

中央政府、地方政府與廠商的多人多準則決策賽局分析- 以高污染產業為例

Multi Person Multi Criteria Game Analysis between Central Government, Local Government and Enterprise – An High Pollution Industry as Example

陳詠霖¹譚術魁²

(Received: Jun. 24, 2014 ; First Revision: Oct. 14, 2014 ; Accepted: Oct. 28, 2014)

摘要

人是群居的動物，早期低度開發國家為了發展經濟會發展勞力密集與能源密集產業，而能源密集產業通常為高污染產業，然而隨著經濟持續增長，人民會逐漸排斥高污染產業，但是，高污染產業亦為國家帶來豐厚的國民生產毛額收入與支持眾多家庭的生計，如何在兩邊的民意間承擔起槓桿的作用取得平衡考驗著政府的智慧。

大部份國家都是實施中央、地方分權制，但是中央政府與地方政府通常對施政的偏好都不同，所以，中央政府與地方政府亦常有衝突。在中央政府、地方政府與廠商的關係上，中央政府偏重經濟繁榮，地方政府偏重嚴格執行環保標準，而廠商則偏重獲利；應用標準型(同時賽局)與擴展型(循序賽局)語意多人多準則決策賽局分析(Linguistic Multi-person Multi-criteria Game)以處理中央政府、地方政府與廠商的政策(策略)選擇問題，以分別處理，中央政府、地方政府對廠商的污染排放檢查機制和政策制定問題。為了驗證實用性，本研究會列舉二個案例進行說明，並探討其管理意涵，最佳會說明未來的研究方向。

關鍵字：行政管理、決策分析、語意變數、賽局理論

Abstract

No man can be an island. In the beginning, the low develop country will develop labor intensive and energy intensive industry for increasing economic development of the country. Energy intensive industry usually generates high pollution. Go through the economic development, citizen will exclude the enterprise with high pollution. But it will bring a huge amount of GDP for country and support the economics income for a lot of families. It needs the wisdom to balance the environment protection and economic development.

The preference of central government and local government are usually different, so the conflict of those organizations is not easy to avoid.

¹ 華中科技大學公共行政學系 博士生

² 華中科技大學公共行政學系 教授

The central government prefers to develop economics, local government usually set focus on environment protection, and the profit acquirement is the goal of enterprise. The goal of this research is to apply standard (simultaneous game) and extension (sequential game) linguistic multi-person multi-criteria game for dealing with the pollution inspection problem and strategy decision problem. In order to justify the usefulness of proposed methods, the research will make two examples to explain those methods. Finally, management implementation and future research will be discussed,

Keyword: Administration Management, Decision Analysis, Linguistic Variable, Game Theory

1. 簡介

沒有人可以離群索居，當人群聚在一起，就一定會產生政治事務；政治如同他字面上的解釋，政是眾人之事，治是管理，政治就是管理眾人之事(葉明德，2006)，在公平、正義的原則下，政治的運作機制會決定誰該付出代價，誰會獲得利益。

低度開發國家在開發初期，由於，缺乏資金與技術所以只能選擇勞力密集或高污染的產業進行經濟發展，然而，隨著國家經濟逐漸上升，國民的環保意識便會逐漸抬頭，當初，為國家賺取資本財的金雞母-高污染產業便逐漸變成了人人喊打-污染怪獸。雖然，大部份民意偏向淘汰高污染產業，但是，在地深耕已久的高污染產業除了擁有替國家賺取高額外匯的能力、亦負擔起照顧千千萬萬家庭的重擔，而這也是一部份的民意，如何在兩邊的民意間承擔起槓桿的作用取得平衡考驗著政府的智慧，最務實的作法是逐步修嚴法規讓廠商遵守，如此便可以幫廠商爭取提升技術、符合嚴格法令規章的時間，還可以滿足環保團體的要求，為非常明確的政治問題解決方案。

政府要負責的政治任務種類繁多，舉凡內政、外交、國防、財政、教育、法務、經濟、環保、衛生、文化林林總總、不一而足，雖然，每個部門都是在為人民服務，但是各部門所負責的政治任務不同，政府的政策目標難免會有互相衝突的時候，例如：經濟部門負責招商降低失業率以促進經濟成長、環保部門負責審視廠商的排放物是否符合環境影響評估的標準，但是過高的環評會降低經濟部門招商時廠商投資的吸引力，所以，經濟部門和環保部門的目標是互相衝突的。

雖然，大部份國家都是實施中央、地方分權制，但是中央政府與地方政府通常對施政的偏好都不同，中央政府面對全國的民意偏好提升經濟成長率，而地方政府則面對當地的民意，偏好維護當地人民健康維持嚴格環保標準，所以，中央政府與地方政府亦常有衝突。

就如同經濟學所示，正常情況下所有人都是理性自私的(林炳文，2010)，此理亦可以套用到中央政府、地方政府與廠商的關係上，中央政府偏重經濟繁榮，地方政府偏重嚴格執行環保標準，而廠商則偏重獲利。

但是，不管是中央政府、地方政府或廠商都可能背負很多政策目標與施政條件，例



如：廠商除了獲利、維持企業形象、還要研發新技術，而每個目標之間亦可能是相互衝突的。

中央政府、地方政府或廠商亦都有其各自數個施政策略，而此三方組織各自一組施政策略所形成的『施政策略組合』便可稱之為執行環境，執行環境為中央政府、地方政府或廠商在其特定的施政策略下所形成的化學作用，其會影響中央政府、地方政府或廠商在其各自目標下的績效。

以下是各種多準則決策賽局分析的方法：

Campos (1989)發表模糊兩人零和賽局且應用模糊線性規劃以處理雙人混合策略的問題；Sakawa & Nishizaki (1994)在兩人零和賽局中使用最大最小概念根據模糊目標決定雙方的模糊報酬；Song & Kandel (1999)應用模糊集合以公式化決策制定者的目標與他們競爭者的策略機率分布，決策制定者同時考量其目標與其競爭者的策略機率分布決定自己的混合策略機率分布，該方法的缺點為不易處理多人賽局問題(Chen, Pai & Hung, 2014)；Angelou & Economides (2009)整合層級分析法、賽局理論和實質選擇權以分析在對手的競爭下以分析各種資訊和溝通科技商業模式決策方案；Reneke (2009)在具有風險與不確定的條件下以賽局形式使用向量函數評估長期投資決策方案以預測石油價格；Madani & Lund (2011)使用蒙特卡羅賽局理論(Monte-Carlo Game Theory, MCGT)技術在策略賽局中以處理加利福尼亞州的不確定統計問題。Monroy & Fernandez (2011)從傳統簡單賽局延伸 Shapley-Shubik 一般化指標以處理多準則賽局問題並建立 Shapley-Shubik 指標的公理特徵；Barough, Shoubi & Skardi (2012)使用傳統賽局方法以處理兩種類型的專案建構衝突問題囚徒困境賽局(Prisoners' Dilemma)和膽小鬼賽局(Chicken Game)；Li & Hong (2012)提一個有效能的機制並使用三角模糊數報酬函數以處理受限制的混合賽局；Zamarripa, Aguirre & Espuina. (2013)藉由使用不同的最佳化評估準則在不確定的競爭環境下改良供應鏈的決策問題，該研究藉由 ε -限制法(ε -Constraint Method)以趨近非支配的柏拉圖解空間並使用賽局理論以求解在不確定的競爭情境下供應鏈雙方的策略解；Monroya, Hinojosa, Mármol & Fernández (2013)研究合作賽局與模糊報酬，並提出核心概念，以將報酬分配模糊化；Panda & Das(2014)提出了一種將多選擇模式混合賽局問題轉換為混合整數規劃模型的技術，在多選擇模式混合賽局問題中，其支付矩陣具有多選擇的性質。

