

以混合多準則評估模式建構臺灣鐵路 立體化建設計畫之評選機制¹

USING THE HYBRID MCDM TO CONSTRUCT THE EVALUATION MECHANISM OF RAILWAY GRADE SEPARATION PROJECTS IN TAIWAN

葉名山 Ming-Shan Yeh²

劉欣憲 Hsin-Hsien Liu³

周永暉 Yung-Hui Chou⁴

(99 年 11 月 2 日收稿，100 年 6 月 1 日第一次修改，100 年 9 月 2 日第二次修改，
100 年 11 月 25 日第 3 次修改，101 年 2 月 22 日第 4 次修改，101 年 3 月 10 日定稿)

摘 要

長期以來，都會地區鐵路立體化建設為世界各國相當重視的課題。在過去大多採用成本效益分析作為評估的單一指標，往往導致缺乏一套兼顧鐵路營運發展與地方都市更新之建設機制，故無法創造雙贏的建設投資環境。本研究以理性決策模式建構我國鐵路立體化建設指標與審查機制，在有限資源分配下審查各縣市鐵路立體化計畫，並希將開發後土地效益挹注於建設成本中。本研究運用問題求解分析技術，先以專家座談與問卷調查方式進行，輔以模糊層級分析法 (FAHP) 進行權重分析，加採妥協性排名方法 (VIKOR) 評估排序。同時本研究建構之理性審查機制分成申請計畫

-
1. 本文部分研究成果係交通部鐵路改建工程局委託專案研究，併致謝忱。
 2. 逢甲大學運輸科技與管理學系副教授 (聯絡地址：40724 臺中市西屯區文華路 100 號逢甲大學運輸科技與管理學系；聯絡電話：04-24517250 轉 4663；電子郵件：msyeh@fcu.edu.tw)。
 3. 逢甲大學土木及水利工程研究所博士候選人。
 4. 交通部鐵路改建工程局副局長暨逢甲大學兼任副教授。

書、可行性研究、綜合規劃及計畫核定後等 4 個階段的不同層面與指標，各階段之審查必要條件與審查重點及指標加以審議。在實例驗證上，分別篩選政府核定可行性研究與綜合規劃之計畫進行評估，結果顯示本研究所建構之評選制度確可符合政府施政效能之提升，建議交通部應儘速成立鐵路立體化審查委員會與鐵路立體化建設開發基金，輔助推動鐵路立體化建設機制作業更臻完備。

關鍵詞：模糊層級分析法；妥協性排名方法；鐵路立體化；都市發展

ABSTRACT

Railway grade separation projects for metropolitan areas of many countries have been highly focused for a long time. In past years, there has only been one evaluation criterion used, cost and benefit analysis. As such, we have been lacking a suitable mechanism for considering both the development of railway operations and urban re-development. Therefore, a win-win opportunity has not been achievable so far. The aim of this study is to establish the mechanism and evaluation criteria of railway grade separation projects using a rational and objective decision-making process. This will enable us to figure out the construction priority of railway grade separation projects under the constraint of limited resource, and also to use the profits from land development towards construction cost. This study adopts a forum and questionnaire of experts and uses the Fuzzy Analytic Hierarch Process (FAHP) to analyze the weighting of evaluation criteria. Furthermore, we utilize the VIKOR method in order to determine the construction priority of railway grade separation projects. The result shows the evaluation mechanism can be divided into four phases; application phase, feasibility study phase, comprehensive planning phase, and ratified project phase. The critical conditions, emphasis, and evaluation criteria in each phase are different. This research also uses actual projects as case studies in the feasibility study phase and comprehensive planning phase. The result shows that its prediction is very close to reality and we can propose improvement strategies for the relevant authorities. In order to execute the operation of railway grade separation projects more efficiently and effectively, this study suggests that the relevant authority establishes an "evaluation committee of railway grade separation projects" and build "a development fund for railway grade separation projects." It is hopeful that this study will be beneficial for the evaluation mechanism of the railway grade separation projects.

Key Words: *Fuzzy analytic hierarch process (FAHP) ; VIKOR ; Railway grade separation ; Urban development*

一、前言

近年我國都市快速發展，各縣市為帶動都市發展效益，頻頻推動土地開發、都市重劃與都市更新等計畫。而臺灣發展過程中，已形成臺鐵場站與軌道對於上述土地開發計畫所帶來之負面影響，如鐵路造成都市阻隔而產生不均衡發展現象，鐵路沿側之土地價值偏低而無法有高強度之開發，以及平交道所產生之交通延滯、空汙及肇事事故；另因臺鐵轉型捷運化則在加強都會區通勤服務下，增設通勤車站及加開通勤班次，對於都市發展造成負面衝擊更顯嚴重，因此地方政府紛紛向中央政府提出鐵路立體化改建計畫。易言之，都市地區鐵路立體化之課題雖肇因於解決交通運輸，但其最終目標卻是都市更新與都市發展。而目前在國內無論政策目標或執行措施採取均「由上而下」的作法，依據交通政策白皮書^[1]之城際運輸中「改善軌道運輸體質」之政策目標下，以「降低鐵路穿越都會區之衝擊」與鐵路立體化有關。因此，由政策觀點審視之，許多目前規劃中計畫則需再重新審視，如興建之必要性與優先次序等。

鐵路立體化建設能產生都市土地增值效益，但鐵路立體化工程經費龐大，且伴隨工程進行對於都市交通衝擊、施工過程與完工後對臺鐵營運與維護所增加成本，加上因資產折舊攤提使臺鐵帳面虧損更甚，均產生諸多負面效益。目前中央政府之財政資源有限下，各地方政府所提出鐵路立體化計畫數量逐年增多，例如各縣市所提出要立體化工程則計有 21 項計畫，容易產生許多立體化效益較低之縣市亦提出此需求，造成臺灣鐵路立體化計畫越來越多，獲得之土地價值以及交通改善效益卻越來越低。同時在有限資源下，鐵路立體化抑或都會區之軌道建設何者優先，亦會產生排擠效應，以致無法有效利用財政資源，而致使立體化之邊際效益遞減之現象。甚者，各地方政府提出需求後，在計畫中將其外部經濟效益擴大，如交通延滯、土地開發效益、都市發展效益等。並同時允諾提高負擔比例，但俟計畫通過後則又無法擔保建設經費一定到位，或要求中央政府提高負擔比例等。而交通建設則是地方首長或民意代表對於地方建設貢獻最顯而易見的，故儼然成為政治人物選舉時所提出之競選政見，當選後並紛紛對中央提出鐵路立體化之需求，形成許多平交道延滯或事故不嚴重之地區，亦紛紛提出鐵路立體化要求，造成國家總體資源無法有效運用。然國家交通建設計畫原屬單純理性的公共政策，往往最後成為複雜之政治議題，進而形成中央與地方無法針對鐵路立體化計畫從嚴審查。

本研究建立一套以模糊層級分析法 (fuzzy analytic hierarch process, FAHP) 及方案績效評選排序 VIKOR 的混合多準則評估模式 (hybrid MCDM)，針對目前我國規劃中之鐵路立體化計畫優先順序加以評選，並且區分不同階段之審查重點以及指標權重，建立一套具有綜合性與客觀性的審查準則與評估方式，以達到理性決策之目標。

層級分析法由 Saaty^[2] 於 1980 年提出的一種實用之多屬性決策方法，其透過準則間重要度之成對比較，計算出各評估準則之重要度權重，然而為避免專家問卷調查勾選重要度之語意不清，故進一步採用 FAHP 進行權重計算；在方案績效評選部分，早期多有研究

採用 TOPSIS 作為方案排序之主要評估方法，但 Opricovic 和 Tzeng^[3] 之研究指出 TOPSIS 較不適用於方案排序，援此，本研究採用 VIKOR 之評估方法 (Opricovic^[4])，目的則是找出各方案與理想解最接近之方案，可加以評選目前提出之鐵路立體化計畫優先順序。本研究先由文獻回顧中篩選 59 項指標，再經兩次專家座談會篩選出 21 項指標，指標權重採用前述 FAHP 進行求算，並採用 VIKOR 計算方案績效於可行性評估階段放入嘉義^[5]、鳳山^[6]、宜蘭^[7] 等 3 計畫，於綜合規劃階段則是納入臺中^[8]、員林^[9] 及左營^[10] 等 3 項計畫進行方案績效比較。透過 FAHP 能計算可行性研究階段 21 項指標之權重，在綜合規劃階段則可以計算 7 項指標權重，VIKOR 可以計算在 4 個審查機制階段可行性研究與綜合規劃中不同優先順序與理想值之差距。

綜上所述，本研究藉由嚴謹的方案評估過程以及理性決策分析系統，檢視目前興建中與規劃中的鐵路立體化計畫，是否有立即興建之必要性與其優先順序，而不再以傳統政治協商審視興建之必要性。此外，整體研究評估流程則採不同審查階段重點不同之原則，並且加入都市發展與更新之思維，輔以傳統交通運輸角度之考量前提，冀能整合不同面向，以利於進行鐵路立體化審查之理性決策。

二、鐵路立體化建設計畫文獻回顧

本研究檢視臺灣鐵路發展至今我國各縣市提出鐵路立體化各階段計畫與目前正在執行中工程，並整理各計畫及各研究之鐵路立體化評選準則，以作為政府評估鐵路立體化建設之參考依據。

2.1 立體化建設現況說明

在都市發展與鐵路發展過程中，主要可以分為 3 個階段檢視；第 1 階段為早期傳統鐵路之發展，是以車站位置為主，而漸漸形成市區中心，一般而言，人口密度、商業發展、土地增值等均是以車站前站往外形成放射狀或環狀擴張發展，而後站則相對較為落後。在第 2 階段中，因鐵路於早期運輸工具中扮演重要角色，因此形成傳統鐵路與都市發展共存共榮之時期。第 3 階段則是因都市繁榮發展、土地發展增值、人口增加集中，以致都市交通量增加，在鐵路班次頻繁與鐵路捷運化之環境下，平交道在列車通過時，遮斷時間增長而使得車輛延滯時間增加，且平交道事故頻傳，產生安全風險提高與經濟效益降低之窘境；此外，車站附近之調車場站、支線、平交道等設施，加上鐵路路線切割市區，均為都市發展之瓶頸，也同時造成市中心區缺乏土地開發之現象。在此階段，各地方政府多要求以鐵路立體化，無論是高架化或地下化加以改善，而此時傳統鐵路反成為都市發展之障礙。目前臺灣地區之主要都會區則均進入第三階段。

鐵路立體化從臺北車站地下化以至萬板專案陸續完成後，各地方政府有感於立體化建設對都市發展具有重大效益，且可作為地方政府之施政政績，因此紛紛提出鐵路立體化之

提案，進而造成交通部軌道建設經費無力負擔，故實務上有必要檢視目前規劃階段之計畫是否有其必要性。綜整可行性研究、綜合規劃、執行中及已完成之計畫如表 1 所示，臺灣地區鐵路立體化已完成計畫 (accomplished project) 首先以臺北車站地下化開始，全長從松山車站至萬華車站共計有 4.42 公里，工期 6 年，改建臺北車站並劃定臺北車站特定區，消除中華路之平交道，拆除中華商場，總經費 177.92 億元。接著向東延至松山，進行松山專案，將松山車站地下化，地下化段全長 5.33 公里，經費 274.8 億元，工期 5 年。緊接著進行萬板專案 15.38 公里，經費計為 525.54 億元，建設時程為 10 年，將萬華及板橋車站地下化，劃定萬華車站特定區及板橋車站特定區，同時臺北縣政府遷移至此特定區，配合高鐵通車之需要，促進板橋市與萬華地區之發展；目前已完成計畫之總計畫長度為 25.13 公里，總工程經費為 978.26 億元。再者，目前正在興建中的建設案 (implementing project) 計有 8 項，分別為南港專案、桃園高架、臺中高架、員林高架、臺南市地下化、高雄市地下化、高雄延伸左營地下化以及屏東潮州等，總共計畫長度為 103.21 公里，消除 92 個平交道，共計所需工程經費為 2739.37 億元。在此值得注意的是臺中計畫與屏東潮州計畫中，並未依「中央對直轄市與縣（市）政府補助辦法」^[1] 之鐵路立體化分擔比例上限執行，此二案地方政府無需負擔任何建設費用。目前進入綜合規劃階段的計畫計有兩項，分別為嘉義市鐵路高架以及鳳山地下化，總長度為 15.2 公里，消除平交道則計有 9 個，總工程經費為 345.58 億元。最後，處於可行性研究計畫中的則有 8 項計畫，分別為樹林、新竹、苗栗、白沙屯、苑裡、臺中高架延伸至烏日、臺南延伸至永康以及宜蘭市區高架等，全部計畫長度為 42.95 公里，可消除 21 個平交道，總工程經費為 609.2 億元。

