

城際複合物流運輸鐵路轉運中心 最適區位模式¹

AN OPTIMAL LOCATION MODEL OF RAIL TRANSSHIPMENT CENTER FOR INTERCITY INTERMODAL LOGISTICS TRANSPORTATION

馮正民 Cheng-Min Feng²
黃新薰 Hsin-Hsun Huang³

(93 年 10 月 19 日收稿，93 年 12 月 14 日第一次修改，94 年 1 月 10 日
第二次修改，94 年 11 月 1 日定稿)

摘 要

近年來各國政府希冀透過複合運輸政策之推動，使各項運輸方式之間能夠相互支援，以達成減少環境負荷及促進高效率、無縫運輸的目標。為配合我國複合運輸政策之推動與考量整體資源之有效運用，本研究研提由鐵路負責區域間長距離主線運輸，物流業者負責地區性貨物集散與配送之「城際複合物流運輸」策略。由於複合物流運輸節點（鐵路轉運中心）上之轉換效率係影響整體營運策略成敗之關鍵因素，故本研究利用多目標數學規劃方法，構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式，在兼顧鐵路轉運中心容量與顧客需求滿足之限制前提下，藉以選定鐵路轉運中心之最適設置區位以及物品運送路徑，進而探討「城際複合物流運輸」策略之財務效益，俾作

-
1. 本研究承蒙兩位審查委員寶貴的修正意見，使本文更為完整與嚴謹，特致謝忱。
 2. 國立交通大學交通運輸研究所教授（聯絡地址：100 臺北市忠孝西路一段 114 號 4 樓交通大學交通運輸研究所，電話：02-23494956；E-mail：cmfeng@mail.nctu.edu.tw）。
 3. 交通部運輸研究所綜合技術組副組長（電話：02-23496878；E-mail：lance@iot.gov.tw）。

為政府後續實際推動複合運輸政策之重要參考依據。

經由實例分析結果發現，「城際複合物流運輸」確實為一具財務效益之營運策略。本研究運用權重法求解。在給予臺鐵目標與物流業者目標相同權重下，16 個鐵路轉運中心候選區位中，以樹林、新竹、臺中、臺南、高雄、宜蘭、花蓮、臺東等 8 個車站，較合適作為鐵路轉運中心之設置位址；並以選擇供給地至起運鐵路轉運中心間，及到達鐵路轉運中心至顧客需求點間之最短路徑作為物品運送路徑，其運送成本較低，且可滿足顧客限時送達之要求。另由敏感度分析結果知，顧客需求量为影響「城際複合物流運輸」策略總利潤之最主要關鍵參數。

關鍵詞：複合物流運輸；鐵路轉運中心；區位選擇；多目標數學規劃；鐵路

ABSTRACT

To promote intermodal transportation policy, government departments try to integrate transportation modes to mitigate the negative impacts on environment and promote high-efficient, seamless transportation. To follow "intermodal transportation" policy and allocate resource effectively, this paper proposes an "intercity intermodal logistics transportation" model in which the trunk line railroad system is responsible for long-distance line-haul transport and local-city logistics companies are responsible for pickup and distribution of commodities within cities. Taking the efficient transport operation at intermodal node as the key success factor to carry out "intercity intermodal logistics transportation" strategy, we formulate a multi-objective mathematical model for locating the Rail Transshipment Centers (RTC). Given the constraints of satisfying customer demand and RTC capacity restriction, the RTC locations and dispatching freight routes are the major decision variables in our model. The financial benefit of "intercity intermodal logistics transportation" strategy is also discussed in this paper.

Empirical results show that the "intercity intermodal logistics transportation" has its financial benefits. The model is solved by using the weighting method. It is found that along Taiwan Railroad, the stations including Shulin, Hsinchu, Taichung, Tainan, Kaohsiung, Ilan, Hualien, and Taitung are suitable locations for RTC, if two objectives are given the same weight. The shortest path from origin to destination is the selecting results for dispatching freight routes. In addition, by performing the sensitive analysis, we found that customer demand is the major parameter that affects the financial benefit of "intercity intermodal logistics transportation" strategy.

Key Words: *Intercity intermodal logistics transportation; Rail Transshipment Center; Location selection; Multi-objective mathematical programming, Railway*

一、前言

近年來便捷的公路貨運所加諸於人類生活環境之負面影響，例如：擁擠、空氣污染、噪音、能源高度耗損已然引起世人廣泛的關切與檢討。各國政府（包括荷蘭、英國、日本以及我國）無不積極尋求像鐵路、內河航運（costal shipping）等對於環境衝擊較小之運具以替代公路貨運，甚且將複合運輸之發展納入其中長程運輸政策之中，以期透過複合運輸政策之推動，使各項運輸方式之間能夠相互支援，進而達成減少環境負荷及促進高效率、無縫（seamless）運輸的目標。

物流業者面對近來內、外在客觀環境之變遷，莫不依據市場趨勢、目標顧客群之需求與分佈，針對現有之經營理念與型態、場站佈設、經營網絡之佈局，進行通盤檢討與省思，並推動必要之變革，以提出確實能夠迎合市場脈動與滿足顧客需求，且能讓業者永續經營之營運策略。在物流業者積極從事場站與營運網絡之變革規劃時，適合作為轉運中心之區位選擇則成為其重要之規劃課題。然而，業者卻經常面臨土地取得困難之窘境；另衡諸臺鐵，由於即將面臨 95 年高鐵營運通車之挑戰與衝擊，故亟需轉型再生。臺鐵經管之土地總面積高達五千餘公頃，除作鐵路運輸相關設施必要之鐵路用地外，尚餘一千四百餘公頃土地，現做為車站、眷舍、倉庫使用，而該等土地大都位於都市之精華地區。因此，臺鐵當可利用既有之路網、設備、具專用路權之運具特性及物流業者所需珍貴的土地資源，嘗試與現有物流成員整合，以有效進行貨運轉型，爭取合理之利潤，進而創造臺鐵及物流業者雙贏之局面。

臺鐵與物流業者進行策略合作，並採取區域間長距離主線運輸由鐵路負責，地區性貨物集散配送由小型貨車擔任之複合物流運輸方式，其影響整體營運成敗之關鍵因素即在於複合物流運輸節點（鐵路轉運中心）上之轉換效率，此亦顯示鐵路轉運中心最佳區位選擇與設置之課題，有其研究的必要性與重要性。本研究依據「城際複合物流運輸」之策略構想，構建多目標數學規劃模式，藉以選定鐵路轉運中心之最適設置區位以及物品運送路徑，進而探討此一構想是否確能有效創造臺鐵與物流業者之利基。本文內容段落接續安排如后，第二節進行問題分析，第三節構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式，第四節進行實例分析與敏感度分析，第五節為結論與建議。

二、問題分析

現階段城際物流運送服務，主要以公路貨車擔任城際間長程運輸任務，並以小型集配車完成地區性之及戶配送作業。在舉世鼓勵推動複合運輸暨高效率物流發展之際，「城際複合物流運輸」策略，確有其推動之價值與意義。所謂複合運輸原係泛指結合兩種或兩種以上運具從事貨物或人員之運輸行為而言，而本研究則界定以結合鐵、公路複合運輸方式

之城際物流運送為研究對象。至於內河或內海航運與公路之複合運輸方式，考量國內主客觀環境特性，則暫不在本研究範圍之內予以探討。

本研究所提「城際複合物流運輸」策略構想中，城際區域間長距離主線運輸部分，除考量需配合政府推動複合運輸之政策目標外，另因鐵路運輸具有專用路權，可避免因受其他運具干擾造成延遲、誤點，以及可提供運行時刻表，讓顧客充分掌握物流流程之優勢，故選定由鐵路擔任之；地區性貨物集散配送部分，則運用物流業者現有之各種場站、車輛及資訊設備資源，以廣佈便利之集貨點（例如超商、集貨站或郵局支局），收受顧客物品，並以小型集配車至集貨點或顧客處進行實際之集散配送作業；至於鐵路轉運中心（rail transfer center；RTC）部分，其功能類似公路路線貨運業或快遞業軸輻式路網中之中繼站，係作為小型集配車與鐵路主線運輸運具間之轉運場所，而其內部佈設則可提供物流業者作為倉儲、理貨之用，示意如圖 1 所示。由於本研究著重於城際物流部分，故有關都市物流中，集貨站（營業站或速運站）與顧客間之集散配送網路，則予以適度之簡化，其中集貨站（營業站或速運站）與顧客間之集散配送網路關係，改以分區中心（centroid）替代，示意如圖 2 所示。

「城際複合物流運輸」之營運作業規劃可分成三個決策層次：其中，因貨物需求量之增減或結構改變，導致相關場站之規模、區位必須加以檢討之場站區位規劃，屬於長期策略規劃（strategic planning）；因貨物需求量的增減，而必須重新調整其車隊規模之規劃，屬於中期戰術規劃（tactical planning）；至於各貨物起迄對路徑之貨物排程、集配車路線排班等規劃，則屬於短期營運作業規劃。由於鐵路轉運中心之轉換作業效率，為影響整體

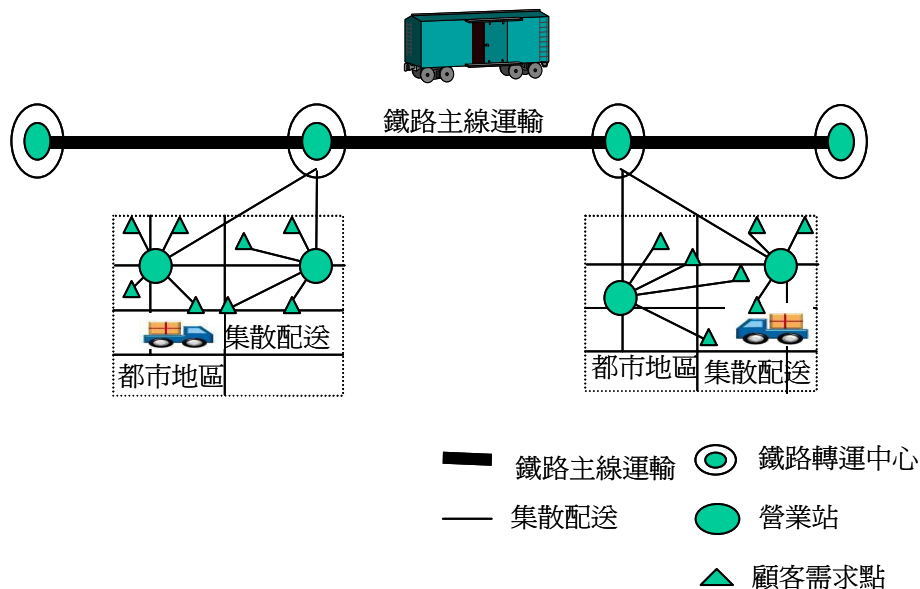


圖 1 城際複合物流運輸策略構想

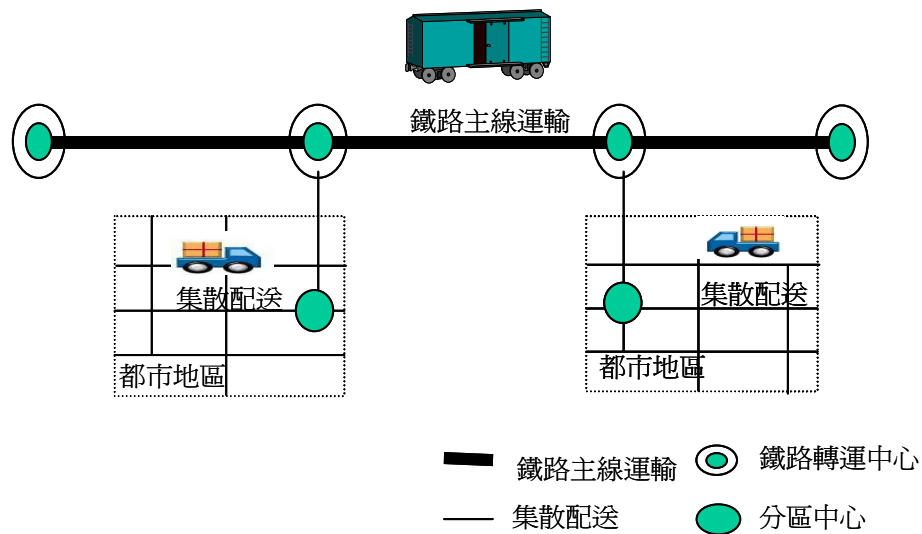


圖 2 城際複合物流運輸策略構想簡化示意圖

「城際複合物流運輸」策略成敗之關鍵因素，且其區位選擇亦為上述營運作業規劃首要面對之關鍵問題，故本研究現階段便先就鐵路轉運中心最佳設置區位進行探討。另在追求效率最高、成本最低之規劃原則下，鐵路轉運中心之容量均有限制，以下便針對具有容量限制設施區位問題之相關文獻，進行精要之回顧如后。