雖然，目前有很多整合多準則決策與賽局理論的文獻，但是大部份都是雙人賽局，只有非常少部份可以處理在模糊的情境下進行群體決策的多人多準則決策賽局問題。

本研究應用語意多人多準則決策賽局分析(Linguistic Multi-person Multi-Criteria Game)以處理中央政府、地方政府與廠商的政策(策略)選擇問題，其中，上述賽局分析又可區分成標準型語意多人多準則決策賽局(Normal Form Linguistic Multi-Person Multi-Criteria Game)(Lin, Chen, Chen & Hung, 2014)和擴展型語意多人多準則決策賽局(Extensive Form Linguistic Multi-Person Multi-Criteria Game)(Chen et. al., 2014)兩種，分別代表中央政府、地方政府與廠商的同時賽局與循序賽局，其中，中央政府、地方政府對廠商的污染排放檢查機制為同時賽局，中央政府的法令規章或政策、地方政府的自治條例或執行方案對廠商的營運策略為循序賽局，主因為中央政府的法令規章優於地方政府



的自治條例，而廠商總是依政府的政策行事，所以為中央政府先制定政策、地方政府再依據中央政府的意見制定執行方案，最後，廠商再依據中央政府的政策、地方政府的執行方案制定營運策略的循序賽局。

應用語意多人多準則決策賽局分析以處理中央政府、地方政府與廠商的政策(策略)選擇問題，有下列3點原因：

- (1) 可彈性擴充參與者：本論文是中央政府、地方政府與廠商三個參與者(Player)，然而，現實生活中，依據問題的需求，其與問題相關之政府階層可能三級(中央、省、縣)、四級(中央、省、縣、鄉)或五級(中央、省、縣、鄉、里)參與者可能，因此，語意多人多準則決策賽局非常適合處理此類問題。
- (2) 參與者的評估準則可依其自身需求自行變動：由於各級政府的施政範圍不同、政策目標不同、偏好不同，因此，各級政府的評估準則有異，而廠商的營運目標與政府的施政目標更是大相逕庭，由於，語意多人多準則決策賽局可彈性地設定每位參與者的評估準則，因此，非常適合處理中央政府、地方政府與廠商的賽局問題。
- (3) 專家評估機置具有高度實用性：由於，現實生活中，並非所有的政策資訊皆可以用明確值表示，且有些意見需要專家們的主觀看法，並經由討論與計算以整合成客觀的群體意見。而語意多人多準則決策賽局技術具有可以依中央政府、地方政府與廠商的特定策略組合選取個別專家意見資訊並整合成群體意見的工具，此為傳統數值類型賽局模式所缺乏的機制。

本研究之研究內容如下，首先會簡單介紹二元語意變數的概念與計算方法與傳統以明確值為基礎的賽局理論形式，接下來會說明本研究的主要方法—多人多準則決策賽局，並詳細描述標準型語意多人多準則決策賽局和擴展型語意多人多準則決策賽局的執行流程，為了驗證本方法的實用性，兩個關於高污染產業廠商與政府的賽局決策問題會被實作當作範例並說明其管理意涵，最後會進行結論與未來後續研究的探討。

2. 基礎背景知識與工具介紹

2.1 二元語意變數

明確值(Crisp Value)或區間值(Interval Value)為有效率地表達意見方式，但是對專家而言，使用文字比較有親和力亦符合人性，因為，在實際的施政運作狀況裡，大部份的施政績效都有模糊性(Fuzziness)與不確定性(Uncertainty)，所以說，運用語意變數讓專家表達意見，再將其轉換為數字以便進行統合與運算是比較有效率(Efficiency)與效能(Effectiveness)的作法。

定義1.「二元模糊語意表示模式」定義為一個以二元參數表示語意變數的一種方法， $L=(s, \alpha)$ 為二元語意變數符號，其中， $S=\{s_0, s_1, s_2, \dots, s_g\}$ 為模糊語意之標示符號集合， α 為某一語意變數與模糊語意中心值之距離(Herrera & Martinez, 2001)。例如：語意變數 L' 介於 s_1 和 s_2 之間，可利用二元模糊語意表達為 $L'=(s_2, \alpha)$ ，如圖1所示。



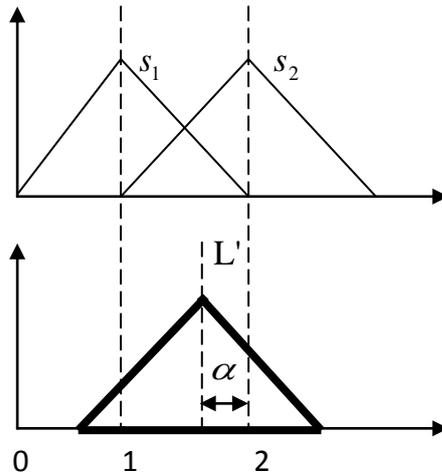


圖 1. 二元語意變數 $L'=(s_2, \alpha)$ 的示意圖

定義 2. 符號轉換函數 Δ 為轉換明確值 $\beta (\beta \in [0,1])$ 為二元語意變數的公式，公式如下所示 (Herrera & Martinez, 2001)：

$$\Delta: [0,1] \rightarrow S_x \left[\frac{-1}{2g}, \frac{1}{2g} \right) \quad (1)$$

$$\Delta: [\beta] \rightarrow (s_i, \alpha_i) \quad (2)$$

其中， $i = \text{round}(\beta * g)$ ， $\alpha_i = \beta - \frac{i}{g}$ 和 $\alpha_i \in \left[\frac{-1}{2g}, \frac{1}{2g} \right)$ 。

定義 3. 符號轉換反函數 Δ^{-1} 為轉換二元語意變數為明確值 β 的公式，公式如下所示 (Herrera & Martinez, 2001)：

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) = \frac{i}{g} + \alpha_i = \beta \quad (3)$$

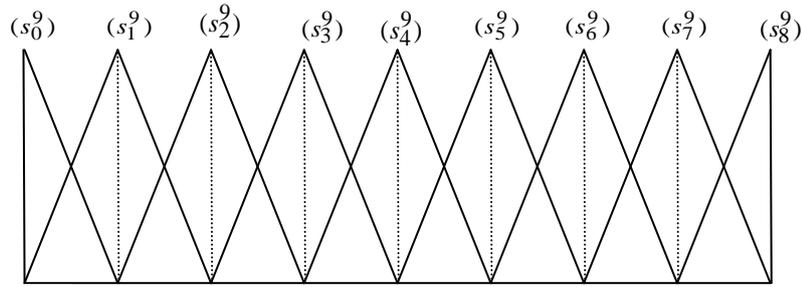
在進行決策分析時，讓專家使用二元語意來評估在特定賽局情境下，每位參與者在其各自每種評估準則下的績效值，是一個相對簡單且易於表達專家意見的方法。主因為：