整體而言，臺北都會區鐵路地下化全長 25.13 公里，重建臺北、松山、萬華以及板橋等 4 個地下車站，沿線消除平交道，站區發展以及沿線縫合效益相當明顯；尤其是臺北車站後站地價與前站一樣，而板橋車站採用都市更新，同時納入高鐵營運路線，成為多元運具轉運之樞紐，其經濟效益、運輸效益都相當顯著，此成果造成各地區都想進行立體化。然相較於過去臺北地區鐵路立體化而言，目前進行之鐵路立體化計畫所帶來之經濟效益與運輸效益等均較少且較不顯著，如果未有土地開發計畫與都市更新等配套來挹注計畫效益，則鐵路立體化方式是否能發揮其邊際效益及有效利用政府有限資源，值得商榷。

表 1 我國臺鐵改建工程各階段執行計畫彙整表

單位：億元

執行狀態	項目	計畫名稱 (簡稱)	計畫長度 (km)	消除 平交道數	總工程 經費	中央 分擔	地方 分擔
已 完 成	1	臺北車站地下化	4.42	5	177.92	71.17	106.75
	2	松山專案	5.33	8	274.80	137.40	137.40
	3	萬板專案	15.38	12	525.54	345.27	180.27
已完成計畫小計			25.13	25	978.26	553.84	424.42

表 1 我國臺鐵改建工程各階段執行計畫彙整表 (續)

單位：億元

執行狀態	項目	計畫名稱 (簡稱)	計畫長度 (km)	消除 平交道數	總工程 經費	中央 分擔	地方 分擔
執行中	4	南港專案	19.40	15	830.69	547.36	283.33
	5	桃園計畫	17.15	17	308.45	199.75	108.70
	6	臺中計畫 ^註	21.20	17	288.31	288.31	0.00
	7	員林計畫	3.98	3	40.72	34.12	6.60
	8	臺南計畫	8.23	8	293.60	256.90	36.70
	9	左營計畫	4.13	3	106.62	75.69	30.93
	10	高雄計畫	9.75	6	718.61	550.33	168.28
	11	屏東潮州計畫 ^註	19.37	23	152.37	152.37	0.0
執行中計畫小計			103.21	92	2739.37	2104.83	634.54
綜合規劃	12	嘉義計畫	10.90	7	198.40	146.40	52.00
	13	鳳山計畫	4.30	2	147.18	121.41	25.77
綜合規劃計畫小計			15.20	9	345.58	267.81	77.77
可行性研究	14	樹林計畫	3.37	1	81.70	51.64	30.06
	15	新竹市區計畫	7.00	2	150.27	110.30	39.97
	16	苗栗市區計畫	3.90	1	58.22	50.96	7.26
	17	白沙屯計畫	2.85	2	24.94	22.36	2.58
	18	苑裡計畫	5.05	3	24.00	21.60	2.40
	19	臺中延伸至烏日	3.70	0	31.20	21.60	9.60
	20	臺南延伸至永康	7.78	4	86.95	72.08	14.87
	21	宜蘭計畫	15.60	8	151.92	129.13	22.79
可行性研究計畫小計			49.25	21	609.20	479.67	129.53
總 計			192.79	147	4672.41	3406.15	1266.26

資料來源：交通部鐵路改建工程局網站資料^[12]，截至民國 99 年 8 月止。

註：臺中計畫因行政院決策決議立體化；屏東潮州計畫係因臺鐵運輸效能與安全改善之觀點研提計畫，及前行政院長蘇貞昌同意補助決定，故上述計畫中地方政府均毋需負擔經費。

2.2 文獻回顧

2.2.1 我國鐵路立體化建設計畫相關文獻

我國早期鐵路立體化僅有臺北縣市、高雄市地區提出需求，均由交通部採重大交通建設計畫，由可行性研究、綜合規劃、細部設計等程序進行，而準則多採用交通運輸、經濟與財務效益等指標，相關研究如張有恆與陳俊魁^[13]應用灰關聯分析法，針對臺灣鐵路某

單一路段之鐵路立體化進行評估準則與方案選擇，並以灰關聯分析法進行準則類聚，再藉由模糊層級分析法權重與高架及地下化之方案績效進行評估。交通部運輸研究所^[14]研擬了臺灣都市地區立體化相關準則，準則條件的部分分成3項階段，第1階段提供地方政府自我檢視用，或者是中央推動辦理可行性研究決策參考用；第2階段則是可行性研究的規範，作用在於評估替選方案以及可行性研究的規範；第3階段則是審查判定準則，又分成3種指標，其一為須符合工程設計規範或法規所制訂標準的「必要符合準則」，其二為用來判定鐵路立體化是否具有投資效益的「判定準則」，其三則是對於該計畫具有加分效果的「輔助性判定準則」。

交通部運輸研究所^[15]進一步完成「鐵路立體化建設推動優先順序之研究」報告，該報告以模糊德菲法 (fuzzy Delphi method) 及 TOPSIS (technique for preference by similarity to ideal solution) 法，作為評估各都市地區鐵路立體化建設推動優先順序之方法。據此交通部運輸研究所^[16]於民國93年完成「鐵路立體化建設評估資料庫建置之研究」，其研究建立並整合鐵路立體化建設量化評估資料庫，以作為平交道衝擊值及後續平交道衝擊關鍵因子篩選之參考。

為避免各縣市提出立體化之要求眾多，造成非必要立體化地區紛紛提出立體化之要求，交通部運輸研究所^[17]又完成「臺灣地區鐵路立體化推動作業程序之研究」，該報告以指標評分法作為研訂準則之基礎，採用量化指標進行是否可以推動立體化作業程序之依據，但此方式與現況發展不符。

此外，有關軌道建設運輸建立評選機制之研究，則有葉名山等人^[18]針對都市興建輕軌運輸系統優先性進行評估，該研究亦採用 AHP 方法加以評選，並且訂立門檻值加以評分；Taylor 與 Crawford^[19]考量採用獨立性評估準則，來排序墨爾本都會區平交道改善是否需立體化，文中考量經濟因素、社會以及環境量測因子，且該研究納入了特定的「策略考量 (strategic fit)」因素以反應出全部運輸路網中相對重要的道路，共有14項量測指標，文中也說明鐵路立體化評估之資料蒐集是受限的，且指標會存在量化與質化指標，並說明立體化後將存在潛在的延遲利益產生。另外，在公路系統中，我國臺灣區國道高速公路增設交流道申請審核作業要點^[20]亦針對地方機關申請增設交流道加以規範，同時也訂定權重與點數，其審核準則指出要分成兩部分，先決準則包含有4項，充分準則包含有6項。又交通部運輸研究所^[21]於高快速公路交流道連絡道路評估準則的研究中，設定連絡道路建設因素之指標予以評分，而其所選擇出的指標項目包括有8項指標。再者，目前由行政院推動交通運輸生活圈道路系統^[22]，使民眾能在所謂一日生活圈中移動，其亦於第2期4年建設計畫列15項評分項目，提供作為各縣市政府辦理生活圈道路之自評與送檢評分之評估表，其評分指標包含有電腦評分與專家委員評分兩項重要的評分機制，電腦評分項目計有8項指標，專家委員評分指標則有7項指標。

本研究依據上述軌道、公路等研究報告與文獻內容，並參考如桃園／中壢^[23]、新竹^[24]、臺中^[25]、嘉義^[26]、臺南^[27]、宜蘭^[28]、基隆^[29]、斗六^[30]、屏東^[31]等地區之鐵路立體化建設計畫可行性研究規劃報告所採用之評選建設或改建交通設施指標或準則，彙整

成社會經濟、都市發展、道路影響、鐵路營運、環境影響以及財務經濟等 6 項重要層面、計 59 項指標或準則，其內容詳如表 2 所示。惟上述評估準則從鐵路營運觀點來分析較少，多重視都市發展與經濟效益。

表 2 歷年鐵路立體化研究之審查指標或準則彙整表

層面	數量	指 標 或 準 則
社會 經濟	5	人口總數、人口密度、產業人口分析、平均所得、車輛持有。
都市 發展	15	都市計畫區面積、鐵路阻隔都市之範圍、鐵路阻隔減少長度、鐵路車站站區土地面積、鐵路沿線土地價值、鐵路沿線土地增值效益、增加都市發展、騰空土地價值、鐵路沿線未開發區潛力、相關重大建設計畫數量、都會發展配合、預定辦理路段先期作業執行成效、與現有建築物、設施衝突數量、鐵路兩側可及性、沿線是否為重要開發區位或活動集結點。
道路 影響	12	鐵公路交會數、鐵路交會處之道路等級、穿越鐵路之交通量、鐵路通過列車班次、鐵路柵欄阻隔時間、都市地區相關車站或客貨運量、平交道車輛延滯時間、運輸績效提升、節省旅行成本、整體路網旅行時間節省、平交道年平均事故數、平交道年平均死傷人數。
鐵路 營運	6	貨運營運收益損失、貨運維修成本增加、立體化營運維修成本、車站地區交通狀況、與重要大眾運輸系統整合潛力、鐵路路線容量。
環境 影響	10	噪音改善程度、震動改善程度、空氣汙染程度、水質汙染程度、生態影響程度、施工棄土、景觀美感影響程度、隱私權干擾影響程度、其他環境項目、建物保護與地下箱涵或障礙物管線處理成本。
財務 經濟	11	中央政府分攤比例與額度、徵收或拆遷土地面積(土地取得)、土地徵收與拆遷成本、經濟益本比、經濟內在報酬率、財務益本比、財務內在報酬率、站場聯合開發效益、工程建造成本、工程技術與困難度、工程所需時程。

資料來源：本研究整理。

2.2.2 國內外捷運系統計畫相關文獻

國外鐵路立體化計畫將其法規化的則有日本鐵路^[32]，其要求應能夠在 3 項要素中擇其一項依法辦理，一為鐵路與幹線道路必須要有兩個以上的交叉，且幹線道路中心距離必須有 350 公尺以上，而總計必須要有 3 處以上的交叉，並且可以消除 2 個平交道以上者；二為每處幹線道路與鐵路交叉處於尖峰小時之遮斷時間，必須達 40 分鐘／時以上，或為一日平交道交通遮斷量為 50,000 台*小時／日以上，且可同時辦理 3 處以上立體交叉者；三為所有幹線以外道路的鐵路交叉處，所有汽車、步行以及輕車輛之一日遮斷時間達 50,000 台(人)*時／日以上，及預測未來步行者及輕車輛之一日平交道遮斷時間達 20,000 台(人)*時／日以上，並可同時辦理 3 處以上的立體交叉者。此外，依據日本國土交通省連續立體化採行基準^[33]，要求需同時符合兩項基準，分別為鐵路與幹線道路必須要有兩

個以上的交叉，且幹線道路中心距離必須有 350 公尺以上，而總計必須要有 3 處以上的交叉，並且可以消除兩個平交道以上者（同前述辦法規定）；高架區域範圍 1,000 公尺內之平交道，須預測 5 年後之一日交通遮斷量總和達 20,000 台／日以上，而依實際狀況可以酌予放寬標準，方可進行立體化建設計畫。

