

92-95-4176

MOTC-IOT-M-A-88-015

# 交通建設 BOT 之風險管理與 管考警戒制度之研究



交通部運輸研究所

中華民國九十二年八月

92-95-4176  
MOTC-IOT-M-A-88-015

# 交通建設 BOT 之風險管理與 管考警戒制度之研究

著者：林繼國、王穆衡、張贊育、邱裕鈞、蕭傑諭、王銘德

交通部運輸研究所

中華民國九十二年八月

交通建設 BOT 之風險管理與管考警戒制度之研究

著 者：林繼國、王穆衡、張贊育、邱裕鈞、蕭傑諭、王銘德

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十二年八月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓・電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓・電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1・電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號・電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓・電話：(07)3324910

GPN：1009202722

## 交通部運輸研究所出版品摘要表

|  |                         |                          |  |
|--|-------------------------|--------------------------|--|
| 出版品名稱：<br><div style="text-align: center; margin-top: 5px;">交通建設 BOT 之風險管理與管考警戒制度之研究</div>   |                         |                          |  |
| 國際標準書號（或叢刊號）   | 政府出版品統一編號<br>1009202722 | 運輸研究所出版品編號<br>92-95-4176 | 計畫編號<br>M-A-88-015   |
| 主辦單位：運輸經營管理組<br>主管：王穆衡<br>計畫主持人：林繼國、王穆衡<br>研究人員：張贊育、邱裕鈞、蕭傑諭、王銘德<br>聯絡電話：02-23496787<br>傳真號碼：02-25450431  |                         |                          | 研究期間<br>自 87 年 9 月<br>至 89 年 4 月                             |
| 關鍵詞：交通建設、BOT、風險管理、警戒制度   |                         |                          |  |
| 摘要：<br><p style="margin-top: 10px;">BOT計畫除政府主辦機關及投資者之權利義務關係外，尚涉及融資者與保險者，且風險係由所有參與者共同分攤。因民間機構對風險之承受能力無法與政府比擬，若一旦環境變化過大，或收支未如預期，則計畫之推動可能嚴重受阻，故風險分析與管理在BOT計畫扮演非常重要的角色。此外，政府如何對執行後之BOT計畫持續加以監控，並以動態風險分析方法建構一警戒制度，俾便能在政經環境變化下，預測各類風險變化情形，俾便預為示警及儘早研擬應變措施以因應可能發生之不利狀況，亦為重要課題之一。故本研究彙析BOT計畫之各項風險項目，並以動態風險分析觀念，建構交通建設BOT計畫執行前之風險可行性評估機制與執行後之警戒制度，以供各單位未來推動相關計畫時進行風險評估與管理之參考。</p> |                         |                          |  |
| 出版日期   | 頁數                      | 定價                       | 本 出 版 品 取 得 方 式  |
| 92 年 8 月   | 86                      |                          | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。 |
| 機密等級：<br><input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密<br>（解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密，<br><input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密）<br><input checked="" type="checkbox"/> 普通     |                         |                          |  |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。   |                         |                          |  |

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS**  
**INSTITUTE OF TRANSPORTATION**  
**MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

|   |  |                                 |  |
|---|--|---------------------------------|--|
| <b>TITLE:</b><br><p style="text-align: center;">The Risk Control and Warning System for Transportation BOT Project</p>  |  |                                 |  |
| ISBN(OR ISSN)   | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1009202722 | IOT SERIAL NUMBER<br>92-95-4176 | PROJECT NUMBER<br>M-A-88-015   |
| DIVISION: Transportation Operations and Management<br>DIVISION CHIEF: Mu-Han Wang<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chi-Kuo Lin, Mu-Han Wang<br>PROJECT STAFF: Tsan-Yu Chang, Yu-Chiun Chiou, Chieh-Yu Hsiao, Ming-Te Wang<br>PHONE: 886-2-2349-6787<br>FAX: 886-2-2545-0431   |  |                                 | PROJECT PERIOD<br>FROM September 1998<br>TO April 2000   |
| <b>KEY WORDS:</b><br>Transportation Project, BOT, Risk Control, Warning System  |  |                                 |  |
| <b>ABSTRACT:</b><br><p>Members involved in a BOT project usually include government, investors, lenders and insurance providers. All of the involved parties need to share the risks of the project. General speaking, private investor's risk tolerance level is set to be below the government's standard. Therefore, a BOT project will be terminated by its private investors if the external environment changes severely or the revenue is seriously lower than it was expected. Hence, risk analysis and control should play a critical role in BOT project management. In order to prevent the unfavorable situations from happening, our government needs to monitor the implementation of BOT projects with the assistance of a dynamic warning system. This study identifies the possible risks existing in transportation BOT projects and proposes a risk assessment mechanism and a dynamic warning system to meet the requirement before and after projects implementation. It is hoped that the study results could provide some references for the implementation of transportation BOT projects and also make the projects more successful.</p> |  |                                 |  |
| DATE OF PUBLICATION<br><br>August 2003  | NUMBER OF PAGES<br><br>86                    | PRICE                           | CLASSIFICATION<br><input type="checkbox"/> SECRET<br><input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.   |  |                                 |  |

## 目 錄

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 目錄.....                     | III |
| 表目錄.....                    | V   |
| 圖目錄.....                    | VI  |
| <br>                        |     |
| 第一章 緒論.....                 | 1   |
| 1.1 研究背景與動機.....            | 1   |
| 1.2 研究目的.....               | 2   |
| 1.3 研究內容與流程.....            | 2   |
| 1.4 研究方法.....               | 4   |
| 第二章 風險項目與特性 .....           | 7   |
| 2.1 BOT 計畫風險項目.....         | 7   |
| 2.2 BOT 計畫風險特性.....         | 13  |
| 2.3 重大交通建設計畫之風險特徵 .....     | 14  |
| 2.4 BOT 計畫風險項目架構 .....      | 16  |
| 第三章 風險評估方法與風險分攤準則 .....     | 23  |
| 3.1 風險評估方法.....             | 23  |
| 3.2 風險分攤準則.....             | 25  |
| 3.2.1 風險分攤原則.....           | 25  |
| 3.2.2 風險管理方法.....           | 26  |
| 第四章 風險衡量與綜整方法 .....         | 29  |
| 4.1 風險衡量方法.....             | 29  |
| 4.1.1 BOT 計畫執行前之風險衡量方法..... | 29  |
| 4.1.2 BOT 計畫執行後之風險衡量方法..... | 31  |
| 4.2 風險綜整方法.....             | 35  |
| 4.2.1 BOT 計畫執行前之風險綜整方法..... | 35  |
| 4.2.2 BOT 計畫執行後之風險綜整方法..... | 44  |
| 第五章 風險評估架構與監控制度 .....       | 49  |
| 5.1 BOT 計畫風險可行性評估架構 .....   | 49  |
| 5.2 風險動態監控制度之研擬 .....       | 53  |
| 第六章 結論與建議 .....             | 57  |

|              |    |
|--------------|----|
| 6.1 結論.....  | 57 |
| 6.2 建議.....  | 58 |
| 參考文獻.....    | 59 |
| 附錄 簡報資料..... | A1 |

## 表目錄

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 表 2.1 | 風險確認及分攤工作表.....                    | 12 |
| 表 2.2 | 台灣南北高速鐵路 BOT 計畫之風險項目及管理策略表 .....   | 15 |
| 表 2.2 | 台灣南北高速鐵路 BOT 計畫之風險項目及管理策略表 (續) ..  | 16 |
| 表 2.3 | BOT 計畫風險項目表.....                   | 17 |
| 表 2.3 | BOT 計畫風險項目表 (續) .....              | 18 |
| 表 2.4 | 籌辦階段風險項目表.....                     | 19 |
| 表 2.5 | 興建階段風險項目表.....                     | 20 |
| 表 2.6 | 營運階段風險項目表.....                     | 21 |
| 表 2.7 | 移轉階段風險項目表.....                     | 22 |
| 表 4.1 | 完工延遲對計畫推動影響程度之評估 (土建領域 A 委員) ..... | 33 |
| 表 4.2 | 完工延遲對計畫推動影響程度之評估 (土建領域 B 委員) ..... | 33 |
| 表 4.3 | 完工延遲對計畫推動影響程度之評估 (土建領域 C 委員) ..... | 33 |
| 表 4.4 | 完工延遲對計畫推動影響程度之綜合評估 .....           | 34 |
| 表 4.5 | 風險類別間之相互權重.....                    | 37 |



## 圖目錄

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 圖 1.1 | 研究流程圖.....               | 4  |
| 圖 2.1 | BOT 計畫風險特性圖.....         | 13 |
| 圖 4.1 | 各風險項目發生可能性之五個語意等級 .....  | 30 |
| 圖 4.2 | 完工延遲發生可能性之評估.....        | 31 |
| 圖 4.3 | 完工延遲風險之分佈狀況.....         | 34 |
| 圖 4.4 | 層級分析架構.....              | 36 |
| 圖 4.5 | 計畫整體風險之層級分析評估架構.....     | 37 |
| 圖 4.6 | BOT 計畫執行前之風險綜合評估結果 ..... | 43 |
| 圖 4.7 | 成本超支風險之分佈狀況.....         | 45 |
| 圖 4.8 | 設計變更風險之分佈狀況.....         | 46 |
| 圖 4.9 | 綜整後之興建期風險分佈狀況.....       | 47 |
| 圖 5.1 | BOT 計畫風險可行性評估程序.....     | 50 |
| 圖 5.2 | BOT 計畫風險評估與監控之作業程序 ..... | 54 |

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

每一計畫的執行都具有許多不確定性因素，而這些不確定因素往往成為決定該計畫成功與否之重要因素，故風險分析與管理實係每一個計畫分析評估之核心項目。雖然各計畫無論是否以 BOT 方式進行，基本上都不會改變其存在的風險，然而，就參與者彼此權利義務關係而言，傳統政府編列預算推動之計畫，大多僅存有政府主辦機關與承包商間之單純關係，大部分風險仍由政府負擔，且因有國庫之擔保，故傳統之計畫推動方式，執行風險往往並非評估計畫可行性之重要因素。BOT 計畫除政府主辦機關及投資者之權利義務關係外，尚涉及融資者與保險者，且風險係由所有參與者共同分攤。正因民間機構對風險之承受能力無法與政府比擬，若一旦環境變化過大，或收支未如預期，則計畫之推動可能嚴重受阻。因此，將 BOT 計畫之所有可能風險項目，並站在民間機構立場進行風險評估與分析，乃為檢視是否適宜採 BOT 推動之重要工作之一。

此外，由於 BOT 計畫之特許時間長且融資者及投資者僅能仰賴此計畫之現金流量作為報酬，故風險分析與管理在 BOT 計畫中應扮演非常重要的角色，因此政府應於 BOT 計畫開始執行後仍持續加以監控，並以動態風險分析方法建構一警戒制度，俾便能在政經環境變化下，預測各類風險變化情形，並檢測其與設定警戒值之差距，預為示警，儘早研擬應變措施以因應可能發生之不利狀況。

以往 BOT 計畫風險之相關研究方面，多著重於靜態風險之評估與分攤，對於如何以動態風險分析觀念，建構執行前之篩選標準與執行後之警戒制度，尚未有具體之研究建議。在交通建設 BOT 之相關法令方面，如促進民間參與公共建設法及相關子法、行政院頒佈之「民間參與公共建設申請與審核作業注意事項」、交通部頒佈之「交通部暨所屬各機關辦理民間參與交通建設作業實施要點」等，均僅規定所屬各機關辦理交通建設 BOT 之作業方式與行政程序，對於各 BOT 計

畫之篩選標準及警戒制度，並未有系統化、制度化之具體規定。

目前交通部門積極推動之交通建設 BOT 計畫，包括「民間參與興建暨營運南北高速鐵路建設計畫」、「民間參與興建暨營運台北港貨櫃儲運中心計畫」、「民間參與桃園航空貨運園區建設計畫」、「民間參與桃園航空客運服務專用區（民航人員訓練中心）建設計畫」、「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運計畫」、「台鐵萬華車站大樓獎勵民間投資開發案」、「民間參與大鵬灣國家風景區建設(BOT)案」、「民間參與三仙台旅館區計畫」、「漁翁島休閒渡假區 BOT 案」、「吉貝休閒渡假旅館及遊憩區 BOT 案」等，提報單位均從機關本位之角度及傳統建設之觀點出發，認為只要政府編列相關之預算，必有民間機構願意參與，並可順利推動完成計畫，而忽視風險分析與管理之重要性。因此，如何建立一套篩選標準與警戒監控制度，藉以評估考量各案以 BOT 推動之可行性，並作為未來計畫執行後之監督管理機制，實有加以研究之必要。

## 1.2 研究目的

綜上所述，本研究之主要目的有二：

- 一、探討 BOT 計畫之所有可能風險項目，並站在民間機構立場進行風險評估與分析，期能以此分析結果作為檢視是否採 BOT 推動之篩選標準之一，俾提供主辦機關作為訂定計畫推動方式之參考。
- 二、針對交通建設 BOT 之特性，研擬計畫執行前之風險評估架構（即 BOT 可行性分析），及執行後之動態監控制度，俾供交通主管機關辦理 BOT 計畫之參考。

## 1.3 研究內容與流程

本研究主要之研究內容如下：

### 1.彙整交通建設 BOT 計畫可能發生之風險項目

本研究蒐集交通建設 BOT 計畫之相關文獻，歸納彙整所有可能發生之風險項目，俾供未來計畫推動之主管機關站在民間機構之角度進行風險評估與監控時，初步篩選風險項目之參考。

### 2.研擬風險分攤與管理原則與方法

本研究研擬 BOT 計畫風險分攤之基本原則，俾供主管機關進行風險可行性評估或與民間機構議約簽約之參考。另一方面，本研究也研擬各風險項目之管理措施，提供未來進行相關風險管理之參考。

### 3.建立 BOT 計畫執行前之可行性評估作業程序

為使 BOT 計畫執行前之可行性評估更為落實，本研究以風險角度建立其標準作業程序。該作業程序包括風險之分攤、風險發生可能性評估、風險相對嚴重性評估及計畫整體風險程度分析等。使 BOT 計畫之主管機關能據以客觀評估該計畫是否具備以 BOT 方式推動之可行性。

### 4.建立 BOT 計畫執行後之風險動態監控作業程序

鑑於 BOT 計畫執行期程動輒數十年，為能確實掌握計畫推動之狀況，本研究分別研擬風險定期及不定期評估與監控機制。其中，風險定期評估與監控機制旨在進行風險之預測與監控，期提供一警戒制度，對於計畫發生風險嚴重之狀況時，能加強監控。風險不定期評估與監控機制則旨在針對發生意外事件時，能立即評估其嚴重性，並適時提出處理因應措施，以避免風險程度之誤判與處理時機之延滯。

此外，本研究建議由各該領域之專家學者組成「風險評估與監控委員會」，進行風險之評估與監控，透過公正客觀之委員會決議，主管機關無論是據以提供民間機構必要之協助，以減緩可能造成之衝擊，或據以對民間機構執行處罰條款，均不致招致圖利廠商或過度干預之爭議。

本研究之研究流程如圖 1.1 所示。

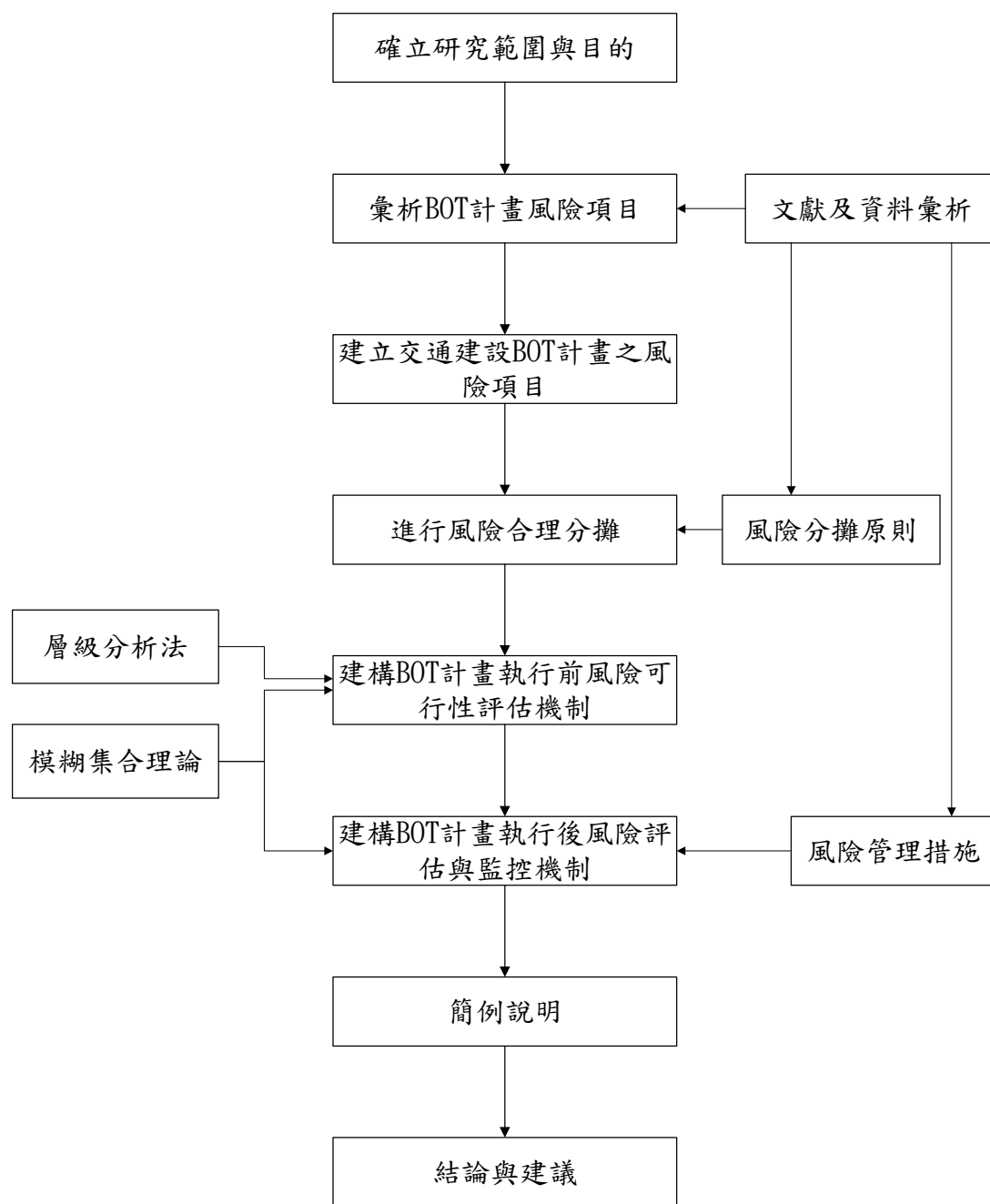


圖 1.1 研究流程圖

## 1.4 研究方法

### 1.文獻及資料彙析

本研究透過文獻及資料彙析，了解 BOT 計畫之風險種類、特性、分攤原則及管理措施，俾供研擬相關風險項目及相關措施之參考。

### 2.模糊集合理論（Fuzzy Set Theory）

風險之衡量方法一般可分為統計法、百分位數法、迴歸分析法、模糊迴歸法、總損失分配法以及模糊衡量法等。惟鑑於各 BOT 計畫之獨特性，顯難覓得足量歷史參考資料進行統計或迴歸分析，因此，本研究採由各風險類別之專家學者經驗進行風險評估與衡量，並利用模糊集合理論處理人為認知與判斷之模糊性與不確定性問題。