設施區位模式常被應用於例如物流、運輸及電信等領域，而所謂設施區位問題 (facility location problem; FLP)，則係在一些已知候選位址中選擇興建／改善設施之最佳區位，以便在能滿足顧客需求前提下達成總成本最小之目標。其中總成本包括設施設置之固定成本及將顧客指派至設施之變動成本。有關 FLP 之整體回顧部分，Aikens^[1]、Brandeau 及 Chiu^[2]、Sridharan^[3]等篇文獻提供相當完整之綜論。

當候選設施均有其容量限制時，則前述 FLP 便成為具有容量限制設施區位問題 (capacitated facility location problem; CFLP)。若再加上每一顧客僅能由單一設施提供所需物品之限制時，則此一特殊 FLP 則稱為單一供給來源具有容量限制設施區位問題 (single-source capacitated facility location problem; SSCFLP)，SSCFLP 之相關研究文獻有 Barcelo and Casanovas^[4]、Sridharan^[5]、Klincewicz and Luss^[6]、Pirkul^[7]、Beasley^[8]、Holmberg 等人^[9]，及 Rönnqvist 等人^[10]等篇。Pirkul and Jayaraman^[11]、Taniguchi 等人^[12]、Tragantalerngsak 等人^[13]、Klose^[14]將單一階層 (single-echelon) SSCFLP 作進一步之擴展，使成為兩階層 SSCFLP (two-echelon single-source capacitated facility location problem, TSCFLP)，所謂兩階層之運送過程係指，物品由第一階層設施 (例如工廠)，經由第二階層設施 (例如倉庫) 再運送至顧客手中。而 TSCFLP 模式主要決策變數為每一階層設施之數

目與區位，以及不同階層設施間、第二階層設施與顧客間之物品流量。

另 Elson^[15] 則提出多物種 (multicommodity) 設施區位模式，該模式允許管理者在不同服務水準要求下，同時考量設施新建、擴充或關閉等替選方案。Geoffrion 及 Graves^[16] 提出之多物種設施區位模式，係將工廠至倉庫再至顧客處之運輸成本予以整合，以直接決定由工廠至倉庫再至顧客間，整體運送成本最少之最適產品流量配送。Pirkul 及 Jayaraman^[17] 發展 PLANWAR (PLANT and WAREHOUSE) 模式以處理多物種、多工廠、有容量限制之設施區位問題，並尋求整體配送網路營運成本最小時最適生產工廠及物流中心區位與數量。至 Hinojosa 等人^[18] 除考慮多物種外，亦將規劃時段之時間因素納入模式，併同考量。

由鐵路負責區域間長距離之主線運輸，物流業者負責地區性貨物集散與配送之方式，將構成線性軸輻式路網 (linear hub-and-spoke network)，不僅可降低對環境之衝擊外，亦可增加車輛裝載率，達成規模經濟之效果。有關轉運中心區位問題之研究包括：O'Kelly^[19,20,21]、Aykin^[22]、Campbell^[23]、Jaillet 等人^[24] 等篇。至於在軸輻式路網相關研究方面則包括：Kuby and Gray^[25]、Kim 等人^[26]、林正章與劉志遠^[27] 等文獻。另不論屬轉運中心區位或軸輻式路網研究，又可依據其決策變數型態之不同，分為以路徑 (path) 為決策變數者包括：O'Kelly 等人^[28]、Campbell^[23]，及以節線 (link) 為決策變數者包括：Kim 等人^[26]、Lin^[29]。

經綜整上述文獻回顧結果暨對照本研究所欲探討之問題與研究目的，後續宜以單時段、多物種、兩階層、限制每一顧客需求點僅能由單一設施提供所需物品，且具有容量限制之設施區位模式為基礎，結合轉運中心區位與軸輻式路網模式，並參照鐵路與物流業者實際運作方式，將「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」構想予以具象化為營運策略，並據以構建數學模式^[30]，俾研選鐵路轉運中心之區位，進而探討臺鐵與物流業者合作，共同提供物流服務之營運策略財務效益。

三、「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式之構建

本研究在構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式時，係以國內唯一鐵路貨運經營者—臺鐵局 (以下簡稱臺鐵)，作為負責區域間長距離鐵路主線運輸之鐵路業者，以第三者物流抑或路線貨運業兼辦物流者作為負責地區間貨物集散與配送之物流業者。

由於較合適的鐵路轉運中心區位存在若干必要條件，例如土地面積、交通條件、地理區位等。因此，在正式進行鐵路轉運中心區位選擇之前，有必要依據臺鐵營運現況、物流業者對設置轉運中心之實際需求等因素，研訂合理的必要準則，並針對臺鐵沿線現有 210 個可辦理貨運之車站以及 277 座倉庫進行初步篩選，以挑選出符合條件之鐵路轉運中心候選區位。

至有關本研究模式之構建程序，依序為：鐵路轉運中心候選區位之初步篩選、基本情境假設、數學規劃模式之建立等步驟，接續並針對「臺鐵與可能合作的物流業者數」、「轉運成本分攤方式」以及「運輸方式」等三項情境進行探討，各項內容分別說明如后。

3.1 鐵路轉運中心候選區位之初步篩選

參考相關文獻^[31,32]及資料，本研究研訂初步篩選鐵路轉運中心候選區位之考慮層面包括：土地面積、設施使用狀況、交通條件及地理區位等。有關各層面與必要準則之詳細內容，依序說明如后：

3.1.1 土地面積

轉運中心所需之土地面積依業者配送物種之不同，而有不同之需求，縱或如此，由於業者在轉運中心內必須設置必要的作業設施，同時亦需要適當的營運作業空間，因此業者對於轉運中心之面積仍有其最起碼之要求。本研究依據中華民國運輸學會之研究^[31]，訂定鐵路轉運中心候選區位之土地面積應不得小於 300 平方公尺（約 90 坪）。

3.1.2 設施使用狀況

臺鐵目前之倉庫設施，大致上可分為長期間置狀態與已出租狀態兩種型態。其中，長期間置型態又可分為兩類，第一類為設備老舊、結構不佳之倉庫，此類倉庫設施由於長期處於擱置不用之閒置狀態，故結構已不利使用；第二類為結構完整尚未出租狀態，此類倉庫可能由於地理位置不佳或倉庫內設備支援力不足，而致使遲遲尚未出租。本研究基於儘量不影響臺鐵正常營運現況暨珍惜文化資產為考量，研訂以下三種不能成為鐵路轉運中心候選區位之使用狀況：

1. 為臺鐵正常業務所必須經常使用者。
2. 與其他業者訂定長期租約且租約未到期者。
3. 建物具有特殊文化價值，值得保存者。

3.1.3 交通條件

為充分發揮「城際複合物流運輸」策略之優勢，除了需借重準點、快速的鐵路主線運輸外，尚須仰賴地區性集配車輛的配送效率。由於轉運中心週邊道路系統之機動性與可及性條件，將直接對車輛進出轉運中心與運作造成影響，進而影響整體配送效率，因此，轉運中心週邊應擁有完善之道路系統，其中便捷的主要聯外道路更為其必備之條件。本研究基於配送車輛實際行車動線之所需暨參照「都市計畫工商綜合專用區審議規範」之規定，研訂鐵路轉運中心候選區位之主要聯外道路寬度應不得小於 12 公尺。

3.1.4 地理區位

轉運中心設置地點縱與物流業態有關，然其中是否接近顧客或消費人口聚集處則為其主要考量因素之一。以知名物流業者目前現有之物流轉運中心分佈位置而言，以北部最多，大多設於臺北及桃園地區，而中部多設於臺中地區，中部與南部地區之物流轉運中心數相差無幾，東部地區之物流轉運中心數則寥寥無幾^[31]。由上述物流轉運中心分佈型態亦不難看出物流轉運中心之設置與「接近顧客或消費人口聚集處」因素間之關連性。基上，本研究研訂以臺鐵車站為中心，20 公里為半徑所劃設的範圍內，其人口小於 25 萬人者，較不合適成為鐵路轉運中心候選區位。

3.2 基本情境假設

在構建數學規劃模式之前，有關本研究之各項基本情境假設，茲分別說明如后：

1. 政府在實際推動「城際複合物流運輸」策略時，允許臺鐵僅與一家，抑或多家物流業者合作；
2. 由供給地至顧客需求點之全程物品配送過程，分成兩大部分，其中區域間長距離主線運輸由臺鐵負責，地區性貨物集散配送則由物流業者以小型集配車為之；
3. 鐵路轉運中心係由物品裝卸區與理貨暫存區共同組成（示意如圖 3 所示），其中有關鐵路列車之物品裝卸作業由臺鐵負責，至物品裝卸區與理貨暫存區間之物品搬運，以及理貨暫存區內各項相關理貨作業則均由物流業者處理；
4. 轉運過程中，鐵路轉運中心內允許物流業者進行簡單之理貨作業，或作短暫之儲存，然本研究不考慮存貨問題；
5. 轉運成本包括起運鐵路轉運中心內之裝載成本以及到達鐵路轉運中心內之卸載成本，而臺鐵與物流業者對於轉運成本之分攤方式，則由雙方協商議定之；另基於顧客對物品限時運達要求之市場趨勢使然，總運送時間必須滿足顧客之要求，於時限內送達，故轉運過程中之時間成本不另計算；
6. 顧客對各項不同種類物品之集配與運送需求均為已知，亦即各物品運送起迄點以及運送數量均為已知；
7. 顧客所需各物品僅運送至單一特定起運鐵路轉運中心進行發送，亦僅由單一特定到達鐵路轉運中心負責配送；
8. 鐵路轉運中心間之鐵路主線運輸成本為已知；
9. 在供給地或顧客需求點之集散／配送成本均為已知；
10. 高鐵完工營運後，臺鐵部分路線容量亦將隨之釋出，故臺鐵路線容量及車輛應可充分配合「城際複合物流運輸」營運策略；
11. 供給地或顧客需求點均以分區中心 (centroid) 代表，至於地區性集散配送網路、場站區位、車隊規模、排程等之規劃，則暫不在本研究探討之列；