過去，運輸計畫在評估過程中均以成本效益分析（cost-benefit analysis, CBA）為主，大多以益本比為代表，在 Kenneth^[34] 則清楚說明財務與經濟的效益與成本項目，以避免在分析過程中造成膨脹效果，討論項目如獨佔票價、未雇用人力資源、補貼、公共基金的邊際效益、社會福利等內容，而上述中政府補助建設計畫的邊際效益是從未考量的效果，也是目前臺灣鐵路立體化建設邊際效益趨於遞減之現象。然而 Vreeker 和 Nijkamp^[35] 認為雖然 CBA 可以考量直接效益的效果，而且也同時可以針對各運輸政策計畫作排序，但是無法考慮到非票價效果、設備考量、折扣效果、其他因素等，因此需要發展像是多準則分析（multiple criteria analysis, MCA）方案評估的技巧；同時也提出 CBA 所考慮的是效益屬性的結合效果，較屬於市場導向，而 MCA 所採用的是決策者利用權重系統形成決策，較屬於政策導向。此外，在國外評估軌道投資計畫中，Ahern 和 Anandarajah^[36] 發展加權型整數目標規劃（weighted integer goal-programming, WIGP）來評估軌道投資計畫的順序，所發展模式包含質化以及量化的數據資料用以分析，所選取計畫則是以投資資本額達 20 億以上且財務計畫可行的作為主要探討對象，而該模式最後則依據經濟效益、收益或者是量化指標，評選出不同資本投入等級下應該選擇的投資選項；然而其考慮之部分準則如：各都會區之人口資料、可增加鐵路營運容量、未來 20 年大眾運輸之佔有率、軌道系統與大眾運輸整合性、國家發展永續政策、地區的土地使用開發計畫、最大營運者效益與效率、建立永續環境發展、空汙減少、降低交通事故數等準則，則可以供本研究參考。而 May 等人^[37] 認為運輸策略計畫執行的最佳化，必須要考慮到複合式目標，分別為經濟效益、環境保護、街道與鄰區的可居住性質、安全、社群的公正性、經濟成長的貢獻度以及不同世代之間公平性等，因此在評估計畫過程中，不可僅以單一價值衡量，而是要多重考慮不同目標或準則後權衡所得之最佳化計畫。Morisugi^[38] 則認為投入成本分析中需要考量的面向有：道路使用（旅行時間、運行成本、事故降低、安全舒適的空間）、環境（空汙、噪音、生態、能源、景觀）、城市型態（道路空間、路網餘裕、公共服務可及性）、地區經濟（企業生產力增加、增加雇員與收入、增加資產價值）、財務支出、稅收、政府補貼（補貼、投資）、營收、計畫成本（建設、維修）等 9 項思考層面，方為完整分析。另外 Tsamboulas^[39] 則是考量了社經投資報酬、運輸路網功能與協調、國際間與國家內政策考量等，來衡量跨國之運輸基礎建設評估，其準則可作為本研究分析參考。

在軌道投、融資部分，何靜^[40] 所述之城市軌道的投、融資中提到，依據不同管理體制將會有不同的融資行為，而公部門在經營鐵道時同時也要注意其外部效益，因此許多軌道建設利益，必須要將外部效益內部化，如軌道交通建設延伸郊區時，政府應可提前開發土地，進而從房地產或土地開發計畫獲得財務效益；其中亦提到日本東京都在 60 年代由政府完成軌道建設後由民間經營，以鐵道事業為中心，房產、租賃業、百貨業與流通業作

為附屬事業，獲得相當大之效益；另外以香港地鐵為例，其經營模式即是在地點站上方和鄰近地區開發房地產，並且於沿線開發新社區，要求地產事業合作者負責支付所有土地增值溢價和建設成本，並藉由稅收維持地鐵營運，且重點發展複合式商務中心，至 2000 年時僅車站發展物業即已經超過主業務利潤。而該文提出中國大陸目前交通融資存在有 4 項問題，分別為：(1) 政府直接融資過少，利用資本市場進行融資過程緩慢；(2) 沒有建立合理、科學、有效的融資管道，現有的融資方式也需要強化；(3) 交通基礎設施建設資金籌集、使用以及償還過程未形成良性循環機制；(4) 缺乏吸引民間資金和向外商融資的激勵政策等問題。因此可發現軌道投資建設中，土地開發計畫、場站聯合開發以及開發效益挹注計畫經費等財務融資方式，均為重點。

在各國軌道投融資問題中，吳文化與李連成^[41]研究城市軌道發展之投、融資議題，有下列建議解決：(1) 建立投資主體多元化；(2) 採用多元化之融資管道，如向銀行團融資、發行債卷以及採用金融融資；(3) 政府對於軌道交通發展必須要支持，如沿線土地開發效益內部化，透過沿線開發房產之增加土地利益轉入建設計畫中，以矯正市場失靈狀況，此外必須成立軌道交通建設基金，以具備穩定長期現金流量之保證。因此，鐵路立體化亦須考量投、融資分析，王灝^[42]在城市軌道交通投融資分析中提到，典型融資分析有 5 種模式：(1) 政府直接出資，設立機構管理；(2) 政府獨資，設立國營企業經營；(3) 政府投資，透過招標簽約或特許簽約；(4) 項目融資，特許經營；(5) 多元化市場融資等方式，將資金提撥到位。文中提到世界各國融資辦法中，紐約與巴黎均屬中央與地方撥款補貼，由政府壟斷經營；首爾則是以政府投資與發行公債，以多家國有公司進行競爭經營；新加坡則是以公私合營方式，由公部門投資而私部門營運進行，政府投資不足之資金缺口則由公司籌集；另外在東京的做法則是採公私合營，由政府主導建設營運，藉由政府撥款、商業貸款、民間投資、交通債券籌集資金；最後則是曼谷全部由私人投入與經營，此項做法於國內似乎為不可行。此外，軌道建設資金必須穩定，如德國交通財政補助法，規定向私人運具使用者加收 10% 燃油稅，作為交通建設基金，而城市軌道交通建設由聯邦負擔 60%，州政府負擔 40%；此外法國規定中央政府投資 40.5%，其餘由地方政府與相關部門分攤投資；但日本則要求除了國家與地方政府補貼外，沿線受益者也必須提撥建設資金至計畫中。對於提升投資效益方面，Jensen 與 Madsen^[43]則提出基礎設施投資後，將造成整體環境、路網、勞工市場以及市場經營集中化的外部效益，進而可以提升經濟成長效應，因此運輸系統建置後，將可協助區域發展且扮演著重要的角色。

上述許多文章內容，均說明須將沿線發展之未來收益與稅賦收入內部化，此做法則為馮正民^[44]研究中所提到之稅金增額融資 (tax increment financing, TIF) 財源籌措計畫之概念，並說明其適用於交通運輸及大眾運輸導向發展，方法則是地方政府將地區所獲取的未來稅金增額及財產處分，用以投資該地區，並以未來增值融資運用在建設上。前述做法亦可落實於鐵路立體化計畫中，土地增值收益可挹注計畫本身經費之可行性範疇。同時可參考德國之做法，開徵燃料稅當作固定收入，再明定中央政府與地方政府應負擔之比例，而非依不同首長、不同政策考量而有不同補貼比例。

三、研究方法

本研究採用模糊層級分析法 (FAHP) 進行權重之計算，可以得知考量準則之重要程度；更進一步透過 VIKOR 之績效評估方法，利用後悔度 (degree of regret) 的計算求取出方案與理想值之間差距，以排出各地方所申請之鐵路立體化計畫優先順序。以下將介紹模糊層級分析法及其模糊化方法與 VIKOR 方法操作步驟。

3.1 模糊層級分析法 (fuzzy AHP)

模糊層級分析法以層級分析法為基礎，而層級分析法屬多屬性決策評估方法之一，主要是應用在不確定情況下及具有多個評估準則之決策問題上，可對於複雜的問題或不確定風險的狀況作出有效的決策，目前已應用在相當多領域中，此研究方法可應用於決策優先順序、產生替代方案、選擇最佳方案、決策需求、資源分配、結果預估與風險評估、衡量績效、系統設計、系統穩定確定、最佳化、規劃與衝突解決之 12 項問題，目前有許多研究成功應用此方法，如在區位選擇方面有企業在特定區位之進入模式構建^[45]，或是可行性研究部分如山區設置纜車^[46]、自行車與人行步道共構^[47]等研究。該研究方法之概念是將複雜問題或不確定風險之狀況，簡化成要素層級之結構系統以尋求一致性，將其要素藉由兩兩成對比較 (pairwise comparison)，透過尺度量化過程建立成對比較矩陣 (comparison matrix)，以求取出特徵向量，評定單一成對比較之一致性強弱程度，作為決策資訊取捨指標。此外，整體層級需經一致性檢定，才可進一步作為分析權重之用。

該研究方法與其他方法具有下列不同的特點：(1) 可以建立模式並能反映出人所具有的主觀與直覺；(2) 可以同時考慮多種目的之模式；(3) 可以明確說明模糊環境的模式；以及 (4) 決策者可以容易的使用此模式。AHP 進行決策問題解決，可以分成以下幾項概念與操作步驟^[48,49]，步驟 1 是確定問題與列舉準則進而建立層級架構，且準則建議不可超過 7 項^[50]；步驟 2 是比較尺度定義與成對比較矩陣建立；步驟 3 則必須計算特徵值 (eigen value) 與特徵向量 (eigen vector)，以求取各階層之權重；步驟 4 需針對一致性進行檢定；最後步驟 5 則是將整體層級權重完成計算。

採用模糊化之 FAHP 之原因，在於囿因起初提出九尺度之兩兩比較法，其比較尺度之適用與語意是否符合其比例，均可進一步探討，因此，後續研究陸續提出尺度修正之研究，如孫家東與蔣德鵬^[51]的 Ck 法、何敬之等人^[52]的 1-5 尺度、徐澤水^[53]之 -2 至 2 尺度法等。爾後亦有陳勁甫等人^[54]深入討論其尺度分數之比較基準研究，前述因語意定義而造成尺度計算上之問題，為解決自然語意問題所發展模糊理論，遂進一步將 AHP 加以模糊化，以求取更精準之權重。目前應用模糊層級的研究領域相當多，其效果亦相當良好，例如關於軌道方面則有葉名山等人^[55]研究行車保安委員會之設立，其他方面如黃國平等人^[56]應用於都市地區之路外停車場評選、陳協勝^[57]應用於都市公車民營化評估方案、陳曉玲^[58]利用三角模糊數彙整專家意見，以評估航空站區位設置、王文良^[59]探討影響汽車銷售據

點的區位選擇重要因素分析、許碧芳^[60]應用於選擇最佳網路廣告聯播中心、范惟翔等人^[61]應用於尋找臺灣出版業書系發展的成功關鍵、劉儒俊^[62]則是研究行銷資源的最適配置。本研究運用模糊理論之三角模糊函數 (triangular fuzzy number, TFN) 概念決定其權重，因為該模化方法為目前較多研究所使用，如採用其他 α -cut 方法進行，則評估結果不會有顯著影響^[63]；另外專家權重整合方面因為為事後整合方式，故採用算術平均數進行運算，以確保 n 個權重的和能夠滿足為 1 的狀況，如果採用幾何平均數分析，則無法保證等式成立^[48]。其步驟如下：

首先定義 $\tilde{w}_j$ 為準則 j 的模糊權重，如下式(1)：

$$\tilde{w}_j = (l_j, m_j, u_j), \text{ 其中 } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

而上式中之 (l_j, m_j, u_j) 的計算方式，則分別如以下各式：

$$l_j = \min_k \{w_j^k \mid k = 1, 2, \dots, K\} \quad (2)$$

$$m_j = 1/K \sum_{k=1}^K w_j^k \quad (3)$$

$$u_j = \max_k \{w_j^k \mid k = 1, 2, \dots, K\} \quad (4)$$

其中， k 代表為專家代號；

w_j^k 為專家 k 給於準則 j 的權重值；

l_j 為專家群體給於準則 j 權重的最小值；

m_j 為專家群體給於準則 j 權重的平均值；

u_j 為專家群體給於準則 j 權重的最大值。

利用 TFN 其 l_j 視為最小可能值， m_j 視為最可能值，而 u_j 則視為最大可能值。其模糊權重隸屬函數 (membership function) 之 $\mu_{\tilde{w}}(w_j)$ 如圖 1 所示。