### 3.層級分析法（Analytic Hierarchy Process）

由於 BOT 計畫之風險項目頗多，為能綜整各風險項目，以反映計畫整體之風險狀況，本研究乃利用層級分析法進行各風險項目相對嚴重性之調查與分析。



## 第二章 風險項目與特性

由於 BOT 計畫具有投資金額龐大、建設週期長、專案計畫所牽涉各方之契約關係複雜，且主辦機關並不一定直接提供專案融資的擔保予民間機構等原因，使得 BOT 計畫之整個執行過程中都充滿著各式各樣的風險。因此，在計畫實施前，所有的參與者有必要瞭解所有可能的風險項目並加以確認。本章主要介紹 BOT 計畫之風險種類並針對其內容與特性加以分析說明。

### 2.1 BOT 計畫風險項目

風險項目的分析意義指找出那些可能發生風險的各類問題與原因。風險種類的範圍很廣，依其分類角度不同，大致有以下幾類分類方式：

- 1.依風險可被控制程度，可分為一般性風險（General Risks）與特定計畫風險（Specific Project Risks）。一般性風險與國家之政治、經濟及法制環境有關，且投資人通常無法加以控制；而特定計畫風險則是指除上述風險外與計畫直接相關之各項風險，投資人通常可作一定程度之控制。
- 2.依 BOT 計畫不同之實施階段，可分為投標階段的風險、合約談判階段的風險及合約執行階段的風險。此種分類法係為了分析與管理 BOT 計畫各階段風險所需。
- 3.依 BOT 計畫風險的來源區分，大致可分為政治風險、經濟風險、技術風險、公共關係風險及管理風險五大類。

本研究依據聯合國 BOT 計畫指導原則手冊（UNIDO BOT Guidelines），針對上述第一種分類方式，即一般性風險與特定計畫風險之意義與內涵詳加說明如下：



## 1.一般性風險

一般性風險係指國家的經濟成長、政治環境、稅法規定、法制系統及現行貨幣匯率機制等因素所產生的風險，隨著不同國家之政經與國情環境而異。一般性風險因素將影響 BOT 計畫之產出與服務，及依約必須完成之責任要求，因為即使 BOT 計畫的營運者能控制計畫產出之額度與品質，但仍無法影響國家之總體經濟狀況變化。舉例而言，如果專案公司依據 BOT 計畫營運合約無法隨時調整其營運價格，則不利的物價上漲率、利率或匯率的變化，皆會導致該計畫的現金流量迅速惡化。

一般性風險可分為以下三個主要類別：

- (1)政治風險，包括政治支持風險、賦稅風險、徵收／國有化風險、強制收買風險、撤銷特許風險、輸出入限制風險、未獲繼續營運風險等。此類風險係由國家的內、外部政局是否穩定、政府對民營基礎設施獲利允許與否的態度、國家財政或稅政制度的改變、計畫被國家徵收或轉為國有之風險、特許權的取消及其他類似因素所可能產生的風險。
- (2)國家商業風險，包括外匯匯兌風險、匯率風險、通貨膨脹風險、利率風險等。此類風險係指將計畫收入轉成外匯、外匯交換、利率及物價之波動等所可能引發之風險。這類風險的發生，將對融資成本產生相當的衝擊與影響，因此，對於融資成本通常佔有很高比重的 BOT 計畫而言，更需對此類風險加以注意。
- (3)國家法律風險，包括法令變更風險、法令執行風險、拖延賠償計算風險等。BOT 計畫非常仰賴合約安排以支持計畫所需的融資，因此融資人所承受之風險與投資人同等重要。投資人與融資人可能因與 BOT 計畫有關法令的改變而發生風險，例如環境法令及財產法令等，可能在 BOT 計畫執行後有所變動而對投資人與融資人造成風險，此種變動若沒有補償，則將影響計畫長期之可行性。

## 2. 特定計畫風險

特定計畫風險係指除一般性風險外，涉及一般投資者所能控制的風險，例如計畫營運者的管理能力等。特定計畫風險大致可依計畫週期分為開發風險、興建／完工風險及營運風險，以下將分別加以說明。此外，由於開發中國家特殊的政治與經濟環境，因此在該類型國家推動 BOT 計畫可能面臨某些更為嚴重之風險，故特別加以說明之。

(1)開發風險，包括競標風險、規劃延遲風險、核准風險、跨國際風險等。此類風險與 BOT 起始期之競標有關，例如競標者未能得標或無法簽定計畫契約等所導致開發支出的損失。對大型的 BOT 計畫而言，開發及競標成本非常高，因為這種計畫需要詳細地設計、整合規劃、準備充分的競標文件及多種證照。開發風險也必須包含規劃或核准延遲的損失，特別是跨國合作的計畫，專案公司必須同時與兩個以上的國家政府單位溝通。

(2)興建／完工風險，包括完工延遲風險、興建成本超支風險、重新施工風險、計畫未完工風險、不可抗力風險、工程損失或毀壞風險、責任風險等。完工延遲風險與興建成本超支風險對於 BOT 計畫之投資報酬會產生一定程度的影響；至於計畫未完工風險，則可能造成投資於部分完工基礎設施之資金無法取回。興建及完工風險則依計畫之不同性質及規模大小而異。例如，興建一座核電廠之興建及完工風險可能很高，但興建市區內一般道路則興建及完工風險明顯相對較低。

(3)營運風險，包括其他相關基礎建設風險、技術風險、需求風險、供應風險、營運成本超支風險、管理風險、不可抗力風險、設備損失或毀壞風險、責任風險等。營運風險來自營運績效、收入、物料供給不足等，或營運成本比預期高等。茲將其中幾項重要之營運風險項目說明如下：

a.其他相關基礎建設風險：此類風險與來自計畫以外的設施有關。如 BOT 計畫之臨近道路（高速公路計畫）、傳輸線路（電廠計畫）或是其他相關計畫，但興建權屬其他單位而非專案公

司者。這些設施或計畫雖然不是 BOT 計畫的一部分，但對 BOT 計畫之成敗影響甚大。通常此類風險在跨國 BOT 計畫中更高。

- b.技術風險：此類風險係指 BOT 計畫所需設備發生設計上之缺失所造成的風險。BOT 計畫通常必須符合政府有關當局或計畫產出之簽約購買者所訂定之績效目標，因此一旦計畫所需之設備無法達成原來所要求的績效目標，則專案公司可能面臨需付出金錢賠償或甚至被撤銷特許權之風險。所以 BOT 計畫之設計、建造或設備缺失等都可能是重要的風險，特別是涉及複雜技術的 BOT 計畫案。
- c.需求風險：大部分的 BOT 計畫收入都是以市場消費為基礎，故必須面臨與數量、價格有關之需求風險，若對於 BOT 計畫實際產出之產品或服務之需求低於預期，則該 BOT 計畫之投資報酬率將受影響。由於投資人之負債償還能力係來自於 BOT 計畫之營運收入，因此融資人通常亦會與需求風險連帶有關，除非 BOT 計畫具有地區獨佔性或需求預測非常準確，否則融資人亦將承受相當大的需求風險。
- d.供給風險：此亦為市場風險，可包括兩個影響因素，即數量及價格。有一些 BOT 計畫可能面臨重要原料供給不確定的情形，若原料供給不確定或不足，則 BOT 計畫將可能面臨無法達到績效目標承諾之風險。此外，當原料之供給係由政府或獨占廠商所控制時，則價格的突然增加，對 BOT 計畫之營運會產生負面影響，而構成 BOT 計畫的風險。
- e.管理風險：每一個 BOT 計畫之管理品質乃是其成功的一項重要因素，當 BOT 計畫進入營運期後，如果出現產出無效率或臨時停工等情況，便可能影響 BOT 計畫之營運績效。
- f.不可抗力風險：不可抗力風險係指一些無法控制的意外事件，而導致計畫執行的阻礙，如火災、水災、地震、戰爭等。

#### (4)在開發中國家 BOT 計畫所面臨的特別風險

當投資人參與開發中國家之 BOT 計畫時，應特別注意該國是否具有下列情況及條件，因為如果缺乏這些情況及條件，可能為 BOT 計畫帶來更為嚴重的風險：

- a.該國之貨幣無外幣匯兌的管制並且匯率是公平且穩定的，否則 BOT 計畫將無法滿足國外投資人外匯兌換的需求。
- b.具有足夠的法律系統來支持私人及外資投資 BOT 計畫，包括簽定的合約是否能在一致且可預期的法律環境中執行。
- c.提供給投資人用以備標的資料，如計畫開發背景、需求預測數據等，是可取得且可靠的。
- d.該國境內是否可以找到符合資格的保證簽約人及營運者，若否，則必須有國際認可的保證簽約人及營運者參與共同合作。
- e.該國是否具有適當的運輸系統以供運送計畫建造所需之原料。

本研究將聯合國 BOT 計畫指導原則手冊（UNIDO BOT Guidelines）所研擬之風險確認及分攤工作表列示如表 2.1：

表 2.1 風險確認及分攤工作表

| 風險類別        | 專案公司 | 保險公司 | 其他承包商 | 地主國政府 |
|-------------|------|------|-------|-------|
| 政治風險        |      |      |       |       |
| 政治支持風險      |      |      |       |       |
| 賦稅風險        |      |      |       |       |
| 徵收/國有化風險    |      |      |       |       |
| 強制收買風險      |      |      |       |       |
| 撤銷特許風險      |      |      |       |       |
| 輸出入限制風險     |      |      |       |       |
| 未獲繼續營運核准風險  |      |      |       |       |
| 地主國商業風險     |      |      |       |       |
| 外匯匯兌風險      |      |      |       |       |
| 匯率風險        |      |      |       |       |
| 貶值風險        |      |      |       |       |
| 通貨膨脹風險      |      |      |       |       |
| 利率風險        |      |      |       |       |
| 地主國法律風險     |      |      |       |       |
| 法令變更風險      |      |      |       |       |
| 法令執行風險      |      |      |       |       |
| 拖延賠償計算風險    |      |      |       |       |
| 開發風險        |      |      |       |       |
| 競標風險        |      |      |       |       |
| 規劃延遲風險      |      |      |       |       |
| 核准風險        |      |      |       |       |
| 跨國際風險       |      |      |       |       |
| 興建/完工風險     |      |      |       |       |
| 完工延遲風險      |      |      |       |       |
| 興建成本超支風險    |      |      |       |       |
| 重新施工風險      |      |      |       |       |
| 計畫未完工風險     |      |      |       |       |
| 不可抗力風險      |      |      |       |       |
| 工程損失或毀壞風險   |      |      |       |       |
| 責任風險        |      |      |       |       |
| 營運風險        |      |      |       |       |
| 其他基礎建設有關風險  |      |      |       |       |
| 技術風險        |      |      |       |       |
| 需求風險（數量及價格） |      |      |       |       |
| 供應風險（數量及價格） |      |      |       |       |
| 營運成本超支風險    |      |      |       |       |
| 管理風險        |      |      |       |       |
| 不可抗力風險      |      |      |       |       |
| 設備損失或毀壞風險   |      |      |       |       |
| 責任風險        |      |      |       |       |

資料來源：UNIDO（1996）

## 2.2 BOT 計畫風險特性

BOT 計畫與一般傳統公共建設計畫最大的不同，在於 BOT 計畫所需資金龐大，通常需透過銀行團專案融資方式取得資金，因此提供融資單位亦將承受 BOT 計畫之部分風險，並且以風險的大小作為是否提供 BOT 計畫融資的重要依據。故銀行團對於 BOT 計畫風險的瞭解程度，乃至於學習並接受 BOT 計畫不同於一般傳統公共建設計畫信貸條件之觀念，進而願意分擔 BOT 計畫之部分風險，實為 BOT 計畫是否能夠成功之重要關鍵。

一般而言，BOT 計畫於興建期間並沒有收入發生，但必須先支付龐大的建設經費及利息費用，等到建設完成進入營運階段後，方有現金流入用以支付營運成本及利息費用，並逐期攤還建設成本。因此，BOT 計畫的風險期大致可分為兩個階段：一是相對高風險的計畫興建期，另一是相對低風險的計畫營運期，其風險特性如圖 2.1 所示。

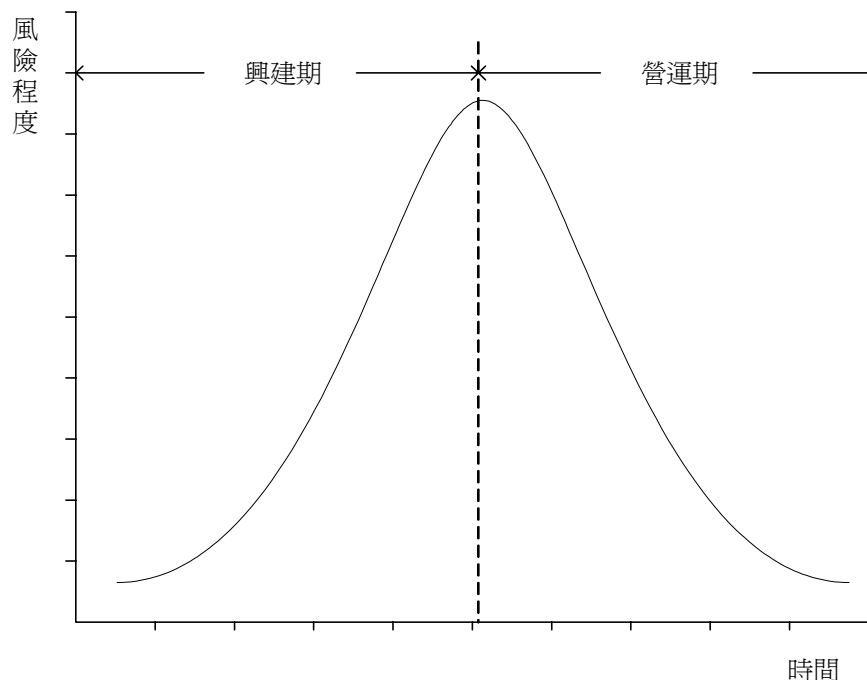


圖 2.1 BOT 計畫風險特性圖

由圖 2.1 可知，當 BOT 計畫開工以後，民間機構需要資金用以

購買興建所需之原料、勞動力及設備，同時融資貸款所需支付的利息費用也開始累加，因此 BOT 計畫的風險程度便開始急遽上昇。當 BOT 計畫興建完成，開始進入營運期時，BOT 計畫所承受的累積風險程度達到最高，因為此時 BOT 計畫之債務負擔達到最高，使得利息支出亦處於高峰時期。當 BOT 計畫依據興建營運合約所訂定之規範開始進入營運期後，民間機構開始產生現金收入，用以支付營運所需成本、償還債務及獲取利潤，此時隨著該建設之順利營運並趨於穩定，BOT 計畫之風險程度逐漸下降。

## 2.3 重大交通建設計畫之風險特徵

目前交通部門積極推動與規劃之交通建設 BOT 計畫，包括「民間參與興建暨營運南北高速鐵路建設計畫」、「民間參與興建暨營運台北港貨櫃儲運中心計畫」、「民間參與桃園航空貨運園區建設計畫」、「民間參與桃園航空客運服務專用區（民航人員訓練中心）建設計畫」、「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運計畫」、「台鐵萬華車站大樓獎勵民間投資開發案」、「民間參與大鵬灣國家風景區建設(BOT)案」、「民間參與三仙台旅館區計畫」、「漁翁島休閒渡假區 BOT 案」、「吉貝休閒渡假旅館及遊憩區 BOT 案」等。其中南北高速鐵路建設計畫不但是我國第一個 BOT 專案計畫，亦為國內規模最大之 BOT 專案計畫。楊澤泉、王欣群（民 88）蒐集整理台灣高鐵公司對台灣南北高速鐵路 BOT 計畫之風險項目及其風險管理策略（如下表 2.2），可供作其他交通建設計畫之經驗及參考。

表 2.2 台灣南北高速鐵路 BOT 計畫之風險項目及管理策略表

|        | 風險項目    | 風險管理策略   |
|--------|---------|--|
| 規劃投資階段 | 投標規劃不完善 | 結合不同產業的企業集團，以達到專業分工之功能。<br>積極與主辦招標單位進行溝通，以對投資計畫有全盤之瞭解。 |
|        | 遴選過程不公正 | 利用媒體及輿論要求政府遴選具專業之甄審委員。                                 |
| 訂定合約階段 | 協商期過長   | 積極與主辦招標單位進行溝通獲致共識，以縮短協商時間。                             |
|        | 資金無法籌足  | 申請行政院經建會之中長期資金。<br>經由興建營運合約要求政府擔保，俾利與銀行團進行協商以取得融資。     |
|        | 合約內容不明確 | 積極與主辦招標單位進行溝通，以澄清合約內容並取得一致之共識。                         |
| 興建階段   | 完工延遲    | 與主辦招標單位合組仲裁委員會，以釐清雙方可能發生之爭議。                           |
|        |         | 提高各項分包工程承包商之資格門檻，避免因不良承包商而延遲完工時程。                      |
|        |         | 訂定獎懲措施以提高承包商施工進度與品質。                                   |
|        |         | 收集管線遷移等資料，以加快工程進度。                                     |
|        |         | 工程發包採用統包方式，避免工程發包耗時。                                   |
|        |         | 妥善完成工程準備工作，以加速工程進行。                                    |
|        | 設計錯誤或變更 | 委託專業顧問公司負責監督工作。<br>於興建營運與工程相關合約中訂定賠償條款，以減少損失。          |
|        | 資金周轉困難  | 開放大眾認股方式，以利專案公司順利取得資金。                                 |
| 營運階段   | 營收不如預期  | 委託多家專業財務顧問公司行運量預測，以降低預測錯誤之風險。                          |
|        |         | 要求機電系統的商業運轉實績。   |
|        |         | 向國外保險公司投保運量險。  |
|        | 市場競爭改變  | 要求於興建營運合約中訂定未來一定期間內不興建第二項相同建設之保證。                      |
|        | 工程品質不佳  | 於與承包商之工程合約中加入保證金的設計。                                   |
|        | 費率無法調整  | 於興建營運合約中訂定合理之費率調整機制。                                   |
|        | 營運績效不佳  | 由民間機構聯盟負責培訓營運管理人才。<br>吸取國外高速鐵路營運經驗。                    |



表 2.2 台灣南北高速鐵路 BOT 計畫之風險項目及管理策略表（續）

|                  | 風險項目   | 風險管理策略  |
|------------------|--------|---|
| 全<br>程<br>風<br>險 | 政治風險   | 於興建營運合約中列入除外情事條款。<br>成立仲裁委員會。                       |
|                  | 通貨膨脹風險 | 於興建營運合約中載明費率可依通貨膨脹率調整。<br>與原料供應商及相關單位簽訂固定價格合約以分攤風險。 |
|                  | 利率風險   | 融資貸款採用浮動利率。<br>到海外發行金融商品。                           |
|                  | 匯率風險   | 儘量使用本國貨幣。<br>到海外發行金融商品。                             |
|                  | 法律風險   | 加強與政府溝通並運用政治關係，以降低法律環境的不確定性。                        |
|                  | 天災     | 加強工程結構體的防災能力。                                       |
|                  | 人為疏失   | 投保公共意外險。  |
|                  | 民眾抗爭   | 加強與民眾溝通以儘可能防杜民眾抗爭事件發生。                              |

資料來源：楊澤泉、王欣群（1999）

## 2.4 BOT 計畫風險項目架構

根據上述各節之分析及我國交通建設計畫之特性，本研究提出交通建設 BOT 計畫所可能面臨之全部風險如表 2.3，並將各項風險項目予以分類，以供各類交通建設計畫初步確認可能之風險項目，作為 BOT 計畫可行性分析及事前篩選之依據。