- (1) 語意變數以文字為基礎，符合人性化原則為讓專家易於表達意見的方法 (Herrera & Martinez, 2000)。
- (2) 群體決策時，使用二元語意變數整合專家的意見，可以避免資訊轉換的錯誤和資訊的流失 (Herrera-Viedma et. al., 2003)。
- (3) 專家可以根據自身的經驗、知識和偏好使用符合各自需求的語意層級表達意見 (Chen., Pai & Hung, 2014)。
- (4) 由於二元語意變數可以轉換為明確值，因此可以量化專家意見之差異程度，亦可以設定門檻值對差異過大的專家意見進行處理 (Xu, 2009)。

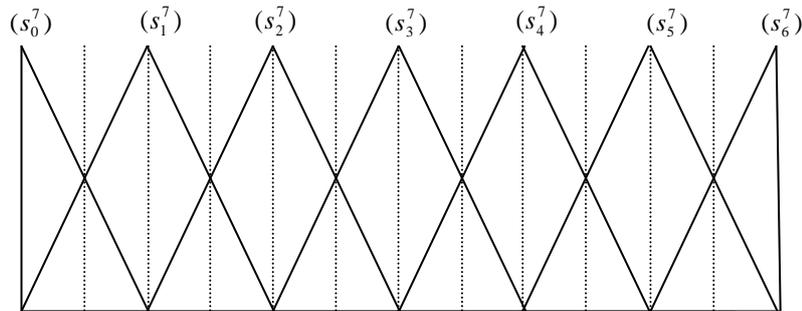
不同層級的二元語意變數之表達方式如表 1 所示。

表1. 不同層級的語意變數

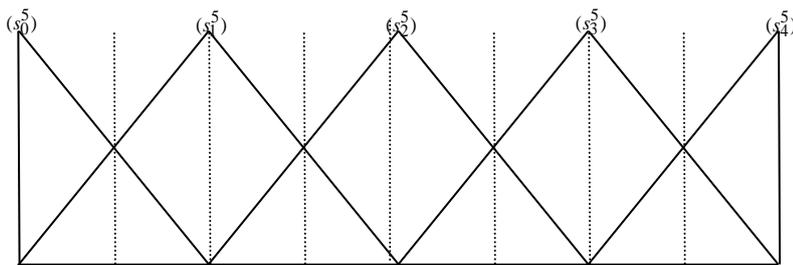
	類型	語意變數	圖形
九點 量表	績效	極差(s_0^9),非常差(s_1^9),差(s_2^9),稍差(s_3^9),一般(F)(s_4^9),稍好(s_5^9),好(s_6^9),非常好(s_7^9),極好(s_8^9)	圖2
	權重	極不重要(s_0^9),非常不重要(s_1^9),不重要(s_2^9),稍不重要(s_3^9),一般(F)(s_4^9),稍重要(s_5^9),重要(s_6^9),非常重要(s_7^9),極重要(s_8^9)	
七點 量表	績效	極差(s_0^7),差(s_1^7),稍差(s_2^7),一般(s_3^7),稍好(s_4^7),好(s_5^7),極好(s_6^7)	圖3
	權重	極不重要(s_0^7),不重要(s_1^7),稍不重要(s_2^7),一般(s_3^7),稍重要(s_4^7),重要(s_5^7),極重要(s_6^7)	
五點 量表	績效	極差(s_0^5),差(s_1^5),一般(s_2^5),好(s_3^5),極好(s_4^5)	圖4
	權重	極不重要(s_0^5),不重要(s_1^5),一般(s_2^5),重要(s_3^5),極重要(s_4^5)	



0 圖2. 九點二元語意變數隸屬函數 1



0 圖3 七點二元語意變數隸屬函數 1



0 圖4. 五點二元語意變數隸屬函數 1



2.2 傳統賽局理論的概念與形式

賽局理論從 1928 年的 Neumann 依據『壞中取小』定理解決『零和』賽局問題開始發展，賽局為決策者間互動的分析，每位決策者都擁有一個基本概念『當我們極大化己方的報酬時，對手也正努力極大化他自己的報酬』，因此，每位決策者都會將其他決策者行為的知識(Knowledge)與預期(Expectation)納入分析架構，因為，決策者知悉他的決策結果會影響其他人的行為，他可能選擇改變目前的決策方案或不進行改變基於其對其他決策者的預期，而其他決策者亦會針對其競爭者的決策預期進行是否改變目前決策方案之決策制定，因此，當所有的決策者都無誘因改變其決策時，便達成策略均衡(Nash Equilibrium)。

賽局通常由六大要素所構成，分別是(一)參賽者集合(Set of Players)、(二)策略集合(Set of Strategies)、(三)報酬集合(Set of Payoffs)、(四)遊戲規則(Rule of the Game)、(五)資訊結構(Information Structure)、(六)移動順序(Sequence of Moves)(Dixit & Skeath, 2002)，而可以分成標準型賽局 vs. 擴展型賽局、合作賽局 vs. 非合作賽局、零和賽局 vs. 非零和賽局、單一回合賽局 vs. 多回合賽局、雙人賽局 vs. 多人賽局(Chen et. al., 2014)。

標準型賽局為同時賽局，賽局中的每位參賽者同時提出一種策略以形成一種策略情境以求取每位參賽者的績效值，每位參賽者在特定策略下的最佳反應(Best Response)的交集可獲得 Nash 均衡，表 2 為雙人標準式賽局示意圖。

表 2. 標準式賽局示意圖

		參賽者 2	
		參賽者 2 的第 1 策略	參賽者 2 的第 2 策略
參賽者 1	參賽者 1 的第 1 策略	策略情境 1(參賽者 1 的績效, 參賽者 2 的績效)	策略情境 3(參賽者 1 的績效, 參賽者 2 的績效)
	參賽者 2 的第 2 策略	策略情境 2(參賽者 1 的績效, 參賽者 2 的績效)	策略情境 4(參賽者 1 的績效, 參賽者 2 的績效)