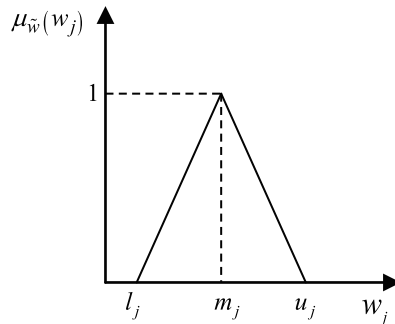


圖 1 三角模糊函數圖

由於上述所計算之權重值均為模糊數，需進一步進行解模糊化與正規化以獲得關鍵要素之權重值，求解模糊化後之非模糊數 (nonfuzzy value) DF_j 以利排序。解模糊化方法又可分為重心法與面積法，其兩種方法解模糊化之公式如下式 (4) 與式 (5)：

$$\text{重心法解模糊化之 } DF_j = \frac{|(u_j - l_j) + (m_j - l_j)|}{3} + l_j \quad (4)$$

$$\text{面積法解模糊化之 } DF_j = \frac{u_j + 4m_j + l_j}{6} \quad (5)$$

最後正規化之權重 (w_j^n) 計算公式則如下式 (6) 所示：

$$w_j^n = \frac{DF_j}{\sum_{j=1}^k DF_j} \quad (6)$$

依據上述重心法和面積法則解算出各權重之最佳明確值，最後與方案評估加以整合及可替方案加以排序，以對問題進行決策與解決。

3.2 VIKOR 之方案排序

VIKOR 方法是使用於複雜問題求解之多準則評析系統，且用來排序其妥協解用。首先假定一評估系統有 n 個方案，分別為 $A_1, A_2, \dots, A_k, \dots, A_n$ ，並已將準則 j 的權重值 w_j 計算出來，經彙整專家群體決策中第 k 方案在準則 j 所可能展現的績效值分數為 x_{kj} ，而進一步運用 Duckstein 和 Opricovic^[64] 所發展 VIKOR 的形式，即可以寫成下式 (7)：

$$d_k^p = \left\{ \sum_{j=1}^n \left[w_j \left(\frac{|x_j^* - x_{kj}|}{|x_j^* - x_j^-|} \right) \right]^p \right\}^{1/p} \quad (7)$$

由公式可以得知，當方案績效值 x_{kj} 與理想值進行正規化後之數值 r_{kj} 與權重交互相乘，則可以得方案與理想值間的反悔度 (regrets) 數值。

根據以上的概念，VIKOR 的排序妥協解可以透過下列步驟加以計算：

步驟 1：計算正規化後之績效值矩陣

決定各準則的最佳值 x_j^+ 與最劣值 x_j^- ，再將原始之專家群體決策之 x_{kj} 矩陣計算正規化後，得到反悔度矩陣 $\mathbf{r}$ ，其 $r_{kj} = |x_j^+ - x_{kj}| / |x_j^+ - x_j^-|$ ，再透過 r_{kj} 與正規化權重 w_j 相乘，則可以得到正規化後的資料。

步驟 2：計算 S_k 值與 Q_k 值

利用式 (12) 之概念，當 $p=1$ 時 (如式 (8))，則是考量其方案與最理想值之間的平均後悔度 (average regret grade)，也就是 S_k 值；又若當 $p=\infty$ (如式 (9))，則是考量最大後悔度 (maximum regret grade)，也就是 Q_k 值。

$$S_k = d_k^{p=1} = \sum_{j=1}^n w_j r_{kj} = \sum_{j=1}^n w_j \left(\frac{x_j^+ - x_{kj}}{x_j^+ - x_j^-} \right) \quad (8)$$

$$Q_k = d_k^{p=\infty} = \max \{ r_{kj} | j=1, 2, \dots, n \} = \max \left\{ \left| \frac{x_j^+ - x_{kj}}{x_j^+ - x_j^-} \right| | j=1, 2, \dots, n \right\} \quad (9)$$

步驟 3：計算 R_k 值指標

應用以下 R_k 的計算式 (10) 求取出該指標值：

$$R_k = vS_k + (1-v)Q_k = v \left(\frac{S_k - S^+}{S^- - S^+} \right) + (1-v) \left(\frac{Q_k - Q^+}{Q^- - Q^+} \right) \quad (10)$$

上式中， S^+ 可以為 S_k 的最小值 (或可以直接設定為 0)， S^- 可以為 S_k 的最大值 (或可以直接設定為 1)，另外， Q^+ 可以為 Q_k 的最小值 (或可以直接設定為 0)， Q^- 可以為 Q_k 的最大值 (或可以直接設定為 1)；其中 $0 \leq v \leq 1$ ，而 v 所代表的是最大群體效用的權重，相對的在此 $(1-v)$ 則所代表的是個別後悔度的權重，而 Ou Yang 等人^[65]建議採用 $v=0.5$ ，較不建議 $v < 0.5$ 。

步驟 4：方案的排序

建議將 S_k 、 Q_k 以及 R_k 加以排序，方案的排序則是以最小的 R_k 作為最滿意的方案值，而且該最小的 R_k 方案的 S_k 、 Q_k 也是最佳方案解。

此方法也成功應用在其他領域上，諸如 Liou 等人^[66]應用於航空公司服務品質、Ou Yang 等人^[65]則應用於資訊安全等方面。

四、實證分析

本研究將敘明目前鐵路立體化之問題，以及現行鐵路立體化建設計畫申請作業機制，進一步闡述所選取之層面與準則擬訂，再依專家問卷調查結果，輸出各準則之模糊權重與方案績效值及理想解之差距，並期望能將目前鐵路立體化之優先順序，依其重要程度排列，最後將其結果加以討論。

4.1 審查機制

目前我國申請鐵路立體化的程序，主要由各地方政府或臺鐵提出要求，進一步交由鐵工局辦理可行性研究，並自行審查其可行性研究是否可行，通過後則再由鐵工局辦理綜合規劃階段之作業，最後送交交通部及行政院審核，核定後則開始動工。檢視前述實施申請流程，鐵工局難免受到自行研究規劃且自行審核而落入球員兼裁判之議，造成鐵路立體化申請計畫只要有申請，則均逐步實行到綜合規劃當中，均未發揮應有的層層把關以及嚴格逐步審查之作用。

綜上所述，本研究為避免上述之疑慮及確保審查機制發揮應有之功能，並考量鐵路立體化計畫牽涉政府資源分配與政治利益甚廣，因此重新規劃其審查程序、指標以及重點，並分別於 2009 年 9 月以及 12 月召開兩次專家學者座談會，將原為 59 項指標初步篩選為審查 36 項指標，進一步整併為 6 項層面以及 21 項評估準則，歸納為「指標合理」、「具有理論基礎」、「實務可行」、「具驗證性」4 大觀點下，輔以「申請從寬，審查從嚴」之概念，將審查機制改為 4 個階段進行評估。第 1 階段是申請計畫書階段，可由地方政府或臺鐵局提出立體化申請計畫書，並由鐵工局召開內部審查小組會議，審查該立體化建設計畫之必要性；第 2 階段則是可行性研究階段，由鐵工局、臺鐵局或各地方政府辦理可行性研究，並由鐵工局成立鐵路立體化專責審議委員會審查評選，輔以權重與績效之量化指標計算，評估該計畫是否通過進入下一階段評估，而本階段則是以前述審查層面與指標為審查重點；第 3 階段則是綜合規劃階段，由鐵工局或臺鐵局進行綜合規劃研究計畫，並成立鐵路立體化專責審議委員會，評選該計畫案之優先順序，而此階段審查重點以土開計畫、財務與政策為重要考量層面；最後則為施工階段，地方政府應完成承諾或應配合之事項後，中央政府方得以同意動工建設。

4.2 準則與評選方案選取

評選準則中於申請計畫書階段，主要以設立門檻值為審查重點，而可行性研究及綜合規劃則是透過專家座談挑選準則，並藉由問卷方式將其求取權重，可行性研究有 6 項層面 21 項評估準則，綜合規劃有 3 項層面與 7 項準則。4 階段之審查程序分別詳述如后。

4.2.1 申請計畫書門檻值

本研究針對鐵路立體化計畫之申請提出主要兩項門檻，參考日本鐵路立體化之都市道路與鐵路連續立體交叉設置規則，以及平交道改良相關實施細則，分別以消弭平交道數以及減少車輛延滯時間為主要思考角度。因此，思考消弭平交道數量要能夠不失去其總體效益，且又需考量鐵路立體化前後有延伸線之問題，所以建議需消除兩處平交道以上或者是公路跨（穿）越鐵路立體交叉五處以上，本研究方認為具有其邊際效益。另依據鐵工局所調查之平交道交通量以及遮斷時間調查結果^[67]指出，於第 75 百分位數之車流量介於 910 PCU（未含行人交通量），其值相當趨近於 1,000 PCU，因此於召開專家座談會時，專家群

體建議將交通量之門檻值定義於 1,000 (PCU/尖峰小時)，且不計行人穿越量。此外，遮斷時間於第 75 百分位數則是介於 906 秒至 939 秒之間，其值約 15 分鐘，因此本研究將其門檻值定義為尖峰小時遮斷時間須達 15 分鐘以上，詳細調查資料請詳參表 3。所以若能符合上述兩項基本門檻，則可申請鐵路立體化計畫，政府應納入此類計畫進行下一步審查。

表 3 鐵路平交道車流量與遮斷時間之百分位數統計表

	上午尖峰小時		下午尖峰小時	
百分位數	車流量 (PCU/hr)	遮斷時間 (s/hr)	車流量 (PCU/hr)	遮斷時間 (s/hr)
第 25 百分位數	136.9	504.6	120.5	551.3
第 50 百分位數	419.7	633.0	378.9	748.3
第 75 百分位數	910.0	939.8	918.7	906.5
第 100 百分位數	2015.0	1586.5	2327.0	1514.0

資料來源：本研究整理自鐵路平交道交通資料調查分析報告^[67]。

4.2.2 可行性研究審查準則

前述 2.2 節中本研究整併與列舉有 59 項審查指標或準則，經相似性質或較難合理化之指標加以彙整篩選後，則計有 36 項指標。為避免參考之報告書有互相參考引用之狀況，而使部分指標採用頻率次數較高，進一步將此 36 項指標透過專家座談討論方式統整合併後，最後取得 6 項層面以及 21 項審查指標，層面及指標內容之層級架構如圖 2 所示。

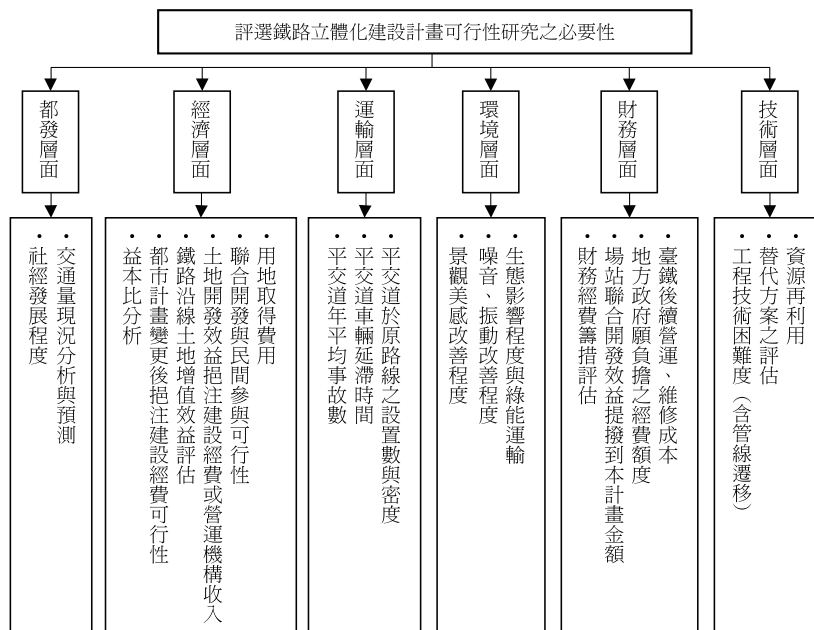


圖 2 鐵路立體化可行性研究階段評選之評估準則

4.2.3 綜合規劃審查準則

基於可行性研究已審查多種面向之考量重點，而經由兩次專家學者座談會決定，於綜合規劃階段審議重點以「土地開發效益」、「財務」以及「政策」層面作為考量，是故從各審查指標或準則內容中，討論並評選上述 3 項層面有關之 7 項指標作為審議之重點，其層面及其準則詳如圖 3 所示。