表 2.3 BOT 計畫風險項目表

| 風險類別   | 風險項目        | 說明  |
|--------|-------------|---|
| 不可抗力風險 | ●不可抗力風險     | ⇨異常天候，例如異常之低溫、高溫、降雨、洪水、暴風雨等。<br>⇨地震、海嘯、火山活動、火災等不可抗力之意外災害。<br>⇨發生戰爭、革命、內戰、叛變等事件。<br>⇨發生國內全面性罷工事件。<br>⇨重要原料進口國家發生全面性罷工事件。 |
| 政治風險   | ●政治支持風險     | ⇨由於政治環境改變或其他因素導致政府不再支持該 BOT 計畫。   |
|        | ●政府承諾事項延遲風險 | ⇨政府單位由於管理不善或其他原因導致延遲交付所有或部分承諾提供予特許公司之資金、土地、車站、土建工程、電力供應等。   |
|        | ●賦稅風險       | ⇨政府大幅提高稅率、關稅或其他稅捐。  |
|        | ●強制徵收或收買風險  | ⇨政府強制徵收或收買特許公司所興建或營運之資產及設備。   |
|        | ●輸出入限制風險    | ⇨由於政治因素導致政府限制特許公司之原料、設備及技術等之輸出或輸入。  |
|        | ●未獲繼續營運核准風險 | ⇨由於政治環境改變或其他因素導致特許公司未獲核准繼續營運之特許權。   |
| 法律風險   | ●法令修訂延遲風險   | ⇨由於政府 BOT 計畫相關法令修訂延遲、變更或難以執行導致特許公司無法推動 BOT 計畫。  |
|        | ●法令變更風險     |   |
|        | ●法令執行風險     |   |
|        | ●拖延賠償計畫風險   | ⇨由於政府拖延對特許公司之賠償導致計畫難以繼續推動。  |
| 財務風險   | ●融資風險       | ⇨特許公司無法取得融資或因外匯管制、匯率變動、貨幣貶值、利率變動及通貨膨脹所造成之風險。  |
|        | ●外匯匯兌管制風險   |   |
|        | ●匯率變動風險     |   |
|        | ●貨幣貶值風險     |   |
|        | ●利率變動風險     |   |
|        | ●通貨膨脹風險     |   |

表 2.3 BOT 計畫風險項目表（續）

| 風險類別   | 風險項目        | 說明   |
|--------|-------------|--|
| 開發風險   | ●競標風險       | ⇒特許公司因參與 BOT 計畫之評選可能面臨投標前規劃延遲風險、投標後之競標風險與核准風險、主辦政府機關評選時之遴選不公風險等。若為國外之 BOT 計畫則特許公司尚可能面臨跨國際風險。 |
|        | ●規劃延遲風險     |  |
|        | ●核准風險       |  |
|        | ●跨國際風險      |  |
|        | ●遴選不公風險     |  |
|        | ●設計不當風險     | ⇒由於設計或施工不良導致土建結構物或運輸系統無法啟用。  |
| 興建完工風險 | ●完工延遲風險     | ⇒特許公司於興建期因工程無法完工、未能如期完工或工程不符標準需重新施工所造成之風險。   |
|        | ●計畫未完工風險    |  |
|        | ●重新施工風險     |  |
|        | ●成本超支風險     | ⇒特許公司於興建期因成本超支、工程損失或毀壞所造成之風險。  |
|        | ●工程損失或毀壞風險  |  |
|        | ●責任風險       | ⇒特許公司於興建期對相關單位或人員遭受傷害或損失所負有之賠償責任風險。  |
|        | ●環境保護風險     | ⇒因施工干擾環境以致增加額外支出或工程進度落後之風險。  |
| 營運風險   | ●其他基礎建設有關風險 | ⇒例如由於其他運具競爭或與其他運輸系統連結不佳導致運量不足之風險。  |
|        | ●技術風險       | ⇒特許公司於營運期因運輸系統技術不足所造成之風險。  |
|        | ●需求風險       | ⇒運輸系統因服務品質不佳、票價過高等因素導致運量不足之風險。   |
|        | ●管理風險       | ⇒特許公司因決策過程或程序不當導致營運效率不佳之風險。  |
|        | ●成本超支風險     | ⇒特許公司於營運期因成本超支、營運設備損失或毀壞所造成之風險。  |
|        | ●設備損失或毀壞風險  |  |
|        | ●責任風險       | ⇒特許公司於營運期對相關單位或人員遭受傷害或損失所負有之賠償責任風險。  |
| 移轉風險   | ●移轉資產點交風險   | ⇒移轉資產規定不清楚、有爭議、或與合約不符。   |
|        | ●移轉資產重置風險   | ⇒移轉之機具、設備、系統等需大額投資以進行維修或更新。  |
|        | ●營運人員移轉風險   | ⇒人員不願移轉，需大量投資以訓練新進人員。  |

資料來源：本研究整理。

除上表所列之 BOT 計畫全面性風險外，本研究另依 BOT 計畫之籌辦、興建、營運及移轉等四階段，分別列出各階段之風險，以作為

BOT 計畫之風險項目事後監控制度建立之依據。各階段之風險項目如表 2.4、表 2.5、表 2.6、表 2.7 所示。

表 2.4 籌辦階段風險項目表

| 籌辦階段風險項目 |   |
|----------|---|
| 風險類別     | 風險項目  |
| 不可抗力風險   | ●不可抗力風險   |
| 政治風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●政治支持風險</li> <li>●政府承諾事項延遲風險</li> <li>●賦稅風險</li> <li>●輸出入限制風險</li> </ul> |
| 法律風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●法令修訂延遲風險</li> <li>●法令變更風險</li> <li>●法令執行風險</li> </ul>                   |
| 財務風險     | ●融資風險   |

資料來源：本研究整理。

表 2.5 興建階段風險項目表

| 興建階段風險項目 |   |
|----------|---|
| 風險類別     | 風險項目  |
| 不可抗力風險   | ●不可抗力風險   |
| 政治風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●政治支持風險</li> <li>●政府承諾事項延遲風險</li> <li>●賦稅風險</li> <li>●強制徵收或收買風險</li> <li>●輸出入限制風險</li> </ul>                               |
| 法律風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●法令修訂延遲風險</li> <li>●法令變更風險</li> <li>●法令執行風險</li> <li>●拖延賠償計畫風險</li> </ul>  |
| 財務風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●融資風險</li> <li>●外匯匯兌管制風險</li> <li>●匯率變動風險</li> <li>●貨幣貶值風險</li> <li>●利率變動風險</li> <li>●通貨膨脹風險</li> </ul>                    |
| 興建完工風險   | <ul style="list-style-type: none"> <li>●完工延遲風險</li> <li>●計畫未完工風險</li> <li>●重新施工風險</li> <li>●成本超支風險</li> <li>●工程損失或毀壞風險</li> <li>●責任風險</li> <li>●環境保護風險</li> </ul> |

資料來源：本研究整理。

表 2.6 營運階段風險項目表

| 營運階段風險項目 |  |
|----------|--|
| 風險類別     | 風險項目   |
| 不可抗力風險   | ●不可抗力風險  |
| 政治風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●政治支持風險</li> <li>●政府承諾事項延遲風險</li> <li>●賦稅風險</li> <li>●強制徵收或收買風險</li> <li>●輸出入限制風險</li> <li>●未獲繼續營運核准風險</li> </ul>       |
| 法律風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●法令修訂延遲風險</li> <li>●法令變更風險</li> <li>●法令執行風險</li> <li>●拖延賠償計畫風險</li> </ul>   |
| 財務風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●融資風險</li> <li>●外匯匯兌管制風險</li> <li>●匯率變動風險</li> <li>●貨幣貶值風險</li> <li>●利率變動風險</li> <li>●通貨膨脹風險</li> </ul>                 |
| 營運風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●其他基礎建設有關風險</li> <li>●技術風險</li> <li>●需求風險</li> <li>●管理風險</li> <li>●成本超支風險</li> <li>●設備損失或毀壞風險</li> <li>●責任風險</li> </ul> |

資料來源：本研究整理。

表 2.7 移轉階段風險項目表

| 移轉階段風險項目 |  |
|----------|--|
| 風險類別     | 風險項目   |
| 不可抗力風險   | ●不可抗力風險  |
| 政治風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●政治支持風險</li> <li>●政府承諾事項延遲風險</li> <li>●賦稅風險</li> <li>●強制徵收或收買風險</li> <li>●輸出入限制風險</li> <li>●未獲繼續營運核准風險</li> </ul> |
| 法律風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●法令修訂延遲風險</li> <li>●法令變更風險</li> <li>●法令執行風險</li> <li>●拖延賠償計畫風險</li> </ul>   |
| 財務風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●融資風險</li> <li>●外匯匯兌管制風險</li> <li>●匯率變動風險</li> <li>●貨幣貶值風險</li> <li>●利率變動風險</li> <li>●通貨膨脹風險</li> </ul>           |
| 移轉風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>●移轉資產點交風險</li> <li>●移轉資產重置風險</li> <li>●營運人員移轉風險</li> </ul>  |

資料來源：本研究整理。

## 第三章 風險評估方法與風險分攤準則

### 3.1 風險評估方法

有關風險評估之相關研究大致可分為兩類，即傳統模式（即機率分析）與概念模式（即模糊集合分析）（Kangeri and Riggs,1989），分別說明如下：

#### 1.傳統模式

傳統（機率）模式係以傳統統計之期望值（Expected Value）與變異數（Variance）為基礎，或令風險之分布呈某一分配機率函數，俾進行各種狀況下之風險分析。其中損失期望值用以表示風險之期望值；變異數為事件與期望狀況偏離之程度，可用以表示風險之大小程度。Jia and Dyer (1996)、Markowitz (1959,1987)、Stone (1973)等研究，均曾以期望值與變異數為基礎發展其風險衡量模式。

Markowitz (1959,1987)用變異數來衡量風險，構建一個平均變異數（Mean-Variance）模式提供選擇有價證券決策使用，該模式乃在特定平均報酬水準下，求取變異數之極小化，亦即決策法則為相同報酬水準下，選擇風險較小之方案。該模式在使用上有若干限制，即投資者之效用函數必須為二次式或報酬之聯合分配為常態分配，但這些條件在實務上通常無法滿足，故造成其模式適用範圍小之缺點。

Jia and Dyer (1996)則提出一個較一般化的風險衡量模式，其適用範圍較廣，許多早期提出之模式皆可視為該模式之特例狀況；且該模式可與期望效用理論相結合，將風險衡量融入期望效用模式之中。

風險期望值以事件機率乘以事件損失表示時，則其事件機率為風險值之決定變數，而機率資訊依其取得方式可分為客觀機率與主觀機率，前者依據歷史資料之統計或先驗知識獲得，後者則可以專家問卷、試誤（Try and Error）、模擬（Simulation）等方法取得機率資訊。實務上由於風險事件之資料取得不易，故多以主觀機率為衡量模式應



用之主流，其中 Pouliquen (1970)曾以試誤法逐步將機率指派予各事件、Perry et al(1985)則以蒙地卡羅 (Monte Carlo) 模擬法模擬計畫之內部報酬率。

期望值與變異數資訊之取得，除上述方法外，另有以百分位數估計而得者。例如 Pearson and Tukey (1965)建立估計關係式，以第 5、第 50 與第 95 百分位數估計期望值與標準差，其方法經由 Keefer and Bodily (1983)比較諸多估計期望值與標準差之模式效果後，評定為較精確之估計方法；而 Wahdan et al. (1995)應用 Pearson and Tukey 之估計關係式求取期望值與變異數，以構建運輸設施民營化工程風險衡量架構，並以淨現值法估計計畫之風險總值，再假設各風險變數之變動範圍作敏感度分析，求取風險淨現值之可能變動範圍。

## 2.概念模式

概念性模式係鑑於風險本質難以預知，無法確定其平均值／變異數與分配型態，而以主觀認知方法（模糊理論或分析層級方法），進行風險評估。Paek et al.(1989)即應用模糊理論建構在計畫風險下之競標價格函數，係由專家判斷或歷史資料，將風險以模糊理論量化，並建構因應之風險管理策略，再重新評估風險總值，俾作為競標價格研擬之依據。Mausatafa(1991)以 AHP 方法建構計畫風險評估模式，其將計畫風險分為不可抗力、實體、財務經濟、政治環境、設計及區位等標的，再依據各標的研擬 5 至 7 項準則，並以問卷調查方式，建立權重，以評估計畫總風險為高、中或低，俾供作計畫是否執行之參考。

由上述風險評估分析之文獻知，傳統性模式多利用平均值／變異數、機率密度函數或百分位數等指標，以試誤法或模擬法分析目標函數（總損失成本或總負效用值）之變化情形。鑑於傳統模式必須作「各類風險之詳細資訊均可得」、「且參與者之決策行為均能掌控預測」等不合理之假設，概念性模式以專家認知與判斷為出發，考量風險本身之模糊性，並利用模糊理論或分析層級方法建構風險評估架構。由於本研究擬建構篩選標準，以評估計畫是否適合採 BOT 方式進行，其

評估時期係在計畫之可行性研究階段，其評估風險所需資料無法完整獲得與估計。因此，本研究擬以模糊理論建構各類風險函數，並以模糊層級分析方法（Fuzzy Analytical Hierarchy Process），評估各類風險之相對重要程度，並予以整合，以作為評估計畫整體風險可行性之依據。

## 3.2 風險分攤準則

為確保計畫之成功，BOT 計畫在風險確定後，必須有效地加以分攤與管理這些風險，特別是有關 BOT 計畫之融資取得方面，因為對於融資機構而言，明確的風險分攤架構與管理機制，能夠有效提高其提供融資之意願。有關風險分攤定量分析之相關研究，Levitt, Ashley and Logcher (1980) 曾提出以樹形決策分析方法分別構建專案公司與主辦機關之效用函數，並求取在雙方可接受風險程度下之效用最大值，此時即為 BOT 計畫風險支出成本達到最小之均衡狀態。而在風險分攤定性分析之相關研究方面，世界各國 BOT 計畫之案例，均曾有學者針對風險分攤方式進行資料整理與分析，雖然 BOT 計畫的風險分攤與管理依各計畫而異，聯合國 BOT 指導手冊（UNIDO, 1996）已提出一些分攤之基本原則。

### 3.2.1 風險分攤原則

BOT 專案風險之分攤，宜考量下列三大原則：

#### 1. 考量整體效益

參與 BOT 專案的各單位與公司均會積極地尋求其本身風險之降低，惟風險之分攤須著重整體效益之考量、尋求整體效率之提昇；亦即在考量監控之方便性、影響層面等因素後，須將特定之風險交與最適合解決該風險問題之一方承擔，期使整體效益最佳化。

#### 2. 風險確認與合理分攤

專案之所有風險必須能加以確認，並提出適當之分攤與管理策略；另須善用財務資源與合約機制，達成風險分攤與管理之目的。

### 3. 謹慎衡量評估風險，避免過於樂觀

BOT 專案風險之評估不免有許多難以量化之因素，各方對於風險之評估宜基於專業判斷審慎為之，避免過於樂觀之估計，以求得穩固之風險架構。

#### 3.2.2 風險管理方法

本研究依 2.3 節之 BOT 計畫風險類別，研擬各類別風險之管理方法如下：

1. 不可抗力風險：運用保險機制，例如投保重大天然災害保險。
2. 政治風險：
  - (1) 協議將政策變更等政治事件納入契約條款中之不可抗力事件，由政府提出相關補救措施。
  - (2) 分散股權以發揮政治槓桿力量、降低政治風險。
  - (3) 與具有官方性質之國際多邊金融機構合作，以增加單方面政策變更之成本、降低政策變更之可能性。
  - (4) 運用保險機制，例如投保政治風險保險。
3. 法律風險：協議將法令修訂延遲、法令變更、法令執行等事件納入契約條款中之不可抗力事件，由政府提出相關補救措施。
4. 財務風險：
  - (1) 降低債權/股權比率，以減輕計畫財務負擔。
  - (2) 由政府分擔部分匯率波動風險。
  - (3) 專案公司可採期貨合約方式降低部分之市場利率波動風險。
  - (4) 設置償債基金或安排備用信用貸款，以防短期盈收不足。

- (5) 利用貸款契約條款控制財務風險：例如擔保額度限制、規定專案公司之最低償債比例等。

#### 5.興建完工風險：

- (1) 慎選營造廠商及系統供應廠商。
- (2) 要求廠商提供完工保證，契約明訂逾期完工違約罰款方式，並可設定提前完工獎金制度。
- (3) 安排備用信用貸款並預留充足之工程準備金，以防突發事件及成本超支。
- (4) 運用保險機制，例如投保工程全險、工程事故等保險。
- (5) 由於法律、政治、或政府應辦事項因素所造成之工程延遲，宜由政府提出補救之道。

#### 6.營運風險：

- (1) 對於營運所需物料及零件之取得、系統之維護，簽訂長期穩定之供給合約。
- (2) 尋求長期穩定之客戶：例如買方可與電廠簽訂長期購電協議書、運輸系統可推出常客優惠專案，以穩定營運收入。
- (3) 請公正客觀之第三團體針對市場調查報告進行評估。
- (4) 於合約中規範自動調價公式，以防供給要素成本、利率、匯率等波動及政治介入調價程序。
- (5) 運用保險機制，例如投保營運事故損害、天然災害等保險。



## 第四章 風險衡量與綜整方法

### 4.1 風險衡量方法

在 BOT 計畫之推動過程中，某些意外事件之發生機率高，但所造成之損失小，其風險不大。某些意外事件雖然發生後會造成嚴重損害，但因發生機率甚低，其風險亦不大。足見意外事件之風險程度係包括事件之發生機率與事件造成影響等兩部份。即可將風險表示為：

$$Risk[E_i(x)] = Poss[E_i(x)] \times Loss[E_i(x)] \quad (4.1)$$

$Risk[\cdot]$  表風險函數。

$Poss[\cdot]$  表發生機率（或可能性）函數。

$Loss[\cdot]$  表造成損失函數。

其中， $E_i(x)$  表第  $i$  個事件發生  $x$  狀況。以興建期之完工延遲風險為例，若完工延遲為 2 年，則完工延遲為  $E_d(x)$ ， $d$  表示完工延遲事件，而  $x=2$  年。

至於計畫整體之風險  $TR$ ，則以下式表之：

$$TR = \sum_i \sum_x Risk[E_i(x)] \quad (4.2)$$

然而，在 BOT 計畫推動過程中之風險評估與監控，在各階段有不同之重點與方式，不一定要同時考量所有意外事件之發生機率與造成損失。例如，先期規劃時之 BOT 可行性評估，對於風險評估方面，政府應同時考量發生機率與造成影響，俾作為決定是否採 BOT 方式推動之依據。但當 BOT 計畫已與特許公司簽約後，風險監控之重點則轉為重視意外事件發生後，評估其所可能造成之影響及損失，俾作為採行補救措施或廢止特許公司特許權利之依據。本研究分別就此 BOT 計畫執行前後之風險衡量方法說明如下：

#### 4.1.1 BOT 計畫執行前之風險衡量方法

BOT 計畫執行前之風險衡量方法兼重各項風險之發生機率與造成損失。依第三章之分析知，風險之衡量方法一般可分為統計法、百分位數法及模糊衡量法等。鑑於各 BOT 計畫之獨特性，顯難覓得足

量歷史參考資料進行統計分析，因此，本研究建議由各風險類別之專家學者進行風險評估與衡量，並利用模糊集合理論處理人為認知與判斷之模糊性與不確定性問題。至於前述專家學者之遴聘、組成與風險評估程序，建議由主辦單位依 BOT 計畫之風險性質遴聘各該領域之專家學者，成立「風險評估與監控委員會」，俾藉由學者專家之專業素養進行 BOT 計畫之風險評估。