擴展型賽局為循序賽局，賽局中的參賽者會依照一定次序決定其策略，通常使用逆向歸納法(Backward Induction)求解，圖 5 為雙人擴展型賽局示意圖。



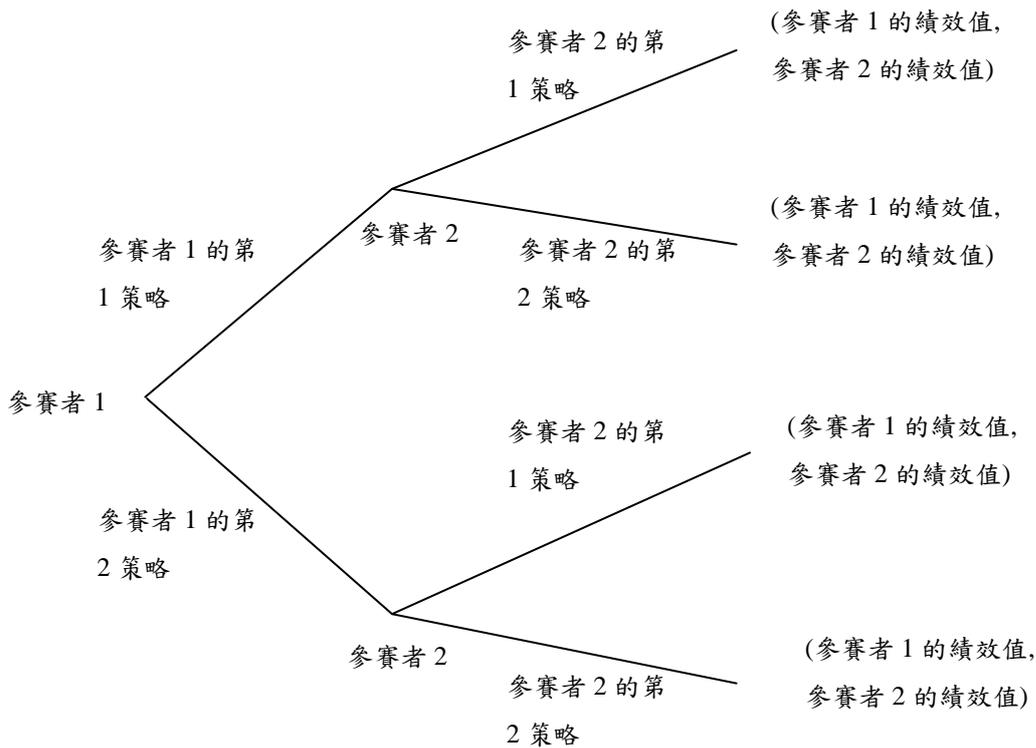


圖 5. 雙人擴展型賽局示意圖

3. 多人多準則決策賽局說明

語意多人多準則決策賽局(Linguistic multi-person multi-criteria game ,LMPMCG))的內容包含如下：

- (1) 參賽者集合 $P = \{p^1, p^2, \dots, p^v\}$ ，其中 v 代表參賽者人數。
- (2) 每位參與者的策略集合之集合 $S = \{S^1, S^2, \dots, S^v\}$ ，其中 $S^1 = \{s_1^1, s_2^1, \dots, s_{m_1}^1\}$ ， $S^2 = \{s_1^2, s_2^2, \dots, s_{m_2}^2\}$ ， \dots ， $S^v = \{s_1^v, s_2^v, \dots, s_{m_v}^v\}$ 代表參賽者 p^1, p^2 到 \dots, p^v 的策略集合。
 m_1, m_2, \dots, m_v 代表參賽者 p^1, p^2 到 \dots, p^v 的策略數。
 s_π^δ 代表參賽者 δ 的第 π 個策略。
- (3) 策略組合集合 $SC = [s_i^1, s_j^2, \dots, s_k^v]_{m_1 * m_2 * \dots * m_v}$ ，策略組合為每位參賽者單一策略所形成的組合。
- (4) 每位參賽者的每組策略組合的評估準則集合 $C = \{C^1, C^2, \dots, C^v\}$ ，其中， $C^1 = \{c_1^1, c_2^1, \dots, c_{n_1}^1\}$ 、 $C^2 = \{c_1^2, c_2^2, \dots, c_{n_2}^2\}$ 、 \dots 、 $C^v = \{c_1^v, c_2^v, \dots, c_{n_v}^v\}$ 。
 n_1, n_2, \dots, n_v 代表參賽者 p^1, p^2 到 \dots, p^v 的評估準則數。
 c_π^δ 代表參賽者 δ 的第 π 個策略。



(5) 每位參賽者 $\left[\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_k^v \right), c_\pi^i \right]_{(m_1 * m_2 * \dots * m_v) * n_i}$ 的策略組合評估矩陣集合 $E = \{E^1, E^2, \dots, E^v\}$ ，其中 $\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_k^v \right), c_\pi^i$ 代表在策略組合 $\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_k^v \right)$ 下參賽者 i 在評估準則 c_π^i 的績效。

(6) 決策者集合 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_r\}$ ，其中， r 代表決策者人數。

首先，決策者必需根據賽局中參賽者的立場表達他們關於在每位參賽者自身評估準則底下每組策略組合的績效的意見，

$\tilde{x}^d_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right), c_\pi^\delta}$ 為二元語意變數，該變數代表決策者 d 關於參賽者 δ 在策略組合

$\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right)$ 下評估準則 c_π^δ 的績效意見，決策者們關於參賽者 δ 根據其策略 s_θ^δ 在策略組合

$\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right)$ 下評估準則 c_π^δ 的績效意見的整合公式，如下所示：

$$\tilde{x}_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right), c_\pi^\delta} = \Delta \left(\frac{1}{r} * \sum_{\lambda=1}^r \Delta^{-1} \left(\tilde{x}_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right), c_\pi^\delta}^\lambda \right) \right) \quad 4)$$

決策者們關於評估準則 c_π^δ 的權重整合公式，如下所示：

$$\tilde{w}_{c_\pi^\delta} = \Delta \left(\frac{1}{r} * \sum_{\lambda=1}^r \Delta^{-1} \left(\tilde{w}_{c_\pi^\delta}^\lambda \right) \right) \quad 5)$$

參賽者 δ 根據其策略 s_θ^δ 在策略組合 $\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right)$ 下評估準則 c_π^δ 的權重績效公式，如下所示：

$$\tilde{p}_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right), c_\pi^\delta} = \Delta \left(\Delta^{-1} \left(\tilde{x}_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right), c_\pi^\delta} \right) * \Delta^{-1} \left(\tilde{w}_{c_\pi^\delta} \right) / \sum_{\theta=1}^{n_\delta} \Delta^{-1} \left(\tilde{w}_{c_\pi^\delta} \right) \right), \quad 6)$$

$\pi = 1, 2, \dots, n_\delta$

參賽者 δ 根據其策略 s_θ^δ 在策略組合 $\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right)$ 下的整體績效公式，如下所示：

$$\tilde{\Psi}_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right)} = \Delta \left(\sum_{i=1}^{n_\delta} \Delta^{-1} \left[\tilde{p}_{\left(s_i^1, s_j^2, \dots, s_\theta^\delta, \dots, s_k^v \right), c_i^\delta} \right] \right) \quad 7)$$

語意多人多準則決策賽局分成標準型和擴展型兩種，其專家意見與績效權重整合流程相同，其參賽者的決策順序基於標準型為同時賽局而擴展型為循序賽局而有所差異分別介紹如下：



3.1 標準型語意多人多準則決策賽局(Lin et. al., 2014)

在標準型賽局中，每位參與者可以根據所有競爭對手所選擇的策略與自身的各種策略結合形成各種策略組合，在從這些策略組合中選取績效值最大者當作最佳反應(Best Response)，然而，每位參與者的最佳反應並不一定可以形成交集，達成 Nash 均衡。由於，Nash 已經證明在同時賽局中，參賽者的混合策略一定有 Nash 均衡(Nash, 1950)，所以，每位參與者選擇各種策略的機率可使用線性規劃的方式進行求解。線性規劃公式如下：

$$\begin{aligned}
 & \text{極大化 } v^\delta & (8) \\
 & \Psi_{(s_1^1, s_1^2, \dots, s_1^\delta, \dots, s_1^v)} * \Phi_1^\delta + \Psi_{(s_1^1, s_1^2, \dots, s_2^\delta, \dots, s_1^v)} * \Phi_2^\delta + \dots + \Psi_{(s_1^1, s_1^2, \dots, s_{m_g}^\delta, \dots, s_1^v)} * \Phi_{m_g}^\delta \geq v^\delta \\
 & \Psi_{(s_1^1, s_1^2, \dots, s_1^\delta, \dots, s_2^\delta)} * \Phi_1^\delta + \Psi_{(s_1^1, s_1^2, \dots, s_2^\delta, \dots, s_2^v)} * \Phi_2^\delta + \dots + \Psi_{(s_1^1, s_1^2, \dots, s_{m_g}^\delta, \dots, s_2^v)} * \Phi_{m_g}^\delta \geq v^\delta \\
 & \dots \\
 & \text{限制於 } \Psi_{(s_{m_1}^1, s_{m_2}^2, \dots, s_1^\delta, \dots, s_{m_v}^v)} * \Phi_1^\delta + \Psi_{(s_{m_1}^1, s_{m_2}^2, \dots, s_2^\delta, \dots, s_{m_v}^v)} * \Phi_2^\delta + \dots + \Psi_{(s_{m_1}^1, s_{m_2}^2, \dots, s_{m_g}^\delta, \dots, s_{m_v}^v)} * \Phi_{m_g}^\delta \geq v^\delta \\
 & \Phi_1^\delta + \Phi_2^\delta + \dots + \Phi_{m_g}^\delta = 1 \\
 & \Phi_1^\delta \geq 0
 \end{aligned}$$