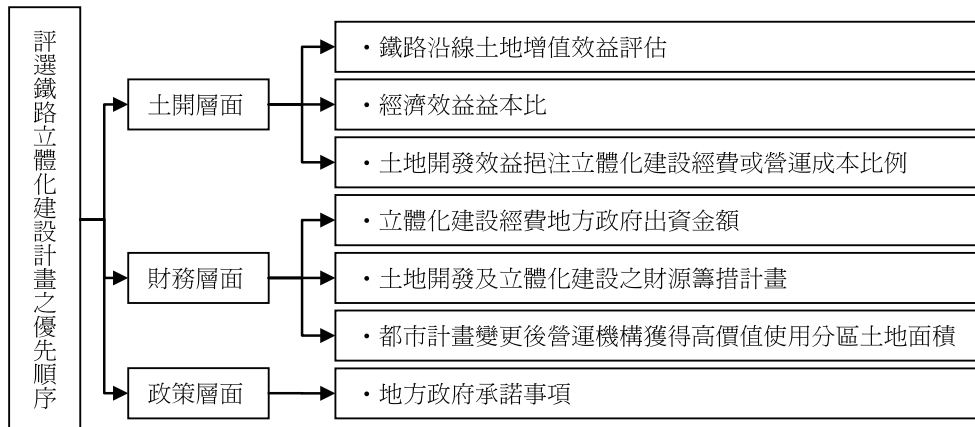


圖 3 鐵路立體化綜合規劃階段之評估準則

4.2.4 計畫核定執行

經由專責審議委員會同意將計畫案交付交通部審核後，地方政府則需配合辦理事項有：(1) 計畫範圍內之都市計畫分區變更；(2) 地方政府所應負擔之金額，應編列預算且按比例到位；(3) 成立執行計畫之基金與訂立基金管理辦法。前述 3 項審查內容均須完備，中央始得開始辦理施工作業，此舉則為避免地方政府為了立體化，而浮報願負擔經費額度或誇大其配合計畫進度，最後卻無力負擔施工金額。本評選制度之建立，將可在政府財政資源有限下，滿足地方建設之需求，讓中央及地方進一步創造雙贏之機會。

4.3 權重分析

權重分數於 2009 年 12 月份進行專家學者問卷調查而取得，問卷採郵寄發放回收方式進行，經 12 位專家學者問卷所填寫之成對矩陣比較，並經問卷結果一致性檢定後全數通過，FAHP 分析所得權重如下表 4 所示。在 FAHP 中，以重心法為解模糊化之權重依序為：運輸層面 (0.325)、經濟層面 (0.249)、財務層面 (0.188)、都發層面 (0.103)、環境層面 (0.090) 以及技術層面 (0.046)；此外在面積法解模糊化之權重，其層面權重順序亦與重心法一致。此外在各準則之權重下，以平交道年平均事故數權重 0.140 最高，另外則是平交道車量延滯時間權重 0.110 為次之，權重第三則是平交道於原路線之設置數量與密度 (0.093)。值得

注意的現象則是在專家的評選下，運輸層面的指標仍較為重要，經濟與財務分析則是次要考量。

表 4 可行性研究階段之審查指標與權重

項目	層 面 與 指 標	FAHP		
		(min, mean, max)	DF_C^n	DF_A^n
D_1	都發層面	(0.025,0.128,0.175)	0.103	0.115
C_{11}	社經發展程度	(0.003,0.047,0.137)	0.049	0.048
C_{12}	交通量現況分析與預測	(0.016,0.081,0.157)	0.066	0.073
D_2	經濟層面	(0.206,0.246,0.340)	0.249	0.247
C_{21}	益本比分析	(0.016,0.081,0.157)	0.066	0.073
C_{22}	都市計畫變更後挹注建設經費可行性	(0.006,0.070,0.159)	0.061	0.065
C_{23}	鐵路沿線土地增值效益評估	(0.023,0.052,0.105)	0.047	0.049
C_{24}	土地開發效益挹注建設經費或營運機構收入	(0.007,0.032,0.079)	0.031	0.031
C_{25}	聯合開發與民間參與可行性	(0.013,0.052,0.110)	0.045	0.048
C_{26}	用地取得費用	(0.012,0.021,0.035)	0.018	0.019
D_3	運輸層面	(0.136,0.387,0.511)	0.325	0.355
C_{31}	平交道年平均事故數	(0.015,0.165,0.360)	0.140	0.151
C_{32}	平交道車輛延滯時間	(0.030,0.141,0.252)	0.110	0.124
C_{33}	平交道於原路線之設置數與密度	(0.011,0.081,0.266)	0.093	0.087
D_4	環境層面	(0.045,0.109,0.132)	0.090	0.099
C_{41}	景觀美感改善程度	(0.006,0.027,0.079)	0.029	0.028
C_{42}	噪音、振動改善程度	(0.003,0.049,0.094)	0.038	0.043
C_{43}	生態影響程度與綠能運輸	(0.008,0.033,0.087)	0.033	0.033
D_5	財務層面	(0.024,0.092,0.483)	0.188	0.141
C_{51}	財務經費籌措評估	(0.002,0.033,0.270)	0.079	0.059
C_{52}	場站聯合開發效益提撥到本計畫金額	(0.002,0.014,0.059)	0.019	0.017
C_{53}	地方政府願負擔之經費額度	(0.004,0.029,0.127)	0.042	0.036
C_{54}	臺鐵後續營運、維修成本	(0.002,0.015,0.071)	0.023	0.020
D_6	技術層面	(0.023,0.039,0.083)	0.046	0.042
C_{61}	工程技術困難度 (含管線遷移)	(0.007,0.018,0.050)	0.019	0.019
C_{62}	替代方案之評估	(0.002,0.011,0.057)	0.018	0.015
C_{63}	資源再利用	(0.002,0.010,0.060)	0.019	0.015

註： DF_C^n 代表以重心法正規化後求算而得之解模糊權重值； DF_A^n 代表以面積法正規化後求算而得之解模糊權重值。

在進入綜合規劃階段中，依據表 5 所計算結果，其層面之重要程度權重為：經濟層面 (0.57) 大於財務層面 (0.29)，而政策層面所占之權重最少為 0.14。發現考量模糊化（重心法）之層級分析結果，以「鐵路沿線土地增值效益評估」為最高 (0.22)，而「土地開發效益挹注立體化建設經費或營運成本比例」次之 (0.17)，而「經濟效益益本比」以及「立體化建設經費地方政府出資金額」則為第三順位 (0.15)。

表 5 綜合規劃階段之審查指標與權重

層面	項目	審 查 指 標 內 容	FAHP 權重		
			(min, mean, max)	DF_C^n	DF_A^n
經濟 (0.57)	V ₁₁	鐵路沿線土地增值效益評估	(0.004,0.273,0.533)	0.22	0.24
	V ₁₂	經濟效益益本比	(0.014,0.137,0.407)	0.15	0.15
	V ₁₃	土地開發效益挹注立體化建設經費或營運成本比例	(0.054,0.158,0.434)	0.17	0.17
財務 (0.29)	V ₂₁	立體化建設經費地方政府出資金額	(0.007,0.105,0.434)	0.15	0.13
	V ₂₂	土地開發及立體化建設之財源籌措計畫	(0.006,0.035,0.146)	0.05	0.04
	V ₂₃	都市計畫變更後營運機構獲得高價值使用分區土地面積	(0.003,0.126,0.338)	0.13	0.13
政策 (0.14)	V ₃₁	地方政府承諾事項	(0.052,0.145,0.321)	0.14	0.14

註： DF_C^n 代表以重心法正規化後求算而得之解模糊權重值； DF_A^n 代表以面積法正規化後求算而得之解模糊權重值；層面下方括號內之數值為該層面之權重。

本研究進一步針對專家學者之不同背景進行交叉權重分析，找出順序變化較大的指標，由表 6 可知在可行性研究中，以「鐵路沿線土地增值效益評估」、「聯合開發與民間參與可行性」、「噪音、振動改善程度」及「財務經費籌措評估」較大；另從表 7 可知於綜合規劃中，則是以「地方政府承諾事項」之變化較大。

表 6 專家問卷背景差異性分析（可行性研究）

項目	審 查 指 標	總體平均		學 者		專 家	
C ₁₁	社經發展程度	0.049	(7)	0.047	(9)	0.081	(5)
C ₁₂	交通量現況分析與預測	0.066	(5)	0.060	(5)	0.114	(4)
C ₂₁	益本比分析	0.061	(6)	0.060	(6)	0.079	(6)
C ₂₂	都市計畫變更後挹注建設經費可行性	0.047	(8)	0.049	(8)	0.065	(8)
C ₂₃	鐵路沿線土地增值效益評估	0.031	(13)	0.021	(16)	0.046	(9)

表 6 專家問卷背景差異性分析 (可行性研究)(續)

項目	審查指標	總體平均		學者		專家	
C ₂₄	土地開發效益挹注建設經費或營運機構收入	0.045	(9)	0.054	(7)	0.045	(10)
C ₂₅	聯合開發與民間參與可行性	0.018	(21)	0.018	(20)	0.023	(14)
C ₂₆	用地取得費用	0.022	(16)	0.017	(21)	0.032	(13)
C ₃₁	平交道年平均事故數	0.140	(1)	0.136	(1)	0.210	(1)
C ₃₂	平交道車輛延滯時間	0.110	(2)	0.126	(2)	0.150	(2)
C ₃₃	平交道於原路線之設置數與密度	0.093	(3)	0.082	(4)	0.141	(3)
C ₄₁	景觀美感改善程度	0.029	(14)	0.029	(13)	0.039	(11)
C ₄₂	噪音、振動改善程度	0.038	(11)	0.032	(12)	0.067	(7)
C ₄₃	生態影響程度與綠能運輸	0.033	(12)	0.035	(11)	0.034	(12)
C ₅₁	財務經費籌措評估	0.079	(4)	0.084	(3)	0.013	(18)
C ₅₂	場站聯合開發效益提撥到本計畫金額	0.019	(18)	0.022	(15)	0.009	(19)
C ₅₃	地方政府願負擔之經費額度	0.042	(10)	0.045	(10)	0.017	(16)
C ₅₄	臺鐵後續營運、維修成本	0.023	(15)	0.024	(14)	0.014	(17)
C ₆₁	工程技術困難度 (含管線遷移)	0.019	(17)	0.020	(18)	0.018	(15)
C ₆₂	替代方案之評估	0.018	(20)	0.019	(19)	0.005	(20)
C ₆₃	資源再利用	0.019	(19)	0.020	(17)	0.003	(21)

註：審查指標中字型粗體者，為專家背景分析之權重差異較大者。

表 7 專家問卷背景差異性分析 (綜合規劃)

項目	審查指標內容	總體平均		學者		專家	
V ₁₁	鐵路沿線土地增值效益評估	0.217	(1)	0.258	(1)	0.255	(1)
V ₁₂	經濟效益益本比	0.150	(3)	0.142	(4)	0.168	(4)
V ₁₃	土地開發效益挹注立體化建設經費或營運成本比例	0.173	(2)	0.241	(3)	0.187	(3)
V ₂₁	立體化建設經費地方政府出資金額	0.146	(4)	0.038	(6)	0.061	(6)
V ₂₂	土地開發及立體化建設之財源籌措計畫	0.050	(7)	0.018	(7)	0.009	(7)
V ₂₃	都市計畫變更後營運機構獲得高價值使用分區土地面積	0.125	(6)	0.056	(5)	0.078	(5)
V ₃₁	地方政府承諾事項	0.139	(5)	0.248	(2)	0.243	(2)

註：審查指標中字型粗體者，為專家背景分析之權重差異較大者。

4.4 方案優劣評選

4.4.1 可行性階段之方案評選

本研究挑選已完成或已具有初步結果之可行性研究報告，分別為嘉義計畫、鳳山計畫以及宜蘭計畫，分析資料數據取得僅就該可行性研究報告書內容記載為主。而評估準則則依據前述之 6 項層面以及 21 項審查指標為主，而部分指標則需要更進一步確認報告內容是否含有此分析內容，方可取得詳細資料，或是需要更詳細的子指標來定義，如 C_{12} 交通量現況分析與預測則包含現況與預測等，必須分成 3 項子指標加以評選，分別為「 C_{121} 交通量現況是否調查」、「 C_{122} 交通量預測是否預測」以及「 C_{123} 服務水準所得分數」；而 C_{25} 聯合開發與民間參與可行性，則可以由「 C_{251} 是否進行評估」以及「 C_{252} 民間參與之財務自償率」等兩項來加以評估，將會更準確描述指標之意涵。