由於 BOT 計畫事前評估時，所考量之風險項目可能多達數十項，且此階段多僅為先期規劃階段，各項資訊仍十分缺乏，因此對各意外事件發生之可能性僅能作初步之評估，亦即僅就意外事件整體發生 ( $E_i(\cdot)$ ) 可能性加以概估，無法再針對各意外事件發生時之狀況 ( $x$ ) 加以細部評估。因此，對於各意外事件發生之可能性，本研究以五個語意等級進行評估，如圖 4.1 所示。由圖 4.1 知，此五個語意等級係以三角模糊數表示其函數型式為  $F(l,c,r)$ ， $l,c,r$  分別表三角模糊數之左端點、頂點及右端點。其中，極不可能發生之模糊數可表為  $F(0,0,0.25)$ 、不可能發生之模糊數可表為  $F(0,0.25,0.5)$ 、普通之模糊數可表為  $F(0.25,0.5,0.75)$ 、可能發生之模糊數可表為  $F(0.5,0.75,1)$ 、極可能發生之模糊數可表為  $F(0.75,1,1)$ 。

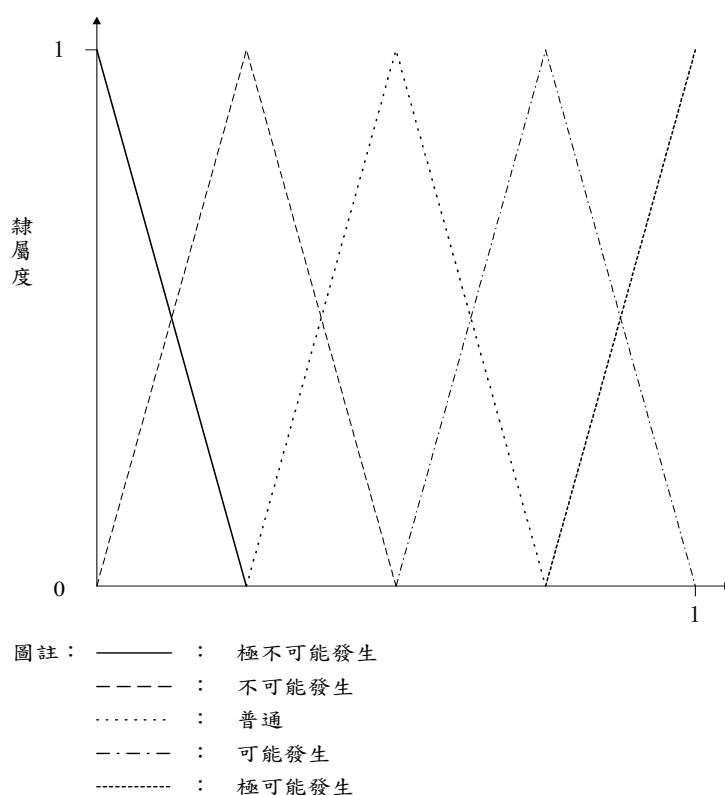


圖 4.1 各風險項目發生可能性之五個語意等級

各該風險項目之委員則分別以此五個語意等級進行評估。同一風險項目若有一位以上委員之評估結果，則將其評定三角模糊數之三端點加以平均。例如，若對於完工延遲風險有三位委員分別評定為不可能發生、普通與不可能發生，則其三角模糊數之左端點、頂點及右端點分別為 $(0+0.25+0)/3$ 、 $(0.25+0.5+0.25)/3$ 、 $(0.5+0.75+0.5)/3$ ，即模糊數成為  $F(0.08,0.33,0.58)$ ，其模糊數以圖形可表為：

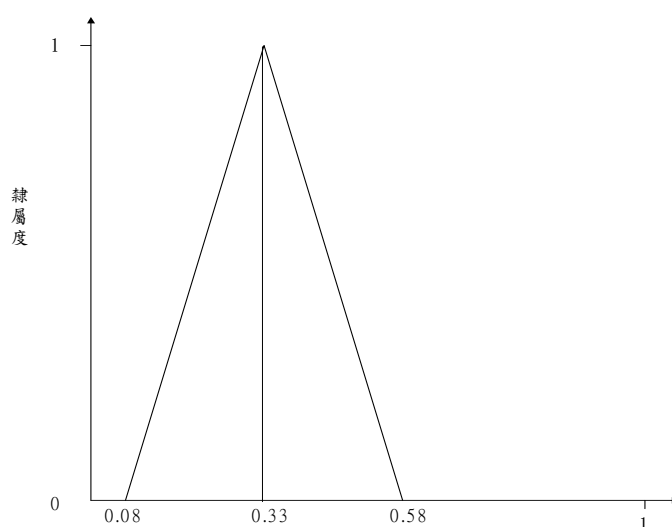


圖 4.2 完工延遲發生可能性之評估

由其三角模糊數之左端點、頂點及右端點為  $F(0.08,0.33,0.58)$ 可知，經評估完工延遲發生可能性介於「不可能發生」與「普通」之間。至於各意外事件所可能造成之損失，本研究將與各風險項目之綜整（即於 4.2.1 節）中一併加以考量。

#### 4.1.2 BOT 計畫執行後之風險衡量方法

BOT 計畫簽約後，除延續前節之風險評估方法與架構，對於風險管理繼續進行監控之積極目的外，亦必須針對意外事件一旦發生後，應立即詳細評估其嚴重性，並據以研提必要處理措施。前者之積極目的可藉由前節之風險評估方法達成，在此不再贅述，本節將詳述後者之消極目的。

如前述，所謂消極目的係當意外事件已發生後，再進行評估，期於意外事件發生初期即能加以處理，以避免事態擴大。因此，在此一



消極目的下，政府對風險評估與管理之角色，由對於風險發生可能性與造成損失兩者兼重之狀況，改為單方面僅重視意外事件發生後可能造成之損失與影響。而且，由於 BOT 計畫簽約執行後，特許公司、融資機構、保險公司及工程承包商及機電廠商等均已告確定，故此階段所具備之資訊較為充分，足供作為詳細衡量各項風險之參考。而且，經由明確之風險衡量，方能在 BOT 計畫中各單位間複雜之契約關係下，據以執行風險監控措施，而不致引起爭議。

因此，「風險評估與監控委員會」之各位委員進行風險評估時，必須針對各意外事件發生某狀況後 ( $E_i(x)$ )，判斷其可能造成之影響。例如，以一交通建設 BOT 計畫之特許期間為 35 年（興建期 5 年，營運期 30 年）為例。就其完工延遲風險而言，可利用下列問題徵詢該領域學者專家之認知意見：

問題：請您就本計畫於興建期間發生完工延遲時，影響本計畫順利進行之嚴重程度，填列可能之隸屬度：

| 風險項目 | 語意等級 |    |    |    |     |
|------|------|----|----|----|-----|
| 完工延遲 | 極輕微  | 輕微 | 普通 | 嚴重 | 極嚴重 |
| 半年   |      |    |    |    |     |
| 1 年  |      |    |    |    |     |
| 1 年半 |      |    |    |    |     |
| 2 年  |      |    |    |    |     |
| 2 年半 |      |    |    |    |     |
| 3 年  |      |    |    |    |     |
| 3 年半 |      |    |    |    |     |
| 4 年  |      |    |    |    |     |
| 4 年半 |      |    |    |    |     |
| 5 年  |      |    |    |    |     |
| .    |      |    |    |    |     |
| .    |      |    |    |    |     |
| .    |      |    |    |    |     |

說明：每位委員分別針對完工延遲特定年期，對本計畫推動之影響，評定其五個語意等級之隸屬程度。隸屬程度以 0-1 間之小數表之，1 表隸屬程度最高，0 表隸屬程度最低。

假設 3 位土建專家（A 委員、B 委員、C 委員）詳閱本計畫施工相關文件及工程承包商之資歷後，填列表格如后：

表 4.1 完工延遲對計畫推動影響程度之評估（土建領域 A 委員）

| 風險項目 | 語意等級 |     |     |     |     |
|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 完工延遲 | 極輕微  | 輕微  | 普通  | 嚴重  | 極嚴重 |
| 半年   | 1    | 0.7 | 0.4 | 0   | 0   |
| 1 年  | 0.8  | 1   | 0.8 | 0.4 | 0   |
| 1 年半 | 0    | 0.9 | 1   | 0.7 | 0.2 |
| 2 年  | 0    | 0.5 | 0.7 | 1   | 0.2 |
| 2 年半 | 0    | 0   | 0.4 | 0.7 | 1   |
| 3 年  | 0    | 0   | 0   | 0.4 | 1   |
| 3 年半 | 0    | 0   | 0   | 0.2 | 1   |
| 4 年  | 0    | 0   | 0   | 0.1 | 1   |
| 4 年半 | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 5 年  | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |

表 4.2 完工延遲對計畫推動影響程度之評估（土建領域 B 委員）

| 風險項目 | 語意等級 |     |     |     |     |
|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 完工延遲 | 極輕微  | 輕微  | 普通  | 嚴重  | 極嚴重 |
| 半年   | 0.9  | 1   | 0.8 | 0.3 | 0   |
| 1 年  | 0.8  | 0.9 | 1   | 0.4 | 0   |
| 1 年半 | 0    | 0.6 | 0.9 | 0.2 | 0.1 |
| 2 年  | 0    | 0.3 | 0.8 | 1   | 0.8 |
| 2 年半 | 0    | 0   | 0.2 | 0.4 | 1   |
| 3 年  | 0    | 0   | 0   | 0.2 | 1   |
| 3 年半 | 0    | 0   | 0   | 0.1 | 1   |
| 4 年  | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 4 年半 | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 5 年  | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |

表 4.3 完工延遲對計畫推動影響程度之評估（土建領域 C 委員）

| 風險項目 | 語意等級 |     |     |     |     |
|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 完工延遲 | 極輕微  | 輕微  | 普通  | 嚴重  | 極嚴重 |
| 半年   | 0.7  | 0.9 | 0.6 | 0.2 | 0.1 |
| 1 年  | 0.4  | 0.9 | 1   | 0.2 | 0   |
| 1 年半 | 0.1  | 0.2 | 0.8 | 1   | 0.6 |
| 2 年  | 0    | 0.2 | 0.9 | 1   | 0.9 |
| 2 年半 | 0    | 0   | 0   | 0.2 | 1   |
| 3 年  | 0    | 0   | 0   | 0.1 | 1   |
| 3 年半 | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 4 年  | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 4 年半 | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |
| 5 年  | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   |

取得土建 3 位專家對完工延遲風險之評估結果後，則進一步將各評估結果表之相對應之格位以平均方式，加以綜整，並將各列之隸屬程度依比例調整為最大值為 1，最小值為 0 之模糊數。其結果如表 4.4 及圖 4.3 所示。

表 4.4 完工延遲對計畫推動影響程度之綜合評估

| 風險項目 | 語意等級 |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 完工延遲 | 極輕微  | 輕微   | 普通   | 嚴重   | 極嚴重  |
| 半年   | 1.00 | 1.00 | 0.68 | 0.16 | 0    |
| 1 年  | 0.71 | 1.00 | 1.00 | 0.36 | 0    |
| 1 年半 | 0    | 0.62 | 1.00 | 0.69 | 0.31 |
| 2 年  | 0    | 0.33 | 0.80 | 1.00 | 0.63 |
| 2 年半 | 0    | 0    | 0.20 | 0.43 | 1.00 |
| 3 年  | 0    | 0    | 0    | 0.23 | 1.00 |
| 3 年半 | 0    | 0    | 0    | 0.10 | 1.00 |
| 4 年  | 0    | 0    | 0    | 0.03 | 1.00 |
| 4 年半 | 0    | 0    | 0    | 0    | 1.00 |
| 5 年  | 0    | 0    | 0    | 0    | 1.00 |

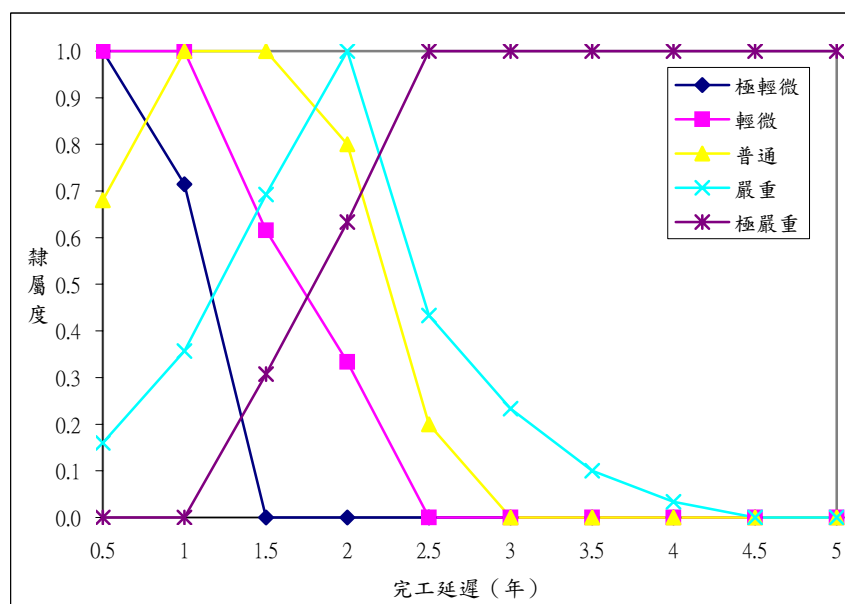


圖 4.3 完工延遲風險之分佈狀況

由圖 4.3 知，若本計畫完工延遲 2 年及 4 年，則其對計畫順利推動之影響嚴重程度，可分別表為：

$$Risk[E_d(2)] = 0/A + 0.33/B + 0.80/C + 1.00/D + 0.63/E$$

$$Risk[E_d(4)] = 0/A + 0/B + 0/C + 0.03/D + 1.00/E$$

其中， $E_d(x)$ 表完工延遲  $x$  年。

A-E 分別表極輕微、輕微、普通、嚴重及極嚴重等五個語意等級。

經由此風險檢核圖，可隨時檢視本計畫推動時，發生完工延遲所造成之嚴重程度，據以研訂必要之措施，達到消極監控風險之目的。

## 4.2 風險綜整方法

### 4.2.1 BOT 計畫執行前之風險綜整方法

由於每一個 BOT 計畫之興建主體、融資狀況、經營能力，甚至所處之政治、金融及社會環境均不相同，因此其風險特性亦各有不同。進行 BOT 計畫事前之風險評估與監控，除針對第四章所列之各項風險，依 4.1.1 節之方法予以評估外，更重要的是如何將各項風險狀況予以綜整，以一風險指標代表 BOT 計畫之整體風險狀況，俾作為該計畫事前評估是否得以 BOT 方式推動之政策參考。

由於層級分析法(Analytical Hierarchy Process)係以系統性方式釐清系統架構、彙整群體偏好並做出適當決策的分析方法，十分適合進行各項風險之彙整，故本研究乃利用此法進行 BOT 計畫執行前之風險綜整。其相互權重即用以代表各項風險所造成之損失。

層級分析法係將構成系統的各项因素分成許多部份，並以階層式的架構將這些因素所組成之部份重新安排，如圖 4.4 所示。接著賦予每一個因素一個數值，以表示主觀判斷上對此因素之相對重視程度，然後綜合這些主觀上的判斷，以決定若干決策或動作執行的優先順序。

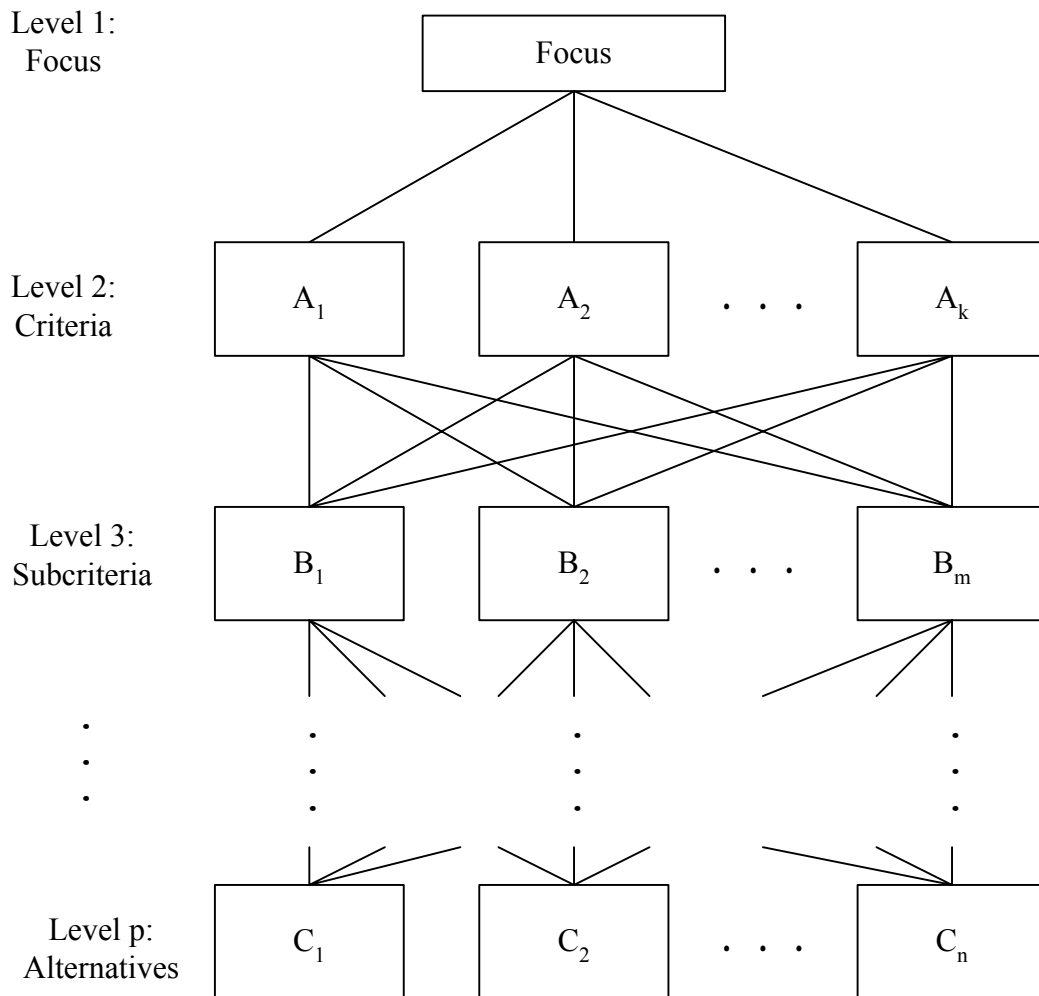


圖 4.4 層級分析架構

Mustafa 和 Al-Barhar[1991]即提出以層級分析法進行計畫風險之評估，該研究將計畫風險分為不可抗力（Acts of God risks）、實體風險（Physical risks）、財經風險（Financial and Economic risks）、政治環境風險（Political and Environmental risks）、設計風險（Design risks）以及區域風險（Job site-related risks）等。其評估架構如圖 5.5 所示。其風險評估步驟為：

步驟一：將計畫之各項風險因素建構成為一層級架構。

步驟二：建立不同風險因素間之相互權重。

以圖 4.5 為例，假設風險項目之相互權重經評估後如表 4.5 所示。

表 4.5 風險類別間之相互權重

| With respect to Goal | F1  | F2  | F3 | Relative Importance |
|----------------------|-----|-----|----|---------------------|
| F1                   | 1   | 3   | 6  | 0.635               |
| F2                   | 1/3 | 1   | 5  | 0.287               |
| F3                   | 1/6 | 1/5 | 1  | 0.078               |