12. 有關鐵路轉運中心中，理貨暫存區部分之內、外相關設施佈設，均交由物流業者自行規劃辦理，以充分符合物流業者之要求，所需設置成本亦由業者負擔；另鐵路轉運中心中，物品裝卸區部分之設施與物流設備改善費用則由臺鐵支應。

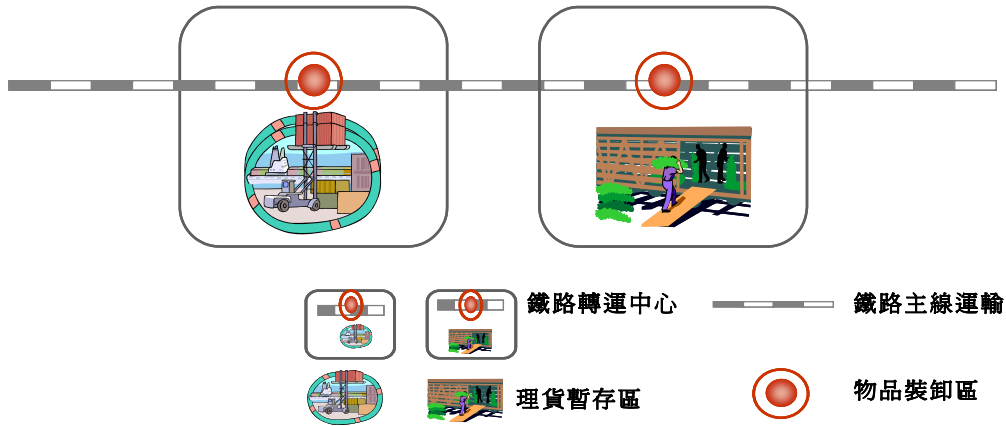


圖 3 鐵路轉運中心佈設示意圖

3.3 數學規劃模式之建立

基於前述各項基本情境假設，本研究依據「城際複合物流運輸」策略，構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」數學規劃模式。當中，臺鐵與物流業者合作經營，採行「城際複合物流運輸」營運策略，均以求取總利潤最大為其目標，並在兼顧鐵路轉運中心容量與顧客需求滿足之限制前提下，選定鐵路轉運中心之最適設置區位以及物品運送路徑。

至於模式中之各項參數，茲詳列說明如后：

$I = \{1, 2, \dots, n_i\}$ 為鐵路轉運中心之候選區位集合；

$K = \{1, 2, \dots, n_k\}$ 為各物品種類集合；

$O = \{1, 2, \dots, n_o\}$ 為供給地之區位集合；

$D = \{1, 2, \dots, n_d\}$ 為顧客需求點之區位集合；

$P = \{1, 2, \dots, n_p\}$ 為物流業者之集合；

$C_{oi,p}^k$ = 物流業者 p 由供給地 o 運送物品 k 至起運鐵路轉運中心 i 之單位集配成本，其中

$C = \sum (E_{fwh} + E_{fwm} + E_{fwn} + E_{fwf})$ (變數說明如附表)， $o \in O$ ， $i \in I$ ， $k \in K$ ， $p \in P$ ；

C_{ij}^k = 由起運鐵路轉運中心 i 運送物品 k 至到達鐵路轉運中心 j 之單位運輸成本，其中

- $C = \sum (E_{nh} + E_{nm} + E_{nw} + E_{nf})$ (變數說明如附表), $i \neq j$, $i, j \in I$, $k \in K$;
- $C_{jd,p}^k$ = 物流業者 p 由到達鐵路轉運中心 j 運送物品 k 至顧客需求點 d 之單位集配成本, 其中 $C = \sum (E_{fh} + E_{fm} + E_{fw} + E_{ff})$ (變數說明如附表), $j \in I$, $d \in D$, $k \in K$, $p \in P$;
- CT_{ij}^k = 轉運成本, 包括由起運鐵路轉運中心 i 將物品 k 搬運至鐵路列車之裝載成本, 以及由鐵路列車將物品 k 搬運至到達鐵路轉運中心 j 之卸載成本, 其中 $i \neq j$, $i, j \in I$, $k \in K$;
- α = 臺鐵分攤轉運成本之比例, $(1-\alpha)/p$ 即為物流業者分攤轉運成本之比例, 其中 $0 \leq \alpha \leq 1$;
- f_i = 起運 / 到達鐵路轉運中心 i 中, 物品裝卸區部分之設置成本, 其中 $f = \sum (E_{fe} + E_{fd} + E_{ff})$ (變數說明如附表), $i \in I$;
- $g_{i,p}$ = 物流業者 p 所選定之起運 / 到達鐵路轉運中心 i 中, 理貨暫存區部分的設置成本, 其中 $g = \sum (E_{ffe} + E_{ffd} + E_{ffl} + PL)$ (變數說明如附表), $i \in I$, $p \in P$;
- $W_{od,p}^k$ = 原城際物流市場中採用公路運輸方式, 且由物流業者 p 運送物品 k 自供給地 o 至需求點 d 之顧客需求數量, 其中 $o \in O$, $d \in D$, $k \in K$, $p \in P$;
- β = 原城際物流市場中採用公路運輸方式, 之後改採複合運輸方式之顧客需求轉移比例, 其中 $0 \leq \beta \leq 1$, 以下簡稱需求轉移比例;
- A_i = 起運 / 到達鐵路轉運中心 i 之容量限制, 其中 $i \in I$;
- a^k = 物品 k 所佔鐵路轉運中心之空間, 其中 $k \in K$;
- TT_{oid}^k = 由供給地 o 將物品 k 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j , 運送至需求點 d 所需之總運送時間 (包括在起運鐵路轉運中心 i 以及到達鐵路轉運中心 j 所需之轉運與理貨時間), 其中 $o \in O$, $i \neq j$, $i, j \in I$, $d \in D$, $k \in K$;
- TM_{od}^k = 顧客要求將物品 k 由供給地 o 運送至顧客需求點 d 之時限, 其中 $o \in O$, $d \in D$, $k \in K$;
- FT_{ij}^k = 由供給地 o 將物品 k 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j , 運送至需求點 d 時之鐵路運輸費率, 其中 $i \neq j$, $i, j \in I$, $k \in K$;
- FF_{od}^k = 由供給地 o 將物品 k 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j , 運送至需求點 d 時之公路集配費率, 其中 $o \in O$, $d \in D$, $k \in K$;
- $PL_{i,p}$ = 臺鐵各鐵路轉運中心 i 租予物流業者 p 之土地與場站租金收益, $i \in I$, $p \in P$, 亦為物流業者 p 支付臺鐵的土地與場站租金費用;
- M = 極大之正數。

另模式中各項決策變數所具體代表的意義, 詳細說明如后:

$y_i = 1$ 表示起運 / 到達鐵路轉運中心設於 i ; $y_i = 0$ 則否, 其中 $i \in I$;

$y_{i,p} = 1$ 表示物流業者 p 選定起運 / 到達鐵路轉運中心設於 i ; $y_{i,p} = 0$ 則否, 其中 $i \in I$,

$$p \in P ;$$

$X_{oid,p}^k = 1$ 表示物流業者 p 由供給地 o 運送物品 k 至起運鐵路轉運中心 i 、經鐵路運輸至到達鐵路轉運中心 j ，最後運至需求點 d ； $X_{oid,p}^k = 0$ 則否，其中 $o \in O$ ， $i, j \in I$ ， $d \in D$ ， $k \in K$ ， $p \in P$ 。

根據前節之基本假設，本研究構建多目標數學規劃模式如下：

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_0 = & \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + \sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \\ & - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \\ & - \alpha (\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) - \sum_i f_i y_i \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_1 = & \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k) \\ & - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,1}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k + C_{jd,1}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k) \\ & - (1-\alpha) / p (\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,1}^k X_{oid,1}^k) - \sum_i g_{i,1} y_{i,1} - \sum_i PL_{i,1} y_{i,1} \\ & \vdots \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_p = & \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) \\ & - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,p}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + C_{jd,p}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) \\ & - (1-\alpha) / p (\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) - \sum_i g_{i,p} y_{i,p} - \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \end{aligned} \quad (3)$$

Subject to

$$\sum_p \sum_o \sum_j \sum_d \sum_k a^k \beta W_{od,p}^k (X_{oid,p}^k + X_{ojid,p}^k) \leq A_i y_i \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j X_{oid,p}^k = 1 \quad \forall o \in O, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (5)$$

$$\sum_p \sum_o \sum_j \sum_d X_{oid,p}^k = 0 \quad \forall i = j \in I \quad (6)$$

$$\sum_o \sum_j \sum_d \sum_k (X_{oid,p}^k + X_{ojid,p}^k) \leq M y_{i,p} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (7)$$

$$\sum_p y_{i,p} \leq My_i \quad \forall i \in I \quad (8)$$

$$X_{oid,p}^k = \{0,1\} \quad \forall o \in O, \forall i, j \in I, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (9)$$

$$y_i = \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (10)$$

$$y_{i,p} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (11)$$

又式 (1)、式 (2)、式 (3) 可改以通式表示如下：

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_0 = & \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k + \sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p} \\ & - \sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k \\ & - \alpha (\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k) - \sum_i f_i y_i \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_r = & \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) \\ & - \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k + C_{jd,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) \\ & - (1-\alpha)/p (\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k) - \sum_i g_{i,r} y_{i,r} - \sum_i PL_{i,r} y_{i,r} \\ & r=1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (13)$$

對臺鐵而言，與物流業者合作經營，採行「城際複合物流運輸」營運策略，係以求取總利潤最大為其目標，數學模式如式 (12) 所示。

其中收益項目方面包括 $\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k$ 及 $\sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p}$ 等兩項，而

$\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k FT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k$ 係代表臺鐵負責鐵路主線運輸所獲得的運輸收益。至於

式中 $\beta W_{od,p}^k$ 一值，係表示城際物流市場中原採用公路運輸方式，之後改採複合運輸策略，且由物流業者 p 運送物品 k 自供給地 o 至需求點 d 之顧客需求數量，由於需求轉移比例 β 之值介於 0 與 1 之間，因此當 $\beta=1$ 時，代表城際物流市場中原採用公路運輸方式，且由物流業者 p 運送物品 k 自供給地 o 至需求點 d 之顧客需求，全數改採複合運輸策略。當 $\beta=0$ 時，則代表前述原採用公路運輸方式之顧客需求，全數仍採公路運輸方式，並無任何比例之顧客需求轉移改採複合運輸策略。至於當 $0 < \beta < 1$ 時，則表示前述原採用公路運輸方式之顧客需求數量，因受到例如物流業者需求特性與偏好、對於公路與複合運輸服務間務之需求彈性等因素之影響，轉移 β 比例改採複合運輸策略。另 $\sum_p \sum_i PL_{i,p} y_{i,p}$ 則代

表臺鐵向合作的物流業者 p 所收取之土地與場站租金收益；成本項目方面包括

$\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k$ 、 $\alpha(\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k)$ 及 $\sum_i f_i y_i$ 等三項，

其中 $\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k C_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k$ 代表臺鐵負責鐵路主線運輸所產生的運輸成本，亦即

由起運鐵路轉運中心 i 運送物品 k 至到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 每單位運輸成本乘上物品 k 數量之加總總和； $\alpha(\sum_p \sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,p}^k X_{oid,p}^k)$ 代表臺鐵所需負擔將

