。

表 5-15 測試 2 結果

路線	導入前 (未刪路線)	導入前 (已刪路線)	變化	導入後 (未刪路線)	導入後 (已刪路線)	變化
1	1.000	1.000	不變	1.000	1.000	不變
2	1.000	1.000	不變	0.962	1.000	不變
3	0.807	---	---	0.926	---	---
5	0.729	---	---	0.922	---	---

6	0.446	---	---	0.517	---	---
7	0.816	0.827	增加	1.000	1.000	不變
9	0.258	0.264	增加	0.308	0.363	增加
10	0.199	0.192	減少	0.041	0.046	增加
11	0.056	0.054	減少	0.097	0.096	減少

導入前後之路線變化情形雖然有增有減，但我們若比較刪除 3、5、6 路後的導入前後之效率值變化，我們發現只有 10 路的效率值由 0.192 降為 0.046，其原因為導入後乘客人數減少，而 2 路則顯示已達效率值。所以，刪除 3、5、6 路後僅造成 2 路已達到相對有效率，10 路效率值降低，其餘路線皆顯示導入後之效率值比導入前佳，所以刪除 3、5、6 路後對其原先所得之結果影響不大。

表 5-16 測試 3 結果

路線	導入前 (未刪路線)	導入前 (已刪路線)	變化	導入後 (未刪路線)	導入後 (已刪路線)	變化
1	1.000	---	---	1.000	---	---
2	1.000	1.000	不變	0.962	1.000	不變
3	0.807	---	---	0.926	---	---
5	0.729	---	---	0.922	---	---
6	0.446	---	---	0.517	---	---
7	0.816	0.833	增加	1.000	1.000	不變
9	0.258	0.267	增加	0.308	0.399	增加
10	0.199	0.196	減少	0.041	0.058	增加
11	0.056	0.055	減少	0.097	0.116	增加

導入前後之路線變化情形雖然有增有減，但我們若比較刪除 1、3、5、6 路後的導入前後之效率值變化，我們發現只有 10 路的效率值由 0.196 降為 0.058，其原因為導入後乘客人數減少，而 2 路則顯示已達效率值。所以，刪除 1、3、5、

6 路後僅造成 2 路已達到相對有效率，10 路效率值降低，其餘路線皆顯示導入後之效率值比導入前佳，所以刪除 1、3、5、6 路後對其原先所得之結果影響不大。

5.5 測試小結

本研究以台南市公車為樣本，使用資料包絡分析法(DEA)來評估導入 APTS 前後之績效，主要研究結果如下：

一、本研究的決策單位是台南市公車的 9 條路線，其中有 1 條路線效率值維持不變；有 6 條效率值增加；2 條效率值稍減；綜合以上結果，本研究得到投入 APTS 後所得到的績效值比導入前佳。

二、本研究之目的是在評估客運公司導入 APTS 後比導入前的效率佳，雖然本研究是以路線做為決策單位，在資料上的選取上有時會顯示出部份的路線值會較大或較小，但我們的目的並不是在比較各路線的效率值，所以，雖然在模式中的有些路線值會增加或減少，但不會影響整體的評估結果。因此，對於本研究的研究結果中，我們是以整體公司的觀點以看績效值是否提昇而不是以單一路線來判別，亦即從各路線的效率值來說明公司是否有效率，而不是在比較各路線的效率值。

三、從整體的觀點，我們雖然得到導入 APTS 後的績效值幾乎比導入前佳，但是仍有二條路線之績效值低於導入前，因此，本研究探討其可能原因為：

1、路線 10 在乘客人數資料中顯示，乘客數不僅沒有增加反而有減少的趨勢，因此會使投入的 APTS 金額無法達成預期之效率，導致導入 APTS 後之效率值較導入前差。

2、路線 2 是因為其投入的各項金額與其它路線差不多，但乘客人數卻增加很少，因此造成效率值降低。

四、由三項測試結果中(表 5-14，表 5-15，表 5-16)，我們可以發現 10 路導入 APTS 後，效率值依舊降低，其主要原因為 10 路之乘客數不增反減，因此造成導入後之效率值降低。而 2 路之效率值，我們發現排除因班次增加(1 路)，或軟硬體設備增加(3、5、6 路)因素後，其結果皆顯示 2 路已達效率值。