步驟三：綜合並確定計畫整體之風險程度。在此一步驟，計畫整體之風險程度透過層級分析之相對權重彙整成一指標，分為高、中、低三等級，以判斷計畫之風險程度。

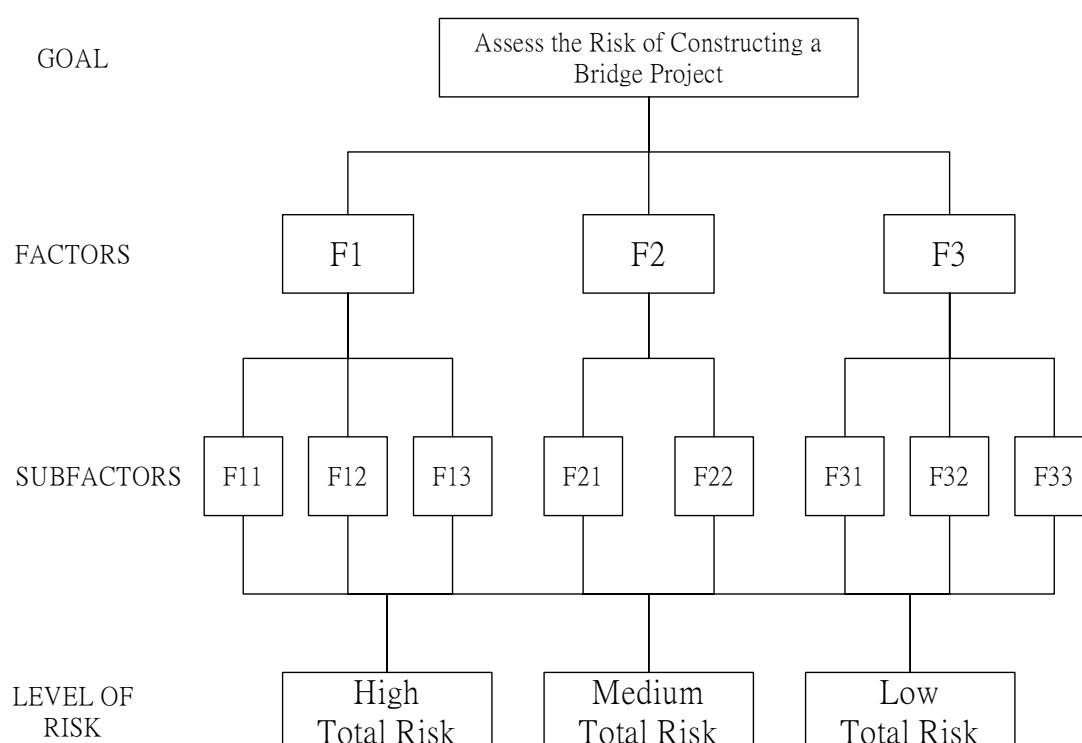


圖 4.5 計畫整體風險之層級分析評估架構

(Mustafa 和 Al-Barhar [1991])

最後，Mustafa 和 Al-Barhar [1991]建議針對分析結果進行敏感度分析，以了解層級結構、準則值或權重值變動對整體風險之影響。

由 Mustafa 和 Al-Barhar [1991]之研究可知，利用層級分析方法確可有效地進行計畫之風險分析與彙整，對於計畫整體風險狀況之了解

頗有助益。因此，本研究亦採此一方法進行 BOT 計畫之篩選與監控。惟與 Mustafa 和 Al-Barhar [1991]之研究主要有以下三點不同：

1. Mustafa 和 Al-Barhar [1991]之研究對象為傳統工程建設計畫，其係以政府角度分析所有工程建設時可能發生之風險，並加以彙整以評估計畫整體風險程度。BOT 計畫除考慮工程建設期間之風險外，尚必須考慮營運期間之風險，且必須分別針對政府與民間機構所承擔之風險加以分析（本研究並不探討政府機關承擔風險之評估與監控）。而政府與民間機構所承擔之風險則必須視兩者議約結果而定。此外，各項風險值之高低亦須視承受者之處理能力而定。
2. Mustafa 和 Al-Barhar [1991]之研究僅以數值代表風險高低，並未納入模糊概念，然各風險項目風險高低之認定，實屬主觀。尤其各項 BOT 計畫均屬唯一且特定，更缺乏足夠歷史資料可供作統計預測分析。因此，惟有利用相關領域（如交通、工程、機電、財務以及金融）專家之專業知識，針對該 BOT 計畫之風險加以評估認定。而此種人類認知行為，充滿模糊性與不確定性，有必要應用模糊理論妥加處理。
3. Mustafa 和 Al-Barhar [1991]之研究係以靜態方式評斷工程計畫之風險程度，惟此種方法應用於 BOT 計畫顯不適當。因為 BOT 計畫涉及規劃設計、招商議約、興建施工、營運管理以及期滿移轉等階段，各階段不僅參與者及工作內容均不相同，且期間動輒達數年至數十年，技術、金融與環保環境均有所變化，宜建立一動態監管制度，隨時因應環境變化加以考核評估。

基此，本研究利用模糊理論，以學者專家之專業認知與判斷，對各風險項目進行評估與衡量。至於各風險項目之綜整（即代表計畫整體之風險程度），則利用層級分析理論，亦由學者專家加以評判。

至於層級分析方法之假設前提、數學模型及操作方式，茲略述如下：

## 1. 假設前提及數學模型

假設對某一決策者而言，其心中對於要素集合  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\}$  存有一加法型之價值函數(value function)，以數學式可表示成：

$$v(Y) = \sum_{i=1}^q w_i y_i \quad \circ$$

接著令

$$w_{ij} = w_i / w_j \quad ,$$

則可定義權重比值矩陣(matrix of weight ratio) $\mathbf{W}$  為：

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1q} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{q1} & w_{q2} & \cdots & w_{qq} \end{bmatrix}_{q \times q}$$

若矩陣  $\mathbf{W}$  滿足：

$$w_{ij} = w_{ji}^{-1} \quad , \quad (4.3)$$

$$w_{ij} = w_{ik} \cdot w_{kj} \quad \text{for } i, j, k \in \{1, 2, \dots, q\} \quad . \quad (4.4)$$

則稱  $\mathbf{W}$  具一致性(consistency)。

由於矩陣  $\mathbf{W}$  中任一列的元素均為第一列元素的常數倍數，因此矩陣  $\mathbf{W}$  的rank數等於1，因此矩陣  $\mathbf{W}$  僅有一個非零的特徵值，且等於  $q$ 。這是因為矩陣  $\mathbf{W}$  中的對角線元素均為1( $w_{ii}=1$ )，並且所有特徵值的和等於所有對角線元素的和( $\sum_{i=1}^q w_{ii}$ )。

根據以上的特性我們可以得到  $(\mathbf{W} - q\mathbf{I})\mathbf{w} = 0$ ，其中  $\mathbf{I}$  為單位矩陣， $\mathbf{w}$  為相對應於矩陣  $\mathbf{W}$  之最大特徵值  $q$  的特徵向量。而且我們可以發現矩陣  $\mathbf{W}$  中的任一行元素均為對應於最大特徵值  $q$  的特徵向量，因此若再透過標準化之程序， $\sum_{i=1}^q w_i = 1$ ，則我們可以決定出唯一的一組對應於最大特徵值  $q$  的特徵向量( $w_i, i=1, \dots, q$ )。



但是由於決策者會隨著所獲得資訊及心理狀態的不斷，而有不斷的主觀認知與判斷，因此我們很難得到一組固定的權重值。於是 Saaty[1977]提出了解決此項目難的方法。

(1)建立如下之  $\mathbf{A}$  矩陣來估計近似矩陣  $\mathbf{W}$ 。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1q} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{q1} & a_{q2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{q \times q}$$

由於  $w_{ij} = w_{ji}^{-1}$ ，因此 Saaty 建議在實務上只需去評估  $a_{ij}$ ，而令  $a_{ji} = a_{ij}^{-1}$  即可。

(2)因為矩陣  $\mathbf{A}$  為矩陣  $\mathbf{W}$  的近似推估，因此若矩陣  $\mathbf{A}$  能幾乎滿足一致性條件，則矩陣  $\mathbf{A}$  之最大特徵值  $\lambda_{\max}$  相對應的特徵向量標準化後，應會非常接近  $w$ 。所以，只要矩陣  $\mathbf{A}$  能幾乎滿足一致性條件，則我們可以利用標準化後矩陣  $\mathbf{A}$  最大特徵值  $\lambda_{\max}$  相對應的特徵向量，來推估近似  $w$ 。

因此應用 Saaty 所提之方法關鍵在於矩陣  $\mathbf{A}$  是否能滿足一致性條件。根據 Saaty 的研究，提出以下之定理。

定理： $\lambda_{\max} \geq q$  的等號成立若且為若矩陣  $\mathbf{A}$  滿足一致性條件。

證明：令  $\hat{w}$  為對應於  $\lambda_{\max}$  之特徵值，則

$$(\mathbf{A} - \lambda_{\max} \mathbf{I})\hat{w} = 0 \quad (4.5)$$

(4.5) 中的第  $i$  行方程式為：

$$\sum_{j=1}^q a_{ij} \hat{w}_j - \lambda_{\max} \hat{w}_i = 0, \text{ 因此}$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^q a_{ij} \hat{w}_j / \hat{w}_i \quad (4.6)$$

將所有方程式  $i$  以 (4.6) 的形式加總起來，其中  $i \in \{1, \dots, q\}$ ，可以得到 (4.7) 式。

$$q\lambda_{\max} = q + \sum_{i=1}^q \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^q a_{ij} \hat{w}_j / \hat{w}_i \quad (4.7)$$

因為  $a_{ji} = a_{ij}^{-1}$ ， $a_{ij} \hat{w}_i / \hat{w}_j = (a_{ij} \hat{w}_j / \hat{w}_i)^{-1}$ ，所以 (4.7) 式又可以寫成 (4.8) 式

$$\lambda_{\max} = 1 + \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q \sum_{j=i+1}^q [a_{ij} \hat{w}_j / \hat{w}_i + (a_{ij} \hat{w}_j / \hat{w}_i)^{-1}] \quad (4.8)$$

已知  $x + x^{-1} = 2 + (x-1)^2 / x$ ，所以若我們令  $x = a_{ij} \hat{w}_j / \hat{w}_i$ ，則 (4.8) 式可寫成

$$\lambda_{\max} = q + \sum_{i=1}^q \sum_{j=i+1}^q (a_{ij} \hat{w}_j - \hat{w}_i)^2 / \hat{w}_i \hat{w}_j a_{ij} q \quad (4.9)$$

觀察 (4.9) 式， $\lambda_{\max} \geq q$  恆成立，且當  $a_{ij} \hat{w}_j = \hat{w}_i$  即  $a_{ij} = \hat{w}_i / \hat{w}_j$  時，則  $\lambda_{\max} = q$ 。而我們知道若  $a_{ij} = \hat{w}_i / \hat{w}_j$  表示矩陣  $\mathbf{A}$  滿足一致性條件。

因此 Saaty 定義一個一致性指標來衡量調查所得到之矩陣  $\mathbf{A}$  是否滿足一致性：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - q}{q - 1} \quad (4.10)$$

其中， $\lambda_{\max} - q = \sum_{i=1}^q \sum_{j=i+1}^q (a_{ij} \hat{w}_j - \hat{w}_i)^2 / \hat{w}_i \hat{w}_j a_{ij} q$ 。

因此，AHP 是一種用來了解複雜系統中，所有組成要素間的結構關係及相對重要程度的一種方法。而要達成確定要素間彼此相對重要程度的目的，便是透過成對比較之方式，求取某一階層下，元素集合中元素的優先順序。而根據之前的分析可知，就從數學模型來看，基本上這就是假設決策者心中存在有一加法型的價值函數，然後設法求取此加法型價值函數中的重要參數「權重值」。而根據 Yu [1985] 的研究，計算此加法型價值函數中權重值的方法有非常多種，而 Saaty 所提之特徵向量法只是其中的一種，至於其他的方法主要包括有：

Cogger and Yu 的特徵向量法、Least-distance approximation methods。

## 2.操作方式

依據上述之 AHP 數學模型，可利用問卷調查「風險評估與監控委員會」之委員對各項風險可能造成損失之意見（即以相互權重表之），並據以彙整依 4.1.1 節之方法所評估各該風險發生之可能性，歸納計算計畫整體風險程度。

以某一 BOT 計畫為例，其風險項目計有財務、工程及營運等三大類，分別各有三項（ $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ ）、二項（ $R_{21}$ 、 $R_{22}$ ）及二項（ $R_{31}$ 、 $R_{32}$ ）風險，合計七個風險項目。其事前風險評估程序如下：

步驟一：主辦機關初步擬定風險項目，並據以聘任各風險領域相關之學者專家，成立「風險評估與監控委員會」。

步驟二：由「風險評估與監控委員會」確認風險項目。

步驟三：由各風險領域相關之委員，依 4.1.1 節之方法進行風險發生可能性評估。

假設評估結果各項風險之發生可能性分別為：

$$Poss(E_{11})=F(0.25,0.50,0.75)、$$

$$Poss(E_{12})=F(0,0,0.25)、$$

$$Poss(E_{13})=F(0.67,0.92,1.00)、$$

$$Poss(E_{21})=F(0.13,0.38,0.63)、$$

$$Poss(E_{22})=F(0,0.25,0.50)、$$

$$Poss(E_{31})=F(0.17,0.42,0.67)、$$

$$Poss(E_{32})=F(0.08,0.33,0.58)。$$

步驟四：由所有委員依 4.2.1 節之層級分析方法評估各風險項目發生時，可能造成損失嚴重程度之相互權重值。

假設評估結果各項風險發生時可能造成損失之嚴重程度分別為：

$$Loss(E_{11})=0.22、$$

$$Loss(E_{12})=0.28、$$

$$Loss(E_{13})=0.14、$$

$$Loss(E_{21}) = 0.16 \text{ ,}$$

$$Loss(E_{22}) = 0.12 \text{ ,}$$

$$Loss(E_{31}) = 0.02 \text{ ,}$$

$$Loss(E_{32}) = 0.06 \text{ .}$$

步驟五：進行各項風險之綜合評估，即依據(4.1)式、(4.2)式加以計算。  
計算結果  $TR = F(0.18, 0.36, 0.58)$ ，以圖形表示則為：

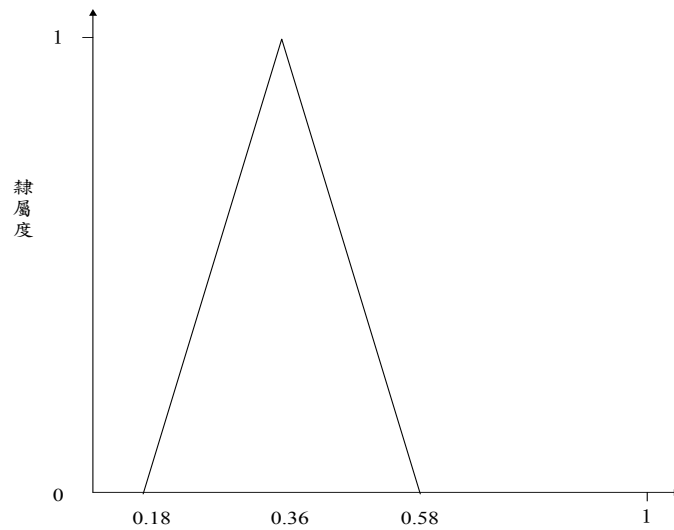


圖 4.6 BOT 計畫執行前之風險綜合評估結果

步驟六：由於上述綜合評估結果為一模糊數，可進一步加以解模糊化 (Defuzzified)。其方法係依據綜合評估所得之模糊數與五個風險高低語意等級之「相異度」(即風險極低、風險低、普通、風險高及風險極高等五級，其模糊數分佈與圖 4.1 同)，判斷其風險高低。「相異度」之計算方法如下：

$$Diff(TR, F_i) = \sqrt{(l_k - l_i)^2 + (c_k - c_i)^2 + (r_k - r_i)^2} \quad (4.11)$$

其中， $l_k$ 、 $c_k$ 、 $r_k$  分別為綜合評估所得三角模糊數之左、頂及右三個端點。

$l_i$ 、 $c_i$ 、 $r_i$  分別為第  $i$  個語意等級三角模糊數之左、頂及右三個端點。

$Diff(TR, F_i)$  為綜合評估所得模糊數與第  $i$  個語意等級模糊數之「相異度」。

計算結果得： $Diff(TR, F_1)=0.52$ 、 $Diff(TR, F_2)=0.22$ 、 $Diff(TR, F_3)=0.23$ 、 $Diff(TR, F_4)=0.66$ 、 $Diff(TR, F_5)=0.96$ 。其中，以  $Diff(TR, F_2)$  之值最小，顯示綜合評估所得模糊數與「風險低」模糊數之「相異度」最小，即可評定本計畫之風險程度低，具備以 BOT 方式推動之可行性。

## 4.2.2 BOT 計畫執行後之風險綜整方法

如 4.1.2 節所述，BOT 計畫執行後之風險評估與監控分為積極及消極兩種目的。其中，積極目的之風險評估與綜整方法，基本上與 4.1.1 節及 4.2.1 節之方法相同，惟因其必須針對興建、營運及移轉等各階段分別加以評估，並定期更新，俾符合動態風險監控之目的，故其風險項目可能較少，且因 BOT 計畫簽約後，特許公司、融資機構、保險公司、工程承包商及機電廠商均已確定，相關資訊較事前更為充分，故專家學者可作較精確之評估。

至於消極目的之風險監控，則依 4.1.2 節意外事件發生時發生之影響程度衡量方法，加以評估。若同時發生數項意外事件，則利用最大（max）、最小（min）及平均（avg）等三項運算元（operator），將各意外事件之影響程度予以彙整，以避免各意外事件未必相互獨立之問題。本研究採較保守之方式，對於各風險項目屬於「極輕微」及「輕微」兩語意之隸屬度以取最小方式彙整；對於各風險項目屬於「普通」語意之隸屬度以平均方式彙整；對於各風險項目屬於「嚴重」及「極嚴重」兩語意之隸屬度以取最大方式彙整，即：

$$\bar{\mu}_A = \min_{i \in I} \{\mu_{iA}\} ;$$

$$\bar{\mu}_B = \min_{i \in I} \{\mu_{iB}\} ;$$

$$\bar{\mu}_C = \text{avg}_{i \in I} \{\mu_{iC}\} ;$$

$$\bar{\mu}_D = \max_{i \in I} \{\mu_{iD}\} ;$$

$$\bar{\mu}_E = \max_{i \in I} \{\mu_{iE}\} .$$

其中， $\mu_{iA}$  表第  $i$  個風險項目隸屬於 A（即「極輕微」之語意集合）之隸屬度。

$\bar{\mu}_A$  表經綜整後隸屬於 A（即「極輕微」之語意集合）之隸屬度。

以某一交通建設 BOT 計畫為例，其消極風險監控措施之操作方式與步驟說明如下（以興建期為例）：

步驟一：由主辦機關初步擬定興建期間之風險項目，並據以聘任各風險領域相關之學者專家，成立「風險評估與監控委員會」。

步驟二：由「風險評估與監控委員會」確認風險項目。假設興建期間之風險項目計有完工延遲、成本超支及設計變更等三項風險，分別為  $E_1(x)$ 、 $E_2(y)$  及  $E_3(z)$ 。

步驟三：由各風險領域相關之委員，依 4.1.2 節之方法評估上述三項風險發生某狀況時，對本計畫順利執行之影響程度，結果分別如圖 4.3、圖 4.7 及圖 4.8。