物品 k 由供給地 o 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 運送至需求點 d 之轉運成本，其中包括由起運鐵路轉運中心 i 將物品 k 搬運至鐵路列車之裝載成本以及由鐵路列車將物品 k 搬運至到達鐵路轉運中心 j 之卸載成本。由於 α 之值介於 0 與 1 之間，因此當 $\alpha=1$ 時，表示將物品 k 由供給地 o 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 運送至需求點 d 之轉運成本全數由臺鐵負擔。當 $\alpha=0$ 時，則表示前述轉運成本全數由物流業者負擔。至於當 $0 < \alpha < 1$ 時，則代表臺鐵與物流業者依雙方協定之分攤比例，各自負擔所需分攤之轉運成本； $\sum_i f_i y_i$ 代表起運／到達鐵路轉運中心 i 中，物品裝卸區部分之設置成本。

對物流業者 r 而言，與臺鐵策略合作，共同採行「城際複合物流運輸」營運策略，亦以求取總利潤最大為其目標，數學模式如式 (13) 所示。

在收益項目方面， $\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (FF_{od}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k)$ 代表物流業者 r 將物品 k 由供給地 o 運至起運鐵路轉運中心 i 及由到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 運送至需求點 d 所獲得之地區性貨物集散配送收益；成本項目方面包括 $\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k + C_{jd,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k)$ 、 $(1-\alpha)/p(\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k)$ 、 $\sum_i g_{i,r} y_{i,r}$ 及 $\sum_i PL_{i,r} y_{i,r}$ 等四項，其中

$\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k (C_{oi,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k + C_{jd,r}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k)$ 代表物流業者 r 負責地區性貨物集散配送所產生之集配成本項，亦即將由供給地 o 運送至起運鐵路轉運中心 i ，並由到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 將其運送至需求點 d 之物品 k 數量，分別乘上物品 k 每單位集配成本後之加總總和； $(1-\alpha)/p(\sum_o \sum_i \sum_j \sum_d \sum_k CT_{ij}^k \beta W_{od,r}^k X_{oid,r}^k)$ 代表物流業者 r 所需負擔將物品 k 由供給地 o 經起運鐵路轉運中心 i 、到達鐵路轉運中心 j ($\forall i \neq j, i, j \in I$) 運送至需求點 d 之轉運成本，其中包括由起運鐵路轉運中心 i 將物品 k 搬運至鐵路列車之裝載成本以及由鐵路列車將物品 k 搬運至到達鐵路轉運中心 j 之卸載成本； $\sum_i g_{i,r} y_{i,r}$ 代表物流業者 r 所選定之起運／到達鐵路轉運中心 i 中，理貨暫存區部分的設置成本； $\sum_i PL_{i,r} y_{i,r}$

則代表物流業者 r 給付臺鐵的土地與場站租金費用，即等於臺鐵之土地與場站租金收益。

限制式 (4) 代表鐵路轉運中心均具有容量限制，限制式 (5) 係代表供給地 o 之物品 k

僅由單一起運鐵路轉運中心 i 發送，且需求點 d 所需物品 k 亦僅由單一到達鐵路轉運中心 j 配送，限制式 (6) 係表示鐵路物流中心間城際主線運輸行為必須存在，而非全程均以集配車進行物流配送，僅將鐵路物流中心作為貨品暫存、理貨地點，限制式 (7) 代表物流業者 p 必須先行選定鐵路轉運中心之設立，方可存在其利用鐵路轉運中心 i 作為起運或到達鐵路轉運中心之運送路徑，限制式 (8) 表示必須先有鐵路轉運中心之設立，方可讓物流業者 p 將其選定做為各自之起運或到達鐵路轉運中心，限制式 (9) 表示物流業者 p 由供給地 o 運送物品 k 至起運鐵路轉運中心 i 、經鐵路運輸至到達鐵路轉運中心 j ，最後運至需求點 d 之路徑指派變數為 0 或 1 整數，限制式 (10) 代表起運／到達鐵路轉運中心開設與否之變數為 0 或 1 整數，限制式 (11) 代表物流業者 p 開設起運／到達鐵路轉運中心與否之變數為 0 或 1 整數。

惟若所運送的物品 k 具時效性之要求時，可於模式中加列一項限制式如式 (14)，抑或必須刪除 $TT_{oid}^k > TM_{od}^k$ 的 $X_{oid,p}^k$ 變數。

$$TT_{oid}^k X_{oid,p}^k \leq TM_{od}^k \quad \forall o \in O, \forall i, j \in I, \forall d \in D, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (14)$$

限制式 (14) 代表將物品 k 由供給地 o 運送至顧客需求點 d 之總運送時間必須滿足顧客之要求，於時限內送達。

另若營運不強調限用「複合運輸」之運輸方式，亦即容許「複合運輸」與「公路運輸」方式並存 (以下簡稱「混合運輸」，示意如圖 4 所示) 應用時，則限制式(6) (詳如下式) 需予減列。

$$\sum_p \sum_o \sum_d \sum_k X_{oid,p}^k = 0 \quad \forall i = j \in I \quad (6)$$

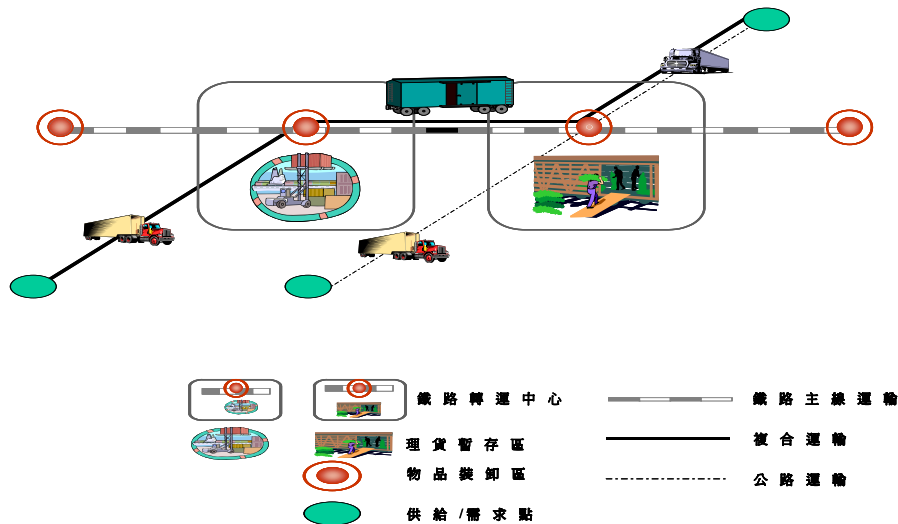


圖 4 混合運輸方式示意圖

3.4 情境分析

臺鐵與物流業者合作推動「城際複合物流運輸」策略時，臺鐵有可能面臨僅與一家，抑或與多家物流業者合作之狀況；而在進行運送行為時，為因應實際營運環境需要，可採取僅用「複合運輸」方式，抑或採用「混合運輸」方式。

至於為合作雙方所關切，必須進行分工之作業項目則包括：城際間主線運輸作業、地區性物品集散與配送作業、鐵路轉運中心內裝卸、搬運、理貨作業、鐵路轉運中心設施或設備改善作業、作業資訊系統規劃設置作業等。依據「城際複合物流運輸」之策略，各項分工作業及相對之成本歸屬或分攤方式說明如后：

1. 城際間主線運輸作業：由臺鐵負責，從事主線運輸所產生之運輸成本亦由臺鐵負擔。
2. 地區性物品集散與配送作業：由物流業者負責，從事地區性物品集散與配送所產生之運送成本，亦由物流業者負擔。
3. 鐵路轉運中心內裝卸、搬運、理貨作業：鐵路轉運中心內之理貨作業由物流業者負責；另鐵路轉運中心內之轉運裝卸與搬運作業，則可由臺鐵、物流業者、甚或委由第三者負責辦理，因此，臺鐵與物流業者對於轉運成本之分攤方式，由雙方協商議定之。
4. 鐵路轉運中心設施或設備改善作業：鐵路轉運中心內，理貨暫存區部分之內、外相關設施或設備佈設，交由業者自行規劃辦理，而所需設置成本由業者負擔；另鐵路轉運中心內，物品裝卸區部分之設施與物流設備改善由臺鐵負責規劃辦理，費用則由臺鐵支應。
5. 資訊系統規劃設置作業：可由臺鐵、物流業者、甚或委由第三者負責辦理，惟因資訊設備設置完成後，係為合作雙方所共用，成本不易明確拆分，故成本以二者均分較為公平與合理。

綜上，臺鐵與物流業者合作推動「城際複合物流運輸」策略時之可能情境方案，以及所關切的各項分工作業與相對之成本歸屬或分攤方式，彙整如圖 5 所示。

由於本研究主要研究成果之一，係在探討臺鐵與物流業者共同參與「城際複合物流運輸」策略，所可能獲得之營運策略財務效益，並期以該成果作為政府推動「複合運輸」政策之重要施政參考。因此，在後續進行實例分析或敏感度分析時，則訂定運送方式僅能採取「複合運輸」方式，俾便凸顯「複合運輸」之實際效益。至於合作雙方在「臺鐵與可能合作的物流業者數」以及「轉運成本分攤方式」兩項情境下，則可針對「列車調度」、「列車車廂儲位配置與調度」、「資訊系統環境設定」、「鐵路轉運中心內部佈設與管理」、「鐵路轉運中心與月台間物品運送動線規劃」、「集配車行車動線與停車位規劃」、「規模經濟」、「行政成本」、「公平性」、「財務收入」等方面探討其可能面臨之優缺點。

其中當臺鐵與一家物流業者合作時，不論就「列車調度」、「列車車廂儲位配置與調度」、「資訊系統環境設定」、「鐵路轉運中心內部佈設與管理」、「鐵路轉運中心與月台間物品運送動線規劃」、「集配車行車動線與停車位規劃」等方面均較臺鐵與多家物流業者合作時單純，此外亦較容易達到規模經濟，且行政成本較低。唯一較不利的項目係「公

平性」，然未來在正式推動「城際複合物流運輸」策略時，可透過行政作業的方式，讓所謂「一家」物流業者之定義，可為真正僅有一家物流業者，抑或由實質之多家物流業者結盟為「一家」物流業者，再者透過公開透明化的招標作業與行政程序，讓所有有興趣的物流業者均得以按照法令規定的各項行政作業規範加入營運行列，則不但上述「公平性」之爭議可消弭於無形外，對於策略之實際推動執行亦較為單純。