其中， v^δ 代表參賽者 δ 的預期績效， Φ_π^δ 代表參賽者 δ 的策略 s_π^δ 之最適發生機率。

3.2 擴展型語意多人多準則決策賽局(Chen et. al., 2014)

在擴展型循序中，每位參賽者依序決定策略，假設參賽者決定策略的順序為參賽者 1、參賽者 2、...到參賽者 n。

逆向歸納法(Backward induction)(Dixit & Skeath, 2002)為在不同策略組合下預測競爭者行為的符合邏輯的方法；其流程為最後制定決策的人(參賽者 n)最先制定決策，然後，倒數第二位制定決策的人(參賽者 n-1)根據參賽者 n 的決策資訊制定決策、倒數第三位制定決策的人(參賽者 n-2)根據參賽者 n-1 和參賽者 n 的決策資訊制定決策，以此類推；最後，每位參賽者可以得知其合理策略基於其他競爭者的合理策略。

4. 範例說明

本研究列舉兩件現實生活中，曾經發生的高污染產業管理事件進行中央政府、地方政府與廠商的多人多準則決策賽局分析。

4.1 中央政府、地方政府與高污染產業廠商的環保檢查問題

根據亞洲某個島嶼發展高污染產業為例，因為，經濟發展迅速、民智大開、所以環保意識高漲，在民意壓力下，中央政府與地方政府都有督促高污染產業廠商符合環保規則的壓力，中央政府與地方政府都有檢查高污染產業廠商的權力，但是，檢查廠商是否合於標準需要成本，且中央政府有招商能力，而廠商只在乎自身的商譽與獲利，中央政府為了極大化自身效用，聘請 3 位專家，考量中央政府的兩個策略(S_1^1 :檢查廠商、 S_2^1 :



不檢查廠商)與三個評估準則(C_1^1 :檢查成本、 C_2^1 :招商能力與 C_3^1 :環保民意壓力)、地方政府的兩個策略(S_1^2 :檢查廠商、 S_2^2 :不檢查廠商)與兩個評估準則(C_1^2 :檢查成本、 C_2^2 :環保民意壓力)和廠商的兩個策略(S_1^3 :排放廢水、 S_2^3 :不排放廢水)和兩個評估準則(C_1^3 :商譽、 C_2^3 :獲利)(參考表 3)，進行中央政府、地方政府與廠商在混合策略上的策略使用機率推估，以極大化其效用。

表 3. 中央政府、地方政府與高污染產業廠商的策略與評估準則

	策略	評估準則
P^1 中央政府	S_1^1 :檢查廠商 S_2^1 :不檢查廠商	C_1^1 :檢查成本、 C_2^1 :招商能力 C_3^1 :環保民意壓力
P^2 地方政府	S_1^2 :檢查廠商 S_2^2 :不檢查廠商	C_1^2 :檢查成本、 C_2^2 :環保民意壓力
P^3 廠商	S_1^3 :排放廢水 S_2^3 :不排放廢水	C_1^3 :商譽、 C_2^3 :獲利

標準型語意多人多準則決策賽局的執行步驟如下：

步驟 1：三位專家使用其偏好的二元語意變數表達其對 3 個賽局參賽者(中央政府、地方政府與廠商)在各種策略組合下，針對各自評估準則的績效評價，其中，專家 D_1 使用 5 點量表語意變數、專家 D_2 使用 7 點量表語意變數而專家 D_3 使用 9 點量表語意變數；專家的相關意見如表 4 所示。

表 4. 在不同策略組合下針對每位參賽者各自評估準則的績效值之專家意見

策略組合	專家	C_1^1	C_2^1	C_3^1	C_1^2	C_2^2	C_1^3	C_2^3
(s_1^1, s_1^2, s_1^3)	D_1	極好	極差	一般	一般	差	極差	好
	D_2	一般	稍好	極差	一般	稍好	稍差	稍好
	D_3	非常差	差	稍好	極差	一般	非常好	極差
(s_1^1, s_2^1, s_2^2)	D_1	差	一般	極差	極好	好	差	極好
	D_2	好	稍差	極好	稍好	極差	好	一般
	D_3	稍好	極差	非常差	差	極差	好	極好
(s_1^1, s_2^2, s_1^3)	D_1	極差	極好	差	差	極好	極差	極好
	D_2	極好	極差	稍好	稍差	好	稍好	極好
	D_3	極好	非常好	差	稍好	極好	極差	差



表 4. 在不同策略組合下針對每位參賽者各自評估準則的績效值之專家意見(續)

策略組合	專家	C_1^1	C_2^1	C_3^1	C_1^2	C_2^2	C_1^3	C_2^3
(s_1^1, s_2^2, s_3^3)	D ₁	差	極差	一般	差	極差	極好	極好
	D ₂	一般	極好	極差	稍好	極好	稍好	極好
	D ₃	好	非常差	差	一般	極差	非常差	稍好
(s_2^1, s_1^2, s_1^3)	D ₁	好	極差	極好	差	極好	差	極好
	D ₂	稍差	好	一般	稍好	稍好	極差	好
	D ₃	非常差	極差	稍差	稍好	差	好	稍好
(s_1^1, s_1^2, s_2^3)	D ₁	極差	一般	差	極好	一般	極差	差
	D ₂	稍好	極差	差	稍好	一般	稍好	稍差
	D ₃	一般	差	極差	稍好	非常差	稍差	稍好
(s_1^1, s_2^2, s_1^3)	D ₁	一般	極差	差	一般	差	好	一般
	D ₂	一般	差	稍差	極差	稍好	稍好	差
	D ₃	非常差	稍差	差	極差	稍好	非常好	一般
(s_1^1, s_2^2, s_2^3)	D ₁	差	差	好	一般	好	差	極差
	D ₂	極差	稍好	差	一般	稍差	差	稍好
	D ₃	稍差	非常好	非常差	一般	差	稍好	稍好

步驟 2：三位專家表達其對 3 個賽局參賽者(中央政府、地方政府與廠商)針對各自評估準則的權重評價，(如表 5 所示)。

表 5. 針對每位參賽者各自評估準則的績效值之專家意見

專家	C_1^1	C_2^1	C_3^1	C_1^2	C_2^2	C_1^3	C_2^3
D ₁	重要	極不重要	不重要	一般	極不重要	重要	重要
D ₂	不重要	一般	一般	極不重要	稍重要	稍不重要	稍不重要
D ₃	極不重要	稍不重要	一般	非常不重要	一般	不重要	稍重要