六、結論與建議

6.1 結論

本研究發展一評估模式用以衡量客運公司之績效，依據這個評估模式我們得到導入 APTS 的客運公司在建置 APTS 系統後營運績效更有效率，並且可將導入 APTS 之評估結果提供給予政府相關單位作為未來資源分配之參考。

本研究所建立之效益評估指標，因考慮所建立之指標應具獨立性，以避免整體評估出現偏移，因此將性質相同之指標予以合併，包括調度時間、計算薪資、車隊維修三項指標，並將肇事費用列為其它費用，提出一項整合性指標為營運管理成本。而為使導入前後之比較基準相同，本研究將營運管理成本之內容以客運公司之會計項目予以表示，雖然其內容無法完全排除非 APTS 之因素，但其主要內容為使用 APTS 後所帶來之效益，因此不致於影響本研究之評估結果。

本研究使用資料包絡分析法(DEA)來做為導入 APTS 前後之分析，其投入產出項個數並非毫無限制，每當增加一投入產出項則會降低 DEA 之鑑別力，因而理論上由經驗法則(rule of thumb)，其受評單位個數至少為投入產出個數和的二倍，而本研究也因受此限制，在分析時所選用 9 條路線以符合此方法之原則，以避免喪失鑑別力。而本研究為避免某些路線之個別因素影響最終評估結果，因此在最後利用測試方法，排除非 APTS 因素所造成之路線做一分析，測試結果發現雖未符合決策單位之個數原則，但其結果對原先之分析並無造成太大之影響。

本研究只從業者的角度評估導入後之效率，並且為只評估導入 APTS 後所帶來之效益部份，而非公司整體之營運績效，因此必須儘量排除非 APTS 之因素，在軟硬體設備的內容上是選取車輛折舊與各項設備折舊，其中部份金額較大是因為有購入新車，並不是其路線之投入金額較大，並且此項金額是由市政府補助

1000 萬元後，利用平均攤提法攤提 5 年，所以在客運公司的報表上並無此項金額，而本研究之目的主要在評估導入 APTS 後之績效，因此將其投入之金額攤提後再利用班次分攤到各條路線之軟硬體設備項目，使評估資料能完整呈現投入 APTS 之金額。

同時因為一年我們只納入 200 萬元做攤提，因此我們可從導入前後的一個月的測試資料中看出其一年的變化，導入前的平均整體效率值為 0.59，而導入後的平均整體效率值為 0.64，約提昇 5%。並且部份路線其乘客數更高達 2 萬多人次，是因為導入 APTS 後，班表重新規劃更符合民眾之需求，所以促使乘客人數增加。

6.2 建議

- 一、在評估模式中，本研究只從業者面評估導入 APTS 後所帶來之效益，尚應加入乘客面所帶來之效益，如：乘客使用 APTS 後之滿意度、準點率之提昇等，建議後續研究可再加入此項因素以更完整評估導入 APTS 後對營運績效之影響程度。
- 二、本研究所提供的模式，未來可針對不同地區投入 APTS 後之客運公司進行績效評估，亦即當各縣市同時投入 APTS 經費後，可以評估不同地區在導入 APTS 後之經營績效，同時可以作為將來政府經費補助時的參考依據。
- 三、本研究所使用之測試資料為導入 APTS 後之一個月資料，其中如營運成本在導入 APTS 後所帶來之效益需長時間才能看出其所帶來之效益。因此，本研究建議後續可做導入後二個月或三個月或較長時間的比較分析，以判別時間是否會對導入 APTS 後所帶來之效益有顯著之表現。

四、本研究所建立之效益分析指標，其所帶來之效益目前為針對作業員在導入 APTS 後所能節省之時間成本做一評估，後續建議可由決策者的角度探討導入 APTS 後對決策者之效益為何。