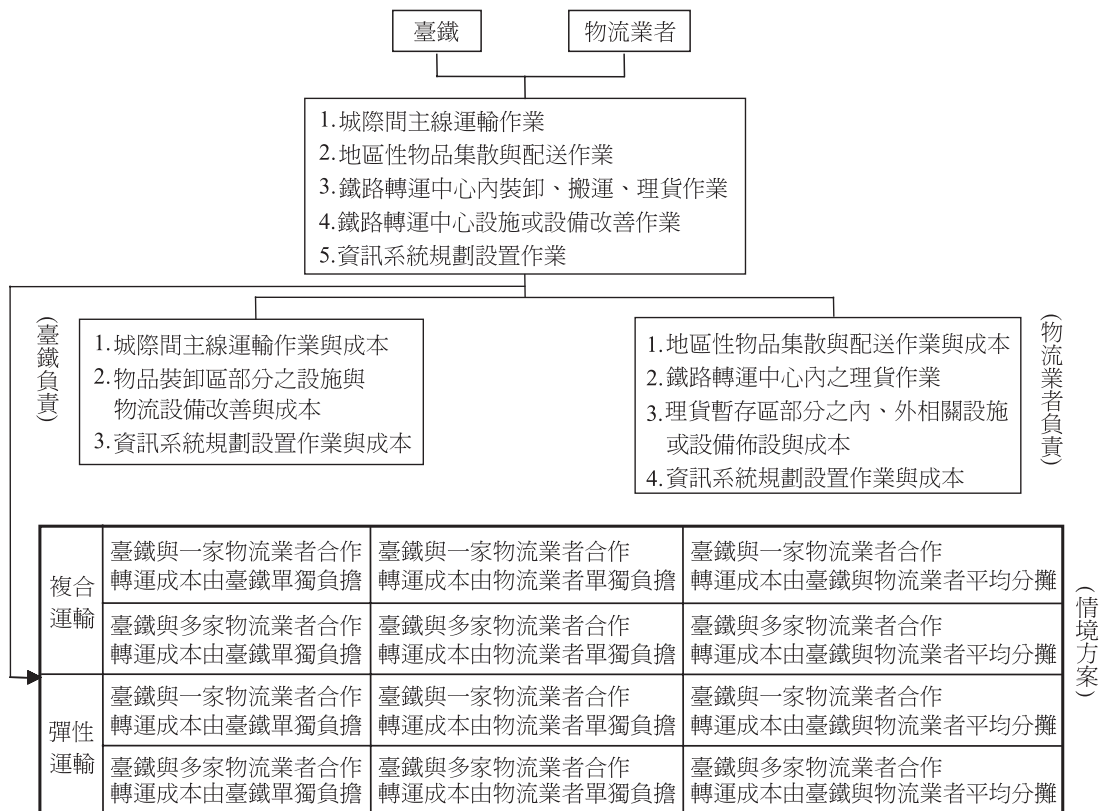


圖 5 分工作業項目與情境方案

另當轉運成本由臺鐵單獨負擔時，對於臺鐵的財務收入狀況而言，較為不利，但可提升物流業者加入合作營運行列之意願；若轉運成本由物流業者單獨負擔時，對於臺鐵的財務收入狀況而言，較為有利，但因此舉將加重業者營運成本負擔，因此對於物流業者加入合作營運行列之意願亦將有所影響；若由臺鐵與物流業者平均分攤轉運成本時，較具公平性，對於物流業者加入合作營運行列之意願略有影響，惟相較轉運成本由物流業者單獨負擔之情境而言，對挹注臺鐵欠佳之財務狀況稍有影響。綜上，關於「轉運成本分攤方式」部分，似以「轉運成本由臺鐵與物流業者平均分攤」之情境較具公平性，惟就政府推動複合運輸政策與整體資源有效運用之前提考量下，如何提供多方誘因，藉以提升物流業者共

同參與「城際複合物流運輸」策略之意願，使政府與臺鐵及物流業者共創雙贏之局面，當為整體策略推動方向之思維重點，因此，「轉運成本由臺鐵單獨負擔」之情境，對於臺鐵之財務收入雖較不利，然卻可提升物流業者加入合作營運行列之意願，以及有效達成政府施政目標。

基上，本研究後續即以「採取複合運輸」、「臺鐵與一家物流業者合作」，以及「轉運成本由臺鐵單獨負擔」之情境模式，進行實例分析與敏感度分析。

四、實例分析與敏感度分析

4.1 參數設定

為驗證 3.3 節所構建模式在實務上之可行性與功能，本研究以臺灣地區臺鐵實際營運路網及沿線縣市為實際驗證之範圍，進行鐵路轉運中心區位選擇及物品運送路徑指派之決策。經應用 3.1 節所訂定必要準則之篩選結果，本研究初步選定臺鐵基隆、樹林、桃園、中壢、新竹、竹南、臺中、員林、斗南、嘉義、臺南、高雄、屏東、宜蘭、花蓮、臺東等 16 個車站作為鐵路轉運中心之候選區位，並以行政區域為界，設定基隆－桃園地區、新竹－苗栗地區、臺中－彰化－南投地區、雲林－嘉義－臺南地區、高雄－屏東地區、宜蘭地區、花蓮地區以及臺東地區等 8 個供給地／需求點，另分別以臺北、新竹、臺中、臺南、高雄、宜蘭、花蓮、臺東等地做為前述各地區之分區中心。貨種部分則以體積小、重量輕、價值高之快遞文件、包裹及其他具時效性的商品為研究對象。由於國內整體快遞業之相關市場規模資料無法取得，故本研究係以國內某大路線貨運業兼辦城際物流配送公司（以下簡稱 A 物流公司），其 92 年實際之文件、樣品、包裹及其他具時效性商品營運數量作為需求資料，並於「採取複合運輸」、「臺鐵與一家物流業者合作」，以及「轉運成本由臺鐵單獨負擔」之情境（以下簡稱基年情境）下，進行驗證。以下針對模式中所需輸入各項參數資料之設定方式說明如后：

(1) 主線鐵路運輸單位成本

起運鐵路轉運中心與到達鐵路轉運中心間之主線鐵路運輸單位成本，係根據臺鐵所提供 88 年至 92 年鐵路貨運之平均單位成本，再乘以起運鐵路轉運中心與到達鐵路轉運中心間之實際里程數而得，詳如表 1 所示。

(2) 集配單位成本

由供給地至起運鐵路轉運中心或由到達鐵路轉運中心至顧客需求點之公路集配單位成本，係根據汽車路線貨運業者提報監理單位之會計總成本除以總延噸公里所得之會計平均成本^[33]，再乘以由供給地至起運鐵路轉運中心或由到達鐵路轉運中心至顧客需求點之實際里程數而得，由供給地至起運鐵路轉運中心之單位集配成本詳如表 2 所示，至於由到達鐵路轉運中心至顧客需求點之單位集配成本則為表 2 所示矩陣之轉置矩陣。

表 1 主線鐵路運輸單位成本

單位：元/kg

	基隆站	樹林站	桃園站	中壢站	新竹站	竹南站	臺中站	員林站	斗南站	嘉義站	臺南站	高雄站	屏東站	宜蘭站	花蓮站	臺東站
基隆站	0.000	0.154	0.216	0.254	0.380	0.173	0.743	0.864	1.024	1.114	1.345	1.521	1.600	0.259	0.630	1.216
樹林站	0.154	0.000	0.062	0.099	0.225	0.319	0.589	0.710	0.870	0.960	1.191	1.367	1.445	0.413	0.784	1.370
桃園站	0.216	0.062	0.000	0.037	0.163	0.257	0.526	0.648	0.808	0.898	1.129	1.305	1.383	0.475	0.846	1.432
中壢站	0.254	0.099	0.037	0.000	0.126	0.219	0.489	0.611	0.771	0.860	1.092	1.267	1.346	0.513	0.883	1.469
新竹站	0.380	0.225	0.163	0.126	0.000	0.093	0.363	0.485	0.645	0.734	0.966	1.141	1.220	0.639	1.009	1.595
竹南站	0.473	0.319	0.257	0.219	0.093	0.000	0.270	0.391	0.551	0.641	0.872	1.048	1.127	0.732	1.103	1.656
臺中站	0.743	0.589	0.526	0.489	0.363	0.270	0.000	0.122	0.281	0.371	0.603	0.778	0.857	1.002	1.372	1.386
員林站	0.864	0.710	0.648	0.611	0.485	0.391	0.122	0.000	0.160	0.250	0.481	0.657	0.735	1.123	1.494	1.264
斗南站	1.024	0.870	0.808	0.771	0.645	0.551	0.281	0.160	0.000	0.090	0.321	0.497	0.575	1.283	1.654	1.105
嘉義站	1.114	0.960	0.898	0.860	0.734	0.641	0.371	0.250	0.090	0.000	0.231	0.407	0.486	1.373	1.601	1.015
臺南站	1.345	1.191	1.129	1.092	0.966	0.872	0.603	0.481	0.321	0.231	0.000	0.176	0.254	1.604	1.369	0.784
高雄站	1.521	1.367	1.305	1.267	1.141	1.048	0.778	0.657	0.497	0.407	0.176	0.000	0.079	1.564	1.194	0.608
屏東站	1.600	1.445	1.383	1.346	1.220	1.127	0.857	0.735	0.575	0.486	0.254	0.079	0.000	1.486	1.115	0.529
宜蘭站	0.259	0.413	0.475	0.513	0.639	0.732	1.002	1.123	1.283	1.373	1.604	1.564	1.486	0.000	0.371	0.957
花蓮站	0.630	0.784	0.846	0.883	1.009	1.103	1.372	1.494	1.654	1.601	1.369	1.194	1.115	0.371	0.000	0.586
臺東站	1.216	1.370	1.432	1.469	1.595	1.656	1.386	1.264	1.105	1.015	0.784	0.608	0.529	0.957	0.586	0.000

資料來源：本研究整理。

表 2 集配單位成本

單位：元/kg

	基隆站	樹林站	桃園站	中壢站	新竹站	竹南站	臺中站	員林站	斗南站	嘉義站	臺南站	高雄站	屏東站	宜蘭站	花蓮站	臺東站
臺 北	0.818	0.000	0.598	0.687	1.040	1.211	1.856	2.146	2.530	2.743	3.296	3.715	3.903	1.437	2.323	3.723
新 竹	1.409	1.040	0.892	0.803	0.000	0.620	1.265	1.556	1.940	2.152	2.705	3.125	3.313	2.028	2.913	4.313
臺 中	2.225	1.856	1.708	1.619	1.265	1.094	0.000	0.740	1.124	1.336	1.889	2.309	2.497	2.843	3.729	3.743
臺 南	3.661	3.296	3.147	3.058	2.705	2.534	1.889	1.599	1.215	1.003	0.000	0.870	1.057	4.283	3.704	2.304
高 雄	4.084	3.715	3.567	3.478	3.125	2.954	2.309	2.019	1.635	1.423	0.870	0.000	0.638	4.170	3.284	1.884
宜 蘭	1.068	1.437	1.585	1.674	2.028	2.199	2.843	3.134	3.518	3.730	4.283	4.170	3.982	0.000	1.335	2.735
花 蓮	1.954	2.323	2.471	2.560	2.913	3.084	3.729	4.019	4.403	4.257	3.704	3.284	3.096	1.335	0.000	1.850
臺 東	3.354	3.723	3.871	3.960	4.313	4.388	3.743	3.453	3.069	2.857	2.304	1.884	1.696	2.735	1.850	0.000

資料來源：本研究整理。

(3) 轉運成本

鐵路轉運中心之轉運成本，係依據臺鐵所提供「pp 自強號幹線快遞業務」相關成本數據，作為本項參數之輸入資料。

(4) 鐵路轉運中心設置成本

起運／到達鐵路轉運中心之平均設置成本，係依據臺鐵從事快遞物流所需之各項物流與資訊設備以及系統整合軟體各站所需平均費用^[34]，並以平均使用年限 10 年作為各項設備攤提折舊之基準估算而得。由於「城際複合物流運輸」策略，係強調臺鐵與物流業者之合作經營，本研究乃設定鐵路轉運中心設置所需成本，由臺鐵與物流業者均攤，其個別之設置成本，詳如表 3 所示。

(5) 顧客需求量

由供給地至需求點之顧客需求量，係依據 A 物流公司所提供 40 個快遞站 92 年 12 個月份之起運與到達數據，進而計算其日平均值而得，顧客需求起迄資料詳如表 4 所示。

(6) 鐵路轉運中心容量

鐵路轉運中心之面積，係依據「貨運服務總所營運改善策略」^[31]及臺鐵網站(www.railway.gov.tw)「倉庫標租」資料相互檢核求算而得；至鐵路轉運中心之單位作業績效，則透過 A 物流公司所提供個別快遞站面積及實際每日作業量，進而計算其平均值而得；最後將各個鐵路轉運中心之面積乘以鐵路轉運中心之單位作業績效，即可求算個別鐵路轉運中心之容量限制，詳如表 5 所示。