步驟 3：應用公式 4 整合專家意見關於中央政府、地方政府與廠商在各種策略組合下，針對各自評估準則的績效評價。

步驟 4：應用公式 5 整合專家意見關於中央政府、地方政府與廠商針對各自評估準則的權重評價。

步驟 5：應用公式 6 計算每位參賽者根據自身策略在每種策略組合下每種評估準則的權重績效。

步驟 6：應用公式 7 整合每位參賽者在特定策略組合下每種評估準則的權重績效成為整體績效。



步驟 7：應用 Lingo 線性規劃軟體(熊高生和楊國隆，2009)與公式 8 計算中央政府、地方政府與廠商的每種策略的使用機率分配。其中，中央政府的策略 s_1^1 (檢查廠商)的使用機率為 0.4124、中央政府的策略 s_2^1 (不檢查廠商)的使用機率為 0.5876；地方政府的策略 s_1^2 (檢查廠商)的使用機率為 0.6384、地方政府的策略 s_2^2 (不檢查廠商)的使用機率為 0.3616；廠商的策略 s_1^3 (排放廢水)的使用機率為 0.1487、廠商的策略 s_2^3 (不排放廢水)的使用機率為 0.8613。

4.2 中央政府、地方政府與高污染產業廠商的政策制定問題

根據上述案例，其中，政府由於組織再造，因此，進行專業分工，中央政府擁有政策與法規制定權，地方政府擁有政策執行權，中央政府亦為了極大化自身效用，聘請 3 位專家，考量中央政府的三個策略(S_1^1 :制訂嚴格環保法規、 S_2^1 :制訂租稅減免條例、 S_3^1 :制訂嚴格環保法規且制訂租稅減免條例)與三個評估準則(C_1^1 :政府財政效用、 C_2^1 :招商能力與 C_3^1 :環保民意壓力)、地方政府的三個策略(S_1^2 :嚴格檢查廠商、 S_2^2 :寬鬆檢查廠商和 S_3^2 :不檢查廠商)與三個評估準則(C_1^2 :檢查成本、 C_2^2 :招商相對吸引力和 C_3^2 :環保民意壓力)和廠商的四個策略(S_1^3 :購買廢水處理設備且不擴廠、 S_2^3 :不購買廢水處理設備且不擴廠、 S_3^3 :購買廢水處理設備且擴廠和 S_4^3 :不購買廢水處理設備且擴廠)和兩個評估準則(C_1^3 :商譽、 C_2^3 :獲利)(參考表 6)，由於，中央政府的政策制訂會影響地方政府檢查廠商是否合法的意願(例如：寬鬆的法令由於廠商容易遵守，便會降低地方政府執行其檢查廠商的動機，因為，廠商不容易違法)，中央政府的政策制訂、地方政府檢查的嚴格程度會影響廠商進行環保投資的意願與擴廠投資的意願，因此，為中央政府、地方政府與高污染產業廠商的擴展型賽局(循序賽局)。為了極大化中央政府的效用，擴展型語意多人多準則決策賽局的執行步驟如下：

表 6. 中央政府、地方政府與高污染產業廠商的策略與評估準則

	策略	評估準則
P^1 中央政府	S_1^1 :制訂嚴格環保法規 S_2^1 :制訂租稅減免條例 S_3^1 :制訂嚴格環保法規且制訂租稅減免條例	C_1^1 :政府財政效用 C_2^1 :招商能力 C_3^1 :環保民意壓力
P^2 地方政府	S_1^2 :嚴格檢查廠商 S_2^2 :寬鬆檢查廠商 S_3^2 :不檢查廠商	C_1^2 :檢查成本 C_2^2 :招商相對吸引力 C_3^2 :環保民意壓力
P^3 廠商	S_1^3 :購買廢水處理設備且不擴廠 S_2^3 :不購買廢水處理設備且不擴廠 S_3^3 :購買廢水處理設備且擴廠 S_4^3 :不購買廢水處理設備且擴廠	C_1^3 :商譽、 C_2^3 :獲利

步驟 1：三位專家亦使用其偏好的二元語意變數表達其對 3 個賽局參賽者(中央政府、地



方政府與廠商)在各種策略組合下，針對各自評估準則的績效評價，其中，專家D₁使用5點量表語意變數、專家D₂使用7點量表語意變數而專家D₃使用9點量表語意變數；專家的相關意見(如表7所示)。

表 7. 在不同策略組合下針對每位參賽者各自評估準則的績效值之專家意見

策略組合	專家	C ₁ ¹	C ₂ ¹	C ₃ ¹	C ₁ ²	C ₂ ²	C ₃ ²	C ₁ ³	C ₂ ³
(s ₁ ¹ , s ₁ ² , s ₁ ³)	D ₁	差	一般	極差	好	一般	一般	極差	一般
	D ₂	稍好	差	稍差	好	一般	差	稍差	極差
	D ₃	極差	差	非常好	極差	稍好	非常差	非常好	差
(s ₁ ¹ , s ₁ ² , s ₂ ²)	D ₁	極差	一般	差	極差	一般	極差	一般	極差
	D ₂	一般	極差	稍好	極差	一般	差	稍好	好
	D ₃	非常好	一般	極差	稍好	非常好	稍好	差	一般
(s ₁ ¹ , s ₁ ² , s ₃ ³)	D ₁	差	好	極差	差	好	一般	好	好
	D ₂	極差	一般	差	好	一般	極差	好	差
	D ₃	一般	稍好	非常差	一般	差	差	極差	一般
(s ₁ ¹ , s ₁ ² , s ₄ ⁴)	D ₁	好	極差	極差	一般	差	好	一般	極差
	D ₂	極差	稍好	一般	稍好	好	極差	好	稍好
	D ₃	非常好	非常好	極差	好	差	好	一般	極差
(s ₁ ¹ , s ₂ ² , s ₁ ³)	D ₁	好	好	極差	極差	極差	極差	好	差
	D ₂	稍差	極差	一般	極差	一般	一般	好	一般
	D ₃	差	極差	非常好	好	稍好	好	非常好	差
(s ₁ ¹ , s ₂ ² , s ₂ ³)	D ₁	極差	極差	差	極差	一般	好	一般	一般
	D ₂	極差	差	好	一般	一般	好	極差	極差
	D ₃	差	非常好	好	非常好	非常差	一般	非常好	
(s ₁ ¹ , s ₂ ² , s ₃ ³)	D ₁	極差	極差	極差	好	極差	一般	一般	好
	D ₂	極差	極差	極差	好	稍好	好	稍好	差
	D ₃	非常好	好	非常好	一般	一般	極差	非常好	
(s ₁ ¹ , s ₂ ² , s ₄ ⁴)	D ₁	極差	好	差	一般	好	好	好	一般
	D ₂	一般	稍好	稍差	一般	極差	稍好	差	極差
	D ₃	極差	非常好	差	非常好	差	非常好	差	好
(s ₁ ¹ , s ₃ ³ , s ₁ ³)	D ₁	極差	極差	一般	一般	極差	差	好	極差
	D ₂	差	差	好	極差	差	極差	一般	稍好
	D ₃	極差	極差	非常好	稍好	非常差	稍好	非常好	非常好
(s ₁ ¹ , s ₃ ³ , s ₂ ³)	D ₁	好	極差	極差	差	極差	好	差	好
	D ₂	稍好	稍好	稍好	好	差	一般	稍好	稍好
	D ₃	好	非常好	一般	非常好	一般	非常好	非常差	稍好
(s ₁ ¹ , s ₃ ³ , s ₃ ³)	D ₁	好	差	一般	極差	極差	一般	差	極差
	D ₂	稍好	稍差	極差	一般	一般	一般	稍好	稍差
	D ₃	極差	差	極差	非常差	極差	好	非常差	一般
(s ₁ ¹ , s ₃ ³ , s ₄ ⁴)	D ₁	差	一般	極差	好	一般	極差	好	好
	D ₂	一般	稍差	稍好	稍差	稍好	稍好	稍好	稍差
	D ₃	非常差	極差	非常好	非常差	非常好	差	非常好	差
(s ₂ ¹ , s ₁ ² , s ₁ ³)	D ₁	好	好	差	好	極差	差	好	好
	D ₂	差	稍好	極差	稍好	極差	稍好	稍好	稍差
	D ₃	非常好	非常好	非常差	稍差	稍好	非常好	非常差	非常差
(s ₂ ¹ , s ₁ ² , s ₂ ³)	D ₁	極差	差	差	好	一般	好	差	一般
	D ₂	稍好	稍好	極差	極差	稍差	好	一般	稍好
	D ₃	差	非常好	差	非常好	極差	非常差	極差	非常差
(s ₂ ¹ , s ₁ ² , s ₃ ³)	D ₁	差	好	一般	好	好	一般	一般	好
	D ₂	一般	差	稍好	稍差	稍好	差	極好	差
	D ₃	差	非常好	非常好	非常差	稍差	非常好	非常好	稍差
(s ₂ ¹ , s ₁ ² , s ₄ ⁴)	D ₁	極差	極差	差	差	好	差	一般	差
	D ₂	極差	稍差	好	一般	好	稍差	稍好	稍好
	D ₃	非常好	一般	非常差	一般	差	一般	非常差	非常好
(s ₂ ¹ , s ₂ ² , s ₁ ³)	D ₁	一般	極差	極差	極差	差	好	好	極差
	D ₂	極差	極差	稍好	極差	極差	極差	稍好	稍差
	D ₃	非常差	稍差	非常好	極差	差	非常差	非常差	稍差