部分指標則是針對該可行性研究是否進行該項目評估內容，並獲得相關具體建議或說明，毋須獲得量化數據等詳細內容，因此採用有或無的二元虛擬變數 (binary dummy variable) 之 0,1 加以處理，此類指標包含「 C_{22} 都市計畫變更後挹注建設經費可行性」、「 C_{41} 景觀美感改善程度」、「 C_{43} 生態影響程度與綠能運輸」、「 C_{52} 場站聯合開發效益提撥到本計畫金額」、「 C_{61} 工程技術困難度」、「 C_{62} 替代方案之評估」以及「 C_{63} 資源再利用」等 7 項指標。且囿因於資料數據取得均來自已完成之可行性研究報告書內容，必定有重要的量化數據缺漏問題，所以本研究採以將該準則下之其他方案最差值的 10%，附加於該方案之資料上，意即透過懲罰值方式進行資料補齊，此具有重要資料應該進行分析而卻未分析的意涵，而此遺漏值之資料補齊分別為宜蘭計畫的噪音、振動改善程度，以及嘉義計畫的平交道年平均事故數。此外，指標 C_{32} 平交道車輛延滯時間因各報告研究內容標準不一，調查所展示之結果將會不同，是故先採用列車阻隔時間取代，其計算方式則以「目標年預測之列車數」、「所改善的平交道數」以及「每列車阻隔時間估算 1.5 分」之乘積，作為數據佐證資料。最後，因評估指標為本研究所研提出應辦理之審查內容，惟有部分可行性研究未能提供或詳細分析相關事項，因此資料無法取得者則僅能填入最差值作為分析，如「 C_{22} 都市計畫變更後挹注建設經費可行性」以及「 C_{52} 場站聯合開發效益提撥到本計畫金額」。

由表 8 之結果發現，所計算之可行性研究方案績效值，均以宜蘭計畫離目標值的後悔度為最小，而鳳山計畫次之，嘉義計畫則為第三，但目標值之差距此 3 項計畫的相互差異不大，代表宜蘭、鳳山以及嘉義可「依序」考慮進入綜合規劃進行評估。此外該 3 項計畫應思考如何針對差距 (gap) 較大的指標，進一步降低後悔度或是提高方案之可行程度，尤以嘉義計畫最需要改善，因該計畫經濟層面以及財務層面之各指標離理想值之差距較大，本研究建議可從上述之兩層面進行改善，如能提出都市更新或土地開發後所取得之高價值土地與預期獲利，回饋或提撥部分經費至該計畫中，又或規劃能夠提高聯合開發或導入民間經營之自償率之辦法，或是加入誘因提高經營利基，以提升相關指標之績效，應可與其他兩計畫之績效較為相近。目前政府通過可行性研究之順序為嘉義、鳳山與宜蘭，與本研

究所評估順序有所不同，原因在於各計畫評估時期不同，所得到之結果亦會有所不同。宜蘭計畫因涵蓋羅東範圍之土地開發內容且交通運輸改善，因此其績效表現較為良好；鳳山計畫則是屬於高雄計畫之一部分，故較早通過可行性研究；而嘉義於評估時期未考量土地開發內容等因素，因此為最早通過之計畫。

表 8 嘉義、鳳山、宜蘭建設之可行性研究方案績效值評估彙整表

項目	權重	計量單位	嘉義計畫	鳳山計畫	宜蘭計畫	理想值	最差值
D_1	0.103						
C_{11}	0.049	人／公里	4,504 (0.74)	17,000 (0.00)	1,068 (0.94)	17,000	0
C_{121}	0.022	—	1 (0.00)	1 (0.00)	1 (0.00)	1	0
C_{122}	0.022	—	1 (0.00)	1 (0.00)	1 (0.00)	1	0
C_{123}	0.022	分數	3.72 (0.54)	3.61 (0.52)	3.03 (0.41)	1	6
D_2	0.249						
C_{21}	0.066	%	1.06 (0.88)	1.38 (0.24)	1.37 (0.26)	1.5	1
C_{22}	0.061	—	0 (1.00)	0 (1.00)	0 (1.00)	1	0
C_{23}	0.047	億元	185.91 (0.00)	14.36 (0.92)	121.07 (0.35)	185.91	0
C_{24}	0.031	億元	0 (1.00)	38.45 (0.60)	96.40 (0.00)	96.40	0
C_{251}	0.023	—	1 (0.00)	1 (0.00)	1 (0.00)	1	0
C_{252}	0.023	%	5.97 (0.92)	20.92 (0.77)	2.47 (1.00)	100	-2.47
C_{26}	0.018	萬元	168,600 (1.00)	121,088 (0.72)	84,390 (0.50)	0	168,600
D_3	0.325						
C_{31}	0.140	次／處·年	0.23 (0.21)*	0.25 (0.14)	0.29 (0.00)	0.29	0
C_{32}	0.110	分鐘	1222.5 (0.63)	570 (0.83)	3348 (0.00)	3348	0
C_{33}	0.093	處/公里	0.609 (0.17)	0.479 (0.34)	0.731 (0.00)	0.731	0
D_4	0.090						
C_{41}	0.029	—	0 (1.00)	0 (1.00)	0 (1.00)	1	0
C_{42}	0.038	分貝	85 (0.58)	76 (0.06)	93 (1.00)*	75	93
C_{43}	0.033	—	1 (0.00)	0 (1.00)	0 (1.00)	1	0
D_5	0.188						
C_{51}	0.079	億元	139.61 (0.94)	53.23 (0.36)	149.17 (1.00)	0	149.17
C_{52}	0.019	—	0 (1.00)	0 (1.00)	0 (1.00)	1	0
C_{53}	0.042	%	15 (0.86)	42 (0.58)	10 (0.90)	100	0
C_{54}	0.023	億元	40 (1.00)	1.74 (0.04)	26 (0.65)	0	40
D_6	0.046						

表 8 嘉義、鳳山、宜蘭建設之可行性研究方案績效值評估彙整表(續)

項目	權重	計量單位	嘉義計畫	鳳山計畫	宜蘭計畫	理想值	最差值
C_{61}	0.019	—	1 (0.00)	1 (0.00)	0 (1.00)	1	0
C_{62}	0.018	—	1 (0.00)	0 (1.00)	0 (1.00)	1	0
C_{63}	0.019	—	1 (0.00)	0 (1.00)	1 (0.00)	1	0
S_k			0.553	0.497	0.469	0	1
$R_k = 0.5$			0.776 (3)	0.748 (2)	0.734 (1) **	0	1
Q_k			1.000	1.000	1.000	0	1

註：FAHP 採用重心法之權重為主；括號中的數值代表差距值；*為報告書尚未說明評估而本研究給與懲罰值之欄位；**為優先次序之排序，數字越小越優先。

同時本研究採行 FAHP 及簡單加權法 (simple average weighting, SAW) 的方案評選與 VIKOR 加以比較，結果發現因可行性研究之準則單位較為簡單，且多數理想值與最大值相同，因此評估結果之順序相同，其結果如下表 9 所示。

表 9 可行性研究採行 VIKOR 與 SAW 之方案績效值評估比較

	嘉義計畫		鳳山計畫		宜蘭計畫	
	績效	排序	績效	排序	績效	排序
FAHP * VIKOR	0.776	(3)	0.748	(2)	0.734	(1)
FAHP * SAW	0.525	(3)	0.567	(2)	0.587	(1)

4.4.2 綜合規劃階段之方案評選

本研究於綜合規劃方案評選中，將目前較近期已完成且通過規劃的計畫加以檢視，針對已進入施工階段之臺中計畫、員林計畫及左營計畫等 3 項計畫再行檢視，並透過綜合規劃之 7 項評選指標，加以評選適合進行細部規劃與建設階段的計畫，但因部分指標可分割為更細微的指標來加以評選較為適當，因此本研究將 V_{12} 的經濟效益益本比採用兩項指標來分析，分別為 V_{121} 「經濟效益益本比」與 V_{122} 「內部報酬率」，而 V_{22} 的土地開發及立體化建設之財源籌措計畫切割為 V_{221} 「總工程經費」、 V_{222} 「財務自償率」以及 V_{223} 「財務益本比」等 3 項，而 V_{23} 之都市計畫變更後，營運機構獲得高價值使用分區土地面積，也分為 3 項指標來加以分析，分別為 V_{231} 「營運單位獲得可使用之高價值土地面積（含站內、站外）」、 V_{232} 「沿途與站區內之可收費停車格位數」以及 V_{233} 「營運單位可經營附屬事業之總收益（30 年為基準）」，而子指標權重則是該項目指標之平均權重分數。

經由表 10 之 VIKOR 分析結果發現，無論是平均後悔度 (S_k)、最大後悔度 (Q_k) 或後

悔度 (R_k)，3 項計畫之績效值均離目標值相當大，因此均須從其差距較大處著手重新規劃改善，較能符合經濟效益與財務預期；如果以此 3 項計畫進行排序，則可發現以臺中計畫離目標差距較小，而左營計畫的差距較大，建設順序應以臺中、員林爾後左營的方式進行，因此上述 3 項計畫之績效值差距相當不佳，均仍須針對其績效不良的指標酌加改善，而現實狀況則是以員林、臺中再者為左營的施工順序，會有此落差亦是因為計畫申請均為不同時期，所考量的狀況亦不相同所致；是故本研究認為臺中計畫應改善其財務層面，因為該計畫由中央政府完全出資，因此於辦理民間投入開發經營與土地開發等事宜時，宜將所獲得之權利金、附屬事業或有關收入，提撥部分經費至工程經費中考量較佳；而員林計畫應思考如何改善該計畫之經濟與財務益本比及相關獲利能力，並思考高架化後及開發後土地所帶來之增值效益，並提供管理部門與營運部門利基為何，方可提高其方案建設之績效與未來提升該地區之發展；左營計畫其經濟效益與財務計畫均相當薄弱，因為該計畫之開發區，有 500 坪土地面積於規劃階段挪給高鐵局進行土地開發計畫，遂造成此方案績效相當不佳之窘況，建議規劃單位應思考如何透過都市更新與擴大開發區段等手段，結合高鐵站區與民間經營，進行聯合開發與土地開發如：餐飲、旅館、辦公大樓等建案，提升該計畫之自償能力與財務效益，方可證明該區段具有開發價值。

表 10 臺中、員林、左營綜合規劃方案之績效值評估彙整表

項目	權重	單位	臺中計畫	員林計畫	左營計畫	理想值	最差值
V_{11}	0.22	億元	133.83 (0.00)	0 (1.00)	44.76 (0.67)	133.83	0
V_{121}	0.08	100%	1.24 (0.52)	1.33 (0.34)	1.20 (0.60)	1.5	1
V_{122}	0.08	%	8.1 (0.65)	7.11 (0.82)	7.5 (0.75)	12	6
V_{13}	0.17	%	0 (1.00)	53.14 (0.47)	0.25 (1.00)	100	0
V_{21}	0.15	%	0 (1.00)	16.21 (0.84)	25 (0.75)	100	0
V_{221}	0.02	億元	288.3 (1.00)	40.72 (0.14)	106.6 (0.37)	0	288.3
V_{222}	0.02	%	11.76 (0.68)	5.47 (0.79)	-6.41 (1.00)	50	-6.41
V_{223}	0.02	%	17.29 (0.83)	5.80 (0.94)	0.06 (1.00)	100	0
V_{231}	0.04	m ²	7,267 (0.86)	52,300 (0.00)	51.1 (1.00)	52,300	0
V_{232}	0.04	停車格數	5633 (0.00)	451 (0.92)	73 (0.99)	5633	0
V_{233}	0.04	億元	157.8 (0.00)	66.34 (0.58)	2.3 (0.99)	157.8	0
V_{31}	0.14	--	0 (1.00)	0 (1.00)	0 (1.00)	1	0
S_k			0.627	0.784	0.838	0	1
$R_k = 0.5$			0.813 (1)*	0.874 (2)	0.919 (3)	0	1
Q_k			1.000	1.000	1.000	0	1

註：FAHP 採用重心法之權重為主；括號中的數值代表差距值 (Gap)。*為優先次序之排序，數字越小越優先。

綜合規劃中發現若採用 SAW 則評估績效順序有所差異 (詳見表 11)，其原因本研究推斷應為 VIKOR 是採用理想值 (aspired level) 為正規化基準，另 SAW 則是以可行方案之效益最大為基準，因此兩評選方法落差出現在單位以百分比的指標最為明顯，如：土地開發挹注回建設計畫成本比例、立體化建設地方政府出資金額比例、自償率、財務益本比等，SAW 評估過程採效益值較大者則獲得全部權重之想法，但 VIKOR 以理想值為基準下，透過線性方程演算方式進行正規化，因此有所不同。