表 3 鐵路轉運中心設置成本

單位：元／日

基隆站	樹林站	桃園站	中壢站	新竹站	竹南站	臺中站	員林站	斗南站	嘉義站	臺南站	高雄站	屏東站	宜蘭站	花蓮站	臺東站
126.4	1849.6	913.1	407.9	1225.5	473.5	3723.0	484.4	1013.4	1033.3	1059.5	2673.1	965.1	425.7	228.3	129.6

資料來源：本研究整理。

表 4 顧客需求量

單位：kg／日

	臺北	新竹	臺中	臺南	高雄	宜蘭	花蓮	臺東
臺北	0	26652	50931	18359	31222	4419	3418	2486
新竹	19346	0	1959	1132	1210	149	118	63
臺中	30527	3310	0	5289	6468	813	634	415
臺南	15375	1780	4914	0	3161	432	317	190
高雄	18083	829	2354	1360	0	179	142	76
宜蘭	2110	36	103	60	64	0	6	3
花蓮	1516	17	49	28	30	4	0	2
臺東	1687	28	80	46	49	6	5	0

資料來源：本研究整理。

表 5 鐵路轉運中心容量

單位：kg／日

基隆站	樹林站	桃園站	中壢站	新竹站	竹南站	臺中站	員林站	斗南站	嘉義站	臺南站	高雄站	屏東站	宜蘭站	花蓮站	臺東站
47695	697748	344442	153890	462290	178639	1404438	182739	352295	389813	399682	1008381	364058	160589	86114	48891

資料來源：本研究整理。

(7) 物品所佔鐵路轉運中心之空間

本研究依據 A 物流公司所提供 92 年 40 個快遞站之文件、樣品、包裹及其他具時效性商品之重量資料，求取其平均值，作為物品所佔鐵路轉運中心空間之輸入資料。

(8) 總運送時間

由供給地至需求點之資料矩陣甚為龐大 ($8 \times 16 \times 16 \times 8$)，本研究係以「第三期臺灣地區整體運輸系統規劃」^[35]之社經及路網資料為基礎，將基年 84 年包括人口、二級及業人口、三級及業人口、戶數、戶量、機車總數、汽車總數與個人平均年所得、新增之住宅區面積、新增之商業區面積等社經資料更新至 91 年。而在路網方面亦根據 91 年臺灣地區路網現況同步進行更新。嗣後運用「第三期臺灣地區整體運輸系統規劃」模式估算由供給地至需求點之總運送時間。

(9) 顧客要求送達時限

本研究係以臺鐵莒光號列車實際運行於起運／到達鐵路轉運中心之時間作為鐵路主線運輸時間；由供給地至起運鐵路轉運中心之集散配送時間與理貨暫存時間設定為 1 小時，由到達鐵路轉運中心至需求點之集散配送時間與理貨暫存時間亦設定為 1 小時；最後以前述三段時間之總和作為顧客要求送達時限，詳如表 6 所示。

表 6 顧客要求送達時限

單位：分鐘

	臺 北	新 竹	臺 中	臺 南	高 雄	宜 蘭	花 蓮	臺 東
臺 北	0	192	276	424	467	210	301	445
新 竹	192	0	204	352	395	282	373	517
臺 中	276	204	0	268	311	366	457	458
臺 南	424	352	268	0	163	514	454	310
高 雄	467	395	311	163	0	502	411	267
宜 蘭	210	282	366	514	502	0	211	355
花 蓮	301	373	457	454	411	211	0	264
臺 東	445	517	458	310	267	355	264	0

資料來源：本研究整理。

(10) 鐵路運輸費率

運用由 A 物流公司網站查詢紀錄所得之實際起迄點全程運費，與主線鐵路運輸距離佔總旅次距離比例之乘積，作為鐵路運輸費率之輸入資料，詳如表 7 所示。

表 7 鐵路運輸費率

單位：元/km

	臺 北	新 竹	臺 中	臺 南	高 雄	宜 蘭	花 蓮	臺 東
臺 北	0	146.3	161.7	200.2	215.6	69.3	84.7	84.7
新 竹	146.3	0	138.6	169.4	192.5	69.3	84.7	84.7
臺 中	161.7	138.6	0	169.4	177.1	69.3	84.7	84.7
臺 南	200.2	169.4	169.4	0	138.6	69.3	84.7	84.7
高 雄	215.6	192.5	177.1	138.6	0	69.3	84.7	84.7
宜 蘭	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	0	84.7	84.7
花 蓮	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	0	84.7
臺 東	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7	0

資料來源：本研究整理。

(11) 公路集配費率

運用由 A 物流公司網站查詢紀錄所得之實際起迄點全程運費，與由供給地至起運鐵路轉運中心及由到達鐵路轉運中心至需求點二者配送距離總和佔總旅次距離比例之乘積，作為公路集配費率之輸入資料，詳如表 8 所示。

表 8 公路集配費率

單位：元/km

	臺 北	新 竹	臺 中	臺 南	高 雄	宜 蘭	花 蓮	臺 東
臺 北	0	43.7	48.3	59.8	64.4	20.7	25.3	25.3
新 竹	43.7	0	14.4	5.6	57.5	20.7	25.3	25.3
臺 中	48.3	41.4	0	50.6	52.9	20.7	25.3	25.3
臺 南	59.8	50.6	50.6	0	41.4	20.7	25.3	25.3
高 雄	64.4	57.5	52.9	41.4	0	20.7	25.3	25.3
宜 蘭	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	0	25.3	25.3
花 蓮	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	0	25.3
臺 東	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	0

資料來源：本研究整理。

(12) 土地與場站租金

各鐵路轉運中心之土地與場站租金，係依據「貨運服務總所營運改善策略」^[31]及臺鐵網站 (www.railway.gov.tw)「倉庫標租」資料相互檢核計算而得，詳如表 9 所示。

表 9 土地與場站租金

單位：元／日

基隆站	樹林站	桃園站	中壢站	新竹站	竹南站	臺中站	員林站	斗南站	嘉義站	臺南站	高雄站	屏東站	宜蘭站	花蓮站	臺東站
2275	14794	46565	20804	23846	4851	298833	3900	1554	14355	16283	25948	21610	8759	2072	1176

資料來源：本研究整理。

4.2 求解結果

本研究以無偏好多目標規劃法中之權重法 (weighting method)，針對所構建之多目標數學規劃模式進行求解，在供給地 8 處、候選起運、到達鐵路轉運中心各 16 處、需求點 8 處，運送路徑 16384 條之情況下，運用 LINGO 7.0 版數學規劃軟體與 EXCEL 數值分析軟體在 ASUS-ASD360 機型，CPU 為 Intel Pentium 4 3.4GHz 之個人電腦執行求解運算，求解時間約為 1 分鐘。其中，藉由不同權數的變動，求算出近似非劣解 (non-inferior solutions) 集合如圖 6 所示。另不同權數下所相對應之總利潤值 ($Z = Z_0 + Z_1$) 詳如表 10 所示。由表 10 知，就政府的角度而言，臺鐵與物流業者之合作方式，每日總利潤介於 2,288,493 元至 2,821,153 元間，若單就臺鐵觀之，每日可獲得之總利潤 (Z_0) 介於 1,201,060 元至 1,876,946 元間；而就物流業者方面，每日亦可獲得介於 411,547 元至 1,480,104 元間之總利潤 (Z_1)。顯示就財務面而言，「城際複合物流運輸」確實為一具財務效益之營運策略。

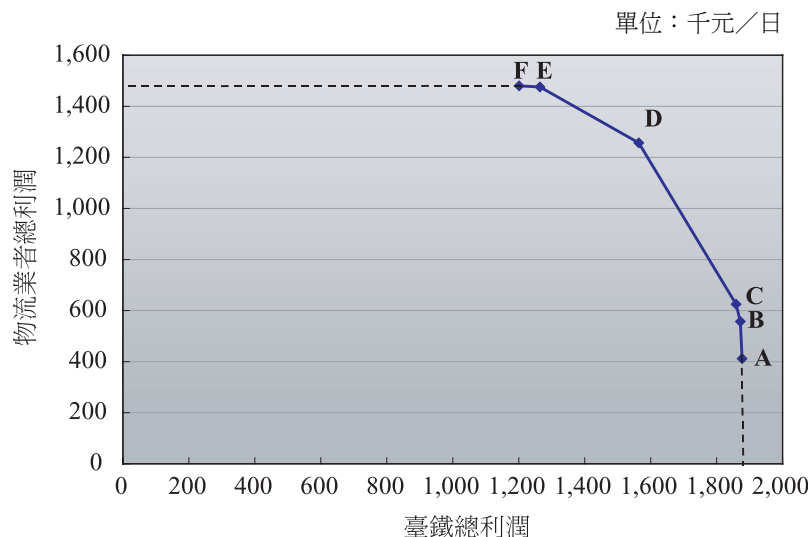


圖 6 近似非劣解集合

表 10 不同權重下之非劣解與總利潤值

	權重		非劣解 (元／日)		總利潤值 (元／日)
	W_1	W_2	Z_0	Z_1	$Z = Z_0 + Z_1$
A	1	0	1,876,946	411,547	2,288,493
B	0.9	0.1	1,871,944	557,114	2,429,058
C	0.8	0.2	1,858,679	624,672	2,483,351
D	0.5	0.5	1,564,099	1,257,054	2,821,153
E	0.2	0.8	1,264,041	1,475,416	2,739,457
F	0	1	1,201,060	1,480,104	2,681,164

由於權重法中，不同的權重組合即代表決策者不同之偏好，因此，就政策層面而言，決策者對於實際參與「城際複合物流運輸」策略之合作雙方，宜以公平原則處理，亦即給予臺鐵及物流業者相同之權重，以提升策略推動之可行性。至相同權重下之求解結果則如表 11 所示。由表知，在鐵路轉運中心區位選擇方面，由 16 個鐵路轉運中心候選區位中，共擇取包括：樹林、新竹、臺中、臺南、高雄、宜蘭、花蓮、臺東等 8 個車站，作為鐵路轉運中心之設置位址，其中，西部走廊有 5 個，東部走廊有 3 個。由於「城際複合物流運輸」策略，在追求臺鐵與物流業者之總利潤最大，因此，在需求以及運送費率已知的情況下，如何兼顧各地區鐵路轉運中心候選區位所能容受的容量及滿足顧客於期限內送達之要求，進而減少運送成本，已成為影響「城際複合物流運輸」營運策略總利潤之關鍵因素。透過物品運送路徑指派結果發現，因主線鐵路運輸快捷與準點之特性，公路物流集配送部分，以選擇供給地至起運鐵路轉運中心間，及到達鐵路轉運中心至顧客需求點間之最短路徑作為運送路徑，其運送成本較低，且可滿足顧客限時送達之要求；又各地區需求之集配送路徑僅限於分區中心至最近之起運／到達鐵路轉運中心，並未出現分散至鄰近鐵路轉運中心之現象，顯示所選定的 8 個鐵路轉運中心容量，足以容納在基年情境下的顧客需求。