參考文獻

1. US. Department of Transportation, Advanced Public Transportation Systems Technical Assistance Brief 2, summer 1993.
2. US. Department of Transportation, Benefits Assessment of Advanced Public Transportation Systems Technologies, 2000.
3. Federal Highway Administration, Intelligent Transportation Systems Benefits and Costs: 2003 Update, ITS Joint Program Office, U.S. Department of Transportation; May 2003.
4. Y.B. Yun, H. Nakayama, T. tanino, A generalized model for data envelopment analysis, European Journal of Operational Research, February 2003.
5. N. Bolloju, Aggregation of analytic hierarchy process models based on similarities in decision makers' preferences, European Journal of Operational Research, vol. 128, no 3, 499-508, 2001.
6. Jason Keith Phillips, An Application of the Balanced Scorecard to Public Transit System Performance Assessment, 2004.
7. Varna, Bulgaria, Measuring the Efficiency of University Libraries Using Data Envelopment Analysis, University of Economics, May 2004.
8. Kuo-Ping Chang and Pei-Hus Kao, The Relative Efficiency of Public versus Private Municipal Bus Firms: An Application of Data Envelopment Analysis, The Journal of Productivity Analysis, 1992.
9. Golany. B, Roll.Y, An application procedure of DEA, OMEGA. Vol.17, No.3. p240, 1989.
10. Xuehao Chu and Gordon J. Fielding, Measuring Transit Performance Using Data Envelopment Analysis, Transportation Research A Vol. 26A, No. 3, 223-230,1992.
11. Kuo-Pin Chang and Peu-Hua Kao, The Relative Efficiency of Public versus Private Municipal Bus Firms: An Application of Data Envelopment Analysis, The Journal of Productivity Analysis, 3, 85-101 (1992).

12. Matthew G. Karlaftis, A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems, European Journal of Operation Research 152 (2004) 354-364.
13. Attah K. Boame, The technical efficiency of Canadian urban transit systems, Transportation Research Part E, 2004.
14. 交通部運輸研究所，先進大眾運輸系統整體發展架構與推動策略之研究，民國 91 年 10 月。
15. 交通部運輸研究所，智慧型運輸系統之效益評估與供需調查計畫，民國 90 年 6 月。
16. 交通部運輸研究所，新竹市公車動態資訊系統運作與績效評估，民國 88 年。
17. 交通部運輸研究所，大眾運輸車隊管理系統核心模組推廣應用之技術支援與後續功能擴充之研究，民國 92 年 6 月。
18. 華夏科技公司，台南市公車動態資訊系統建置服務建議書，民國 93 年 6 月。
19. 楊博文，先進公車動態資訊系統使用者效益之衡量，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士論文，民國 90 年 6 月。
20. 江信潔，台汽民營化前後效益評估之研究，嘉義大學運輸與物流工程碩士論文，民國 91 年。
21. 高強、黃旭男、Toshiyuki Sueyosh，管理績效評估資料包絡分析法，華泰文化事業公司，2003 年 7 月。
22. 孫遜，資料包絡分析法-理論與應用，揚智文化，2004 年。
23. 顧志遠、張國平，數據包絡分析(DEA)效率評估方法之應用-以臺北市公車為例，運輸計劃季刊，民國 79 年 3 月。
24. 陳敦基、蕭智文，公路客運業總體績效 DEA 評估模式建立之研究，運輸計劃季刊，民國 83 年 3 月。

附錄一 效益評估分析調查表

➤ 調度時間之調查表格

編號	調度內容說明	日期	時段	調度發生起始時間	真正開始執行時間	確認調度完成時間	與被調度人員確認	記錄人員
1								
2								
3								
4								
5								

➤ 搭乘人數之調查表格

月份	搭乘人數
一	
二	
三	
四	
五	
六	
七	
八	
九	
十	
十一	
十二	



註：搭乘人數計算資料來源，直接由公司內部報表查閱。

➤ 薪資計算之調查表格

日期	薪資計算開始	薪資計算結束	填表人

註：所有時間皆以 24 小時制記錄，例如下午 1 點 1 分 1 秒時間表示為 13:01:01。

➤ 車隊維修之調查表格

日期	排定維修與保養班表開始	排定維修與保養班表結束	填表人

註：所有時間皆以 24 小時制記錄，例如下午 1 點 1 分 1 秒時間表示為 13:01:01。

➤ 肇事費用之調查表格

月份	肇事次數	肇事費用
一		
二		
三		
四		
五		
六		
七		
八		
九		
十		
十一		
十二		

簡 歷



姓 名：宋怡君

籍 貫：宜蘭縣

出 生 日 期：民國 68 年 2 月 8 日

聯 絡 地 址：宜蘭縣員山鄉員山村 1 段 348 巷 1 號

E-mail : jean.tem92g@nctu.edu.tw



學 歷：

民國 94 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢業

民國 92 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系畢業

民國 88 年 6 月 台北市立德明商專畢業

民國 86 年 6 月 宜蘭市立宜蘭高級商業中學畢業

民國 83 年 6 月 宜蘭市立復興國民中學畢業

民國 80 年 6 月 宜蘭縣立員山國民小學畢業