表 7. 在不同策略組合下針對每位參賽者各自評估準則的績效值之專家意見(續)



策略組合	專家	C_1^1	C_2^1	C_3^1	C_1^2	C_2^2	C_3^2	C_1^3	C_2^3
(s_2^1, s_2^2, s_2^3)	D ₁	差	極差	差	一般	差	極差	一般	一般
	D ₂	稍好	極差	稍好	極好	稍好	極差	差	稍好
	D ₃	差	非常好	一般	非常差	稍差	極好	差	差
(s_2^1, s_2^2, s_3^3)	D ₁	極差	好	好	差	差	一般	一般	差
	D ₂	稍好	稍好	稍好	稍好	稍好	稍好	好	一般
	D ₃	差	非常差	稍差	非常好	非常好	非常差	一般	差
(s_2^1, s_2^2, s_4^3)	D ₁	極差	極差	極差	好	極差	極差	差	一般
	D ₂	稍差	稍好	極好	極好	極差	極好	一般	好
	D ₃	極差	非常好	非常差	稍差	好	差	稍差	非常好
(s_2^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	差	極差	一般	差	一般	一般	好	好
	D ₂	極好	稍差	稍差	好	一般	差	差	差
	D ₃	極差	好	非常好	非常差	一般	差	非常差	一般
(s_2^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	好	極差	好	一般	差	好	好	差
	D ₂	好	極好	稍差	極差	差	稍差	稍差	差
	D ₃	非常好	非常差	非常差	差	稍差	差	非常好	極差
(s_2^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	好	一般	差	極差	好	一般	差	好
	D ₂	差	極好	稍好	差	好	好	差	好
	D ₃	稍好	差	非常好	差	非常好	極差	好	一般
(s_2^1, s_3^2, s_4^3)	D ₁	極差	差	一般	好	好	一般	差	極好
	D ₂	稍差	稍好	一般	稍好	稍差	稍好	一般	好
	D ₃	極差	差	差	一般	極差	極好	差	好
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	極差	極差	差	極好	極好	好	好	極好
	D ₂	稍差	稍好	極好	稍差	極好	稍差	稍好	極好
	D ₃	一般	差	差	一般	非常差	非常差	一般	非常差
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	一般	差	極好	極好	一般	差	好	極好
	D ₂	極好	差	稍差	稍差	稍差	一般	差	稍差
	D ₃	非常好	極差	好	差	非常好	差	非常好	稍差
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	差	一般	差	極好	極好	一般	極差	極好
	D ₂	稍差	稍差	極好	差	極好	極差	極好	差
	D ₃	非常好	差	好	極好	極好	差	非常差	差
(s_3^1, s_3^2, s_4^3)	D ₁	好	好	差	極好	極差	極好	差	極好
	D ₂	稍差	差	極好	稍好	極好	差	稍差	極好
	D ₃	差	非常好	差	非常差	差	非常好	非常差	差
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	極好	差	一般	好	極好	差	極好	好
	D ₂	好	極好	稍差	稍好	好	極好	極好	差
	D ₃	差	非常好	差	非常差	差	極好	極好	一般
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	差	極好	好	極差	一般	極好	好	差
	D ₂	稍好	稍好	差	好	極好	稍好	極好	稍差
	D ₃	非常差	稍好	非常好	差	差	非常差	差	非常好
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	好	差	極好	好	極好	差	極好	極好
	D ₂	稍差	好	稍好	稍差	極好	差	極好	差
	D ₃	非常差	差	非常差	極好	非常差	非常好	極好	稍好
(s_3^1, s_3^2, s_4^3)	D ₁	極差	一般	一般	差	好	極好	差	好
	D ₂	差	好	差	好	極好	稍差	稍差	好
	D ₃	非常差	非常好	非常差	非常差	差	非常差	差	非常差
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	差	極好	差	極好	差	極好	差	極好
	D ₂	差	好	極好	差	極差	好	極好	差
	D ₃	非常差	極好	非常差	差	非常好	差	非常差	非常差
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	極好	差	極差	好	一般	一般	好	差
	D ₂	好	稍差	稍差	稍差	極差	好	極好	差
	D ₃	非常差	非常差	差	非常差	非常好	差	稍差	稍差
(s_3^1, s_3^2, s_3^3)	D ₁	極差	極好	差	好	極好	差	一般	好
	D ₂	極好	差	稍差	稍差	一般	好	稍差	稍差
	D ₃	差	非常差	非常好	極差	極差	非常差	極好	差
(s_3^1, s_3^2, s_4^3)	D ₁	極差	極好	一般	差	極差	極差	極好	好
	D ₂	稍差	差	一般	稍好	一般	差	稍好	一般
	D ₃	極差	差	極差	差	非常差	非常好	非常差	非常好



步驟 2：三位專家表達其對 3 個賽局參賽者(中央政府、地方政府與廠商)針對各自評估準則的權重評價，(如表 8 所示)。

表 8. 針對每位參賽者各自評估準則的績效值之專家意見

專家	C_1^1	C_2^1	C_3^1	C_1^2	C_2^2	C_3^2	C_1^3	C_2^3
D ₁	重要	極不重要	重要	一般	不重要	重要	重要	不重要
D ₂	不重要	稍不重要	不重要	極不重要	稍重要	極重要	稍重要	稍重要
D ₃	非常重要	一般	極不重要	稍不重要	非常不重要	重要	不重要	一般