4.3 敏感度分析

由於本研究所考量「城際複合物流運輸」營運作業規劃決策層次屬長期策略規劃，因此實例分析係在假設未來年期之環境與各項條件均與現況相同之前提下進行，惟未來主客觀環境有可能受到現階段較難準確預測之各項因素影響而有所改變，故本節將以基年情境為基準，針對顧客需求量、土地與場站租金、由供給地至需求點之運送成本、鐵路轉運中心設置成本等可能影響「城際複合物流運輸」策略財務效益之參數，就其對鐵路轉運中心區位選擇與物品運送路徑指派等決策變數之影響，進行敏感度分析。

在正式進行敏感度分析之前，有必要運用先驗知識先行探討主要參數之變化對總利潤值及決策變數所可能造成之影響與變動，俾便與後續敏感度分析結果進行檢核比對，藉以驗證模式之可行性與可信度。

表 11 鐵路轉運中心設置位址與運送路徑指派結果

總利潤值 ($Z = Z_0 + Z_1$)	2,821,153 元／日	
鐵路轉運中心位址 (y_i)	樹林、新竹、臺中、臺南、高雄、宜蘭、花蓮、臺東	
運送路徑 ($X_{oid,p}^k$)	(基－桃) → 樹林 → 新竹 → (竹－苗)	(竹－苗) → 新竹 → 樹林 → (基－桃)
	(基－桃) → 樹林 → 臺中 → (中彰投)	(竹－苗) → 新竹 → 臺中 → (中彰投)
	(基－桃) → 樹林 → 臺南 → (雲嘉南)	(竹－苗) → 新竹 → 臺南 → (雲嘉南)
	(基－桃) → 樹林 → 高雄 → (高－屏)	(竹－苗) → 新竹 → 高雄 → (高－屏)
	(基－桃) → 樹林 → 宜蘭 → (宜蘭)	(竹－苗) → 新竹 → 宜蘭 → (宜蘭)
	(基－桃) → 樹林 → 花蓮 → (花蓮)	(竹－苗) → 新竹 → 花蓮 → (花蓮)
	(基－桃) → 樹林 → 臺東 → (臺東)	(竹－苗) → 新竹 → 臺東 → (臺東)
	(中彰投) → 臺中 → 樹林 → (基－桃)	(雲嘉南) → 臺南 → 樹林 → (基－桃)
	(中彰投) → 臺中 → 新竹 → (竹－苗)	(雲嘉南) → 臺南 → 新竹 → (竹－苗)
	(中彰投) → 臺中 → 臺南 → (雲嘉南)	(雲嘉南) → 臺南 → 臺中 → (中彰投)
	(中彰投) → 臺中 → 高雄 → (高－屏)	(雲嘉南) → 臺南 → 高雄 → (高－屏)
	(中彰投) → 臺中 → 宜蘭 → (宜蘭)	(雲嘉南) → 臺南 → 宜蘭 → (宜蘭)
	(中彰投) → 臺中 → 花蓮 → (花蓮)	(雲嘉南) → 臺南 → 花蓮 → (花蓮)
	(中彰投) → 臺中 → 臺東 → (臺東)	(雲嘉南) → 臺南 → 臺東 → (臺東)
	(高－屏) → 高雄 → 樹林 → (基－桃)	(宜蘭) → 宜蘭 → 樹林 → (基－桃)
	(高－屏) → 高雄 → 新竹 → (竹－苗)	(宜蘭) → 宜蘭 → 新竹 → (竹－苗)
	(高－屏) → 高雄 → 臺中 → (中彰投)	(宜蘭) → 宜蘭 → 臺中 → (中彰投)
	(高－屏) → 高雄 → 臺南 → (雲嘉南)	(宜蘭) → 宜蘭 → 臺南 → (雲嘉南)
	(高－屏) → 高雄 → 宜蘭 → (宜蘭)	(宜蘭) → 宜蘭 → 高雄 → (高－屏)
	(高－屏) → 高雄 → 花蓮 → (花蓮)	(宜蘭) → 宜蘭 → 花蓮 → (花蓮)
	(高－屏) → 高雄 → 臺東 → (臺東)	(宜蘭) → 宜蘭 → 臺東 → (臺東)
	(花蓮) → 花蓮 → 樹林 → (基－桃)	(臺東) → 臺東 → 樹林 → (基－桃)
	(花蓮) → 花蓮 → 新竹 → (竹－苗)	(臺東) → 臺東 → 新竹 → (竹－苗)
	(花蓮) → 花蓮 → 臺中 → (中彰投)	(臺東) → 臺東 → 臺中 → (中彰投)
	(花蓮) → 花蓮 → 臺南 → (雲嘉南)	(臺東) → 臺東 → 臺南 → (雲嘉南)
	(花蓮) → 花蓮 → 高雄 → (高－屏)	(臺東) → 臺東 → 高雄 → (高－屏)
	(花蓮) → 花蓮 → 宜蘭 → (宜蘭)	(臺東) → 臺東 → 宜蘭 → (宜蘭)
	(花蓮) → 花蓮 → 臺東 → (臺東)	(臺東) → 臺東 → 花蓮 → (花蓮)

當未來年顧客需求量增加時，臺鐵與物流業者之收益亦當增加，因此，二者之總利潤值亦將增加。惟由於顧客需求起迄型態並未改變，故當鐵路轉運中心容量足以容納顧客需求量時，鐵路轉運中心區位與運送路徑應不致改變，惟當顧客需求量超過顧客需求量之容量時，則將視運送成本、轉運成本、設置成本、租金成本、鐵路轉運中心候選區位容量以及滿足顧客限時送達等因素之影響程度，再選取最適鐵路轉運中心區位與物品運送路徑；當未來年顧客需求量減少時，臺鐵與物流業者之收益亦當減少，因此，總利潤值亦將減少。由於顧客需求起迄型態並未改變，鐵路轉運中心區位與物品運送路徑應不致改變。

當未來年土地與場站租金提高或降低時，由於本項對臺鐵而言係屬收益，對物流業者而言，卻屬成本項，二者似會互相抵銷，因此其變化應不會影響總利潤值，然在鐵路轉運中心區位與物品運送路徑之變化趨勢上，則較難直接判斷。可預知者，物流業者當於運輸成本、轉運成本以及本項成本之間作一權衡 (trade-off)，以獲取最大利潤。

當未來年運輸與集配成本增加／降低時，勢將造成臺鐵與物流業者之總利潤值降低／增加；至於鐵路轉運中心區位與物品運送路徑之變動與否，則將視成本增加幅度對臺鐵與物流業者之衝擊程度而定。

當未來年鐵路轉運中心設置成本增加／降低時，臺鐵與物流業者之總利潤亦將隨之降低／增加，惟由於各鐵路轉運中心設置成本之增／減幅度相同，因此，鐵路轉運中心區位與物品運送路徑之變動與否，則將視成本增加幅度對臺鐵與物流業者之衝擊程度而定。

以下即以基年情境為基準，針對顧客需求量、土地與場站租金、由供給地至需求點之運送成本、鐵路物流中心設置成本等主要參數，對鐵路物流中心區位選擇與物品運送路徑指派等決策變數之影響，進行敏感度分析。分析結果說明如后，並彙整如表 12 所示。

表 12 敏感度分析結果

	總利潤值 (元／日)	變動比例 (%)
顧客需求量 -15%	2,394,586	-15.12%
顧客需求量 +15%	3,247,719	+15.12%
土地與場站租金 -15%	2,821,153	+0%
土地與場站租金 +15%	2,821,153	+0%
運送成本 -15%	2,851,766	+1.09%
運送成本 +15%	2,790,540	-1.09%
鐵路轉運中心設置成本 -15%	2,824,547	+0.12%
鐵路轉運中心設置成本 +15%	2,817,758	-0.12%

(1) 顧客需求量

假設其他條件及參數不變，顧客需求量減少 15%時，其總利潤為 2,394,586 元／日，相較基年情境目標值減少 426,527 元 (15.12%)；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

另當顧客需求量增加 15%時，其目標值為 3,247,719 元／日，相較基年情境目標值增加 426,566 元 (15.12%)；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

(2) 土地與場站租金

假設其他條件及參數不變，土地與場站租金減少 15% 時，其總利潤為 2,821,153 元／日，與基年情境目標值相同；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

另當土地與場站租金增加 15% 時，其總利潤為 2,821,153 元／日，與基年情境目標值相同；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

(3) 運送成本

假設其他條件及參數不變，運送成本減少 15% 時，其目標值為 2,851,766 元／日，相較基年情境目標值增加 30,613 元 (1.09%)；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

另當運送成本增加 15% 時，其目標值為 2,790,540 元／日，相較基年情境目標值減少 30,613 元 (1.09%)；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

(4) 鐵路轉運中心設置成本

假設其他條件及參數不變，鐵路轉運中心設置成本減少 15% 時，其目標值為 2,824,547 元／日，相較基年情境目標值增加 3,394 元 (0.12%)；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

另當鐵路轉運中心設置成本增加 15% 時，其目標值為 2,817,758 元／日，相較基年情境目標值減少 3,395 元 (0.12%)；鐵路轉運中心設置位址及數量與基年情境相同，亦為 8 處；物品運送路徑部分，與基年情境相同。

由「城際複合物流運輸」策略之總利潤觀之，以顧客需求量之變動對其影響較大，運送成本次之，再其次為鐵路轉運中心設置成本，惟後二者之影響均不大。另土地與場站租金之變化並不會影響總利潤值之變動。基上，顯示顧客需求量為影響「城際複合物流運輸」策略總利潤之最主要關鍵參數。

就鐵路轉運中心設置位址而言，不論是顧客需求量、土地與場站租金、運送成本、亦或是鐵路轉運中心設置成本，在增減 15% 的變動範圍內，對於臺鐵與物流業者在選擇鐵路轉運中心區位決策上之影響均不大，因此並未造成設置位址之變動；而在物品運送路徑指派方面，亦有等同之結果。

為進一步探討主要關鍵參數－顧客需求量，對包括鐵路轉運中心區位與物品運送路徑等決策變數之影響，暨驗證模式之合理性，本研究針對未來市場顧客需求量成長 3、5 倍之情境假設進行敏感度分析，結果發現當需求量成長 3 倍時，仍未造成鐵路轉運中心設置位置與物品運送路徑之改變；當需求量成長 5 倍時，原本由基隆－桃園地區運送至雲林－

嘉義－臺南、高雄－屏東地區之物品，改以中壢、桃園作為起運鐵路轉運中心，以容納樹林鐵路轉運中心無法負荷之需求。原本由新竹－苗栗地區、高雄－屏東地區運送至基隆－桃園地區之物品，改以桃園為到達鐵路轉運中心，以容納樹林鐵路轉運中心無法負荷之需求。

綜上可知，不論就「城際複合物流運輸」策略之總利潤、鐵路轉運中心設置位址，抑或物品運送路徑指派方面，敏感度分析結果與前節先驗知識探討結果均相符，顯示本研究所建構之「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式，確實可行，且具備可信度。另為有效推動「城際複合物流運輸」營運策略，除應重視運送成本與鐵路轉運中心設置成本的節省外，更重要的是必須擁有良好的相關配套措施與行銷策略，以充分滿足顧客的需求暨吸引更多的顧客，進而達成大幅提升「城際複合物流運輸」策略總利潤以及政府推動複合運輸之政策目標；另就整個臺灣地區地理區位觀之，由於在基年情境下所選定的鐵路轉運中心設置位址，已依顧客需求起迄型態妥適分佈於北、中、南、東四大區域，因此各項參數的變動，對於其設置位址及數量並無影響；此外，在鐵路轉運中心容量足敷需求之情境下，當以選擇供給地至起運鐵路轉運中心間、起運鐵路轉運中心至到達起運鐵路轉運中心間，以及到達鐵路轉運中心至顧客需求點間之最短路徑作為物品運送路徑，其運送成本較低，且可滿足顧客限時送達之要求。