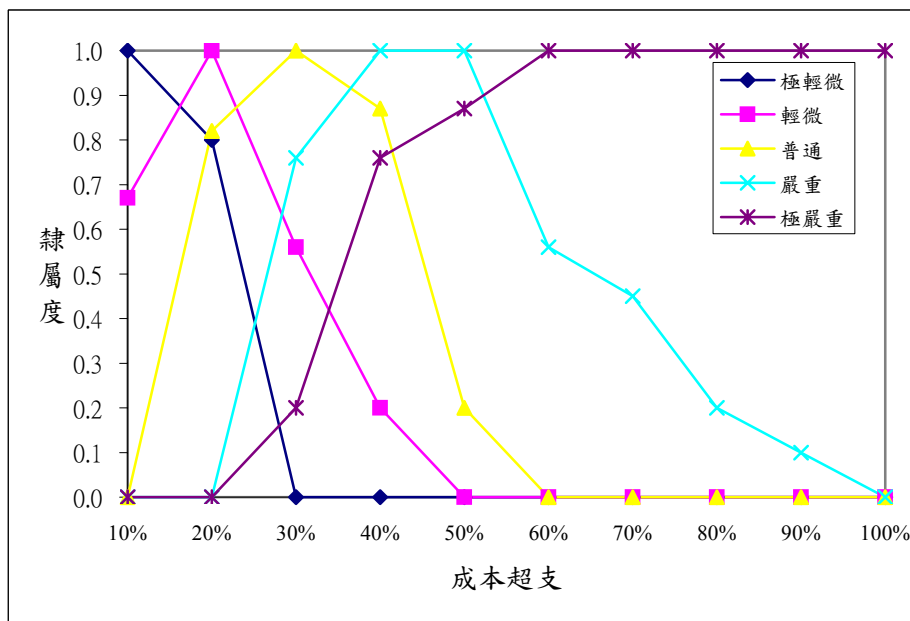


圖 4.7 成本超支風險之分佈狀況

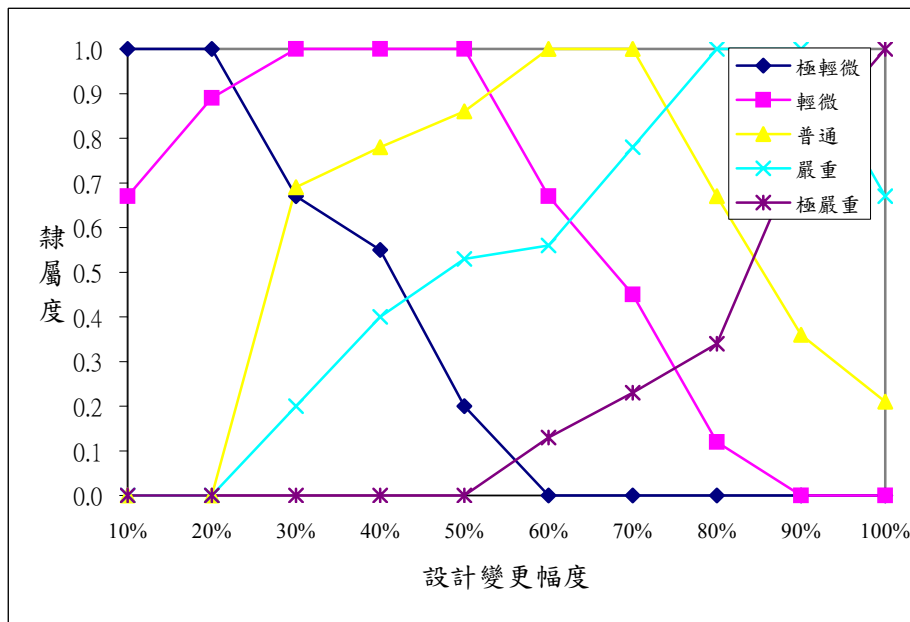


圖 4.8 設計變更風險之分佈狀況

步驟四：利用步驟三「風險評估與監控委員會」所建構之興建期間風險檢核圖，主辦機關可用以判斷完工延遲、成本超支及設計變更等意外事件發生某特定狀況時，對計畫執行之影響程度。例如，興建期間發生完工延遲 2 年（即  $x=2$ ）、成本超支 10%（ $y=10\%$ ）及設計變更達 30%（ $=30\%$ ）之意外事件。由圖 4.3、圖 4.7 及圖 4.8，可分別檢核得：

$$Risk[E_1(2)] = 0/A + 0.33/B + 0.80/C + 1.00/D + 0.63/E$$

$$Risk[E_2(10\%)] = 1.00/A + 0.67/B + 0/C + 0/D + 0/E$$

$$Risk[E_3(30\%)] = 0.67/A + 1.00/B + 0.69/C + 0.20/D + 0/E$$

有此可知，以上述三項意外事件而言，以完工延遲 2 年最為嚴重，因此，主辦機關可採取要求特許公司提出趕工計畫之手段，以降低所可能造成之衝擊。

步驟五：進行各項風險之綜整。綜整結果得（如圖 4.9）：

$$TR = 0/A + 0.33/B + 0.50/C + 1.00/D + 0.63/E$$

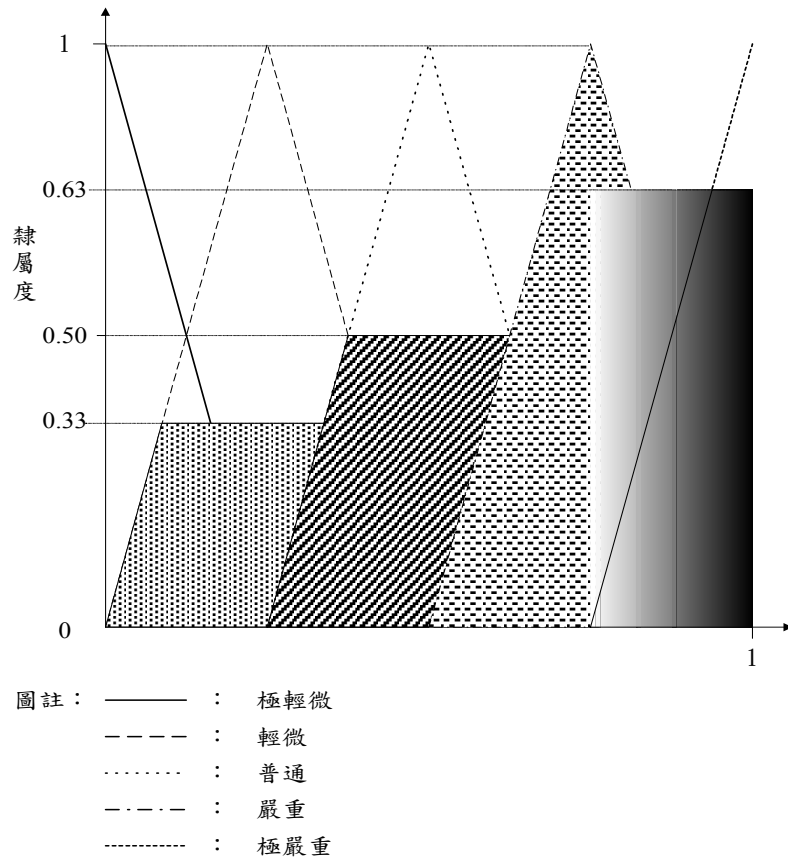


圖 4.9 綜整後之興建期風險分佈狀況

步驟六：將綜整後之風險分佈狀況予以解模糊化，以求得明確之風險嚴重程度。解模糊方法本研究採重心法（fuzzy centroid defuzzification），其公式為：

$$DTR = \frac{\sum_{k \in \{A, \dots, E\}} c_k \bar{\mu}_k}{\sum_{k \in \{A, \dots, E\}} \bar{\mu}_k}$$

其中， $c_k$ 表第  $k$  個語意等級之三角模糊數頂點。

所以，

$$DTR = \frac{0 \times 0 + 0.33 \times 0.25 + 0.50 \times 0.50 + 1.00 \times 0.75 + 0.63 \times 1.00}{(0 + 0.33 + 0.50 + 1.00 + 0.63)} = 0.70$$

將風險等級以五等分計之，即極輕微=(0~0.2)、輕微=(0.2~0.4)、普通=(0.4~0.6)、嚴重=(0.6~0.8)及極嚴重=(0.8~1.0)。故此三個意外事件之綜合結果判斷屬於「嚴重」，必須考慮採行必要措施。





## 第五章 風險評估架構與監控制度

### 5.1 BOT 計畫風險可行性評估架構

交通建設計畫執行前必須先進行經濟可行性分析，以整體社會福利觀點評估該計畫之成本效益，經評估具有成本效益之計畫方可再進行 BOT 可行性評估。本研究並不探討 BOT 計畫經濟可行性之評估程序與方式，僅係以風險管理角度建立 BOT 計畫之事前篩選與事後監控制度。

圖 5.1 為本研究建議之 BOT 計畫執行前之風險可行性評估程序。其執行步驟說明如下：

#### 步驟一：確認風險項目

依各交通建設計畫之特性進行風險項目之確認。依據本研究第二章之分析結果，先初步確認各類交通建設計畫可能面臨之所有風險項目，再依據該計畫之特殊性，刪除無關或不可能發生之風險項目。

#### 步驟二：研擬風險分攤方案

依據初步確認之風險項目，研擬政府與民間機構之風險分攤方案。並以該風險分攤方案為基礎，分別進行民間機構與政府機關承擔風險高低之評估。

#### 步驟三：設定民間機構資格條件

依據本交通建設計畫之性質與民間機構分攤之風險，設定民間機構應具備之資格條件。此設定之資格條件不僅應作為未來公告招商時資格審查之基礎，更影響後續民間機構承擔風險之高低與符合參選條件之投資者家數。

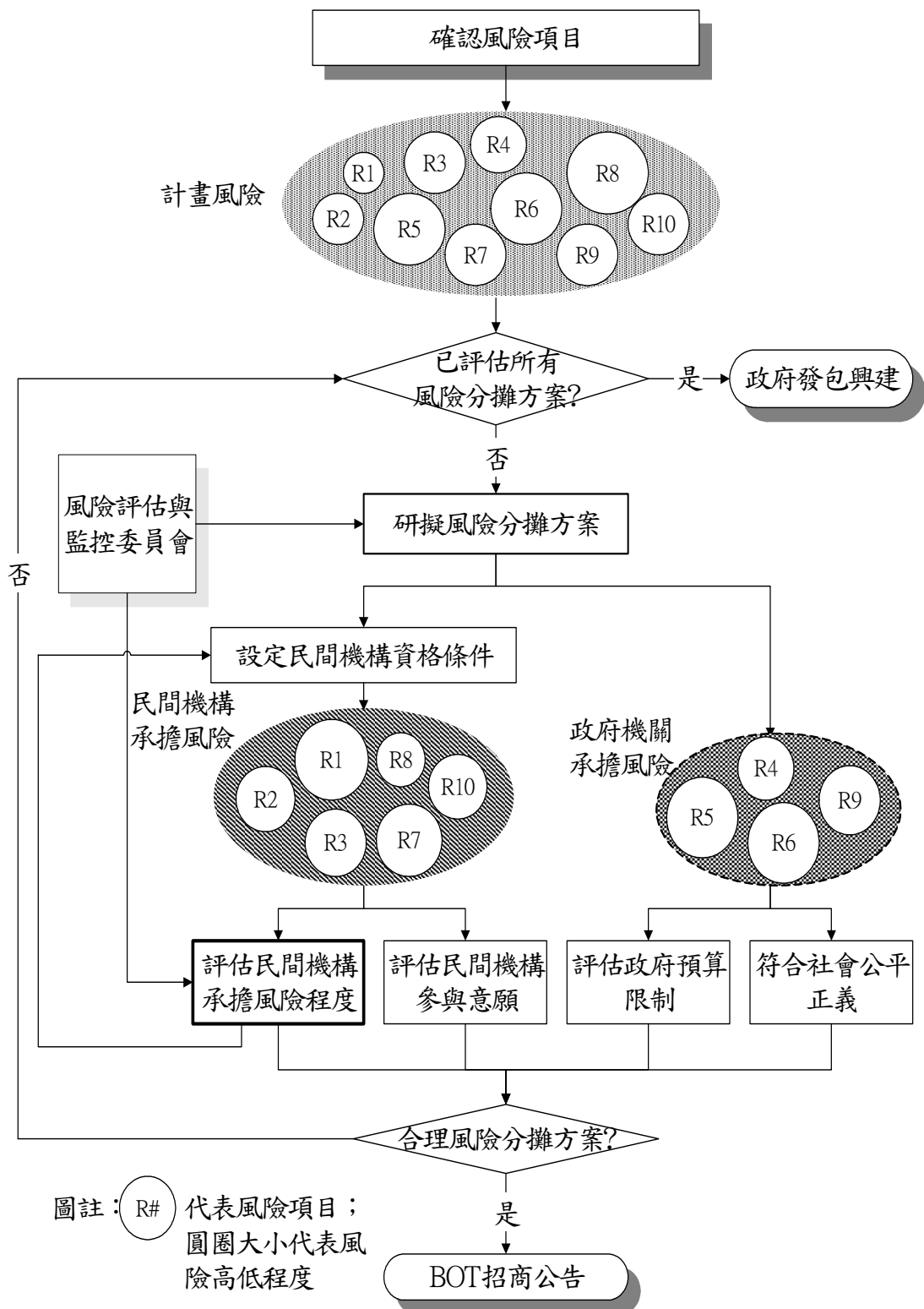


圖 5.1 BOT 計畫風險可行性評估程序

#### 步驟四：評估民間機構承擔風險程度

此步驟為本評估程序最重要的一部分，旨在依據設定之民間機構資格條件以及其所分攤之風險項目，進行風險程度之評估。由圖 5.1 知，原確認之計畫風險，經分攤於民間機構後，其風險程度可能有所變化（即圖 5.1 之 R1 及 R8，由民間機構承擔後，風險程度有明顯變化）。例如，遲延風險如由民間機構承擔，則因民間機構之施工及系統整合效率高於政府機關，可能可以有效降低，如圖 5.1 之 R8。愈有經驗之民間機構，當然愈能降低該項風險。反之，若匯率風險由民間機構承擔，則因其無法掌控是項風險，則其風險程度將大幅增加，如圖 5.1 之 R1。由此可知，同一風險項目由政府或民間，甚至不同資格條件之民間機構所承擔，其風險程度均可能不同。

因此，為確實掌控計畫之風險變化情形，本研究建議依據初步篩選之風險項目，遴聘各該領域之專家學者，組成「風險評估與監控委員會」，定期進行 BOT 計畫之風險評估、檢測，並提出風險管理措施建議，俾供主管機關參考。至於各該領域專家學者之遴聘，則主要視風險項目之類別而定，因此，BOT 計畫之規劃評估、甄選議約、籌辦準備、興建、營運及移轉等各階段所面臨之風險項目不盡相同，故遴聘專家學者亦必須配合調整。

至於「風險評估與監控委員會」對於民間機構承擔風險高低之評估，則建議以下列三步驟依序進行：

##### 步驟四之一：評估各風險項目發生之可能性

本研究以模糊理論為基礎，利用學者專家之專業認知能力，針對 BOT 計畫特性、政府支持程度、民間機構資格條件以及金融環境狀況等因素，評判各風險項目發生之可能性。

##### 步驟四之二：評估各風險項目發生之相對嚴重性

本研究建議利用層級分析法，調查「風險評估與監控委員會」之委員對各風險項目相對嚴重性之意見。

##### 步驟四之三：綜合評估民間機構整體承擔風險之高低

依據各風險項目發生之可能性與嚴重性，加權評估計畫整體之風險程度。

#### 步驟五：評估風險分攤方案之合理性

針對各風險分攤方案，分別就政府及民間兩方面，加以考量

是否合理。在政府方面，應考量政府預算之限制以及是否符合社會公平正義。例如，在考量政府投資該計畫部分建設經費，以減少民間機構自籌巨額經費之風險時，就必須考量政府編列該項預算之可行性。此外，政府若承擔大部分風險，雖可減少民間機構失敗之機率，提高民間機構參與意願，但可能失去 BOT 之原始目的與意涵，不符社會公平正義。在民間方面，則除考量步驟四之民間機構承擔風險之高低外，民間機構參與意願亦是重要考量因素。若一味提高民間機構資格條件，致符合資格條件之廠商數量太少；或規劃由民間機構承擔過多風險，致投資報酬率太低，均會影響民間參與意願。因此，在計畫 BOT 可行性評估階段，即應針對潛在投資人進行投資意願調查，俾了解風險分攤方案是否合理。

歸納言之，在評估一風險分攤方案是否合理時，應同時考量「政府編列預算限制」、「符合社會公平正義」、「民間機構承擔風險程度」以及「民間機構參與意願」等四項準則。倘若符合此四項準則，則表示此計畫具有以 BOT 方式推動之可行性，可進行 BOT 公告招商作業。當然，若有數個風險分攤方案均符合此四項準則，則主辦機關可擇優加以公告。若此計畫不符四項準則，則必須重新研擬風險分攤方案，設定民間機構資格條件，並評估是否符合此四項準則。若所有可能之風險分攤方案均不具可行性，則表示此計畫不具以 BOT 方式推動之可行性，應考慮仍以傳統政府發包興建之方式推動。

經由上述 BOT 計畫風險可行性評估程序，主要可得下列四項結果：

- 1.可獲得此計畫以 BOT 方式推動之風險可行性評估結果，作為此計畫推動方式之依據。
- 2.設定之民間機構資格條件以及風險分攤方案，可作為公告招標文件內容研擬之依據。
- 3.雖然本評估程序之風險分攤方案研擬與評估十分冗長、繁複，但卻可使政府主辦機關充分了解此計畫之風險特性、政府提供協助之底限以及民間機構承擔風險之高低，俾未來進行議約協商時，能有足夠資料供作參考。
- 4.可作為後續風險動態監控機制之評估基礎。

## 5.2 風險動態監控制度之研擬

交通建設計畫通過 BOT 可行性評估，經公開甄選最優投資人，並簽定契約後，即進入 BOT 執行階段。如前述，因 BOT 計畫動輒數十年，且各階段之相關單位與風險狀況均不相同，故有必要建立一風險動態監控制度，依據各階段之風險特性加以監控，以確保計畫之順利執行。而風險評估結果，更可作為主管機關是否有必要提供必要協助或依法（促進民間參與公共建設法第五十二條）廢止其特許權利之依據，以避免主管機關圖利廠商或過度干預之爭議。

圖 5.2 為本研究針對 BOT 計畫執行階段所研擬之風險評估與監控作業程序。由圖知，本作業程序大致可分為三部分。其中，第一部份係風險項目確認與風險分攤；第二部分為定期監控，建議於每年年初進行 BOT 計畫執行之籌辦、興建、營運及移轉等各該階段之風險預測與監控；第三部分為不定期監控，當意外事件發生時，方進行風險評估與處理。其作業程序與步驟詳述如下：

### 步驟一：風險項目確認

參照本研究第三章所列各執行階段之風險項目，並依據 BOT 計畫之特殊性，進行風險項目之初步篩選與確認。

### 步驟二：風險分攤

依據政府與特許公司簽定投資契約中所訂明之風險分攤方式，先將風險項目分為政府承擔風險及民間機構承擔風險兩部分。由於本風險評估與監控機制係以政府管制之角度出發，故監控重點在於民間機構所承擔之風險，而不探討政府承擔之風險。

民間參與機構則因 BOT 計畫之各階段而異，例如，在籌辦階段，民間參與機構可能僅有特許公司及融資機構，但在興建階段之參與單位則可能包含有特許公司、融資機構、保險機構、工程承包商及機電廠商等，應配合各計畫之特性及推動階段研擬與調整風險分攤機制。