表 11 綜合規劃採行 VIKOR 與 SAW 之方案績效值評估比較

	臺中計畫		員林計畫		左營計畫	
	績效	排序	績效	排序	績效	排序
FAHP * VIKOR	0.813	(1)	0.874	(2)	0.919	(3)
FAHP * SAW	0.491	(2)	0.501	(1)	0.364	(3)

4.5 綜合評析

1. 本研究顯示傳統鐵路立體化目的是以解決交通延滯、減少平交道事故，輔以整體經濟效益為主要思維，目前大都市之鐵路大多已立體化，故鐵路立體化思維則移轉到都市發展、市區縫合、都市更新為主，鐵路立體化發展若從都市發展角度來看，其不僅是解決交通延滯之瓶頸，亦是老舊市中心再造、都市更新與重劃等地方政府財務收入之利基與未來發展契機。然而鐵路系統為全國性之公共建設，其設施分佈在全國各縣市地區，其鉅額工程興建經費與營運費用，不論採用任何開發方式或甚至向銀行團融資取得資金，均無法達到其財務計畫之收支平衡，仍需仰賴中央政府編列預算補助其財務缺口。有鑑於交通部面對各地方政府要求立體化之需求，以及其評估效益具有邊際遞減之兩難趨勢下，本研究建立一套具有系統化且合理化之鐵路立體化建設計畫審查指標與機制，供其審查參考。本研究所建立之審查機制如表 12 所示，共分成 4 個階段，且均有不同的審查重點與門檻；本研究同時考量到鐵工局處於立體化規劃與審查之球員與裁判定位問題，故設計不同之審查機構及指標，使各地方政府之立體化作業可以更加公正與公開。
2. 前述本研究之審查機制與目前交通部正積極研擬之「鐵路立體化建設及周邊土地開發計畫申請與審查作業要點」(草案階段)，所思考審查重點與方向均為一致，惟在本研究中，在可行性研究前多一申請計畫書之審查。目前交通部研擬草案中，審查機制分成 3 階段：(1) 為可行性研究，審查重點在於交通評估、土開構想、財務、基金或專戶等；(2) 為綜合規劃，審查重點主要以土開計畫、財務計畫、地方政府承諾事項；(3) 為施工前置作業，必須完成都市計畫變更及基金或專戶設立；同時均須成立計畫審查會。其與瑞典道路規劃之環境影響評估過程 4 階段，分別為先期研究、可行性研究、細部規劃設計及道路建設計畫的前 3 階段相似^[66]。

表 12 我國鐵路立體化建設計畫之不同階段審查制度建議表

階段	(一) 申請計畫書	(二) 可行性研究	(三) 綜合規劃	(四) 計畫核定執行
申請單位	地方政府	地方政府、臺鐵局、鐵工局	鐵工局、臺鐵局	鐵工局
審查面向	基本門檻	運輸、都發、經濟	財務、土地效益、政策	財務與政策
審查指標	2 項	21 項	7 項	3 項
審查門檻	符合要項	從嚴審查	從嚴審查	完全符合
審查機構	鐵工局審查小組	專責審議委員會	專責審議委員會	交通部
審查結果*	是否通過	是否通過	排定施工順序	是否興建動工

註：*為審查結果於各階段均具有順序性。

3. 審查指標部分，本研究認為辦理鐵路立體化，仍應從交通運輸需求為出發點，再考量其他層面之影響，因此於第一階段申請計畫書時要求設立交通量與遮斷時間之門檻值，避免各縣市無限制地提出立體化需求。再者，於第二階段之可行性研究的審查重點，以運輸、都發、經濟 3 項層面為主，但整體而言仍有 21 項指標須加以考量，意即仍須通盤考量該申請路線於各面向是否具有需要立體化之條件。進一步於第三階段之綜合規劃則制定以財務、土地效益、政策為主要考量主軸，希冀該開發能具有財務效益與土地增值效用，並期望地方政府能夠承諾其應負擔之責任。最後則將規劃內容提送交通部審核，且為避免地方政府信口開河而無法實現其相關承諾事項，因此要求其對於財務與政策面上，須將資金與其內部協調完成後，方可獲得動工之許可。本研究制定此審查機制流程則是希冀在資源有限下，促使地方政府能夠發揮效能取得最大公共利益，創造中央、地方與民眾三贏之局面。
4. 有關鐵路立體化建設計畫評選指標權重分析，在可行性研究階段之 FAHP 權重方面，財務層面則優於都發層面及環境層面，其原因是模糊化需考量到群體決策之最大值，而財務之最大值 0.483 明顯較高，但由此可知都發與環境層面之專家群體決策認知較為一致。然而在準則部分，發現在模糊化過程中，有部分專家委員認知的指標權重之最大值與最小值差異較大，但是整體而言專家認知較偏重平均值部分，而在解模糊化過程會產生此一現象，則是受到最小值與最大值所影響。
5. 在綜合規劃階段，專家學者所著重的主要是經濟效益層面。本研究認為應要求地方政府在計畫核定後，須完成開發基金到位，在此一階段地方政府須針對鐵路立體化效益進行審慎評估，並衡量其經濟效益狀況是否完善，以期能說服審議委員會之審查；而專家學者同樣認為此階段應以經濟效益面為考量重點，因此評估其權重值則相對較高。在考量經濟層面後，方進一步考慮其財務狀況之可行程度，以了解其目前整體資金規劃狀況，並且從嚴審查。

6. 在不同專家與學者背景之差異性分析中，發現多數指標順序變化不大，而順序變化較大的指標，於可行性研究中以「鐵路沿線土地增值效益評估」、「聯合開發與民間參與可行性」、「噪音、振動改善程度」及「財務經費籌措評估」等 4 項變化較大，但前 3 項指標之績效差距均與理想值差異甚大，故對評選結果影響不多；但「財務經費籌措評估」則可能影響評選結果較大，其指標對學者而言較為重要，但對專家而言則相對較小。另外在綜合規劃階段，差異性較大以「地方承諾事項」為主，但其方案後悔度為 1.00，故本文認為影響不大。
7. 可行性研究階段之個案評估結果發現，目前政府通過順序為嘉義、鳳山、宜蘭，與本研究評定之宜蘭、鳳山、嘉義等順序有所落差，其原因為宜蘭計畫包含羅東等範圍，土地開發計畫內容展現較佳之績效，且開發範圍較大運輸績效表現較佳，因此評估順序較高；然嘉義計畫因為申請期間較早，故核定時間較早，但所考量的基期與評估內容有所不同，該計畫未重視土地開發計畫或聯合開發等民間參與之效益，且未充分考量高架化後土地所帶來之增值效益，因此評選結果較為落後，造成評估順序與現實通過順序不同之現象產生；而鳳山計畫原屬高雄鐵路地下化計畫之一部分，因此建設時程亦會較早，但是其土地開發計畫及都市更新發展計畫亦較不完善，故仍有改善空間。
8. 綜合規劃之個案評估中發現政府核定施工順序為員林、臺中以及左營，但本研究評定順序則為臺中、員林、左營，且此 3 個方案績效值與理想值之差距均相當大，而臺中與員林計畫之績效值相當接近。本研究認為臺中、員林計畫雖然已開始施工建設，但仍有相當大之經濟效益改善與財務籌措空間，並可藉由此計畫，提升該區之都市發展效益與強度較大之土地開發建設建案，但目前規劃內容並未細部導入民間經營與開發建設之想法，因此遑論能有回饋計畫經費或是提供營運單位權利金或補助等資金來源，造成其效益較為不佳之結果，如能從目前高鐵場站附近土地進行共同開發計畫，則將會提高其建設價值與效益。
9. 本研究評估方式以量化指標試運算方式進行評估，未來建議由鐵路立體化專責審議委員會進一步依據前述準則，定義出更多且更明確之子量化指標進行分析，無法量化之指標則可輔以專家學者評分方式加以輔助計算，避免相關指標僅具有、無評估內容之二元變數不夠精確之情況產生，方可提升整體評選過程之品質，並可建議規劃單位從不同層面思維改善其績效，進一步創造中央與地方鐵路立體化過程之雙贏局面。
10. 本研究過程採用 FAHP 結合 VIKOR 計算方案良窳，經本研究比較 SAW 所獲結果，發現可行性評估較無差異，而綜合規劃於方案排序上則有明顯差異。其原因研判為可行性研究階段，因採用準則單位過於簡單（如是否），或將部分量化數據之最大值作為理想值，以致理想值與最大值之數值相同，致使排序結果一致。故建議後續研究應用 VIKOR 時，應考量理想值與最大值的關係，當理想值與最大值不同時，建議採 VIKOR 評估法，其後悔值差異較大，方能顯現此評估法之優勢。

五、結論與建議

5.1 結論

1. 以解決鐵路平交道延滯與安全為目標的鐵路立體化計畫，若重新檢討工程建設後對都會區土地增值效果，則可以導正立體化建設邊際效益遞減現象；同時，建設經費由中央負擔但土地增值則由地方享受，此一不合理現象亟待改善。國外軌道建設涉及融資問題，現有文獻甚少討論鐵路立體化之具體經濟效益與財務評估之課題，實值得國人重視。
2. 本研究透過文獻彙整與專家座談及問卷方式，彙析文獻內容後整理出計有 59 項審查指標，經篩選指標後，得出可行性研究審查部分計有 21 項指標，而綜合規劃審查計有 7 項審查指標，並依據「指標合理」、「具有理論基礎」、「實務可行」、「具驗證性」等 4 項觀點，輔以「申請從寬，審查從嚴」之想法，加上以「傳統交通運輸基礎為前提」且以「都市土地開發為重點」之發展條件下，將我國鐵路立體化審查作業機制分成 4 個階段，分別為申請計畫書、可行性研究、綜合規劃以及計畫執行後等階段，且各階段所考量審查重點面向不同。
3. 本研究將問卷調查結果以 FAHP 採重心法計算其各層面與準則間權重，摒除傳統較不透明之決策流程，改以具客觀性、理性之審查機制。其可行性研究權重較重要之前 3 項分別為：平交道年平均事故數 (0.140)、平交道車輛延滯時間 (0.110) 以及平交道於原路線之設置數與密度 (0.093)；綜合規劃之前 3 項權重分別為：鐵路沿線土地增值效益評估 (0.22)、土地開發效益挹注立體化建設經費或營運成本比例 (0.17)、經濟效益益本比 (0.15) 以及立體化建設經費地方政府出資金額 (0.15)，此重要性亦符合過去文獻中所提到沿線土開價值，應回饋到計畫本身或採行 TIF 財務計畫之概念。
4. 方案評選採 VIKOR 分析結果，發現現實狀況與理論分析順序有所差距，在可行性研究中，方案優先順序為宜蘭、鳳山、嘉義，而政府核定順序為嘉義、鳳山、宜蘭；在綜合規劃方面，本研究建議評估方案優先順序為臺中、員林、左營，但政府核定順序則為員林、臺中以及左營，另外如採用 SAW 進行排序，則順序為員林、臺中以及左營，與政府施政相同。
5. 經由評估程序驗證過去鐵路立體化建設分析後，發現過去建設順序與評估結果關係具有差異，此原因為過去由政治因素引導重大建設而未考量整體國家全盤發展，未來可透過本研究之嚴謹評估程序獲得最佳建設順序，同時可以發現各計畫中目前亟待改善之因素，如：都市計畫變更後挹注建設經費可行性、土地開發效益挹注建設經費或營運機構收入、景觀美感改善程度以及場站聯合開發效益提撥到本計畫金額等內容。
6. 過去鐵路立體化計畫僅能進行單一計畫案審查，無法考量整體交通建設之利益，而透過本研究之評估機制，則可考量各申請計畫之良窳並給定優先順序，同時可了解各計畫案在各指標所提出之資料是否需要改善，採用過去類似文獻中設定標準值 (benchmark) 之

作法，使其計畫執行可行性更高；本研究同時考量模糊化，解決過去評估比較時較少考量專家語意問題，並採用 FAHP 結合 VIKOR 之評估程序應用於本議題上，亦是過去研究中較少之作法。