五、結論與建議

5.1 結論

本研究經由以上之分析後，可獲致以下結論：

1. 為配合複合運輸政策之推動與考量整體資源之有效運用，本研究研提由鐵路負責區域間長距離主線運輸，物流業者負責地區性貨物集散與配送之「城際複合物流運輸」策略，並利用多目標數學規劃方法，構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式，在兼顧鐵路轉運中心容量與顧客需求滿足之限制前提下，藉以選定鐵路轉運中心之最適設置區位以及物品運送路徑，進而探討「城際複合物流運輸」之財務效益，俾作為政府後續實際推動複合運輸政策之重要參考依據。
2. 應用本研究所研訂於土地面積、設施使用狀況、交通條件及地理區位等層面之各項必要準則，初步篩選出包括：基隆、樹林、桃園、中壢、新竹、竹南、臺中、員林、斗南、嘉義、臺南、高雄、屏東、宜蘭、花蓮、臺東等 16 個車站作為鐵路轉運中心之候選區位。
3. 經由實例分析結果發現，「城際複合物流運輸」確實為一具財務效益之營運策略。本研究運用權重法求解。在給予臺鐵目標與物流業者目標相同權重下，16 個鐵路轉運中心候選區位中，以樹林、新竹、臺中、臺南、高雄、宜蘭、花蓮、臺東等 8 個車站，較合

適作為鐵路轉運中心之設置位址；透過物品運送路徑指派結果發現，因主線鐵路運輸快捷與準點之特性，公路物流集配送部分，以選擇供給地至起運鐵路轉運中心間，及到達鐵路轉運中心至顧客需求點間之最短路徑作為物品運送路徑，其運送成本較低，且可滿足顧客限時送達之要求；又各地區需求之集配送路徑僅限於分區中心至最近之起運／到達鐵路轉運中心，並未出現分散至鄰近鐵路轉運中心之現象，顯示所選定的 8 個鐵路轉運中心容量，足以容納在基年情境下的顧客需求。

4. 透過敏感度分析結果知，顯示顧客需求為影響「城際複合物流運輸」策略總利潤之最主要關鍵參數。不論是顧客需求量、土地與場站租金、運送成本、亦或是鐵路轉運中心設置成本，在增減 15% 的變動範圍內，對於鐵路轉運中心設置位址選擇，以及物品運送路徑指派決策之影響並不大。

5.2 建議

對於後續可進行之研究方向，本研究提出建議如下：

1. 由於本研究主要研究範疇著重於城際物流部分，故有關都市物流範疇中之各項課題，例如地區性集散配送網路、場站區位、車隊規模、排程等之規劃均未納入，後續研究當可針對上述課題，構建「都市物流」模式，並與本研究所研提之模式進行適度整合，以提升整體模式之應用範圍。
2. 本研究模式的設計可適用於一家鐵路業者與多家物流業者的複合物流運輸，現階段侷限於資料取得之限制，僅以臺鐵與一家物流業者之複合物流運輸作為實例分析範圍，後續可設法突破資料取得問題，或利用虛擬資料，測試一家鐵路業者與多家物流業者的複合物流運輸情境，藉以探討此複合物流運輸的效益與物流業數量的相關性，俾增進研究之完整性。
3. 本研究所構建之「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式，雖可適用多貨種，惟受限於資料取得之困難，故現階段僅探討文件、樣品、包裹及其他具時效性商品之單一貨種，後續研究或可設法突破資料取得問題，進而探討「城際複合物流運輸」策略最適運送貨種之相關課題。
4. 本研究現階段係以路徑 (path) 為決策變數，構建「城際複合物流運輸鐵路轉運中心最適區位」模式，後續則可嘗試改以節線 (link) 做為決策變數，以簡化模式型態。
5. 本研究現階段僅針對「城際複合物流運輸」營運策略之財務面進行分析與討論，研究結果發現確實擁有不錯的利潤，然相較於現階段以大型貨車行駛高速公路作為主線運輸，以小型集配車進行地區集散配送之城際物流公路運輸方式所能獲得之利潤而言，是否仍具有競爭力，實有必要於後續研究中進行深入之探討，以進一步剖析「城際複合物流運輸」營運策略在財務面之可行性。
6. 站在政府的角度，各項社會成本例如：擁擠、空氣污染、噪音、交通事故等，對於推動「複合運輸」政策之影響程度，亦有必要於後續研究中納入考量，俾便進一步研析「城

際複合物流運輸」營運策略於經濟層面之可行性，暨凸顯複合運輸之經濟效益。

參考文獻

1. Aikens, C. H., "Facility Location Models for Distribution Planning", *European Journal of Operational Research*, 22, 1985, pp. 263-279.
2. Brandeau, M. L. and Chiu, S. S., "An Overview of Representative Problems in Location Research", *Management Science*, 35, 1989, pp. 645-674.
3. Sridharan, R., "The Capacitated Plant Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 87, 1995, pp. 203-213.
4. Barcelo, J. and Casanovas, J., "A Heuristic Lagrangian Algorithm for the Capacitated Plant Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 15, 1984, pp. 212-226.
5. Sridharan, R., "Lagrangian Heuristic for the Capacitated Plant Location Problem with Single-source Constraints", *European Journal of Operational Research*, 66, 1993, pp. 305-312.
6. Klineciewicz, J. and Luss, H., "A Lagrangian Relaxation Heuristic for Capacitated Facility Location with Single-source Constraints", *Journal of the Operational Research Society*, 37, 1986, pp. 495-500.
7. Pirkul, H., "Efficient Algorithm for the Capacitated Concentrator Location Problem", *Computers and Operations Research*, 14, 1987, pp. 197-208.
8. Beasley, J. E., "Lagrangian Heuristic for Location Problems", *European Journal of Operational Research*, 65, 1993, pp. 383-399.
9. Holmberg, K., Rönnqvist, M., and Yuan, D., "An Exact Algorithm for the Capacitated Facility Location Problems with Single Sourcing", *European Journal of Operational Research*, 113, 1999, pp. 544-559.
10. Rönnqvist, M., Tragantalerngsak, S., and Holt, J., "A Repeated Matching Heuristic for the Single-source Capacitated Facility Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 166, 1999, pp. 51-68.
11. Pirkul, H. and Jayaraman, V., "Production, Transportation, and Distribution Planning in a Multi-commodity Tri-echelon System", *Transportation Science*, Vol. 30, No. 4, 1996, pp. 291-302.
12. Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T. and Izumitani, T., "Optimal Size and Location Planning of Public Logistics Terminals", *Transportation Research Part E*, 35, 1999, pp. 207-222.
13. Tragantalerngsak, S., Holt, J., and Rönnqvist, M., "An Exact Method for the Two-echelon, Single-source, Capacitated Facility Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 123, 2000, pp. 473-489.
14. Klose, A., "A Lagrangian Relax-and-cut Approach for the Two-stage Capacitated Facility Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 126, 2000, pp. 408-421.

15. Elson, D. G., "Site Location via Mixed-integer Programming", *Operational Research Quarterly*, 23, 1972, pp. 31-43.
16. Geoffrion, A. M. and Graves, G. W., "Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition", *Management Science*, Vol. 20, No. 5, 1974, pp. 822-844.
17. Pirkul, H. and Jayaraman, V., "A Multi-commodity, Multi-plant, Capacitated Facility Location Problem: Formulation and Efficient Heuristic Solution", *Computers and Operations Research*, Vol. 25, No. 10, 1998, pp. 869-878.
18. Hinojosa, Y., Puerto, J., and Fernández, F. R., "A Multi-period Two-echelon Multicommodity Capacitated Plant Location Problem", *European Journal of Operational Research*, 123, 2000, pp. 271-291.
19. O'Kelly, M. E., "The Location of Interacting Hub Facilities", *Transportation Science*, 20, 1986, pp. 92-106.
20. O'Kelly, M. E., "A Quadratic Integer Program for the Location of Interacting Hub Facilities", *European Journal of Operational Research*, 32, 1987, pp. 393-404.
21. O'Kelly, M. E., "Hub Facility Location with Fixed Costs, Papers in Regional Science", *The Journal of the RIASI*, 71, 1992, pp. 293-306.
22. Aykin, T., "Networking Policies for Hub-and-spoke Systems with Application to the Air Transportation System", *Transportation Science*, Vol. 29, No. 3, 1995, pp. 201-221.
23. Campbell, J. F., "Integer Programming Formulations of Discrete Hub Location Problems", *European Journal of Operational Research*, 72, 1994, pp. 387-405.
24. Jaillet, P., Song, G., and Yu, G., "Airline Network Design and Hub Location Problems", *Location Science*, Vol. 4, No. 3, 1996, pp. 195-212.
25. Kuby, M. and Gray, R. G., "The Hub Network Design Problem with Stopovers and Feeders: The Case of Federal Express", *Transpn. Res. A*, Vol. 27A, No. 1, 1993, pp. 1-12.
26. Kim, D., Barnhart, C., Ware, K., and Reinhard, T. G., "Multimodal Express Package Delivery: A Service Network Design Application", *Transportation Science*, Vol. 33, No. 4, 1999, pp. 391-407.
27. 林正章、劉志遠，「路線貨運業貨物整體運輸網路設計之研究」，*運輸計劃季刊*，第二十八卷，第四期，民國八十八年十二月，頁 535-564。
28. O'Kelly, M. E., Bryan, D., Skorin-kapov, D., and Skorin-kapov, J., "Hub Network Design with Single and Multiple Allocation: A Computational Study", *Location Science*, Vol. 4, No. 3, 1996, pp. 125-138.
29. Lin, C. C., "The Freight Routing Problem of Time-definite Freight Delivery Common Carrier", *Transportation Research Part B*, Vol. 35, No. 6, 2001, pp. 525-547.
30. Feng, C. M. and Huang, H. H., "Modelling the Intermodal Logistics Between Intercity Rail and City Truck", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, 2003, pp. 2313-2326.
31. 中華民國運輸學會，交通部臺灣鐵路管理局貨運服務總所營運改善策略，民國九十年。

32. 經濟部商業司，**物流經營管理實務**，民國八十五年。
33. 王小娥、許凱翔，「汽車貨物運輸業成本結構與相關彈性之分析」，**運輸計劃季刊**，第三十卷，第三期，民國九十年九月，頁 603-634。
34. 詹鴻漳，「臺鐵發展快遞業務可行性之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十年六月。
35. 交通部運輸研究所，**第三期臺灣地區整體運輸規劃**，民國八十八年十一月。

附表 臺鐵與物流業者成本及收益項目

		臺 鐵	物流業者
鐵路 物流 中心 成本	固定成本	1. 物流設備改善費用 (E_{tfe}) 2. 設施與設備折舊費用 (E_{tfd}) 3. 稅捐費用 (E_{tft})	1. 興建／改善成本 (E_{ffe}) 2. 設備折舊費用 (E_{ffd}) 3. 稅捐費用 (E_{fft}) 4. 土地場站租金 ($E_{ffl} = PL$)
	變動成本	1. 車輛維修成本 (E_{tvm}) 2. 行車人員薪資 (E_{tvw}) 3. 燃料費用 (E_{tvf})	1. 車輛維修費用 (E_{fvm}) 2. 司機薪津 (E_{fvw}) 3. 油料費用 (E_{vff})
收 益		1. 運費收益 (PT) 2. 土地場站租金收益 (PL)	配送收益 (PF)