### 步驟三：定期風險評估與監控

進行定期風險評估與監控前，必須先依據步驟一所確認之風險項目遴聘各該領域之專家學者，成立「風險評估與監控委員會」。

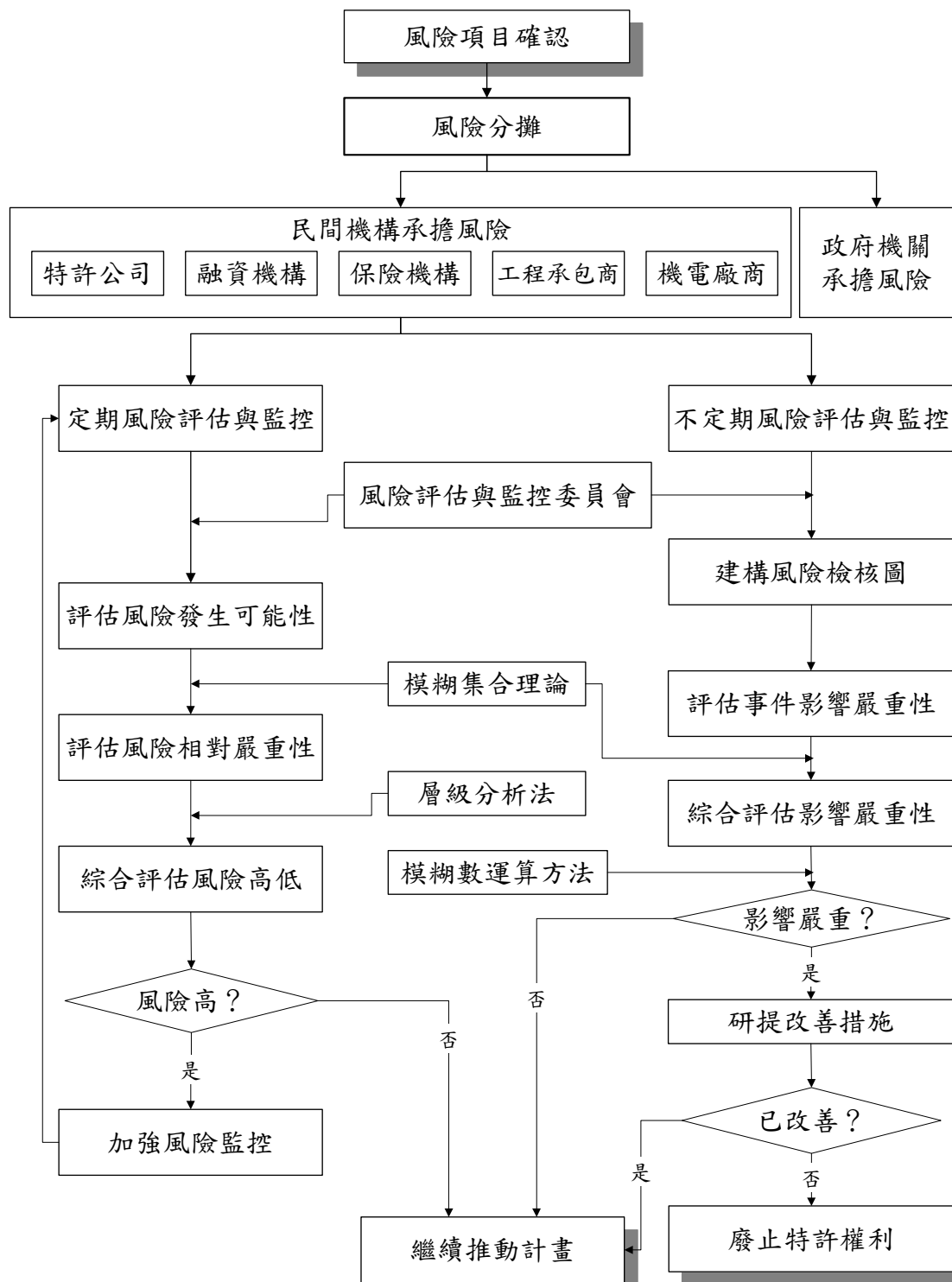


圖 5.2 BOT 計畫風險評估與監控之作業程序

#### 步驟三之一：評估風險發生之可能性

本研究以模糊理論為基礎，利用學者專家之專業認知能力，針對 BOT 計畫特性、政府支持程度、民間機構資格條件以及金融環境狀況等因素，評判各風險項目發生之可能性。

#### 步驟三之二：評估風險相對嚴重性

本研究建議利用層級分析法，調查「風險評估與監控委員會」之委員對各風險項目相對嚴重性之意見。

#### 步驟三之三：綜合評估計畫整體風險之高低

依據各風險項目發生之可能性與嚴重性，加權評估計畫整體之風險程度。

#### 步驟三之四：風險高低之處理

經評估結果若發現風險屬於極嚴重或嚴重之等級，則應採行加強風險監控措施，要求民間機構研提風險管理報告，詳述風險可能發生之狀況與其因應之處理措施，並將每年執行之風險預測與監控作業，縮短為半年執行乙次。若風險值屬於極輕微、輕微及普通之等級，則可繼續推動計畫。

### 步驟四：不定期風險評估與監控

#### 步驟四之一：建構風險檢核圖

由於意外事件之發生時間未必與每年風險預測與監控時間一致，故必須由「風險評估與監控委員會」填具各項風險檢核圖，政府主管機關俾能據以評估各意外事件之影響，並立即採行必要措施。而風險檢核圖之建構時機可配合每年定期執行之風險預測與監控，一併由委員填具。因此，風險檢核圖可每年更新一次，俾能確實反映該計畫之風險狀況。

至於風險檢核圖之建構方式，本研究以模糊理論為基礎，利用學者專家之專業認知能力，針對 BOT 計畫特性、政府支持程度、民間機構資格條件以及金融環境狀況等因素，評判發生各風險項目（即意外事件）之嚴重性。

#### 步驟四之二：評估各意外事件影響嚴重性

當意外事件發生時，主管機關可即利用風險檢核圖，評估其影響之嚴重性。

#### 步驟四之三：綜合評估所有意外事件整體之影響嚴重性



當同時發生數件意外事件時，主管機關除可利用各意外事件之風險檢核圖，評估各事件之影響嚴重性外，更可利用模糊數之運算方法綜合評估所有意外事件對計畫整體之影響嚴重性。

#### 步驟四之四：影響嚴重與否之處理

經評估結果若發現影響嚴重性值高於 0.6 以上者（即屬於極嚴重及嚴重之等級），則參照本研究所建議各風險項目之管理方法，研提必要之改善措施，並要求特許公司限期配合辦理。若特許公司逾期未配合辦理完成者，則廢止其特許權利。若影響嚴重性值低於 0.6 者（即屬於極輕微、輕微及普通之等級），則可繼續推動計畫。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

由於 BOT 計畫之特許期間長且融資者及投資人僅能仰賴此計畫之現金流量作為報酬，故風險分析與管理在 BOT 計畫扮演非常重要的角色。因此，政府無論是進行 BOT 計畫執行前之風險可行性評估或是進行執行後之風險評估與監控，均有必要以風險管理角度，建立相關之機制。基此，本研究即進行此一課題之探討，其主要研究結論如下：

1. BOT 現行相關法規均未將風險評估與監控之機制納入規範，致主管機關無論是辦理 BOT 可行性研究或與民間機構辦理議約簽約，均僅能一般性地列述風險項目，未有明確且客觀之評估方式與原則，更無法作為計畫篩選與議約之有利資訊。然風險管理係計畫能否順利執行之關鍵因素，實有必要詳加評析，不能予以忽略。
2. 本研究彙析 BOT 計畫之相關文獻，研擬 BOT 計畫之風險項目，並依據 BOT 計畫執行時之籌辦、興建、營運及移轉等階段加以區分，俾供主管機關進行相關風險分析之參考。另亦依據交通建設 BOT 計畫之特性，研提風險分攤原則以及各風險項目之管理方法，以供主管機關進行風險評估與管理之參考。
3. 鑑於 BOT 計畫之獨特性，較難獲得足夠歷史參考資料進行統計或迴歸分析，因此，本研究研擬建立一套 BOT 計畫執行前之風險可行性評估機制，期透過計畫相關領域學者專家之判斷，並利用模糊集合理論及層級分析法之量化與彙整，以具體且客觀之方式進行計畫 BOT 可行性之評估。
4. 本研究同時研擬建立一套 BOT 計畫執行後之動態風險評估與監控機制。該機制大致可分為三部分，其中，第一部份係風險項目確認與風險分攤，建議於 BOT 計畫執行之籌辦、興建、營運及移轉等四階段之起始期間，加以辦理。第二部分為定期監控，建議於每年

年初進行各該階段之風險預測與監控。第三部分為不定期監控，當意外事件發生時，立即進行風險評估與處理。該機制具有動態風險分析與管理之特性，能在政經環境變化下，預測各類風險變化情形，俾便預為示警。當意外事件發生時，亦能儘早研擬應變措施以因應任何可能發生之不利狀況。

- 5.本研究建議由計畫相關領域之專家學者組成「風險評估與監控委員會」，進行風險之評估與監控。因此，透過公正客觀之委員會決議，主管機關無論是據以提供民間機構必要之協助，以減緩可能造成之衝擊，或是據以對民間機構執行處罰條款時，均不致招致圖利廠商或過度干預之爭議。

## 6.2 建議

- 1.針對 BOT 計畫執行前後之風險評估與監控，本研究均僅研提操作方式與作業程序之建議，至於「風險評估與監控委員會」之委員組成方式與徵詢委員意見時之問卷設計，因仍須視計畫個案而定，故未於本研究中述及。尤其是問卷設計部分，因風險本身之抽象性及預測性，建議採陳述性偏好（Stated preference）之問卷設計技巧，俾能確實反映委員之感受與判斷。
- 2.利用層級分析法進行風險項目相對嚴重性之比較評估時，若風險項目過多，恐造成兩兩比較之複雜性，同時也會降低權重計算結果之精確度。因此，在進行相對嚴重性之比較評估時，宜先將較不重要之風險項目予以剔除，以有效減少風險項目個數。
- 3.為使「風險評估與監控委員會」之風險評估結果與建議，具有實務執行上之可行性，並能確實解決問題，本研究建議於相關法令或特許合約中，適當納入此一機制。

## 參考文獻

1. Mustafa M. A. and J. F. Al-Bahar, "Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process," IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 38, No.1, pp. 46-52, 1991.
2. Jia, J. and J.S. Dyer, "A Standard Measure of Risk and Risk-value Models," Management Science, Vol.42, No.12, 1996.
3. Kangary, R. and L.S. Riggs, "Construction Risk Assessment by Linguistics," IEEE Transactions on Engineering Management, Vol.36, No.2, pp265-270, 1988.
4. Levitt, R.E., D.B. Ashley and R.D. Logcher, "Allocating Risk and Incentive in Construction", Journal of the Construction Division, Vol.106, No.CO3, September,1980.
5. Markowitz, H.M., Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments, Yale University Press, 1959.
6. Markowitz, H.M., Mean-Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets, Basil Blackwell, 1987.
7. Mustafa, M.A., "Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process," IEEE Transactions on Engineering Management, Vol.38, No.1, pp.46-52, 1991.
8. Paek, J.H., Lee Y.W. and J.H. Ock, "Pricing Construction Risk: Fuzzy Set Application," Journal of Construction Engineering and Management, Vol.119, No.4, 1993.
9. Pearson, E.S. and J.W. Tukey, "Approximate Means and Standard Deviations Based on Distances Between Percentage Points of Frequency Curves," Biometrika, 52, p533-546, 1965.
10. Perry, J.G. and B.M. Mice, "Risk and Its Management in Construction Projects," Proc. Instn Civ. Engrs, Part 1, 1985, p499-521.
11. Pouliquen, L.Y., Risk Analysis in Project Appraisal, The John Hopkins University Press, 1970.

12. Stone, B.K., Risk, Return and Equilibrium, MIT Press, 1970.
13. UNIDO, Guidelines for Infrastructure Development through BOT Projects, Vienna, 1996.
14. Wahdan, M.Y., "Public Private Partnerships and Transportation Infrastructure," Paper of the 1995 annual conference of the transportation association of Canada Victoria, British Columbia, 1995.
15. 胡仲英，BOT 理論與實務——兼論我國 BOT 政策之推動，民國 88 年。
16. 楊澤泉、王欣群，「台灣高速鐵路 BOT 專案計畫的財務規劃與風險管理策略之研究」，台灣土地金融季刊，第 36 卷第 3 期，民國 88 年。

## 附錄 簡報資料

# 交通建設BOT之風險管理 與管考警戒制度之研究



交通部運輸研究所

## 研究大綱

- 前言
- 風險項目與特性
- 風險評估方法
- 風險衡量與綜整方法
- 風險評估架構與監控制度
- 結論
- 建議



## 前言 (1/3)

- 良好的風險管理係各計畫成功推動之基石，BOT計畫具有參與單位多、推動期程長及融資技術高等特性，風險管理尤為重要。
- 交通部門刻正積極推動十八項交通建設BOT計畫，總經費超過新台幣1兆元。惟相關規定並未實質規範BOT計畫之風險管理與監控。
- 本研究以風險管理角度，研擬BOT計畫執行前之可行性評估程序以及執行後之風險監控機制。

3

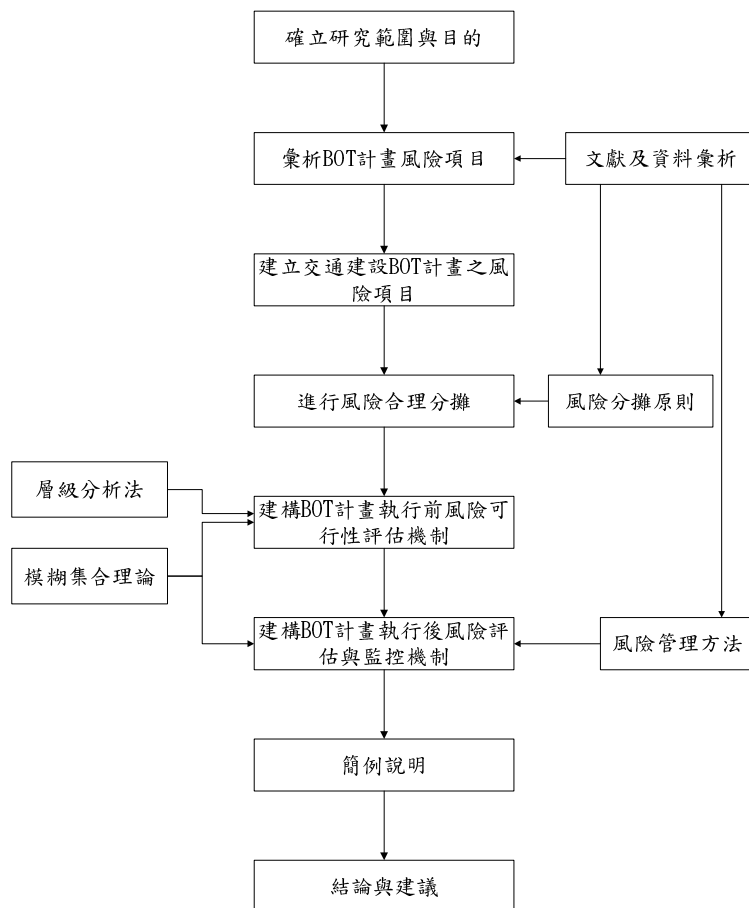


## 前言 (2/3)

- 研究內容
  - － 彙整交通建設BOT計畫可能發生之風險項目
  - － 研擬風險分攤與管理原則及方法
  - － 建立BOT計畫執行前之風險可行性評估程序
  - － 建立BOT計畫執行後之動態風險評估與監控程序
- 研究方法
  - － 文獻及資料彙析
  - － 模糊集合理論
  - － 層級分析法



## 前言(3/3)



5

## 風險項目與特性(1/11)

### ■ 風險項目

- 依風險可被控制程度，可分為一般性風險（General Risks）與計畫特定風險（Specific Project Risks）。
- 依BOT計畫不同之實施階段，可分為投標階段的風險、合約談判階段的風險、合約執行階段的風險。
- 依BOT計畫風險的來源，可分為政治風險、經濟風險、技術風險、公共關係風險、管理風險。

## 風險項目與特性(2/11)

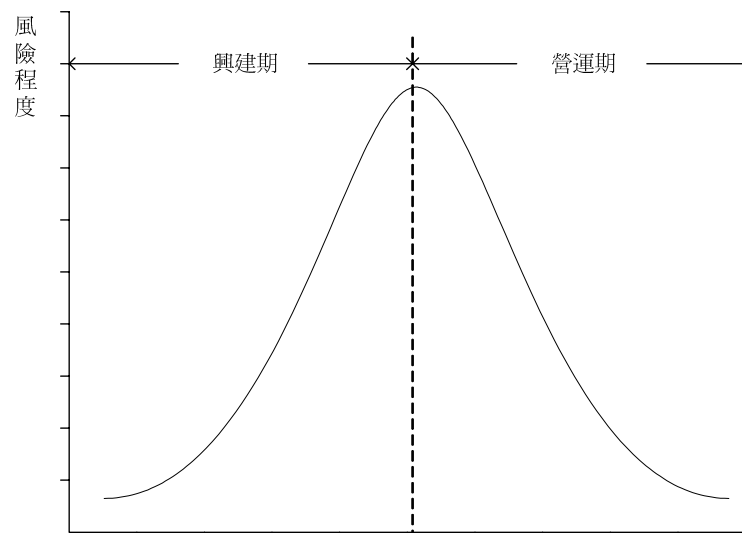
聯合國BOT計畫指導原則  
手冊依一般性風險與計  
畫特定風險之分類方式  
提出風險確認及分攤工  
作表。

| 風險類別        | 專案公司 | 保險公司 | 其他承包商 | 地主國政府 |
|-------------|------|------|-------|-------|
| 政治風險        |      |      |       |       |
| 政治支持風險      |      |      |       |       |
| 賦稅風險        |      |      |       |       |
| 徵收/國有化風險    |      |      |       |       |
| 強制收買風險      |      |      |       |       |
| 撤銷特許風險      |      |      |       |       |
| 輸出入限制風險     |      |      |       |       |
| 未獲繼續營運核准風險  |      |      |       |       |
| 地主國商業風險     |      |      |       |       |
| 外匯匯兌風險      |      |      |       |       |
| 匯率風險        |      |      |       |       |
| 貶值風險        |      |      |       |       |
| 通貨膨脹風險      |      |      |       |       |
| 利率風險        |      |      |       |       |
| 地主國法律風險     |      |      |       |       |
| 法令變更風險      |      |      |       |       |
| 法令執行風險      |      |      |       |       |
| 拖延賠償計算風險    |      |      |       |       |
| 開發風險        |      |      |       |       |
| 競標風險        |      |      |       |       |
| 規劃延遲風險      |      |      |       |       |
| 核准風險        |      |      |       |       |
| 跨國際風險       |      |      |       |       |
| 興建/完工風險     |      |      |       |       |
| 完工延遲風險      |      |      |       |       |
| 成本超支風險      |      |      |       |       |
| 重新施工風險      |      |      |       |       |
| 計畫未完工風險     |      |      |       |       |
| 不可抗力風險      |      |      |       |       |
| 工程損失或毀壞風險   |      |      |       |       |
| 責任風險        |      |      |       |       |
| 營運風險        |      |      |       |       |
| 其他基礎建設有關風險  |      |      |       |       |
| 技術風險        |      |      |       |       |
| 需求風險（數量及價格） |      |      |       |       |
| 供應風險（數量及價格） |      |      |       |       |
| 成本超支風險      |      |      |       |       |
| 管理風險        |      |      |       |       |
| 不可抗力風險      |      |      |       |       |
| 設備損失或毀壞風險   |      |      |       |       |
| 責任風險        |      |      |       |       |