7. 過去鐵路立體化僅能針對單一計畫進行評估，且採用各項評估指標加總總分，輔以設定必要與參考條件等資料討論其計畫內容是否可行，又或是方案評分僅有主觀分數，缺少客觀之量化指標，再者亦有採用二階段目標規劃方式進行評估，但實務操作上則有較難分析之問題；而本研究評估機制之特性，可摒除上述過去研究之問題，其具有同時評估各申請計畫之良窳、客觀之量化方案績效、同時輔以交通量門檻值為必要條件以降低申請數量以及實務上容易操作等特性。
8. 目前在可行性研究與綜合規劃中，方案績效資料部分缺乏土地開發回饋計畫經費、景觀與生態影響之評估、技術層面工程施作等資料，因此，如計畫能通過審查，則申請單位必須擴大財務計畫之效益，且審查單位必須在後續審查時，針對資料缺乏之內容嚴格把關。
9. 本研究所擬定之 4 階段審查與目前交通部正在研擬之鐵路立體化與土地開發計畫審查草案，其審查重點與方向均相當一致，重點多為土地開發、財務計畫與地方政府承諾事項等，同時均要求須成立審查委員會進行審查。

5.2 建議

1. 鑑於鐵路立體化計畫牽涉多方利益，造成政府施政決策之困擾，建議儘速建立專責審議委員會，增加其審查透明性與公平性；該組織應針對目前無論是規劃中或是已通過綜合規劃之立體化計畫加以審視。該專責組織將扮演重要的審查機構角色，且審議委員會之委員應深入了解立體化現況與計畫後再行評分，甚或應成立專案小組深入探討並進行現場踏勘等，以期日後審查機制能夠更臻完善。
2. 建議計畫審核通過後，須成立鐵路開發基金且基金需依比例到位；在各階段過程中，地方政府則需積極與市議會、銀行團充分協調與規劃開發事項，且基金應保留在各地方政府或交通部專款專用，其成立方式與管理辦法可為後續研究之項目。依過去研究建議，本研究亦同時建議考慮比照「國道建設管理基金」設立方式成立軌道建設基金，作為全國軌道建設與營運之資金來源。
3. 本研究於蒐集鐵路立體化可行性研究、綜合規劃報告時，發現資料獲得不易，後續進行報告中之財務、土地開發計畫審視時，亦發現大多缺乏具體資料，而採用懲罰值代替，可見目前之審查作業流程在此部分尚有缺漏，建議爾後鐵路立體化計畫應將各項指標標準化。
4. 本研究彙整各項鐵路立體化建設計畫應詳加考量之指標，透過篩選與專家群體決策方式加以歸納為構面及指標，但於各指標之間僅以獨立關係作為比較分析基礎，於現實情況中仍會產生部分差距。後續研究中建議可先詳加說明指標間之相關性，同時輔以 ANP 法或是 DEMATEL+ANP 等方法進行評估，求得不同權重與績效間之關係。

參考文獻

1. 交通部，交通政策白皮書，民國 91 年。
2. Saaty, T. L., *The Analytic Process*, McGraw, NY, 1980.
3. Opricovic, S. and Tzeng, G. H., "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, Vol. 156, 2004, pp. 445-455.
4. Opricovic, S., *Multicriteria Optimalization of Civil Engineer Systems*, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
5. 交通部鐵路改建工程局，嘉義市區鐵路高架化可行性研究，民國 95 年。
6. 交通部鐵路改建工程局，鳳山地區鐵路立體化方案研究，民國 96 年。
7. 交通部鐵路改建工程局，宜蘭鐵路高架化可行性評估研究，民國 97 年。
8. 交通部鐵路改建工程局，臺中都會區鐵路高架捷運化計畫綜合規劃報告，民國 98 年。
9. 交通部鐵路改建工程局，員林市區鐵路高架化工程綜合規劃，民國 94 年。
10. 交通部鐵路改建工程局，左營地區鐵路地下化工程綜合規劃報告，民國 98 年。
11. 行政院，中央對直轄市與縣（市）政府補助辦法，民國 95 年。
12. 交通部鐵路改建工程局，「專案介紹」，<http://www.rrb.gov.tw/04000.aspx?lan=ch>，民國 99 年。
13. 張有恆、陳俊魁，「鐵路立體化評估準則與方案選擇之研究—灰色關聯分析法之應用」，*運輸計劃季刊*，第 26 卷，第 2 期，民國 88 年，頁 353-378。
14. 交通部運輸研究所，都市地區鐵路立體化準則之研究，民國 87 年。
15. 交通部運輸研究所，鐵路立體化建設推動優先順序之研究，民國 91 年。
16. 交通部運輸研究所，鐵路立體化建設評估資料庫建置之研究，民國 93 年。
17. 交通部運輸研究所，臺灣地區鐵路立體化推動作業程序之研究，民國 98 年。
18. 葉名山、鍾維力、李尚輯，「臺灣地區都市引進輕軌運輸系統優先性評估方法之構建」，第 14 屆海峽兩岸都市交通學術研討會，臺北市交通安全促進會，民國 95 年，頁 337-354。
19. Taylor, J. and Crawford, R., "Prioritising Road-Rail Level Crossings for Grade Separation Using a Multi-Criteria Approach", Department of Transport, State Government of Victoria, 2011.
20. 交通部，臺灣區國道高速公路增設交流道申請審核作業要點，民國 85 年。
21. 交通部運輸研究所，高快速公路交流道聯絡道路評估準則之研究，民國 92 年。
22. 內政部，生活圈道路系統四年建設計畫執行要點及評估表，民國 96 年。
23. 臺灣省政府交通處，桃園、中壢地區鐵路立體化（郊區化）可行性研究暨規劃，民國 82 年。
24. 臺灣省政府交通處，新竹地區鐵路立體化（郊區化）可行性研究暨規劃，民國 83 年。
25. 臺灣省政府交通處，臺中地區鐵路立體化（郊區化）可行性研究暨規劃，民國 81 年。
26. 臺灣省政府交通處，嘉義地區鐵路立體化（郊區化）可行性研究暨規劃，民國 83 年。

27. 臺灣省政府交通處，臺南地區鐵路立體化(郊區化)可行性研究暨規劃，民國 82 年。
28. 臺灣省政府交通處，宜蘭地區鐵路立體化(郊區化)可行性研究暨規劃，民國 82 年。
29. 臺灣省政府交通處，基隆市鐵路立體化(郊區化)可行性研究暨規劃，民國 84 年。
30. 臺灣省政府交通處，斗六地區鐵路地下化可行性研究，民國 85 年。
31. 臺灣省政府交通處，屏東市鐵路立體化(郊區化)可行性研究暨規劃，民國 84 年。
32. 日本國土交通省，「都市道路與鐵路連續立體交叉設置規則」，平成 19 年。
33. 日本國土交通省，「踏切道改良促進法施行規則」，平成 18 年。
34. Kenneth, G. W., "Handbook of Transport Strategy, Policy and Institutions, Chapter 29: Cost-Benefit Analysis", Volume 6, Elsevier Ltd., USA, 2005.
35. Vreeker, R. and Nijkamp, P., *Handbook of Transport Strategy, Policy and Institutions, Chapter 30: Multicriteria Evaluation of Transport Policies*, Volume 6, Elsevier Ltd., USA, 2005.
36. Ahern, A. and Anandarajah, G., "Railway Projects Prioritization for Investment: Application of Goal Programming", *Transport Policy*, Vol. 14, 2007, pp.70-80.
37. May, A. D., Shephero, S., and Emberger, G., *Handbook of Transport Strategy, Policy and Institutions, Chapter 39: Optimization of Transport Strategies*, Volume 6, Elsevier Ltd., USA, 2005.
38. Morisugi, H., "Evaluation Methodologies of Transportation Projects in Japan", *Transport Policy*, Vol. 7, 2000, pp. 35-40.
39. Tsamboulas, D. A., "A Tool for Prioritizing Multinational Transport Infrastructure Investments", *Transport Policy*, Vol. 14, 2007, pp. 11-26.
40. 何靜，**城市軌道交通運營管理**，中國鐵道出版社，北京，2007 年。
41. 吳文化、李連成，「我國城市軌道交通投融資模式及建議」，第 14 屆海峽兩岸都市交通學術研討會論文集，臺北市交通安全促進會，民國 95 年，頁 891-896。
42. 王灝，**城市軌道交通投融資模式研究**，中國建築工業出版社，中國大陸，2010。
43. Jensen, B. C. and Madsen, B., *Handbook of Transport Strategy, Policy and Institutions, Chapter 12: Transport and Regional Growth*, Volume 6, Elsevier Ltd., USA, 2005.
44. 馮正民，「軌道建設之土地開發—以捷運建設為例」，中國工程師學會簡報資料，民國 99 年。
45. 吳青松，「以 AHP 群體決策法選擇企業在特定區位之進入模式」，**交大管理學報**，第 27 卷，第 1 期，民國 96 年，頁 195-219。
46. 周裕閔，「山區設置高山纜車可行性之研究—南投山區為例」，逢甲大學交通工程與管理學系研究所碩士論文，民國 97 年。
47. 楊家郡，「都會區人行步道與自行車共構之可行性研究」，逢甲大學運輸科技與管理學系研究所碩士論文，民國 98 年。
48. 鄧振源，**計畫評估：方法與應用**，海洋大學運籌規劃研究中心，基隆，民國 94 年。
49. 馮正民、邱裕鈞，**研究分析方法**，建都文化事業出版有限公司，新竹，民國 93 年。

50. Miller, G. A., "The Magic Number Seven, Plus or Minus Seven", *Psychological Reviews*, Vol. 63, No. 1, 1965, pp. 91-97.
51. 孫家東、蔣德鵬，「層級分析法中一致性判斷矩陣的構造方法」，*東南大學學報*，第 21 卷，第 3 期，民國 80 年，頁 69-75。
52. 何敬之、藍筱蘋、劉仁智，「多評準則決策—分析層級程序法尺度之研究」，*管理科學學報*，第 12 卷，第 1 期，民國 84 年，頁 127-152。
53. 徐澤水，「層次分析新標度法」，*系統工程理論與實踐*，第 18 卷，第 10 期，民國 87 年，頁 75-78。
54. 陳勁甫、徐強、許桂溶，「層級分析法成對比較基礎標度系統之研究」，*管理與系統*，第 16 卷，第 2 期，民國 98 年，頁 201-218。
55. 葉名山、邱品翰、劉欣憲，「建立我國軌道行車保安委員會組織之研究」，*運輸計劃季刊*，第 35 卷，第 3 期，民國 95 年，頁 365-390。
56. 黃國平、林振國、許慶祥，「模糊層級都市路外停車場評選方法之研究」，*運輸學刊*，第 17 卷，第 3 期，民國 94 年，頁 281-304。
57. 陳協勝，「模糊多準則決策應用在都市公車民營化方案評估之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 81 年。
58. 陳曉玲，「航空站區位選擇評估程序之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 84 年。
59. 王文良，「應用模糊德菲層級分析法於汽車營業據點區位選擇之研究—以某日產汽車公司為例」，臺灣行銷研討會論文集，臺灣行銷學會，民國 94 年，頁 41-56。
60. 許碧芳，「應用模糊層級分析法及灰關聯分析評選最佳網路廣告聯播中心」，臺灣行銷研討會論文集，臺灣行銷學會，民國 94 年，頁 1-16。
61. 范惟翔、葉上葆、張瑞鉉，「運用 Fuzzy AHP 探討臺灣出版業書系發展之關鍵成功因素」，*商管科技季刊*，第 10 卷，第 2 期，民 98 年，頁 327-364。
62. 劉儒俊，「行銷資源最適配置模式—Fuzzy AHP 之應用」，中正大學企業管理研究所碩士論文，民國 91 年。
63. Tzeng, G. H. and Huang, J. J., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Taylor & Francis Group, USA, 2011.
64. Duckstein, L. and Opricovic, S., "Multiobjective Optimation in River Basin Development", *Water Resources Research*, Vol. 16, No. 1, 1980, pp. 14-20.
65. Ou Yang, Y. P., Shieh, H. M., Leu, J. D., and Tzeng, G. H., "A VIKOR-Based Multiple Criteria Decision Method for Improving Information Security Risk", *International Journal of Information Technology & Decision Making*, Vol. 8, No. 2, 2009, pp. 267-287.
66. Liou, J. H., Tsai, C. Y., Lin, R. H., and Tzeng, G. H., "A Modified VIKOR Multiple-Criteria Decision Method for Improving Domestic Airlines Service Quality", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 17, No. 2, 2011, pp. 57-61.
67. 交通部鐵路改建工程局，*鐵路平交道交通資料調查及分析報告*，民國 98 年。