7

## 風險項目與特性(3/11)

### ■ 風險特性



BOT計畫風險特性圖

8

## 風險項目與特性(4/11)

### ■ 風險項目架構

| 風險類別   | 風險項目        | 說明  |
|--------|-------------|---|
| 不可抗力風險 | ●不可抗力風險     | ⇨異常天候，例如異常之低溫、高溫、降雨、洪水、暴風雨等。<br>⇨地震、海嘯、火山活動、火災等不可抗力之意外災害。<br>⇨發生戰爭、革命、內戰、叛變等事件。<br>⇨發生國內全面性罷工事件。<br>⇨重要原料進口國家發生全面性罷工事件。 |
| 政治風險   | ●政治支持風險     | ⇨由於政治環境改變或其他因素導致政府不再支持該 BOT 計畫。   |
|        | ●政府承諾事項延遲風險 | ⇨政府單位由於管理不善或其他原因導致延遲交付所有或部分承諾提供予特許公司之資金、土地、車站、土建工程、電力供應等。   |
|        | ●賦稅風險       | ⇨政府大幅提高稅率、關稅或其他稅捐。  |
|        | ●強制徵收或收買風險  | ⇨政府強制徵收或收買特許公司所興建或營運之資產及設備。   |
|        | ●輸出入限制風險    | ⇨由於政治因素導致政府限制特許公司之原料、設備及技術等之輸出或輸入。  |
|        | ●未獲繼續營運核准風險 | ⇨由於政治環境改變或其他因素導致特許公司未獲核准繼續營運之特許權。   |

9

## 風險項目與特性(5/11)

### ■ 風險項目架構（續）

| 風險類別 | 風險項目      | 說明   |
|------|-----------|--|
| 法律風險 | ●法令修訂延遲風險 | ⇨由於政府 BOT 計畫相關法令修訂延遲、變更或難以執行導致特許公司無法推動 BOT 計畫。 |
|      | ●法令變更風險   |  |
|      | ●法令執行風險   |  |
|      | ●拖延賠償計畫風險 | ⇨由於政府拖延因法律環境改變對特許公司之賠償導致計畫難以繼續推動。              |
| 財務風險 | ●融資風險     | ⇨特許公司無法取得融資或因外匯管制、匯率變動、貨幣貶值、利率變動及通貨膨脹所造成之風險。   |
|      | ●外匯匯兌管制風險 |  |
|      | ●匯率變動風險   |  |
|      | ●貨幣貶值風險   |  |
|      | ●利率變動風險   |  |
|      | ●通貨膨脹風險   |  |

## 風險項目與特性(6/11)

### ■ 風險項目架構（續）

| 風險類別   | 風險項目       | 說明   |
|--------|------------|--|
| 開發風險   | ●競標風險      | ⇒特許公司因參與 BOT 計畫之評選可能面臨投標前規劃延遲風險、投標後之競標風險與核准風險、主辦政府機關評選時之遴選不公風險等。若為國外之 BOT 計畫則特許公司尚可能面臨跨國際風險。 |
|        | ●規劃延遲風險    |  |
|        | ●核准風險      |  |
|        | ●跨國際風險     |  |
|        | ●遴選不公風險    |  |
|        | ●設計不當風險    |  |
| 興建完工風險 | ●完工延遲風險    | ⇒特許公司於興建期因工程無法完工、未能如期完工或工程不符標準需重新施工所造成之風險。   |
|        | ●計畫未完工風險   |  |
|        | ●重新施工風險    |  |
|        | ●成本超支風險    | ⇒特許公司於興建期因成本超支、工程損失或毀壞所造成之風險。  |
|        | ●工程損失或毀壞風險 |  |
|        | ●責任風險      | ⇒特許公司於興建期對相關單位或人員遭受傷害或損失所負有之賠償責任風險。  |
|        | ●環境保護風險    | ⇒因施工干擾環境以致增加額外支出或工程進度落後之風險。  |

11

## 風險項目與特性(7/11)

### ■ 風險項目架構（續）

| 風險類別 | 風險項目        | 說明                                  |
|------|-------------|-------------------------------------|
| 營運風險 | ●其他基礎建設有關風險 | ⇒例如由於其他運具競爭或與其他運輸系統連結不佳導致運量不足之風險。   |
|      | ●技術風險       | ⇒特許公司於營運期因運輸系統技術不足所造成之風險。           |
|      | ●需求風險       | ⇒運輸系統因服務品質不佳、票價過高等因素導致運量不足之風險。      |
|      | ●管理風險       | ⇒特許公司因決策過程或程序不當導致營運效率不佳之風險。         |
|      | ●成本超支風險     | ⇒特許公司於營運期因成本超支、營運設備損失或毀壞所造成之風險。     |
|      | ●設備損失或毀壞風險  |                                     |
|      | ●責任風險       | ⇒特許公司於營運期對相關單位或人員遭受傷害或損失所負有之賠償責任風險。 |
| 移轉風險 | ●移轉資產點交風險   | ⇒移轉資產規定不清楚、有爭議、或與合約不符。              |
|      | ●移轉資產重置風險   | ⇒移轉之機具、設備、系統等需大額投資以進行維修或更新。         |
|      | ●營運人員移轉風險   | ⇒人員不願移轉，需大量投資以訓練新進人員。               |

## 風險項目與特性(8/11)

### ■ 籌辦階段風險項目

| 籌辦階段風險項目 |   |
|----------|---|
| 風險類別     | 風險項目  |
| 不可抗力風險   | ●不可抗力風險                                     |
| 政治風險     | ●政治支持風險<br>●政府承諾事項延遲風險<br>●賦稅風險<br>●輸出入限制風險 |
| 法律風險     | ●法令修訂延遲風險<br>●法令變更風險<br>●法令執行風險             |
| 財務風險     | ●融資風險                                       |

13

## 風險項目與特性(9/11)

### ■ 興建階段風險項目

| 興建階段風險項目 |   |
|----------|---|
| 風險類別     | 風險項目  |
| 不可抗力風險   | ●不可抗力風險   |
| 政治風險     | ●政治支持風險<br>●政府承諾事項延遲風險<br>●賦稅風險<br>●強制徵收或收買風險<br>●輸出入限制風險                   |
| 法律風險     | ●法令修訂延遲風險<br>●法令變更風險<br>●法令執行風險<br>●拖延賠償計畫風險                                |
| 財務風險     | ●融資風險<br>●外匯匯兌管制風險<br>●匯率變動風險<br>●貨幣貶值風險<br>●利率變動風險<br>●通貨膨脹風險              |
| 興建完工風險   | ●完工延遲風險<br>●計畫未完工風險<br>●重新施工風險<br>●成本超支風險<br>●工程損失或毀壞風險<br>●責任風險<br>●環境保護風險 |

A-7

14

## 風險項目與特性(10/11)

### ■ 營運階段風險項目

| 營運階段風險項目 |   |
|----------|---|
| 風險類別     | 風險項目  |
| 不可抗力風險   | ● 不可抗力風險  |
| 政治風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 政治支持風險</li> <li>● 政府承諾事項延遲風險</li> <li>● 賦稅風險</li> <li>● 強制徵收或收買風險</li> <li>● 輸出入限制風險</li> <li>● 未獲繼續營運核准風險</li> </ul>        |
| 法律風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 法令修訂延遲風險</li> <li>● 法令變更風險</li> <li>● 法令執行風險</li> <li>● 拖延賠償計畫風險</li> </ul>  |
| 財務風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 融資風險</li> <li>● 外匯匯兌管制風險</li> <li>● 匯率變動風險</li> <li>● 貨幣貶值風險</li> <li>● 利率變動風險</li> <li>● 通貨膨脹風險</li> </ul>                  |
| 營運風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 其他基礎建設有關風險</li> <li>● 技術風險</li> <li>● 需求風險</li> <li>● 管理風險</li> <li>● 成本超支風險</li> <li>● 設備損失或毀壞風險</li> <li>● 責任風險</li> </ul> |

15

## 風險項目與特性(11/11)

### ■ 移轉階段風險項目

| 移轉階段風險項目 |  |
|----------|--|
| 風險類別     | 風險項目   |
| 不可抗力風險   | ● 不可抗力風險   |
| 政治風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 政治支持風險</li> <li>● 政府承諾事項延遲風險</li> <li>● 賦稅風險</li> <li>● 強制徵收或收買風險</li> <li>● 輸出入限制風險</li> <li>● 未獲繼續營運核准風險</li> </ul> |
| 法律風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 法令修訂延遲風險</li> <li>● 法令變更風險</li> <li>● 法令執行風險</li> <li>● 拖延賠償計畫風險</li> </ul>   |
| 財務風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 融資風險</li> <li>● 外匯匯兌管制風險</li> <li>● 匯率變動風險</li> <li>● 貨幣貶值風險</li> <li>● 利率變動風險</li> <li>● 通貨膨脹風險</li> </ul>           |
| 移轉風險     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 移轉資產點交風險</li> <li>● 移轉資產重置風險</li> <li>● 營運人員移轉風險</li> </ul>   |

A-8

16

# 風險評估方法

## ■ 傳統模式（機率分析）

- 以統計期望值與變異數為基礎，或令風險分佈呈某一機率分配函數以進行各種狀況下之風險分析。

## ■ 概念模式（模糊集合分析）

- 係鑑於風險本質難以預知，無法確定其平均值、變異數及機率分配型態，而以主觀認知方法進行風險評估。

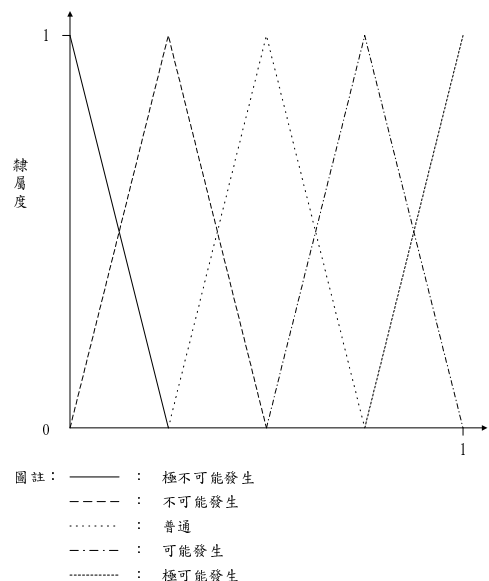
17

# 風險衡量與綜整方法<sup>(1/4)</sup>

## ■ 風險衡量方法

### – BOT計畫執行前

- 風險包含事件發生機率與事件造成影響。
- $Risk[E_i(x)] = Poss[E_i(x)] \times Loss[E_i(x)]$
- 以模糊集合理論構建事件發生機率。



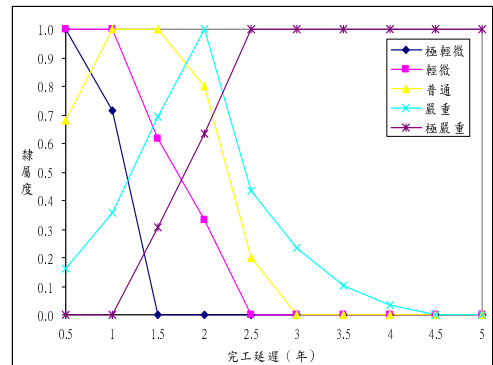
風險發生可能性之五個語意等級圖

## 風險衡量與綜整方法(2/4)

### ■ 風險衡量方法

#### – BOT計畫執行後

- 積極機制：與BOT計畫執行前相同，以模糊集合理論構建風險發生機率。
- 消極機制：重視意外事件發生後之衝擊評估→以模糊集合理論構建風險檢核圖。



完工延遲風險之風險檢核圖

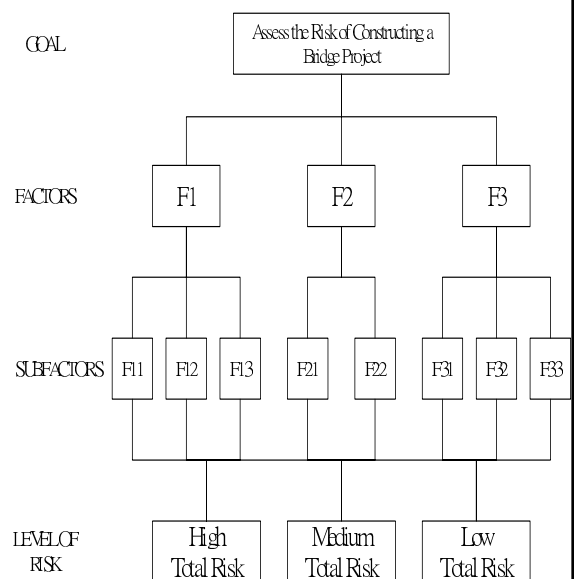
19

## 風險衡量與綜整方法(3/4)

### ■ 風險綜整方法

#### – BOT計畫執行前

- 以AHP方法調查各風險項目造成損失之相對權重。
- 以相對權重進行各風險項目發生可能性之加權平均。
- 以「相異性最小」原則判定計畫之風險程度。



AHP之風險綜整架構圖

20

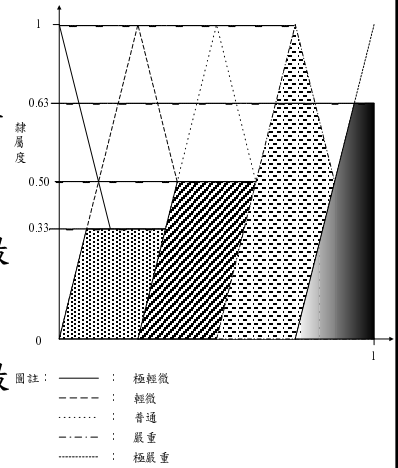


# 風險衡量與綜整方法(4/4)

## ■ 風險綜整方法

### — BOT計畫執行後

- 積極機制：與BOT計畫執行前相同，以AHP方法進行各風險項目之綜合評估。
- 消極機制：採保守方式，即：
  - 屬「極輕微」及「輕微」者，以取最小方式彙整；
  - 屬「普通」者，以平均方式彙整；
  - 屬「嚴重」及「極嚴重」者，以取最大方式彙整。
  - 以重心法解模糊化。

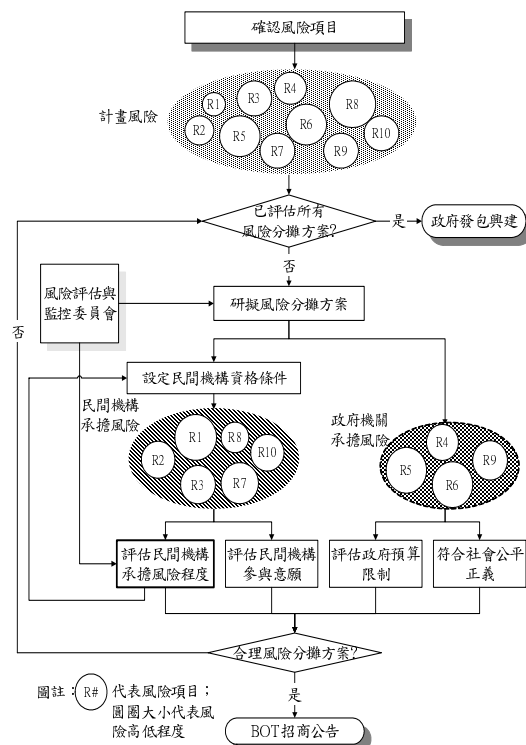


綜整後之風險分佈狀況

# 風險評估架構與監控制度(1/2)

## ■ BOT計畫執行前

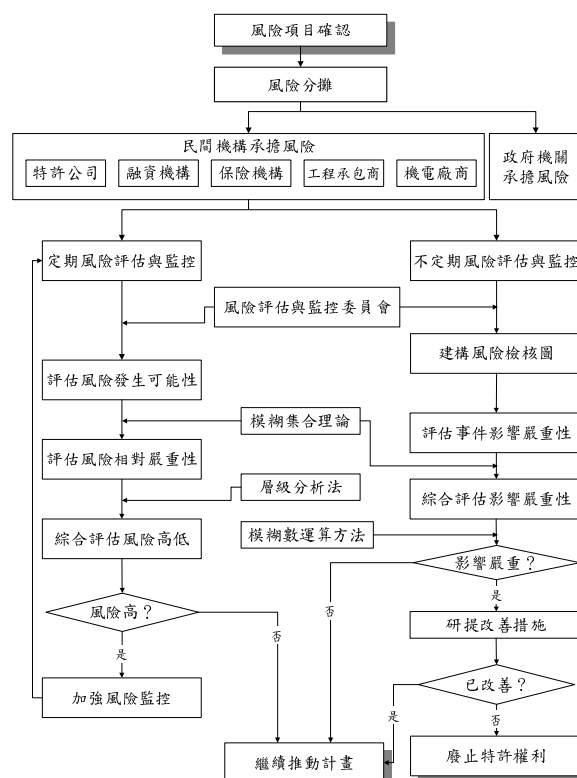
### — 風險可行性評估程序



## 風險評估架構與監控制度(2/2)

### BOT計畫執行後

#### — 動態風險評估與監控程序



## 結論(1/3)

- BOT現行相關法規均未將風險評估與監控之機制納入規範，缺乏風險管理精神。
- 本研究研擬BOT計畫之風險項目，並依籌辦、興建、營運及移轉等階段加以區分，俾供主管機關進行相關風險評估分析之參考。
- 本研究依據交通建設BOT計畫之特性，研提風險分攤原則以及管理方法，以供主管機關進行風險管理之參考。

## 結論(2/3)

- 本研究建議由各風險類別之專家學者組成「風險評估與監控委員會」，進行風險評估，並利用模糊集合理論處理人為認知與判斷之模糊性與不確定性問題。
- 本研究建立一套BOT計畫執行前之風險可行性評估機制，期透過計畫相關領域學者專家之判斷，並利用模糊集合理論及層級分析法之量化與彙整，具體客觀地進行BOT可行性之評估。

25

## 結論(3/3)

- 本研究研擬建立一套BOT計畫執行後之風險評估與監控機制。其內容與特色為：
  - 第一部份為風險項目確認與分攤。
  - 第二部分為定期監控，建議於每年年初進行BOT計畫籌辦、興建、營運及移轉等各階段之風險預測與監控。
  - 第三部分為不定期監控，當意外事件發生時，立即進行風險評估與處理。
  - 具有動態風險分析與管理特性，能在政經環境變化下，預測風險動態變化情形，並檢測其與設定警戒值之差距，俾便預為示警。
  - 意外事件發生時能及早判斷，並研擬應變措施以因應任何可能發生之不利狀況。

26


## 建議(1/2)

- 透過公正客觀「風險評估與監控委員會」之決議，主管機關無論是據以提供協助或據以處罰，均可減緩圖利廠商或過度干預之爭議。
- 「風險評估與監控委員會」之委員組成方式與調查委員意見之問卷設計，因須視個案而定，故未於本研究中述及。
- 問卷設計部分，因風險本身之抽象性及預測性，宜參採陳述性偏好（Stated preference）之問卷設計技巧，俾能確實反映委員之感受與判斷。

27

## 建議(2/2)

- 利用層級分析方法進行風險項目相對權重性兩兩比較評估時，若項目過多，恐造成比較之複雜性，降低精確度。因此，建議先將較不重要之風險項目予以剔除，有效減少風險項目個數。
- 為使「風險評估與監控委員會」之風險評估結果與建議，具有實務上執行之可行性，並能確實解決問題。建議於相關法令或特許合約中，適當安排納入此一機制。



簡報結束  
敬請指正