步驟 3：應用公式 4 整合專家意見關於中央政府、地方政府與廠商在各種策略組合下，針對各自評估準則的績效評價。

步驟 4：應用公式 5 整合專家意見關於中央政府、地方政府與廠商針對各自評估準則的權重評價。

步驟 5：應用公式 6 計算每位參賽者根據自身策略在每種策略組合下每種評估準則的權重績效。

步驟 6：應用公式 7 整合每位參賽者在特定策略組合下每種評估準則的權重績效成為整體績效(如表 9 和表 10 所示)。

步驟 7：使用逆向歸納法(Backward induction)求解中央政府、地方政府與廠商的最適策略。

首先，廠商先根據各種不同的策略組合情境決定其最適策略，其中，當中央政府選制訂嚴格環保法規(S_1^1)、地方政府選嚴格檢查廠商(S_1^2)時、廠商選購廢水處理設備且擴廠(S_3^3)(0.5023)效用最大；當中央政府選制訂嚴格環保法規(S_1^1)、地方政府選寬鬆檢查廠商(S_2^2)時、廠商選購廢水處理設備且擴廠(S_3^3)(0.6614)效用最大；所以，廠商在中央政府與地方政府的不同策略選擇下的最佳績效策略組合分別為(S_1^1, S_1^2, S_3^3)、(S_1^1, S_2^2, S_3^3)、(S_1^1, S_3^2, S_3^3)、(S_2^1, S_1^2, S_3^3)、(S_2^1, S_2^2, S_4^3)、(S_2^1, S_3^2, S_4^3)、(S_3^1, S_1^2, S_3^3)、(S_3^1, S_2^2, S_3^3)和(S_3^1, S_3^2, S_4^3)。

地方政府根據上述資訊，判斷在(S_1^1, S_1^2, S_3^3)(0.3640)、(S_1^1, S_2^2, S_3^3)(0.4479)、(S_1^1, S_3^2, S_3^3)(0.2623)三種策略組合下，其最佳績效策略組合為(S_1^1, S_2^2, S_3^3)(0.4479)在(S_2^1, S_1^2, S_3^3)(0.5115)、(S_2^1, S_2^2, S_4^3)(0.4351)、(S_2^1, S_3^2, S_4^3)(0.6205)三種策略組合下，其最佳績效策略組合為(S_2^1, S_3^2, S_4^3)(0.6205)；在(S_3^1, S_1^2, S_3^3)(0.5161)、(S_3^1, S_2^2, S_3^3)(0.5483)、(S_3^1, S_3^2, S_4^3)(0.3227)三種策略組合下，其最佳績效策略組合為(S_3^1, S_2^2, S_3^3)(0.5483)。

中央政府再根據地方政府與廠商的最佳績效選擇，判斷(S_1^1, S_2^2, S_3^3)(0.4511)、(S_2^1, S_3^2, S_4^3)(0.6205)。



S_4^3)(0.3821)和(S_3^1, S_2^2, S_3^3)(0.5159)三種策略組合下，對中央政府而言，其最佳績效策略組合為(S_3^1, S_2^2, S_3^3)(0.5483)，中央政府制訂嚴格環保法規且制訂租稅減免條例、地方政府寬鬆檢查廠商的廠房，廠商購買廢水處理設備且擴廠。

表 9. 每位參賽者在特定策略組合下的整體績效值

中央政府	地方政府	廠商			
		S_1^3 :購買廢水處理設備且不擴廠	S_2^3 :不購買廢水處理設備且不擴廠	S_3^3 :購買廢水處理設備且擴廠	S_4^3 :不購買廢水處理設備且擴廠
S_1^1 :制訂嚴格環保法規	S_1^2 :嚴格檢查廠商	(0.4353,0.3817,0.3326)	(0.4307,0.3381,0.4595)	(0.4033,0.3640,0.5023)	(0.5646,0.5144,0.4324)
	S_2^2 :寬鬆檢查廠商	(0.4518,0.3738,0.5961)	(0.3728,0.5723,0.4775)	(0.4511,0.4479,0.6614)	(0.4598,0.6348,0.4017)
	S_3^2 :不檢查廠商	(0.3060,0.2623,0.6190)	(0.7163,0.5827,0.5004)	(0.3887,0.4108,0.3153)	(0.4257,0.4133,0.6171)
S_2^1 :制訂租稅減免條例	S_1^2 :嚴格檢查廠商	(0.6325,0.5055,0.4628)	(0.4455,0.4952,0.3330)	(0.5651,0.5115,0.6258)	(0.3997,0.4311,0.5071)
	S_2^2 :寬鬆檢查廠商	(0.2678,0.2044,0.3863)	(0.4949,0.3975,0.3821)	(0.5484,0.5029,0.4835)	(0.4145,0.4351,0.5409)
	S_3^2 :不檢查廠商	(0.5229,0.3707,0.4047)	(0.6566,0.3633,0.4167)	(0.5793,0.4724,0.5293)	(0.3821,0.6205,0.5758)
S_3^1 :制訂嚴格環保法規且制訂租稅減免條例	S_1^2 :嚴格檢查廠商	(0.4629,0.5161,0.6708)	(0.7175,0.4275,0.5845)	(0.6465,0.5204,0.4197)	(0.6131,0.6018,0.4722)
	S_2^2 :寬鬆檢查廠商	(0.7132,0.6901,0.7575)	(0.5815,0.5472,0.5837)	(0.6005,0.5483,0.8147)	(0.3705,0.5122,0.4118)
	S_3^2 :不檢查廠商	(0.5257,0.5751,0.4456)	(0.5159,0.4866,0.5041)	(0.5094,0.4175,0.5345)	(0.3306,0.3227,0.6483)

註：(中央政府的效用,地方政府的效用,廠商的效用)



表 10. 每位參賽者在特定策略組合下的整體績效值

中央政府的策略	地方政府的策略	廠商的策略	中央政府的效用	地方政府的效用	廠商的效用
S_1^1	S_1^2	S_1^3	0.4353	0.3817	0.3326
		S_2^3	0.4307	0.3381	0.4595
		S_3^3	0.4033	0.3640	0.5023
		S_4^3	0.5646	0.5144	0.4324
	S_2^2	S_1^3	0.4518	0.3738	0.5961
		S_2^3	0.3728	0.5723	0.4775
		S_3^3	0.4511	0.4479	0.6614
		S_4^3	0.4598	0.6348	0.4017
	S_3^2	S_1^3	0.3060	0.2623	0.6190
		S_2^3	0.7163	0.5827	0.5004
		S_3^3	0.3887	0.4108	0.3153
		S_4^3	0.4257	0.4133	0.6171
S_2^1	S_1^2	S_1^3	0.6325	0.5055	0.4628
		S_2^3	0.4455	0.4952	0.3330
		S_3^3	0.5651	0.5115	0.6258
		S_4^3	0.3997	0.4311	0.5071
	S_2^2	S_1^3	0.2678	0.2044	0.3863
		S_2^3	0.4949	0.3975	0.3821
		S_3^3	0.5484	0.5029	0.4835
		S_4^3	0.4145	0.4351	0.5409
	S_3^2	S_1^3	0.5229	0.3707	0.4047
		S_2^3	0.6566	0.3633	0.4167
		S_3^3	0.5793	0.4724	0.5293
		S_4^3	0.3821	0.6205	0.5758



表 10. 每位參賽者在特定策略組合下的整體績效值(續)

中央政府的策略	地方政府的策略	廠商的策略	中央政府的效用	地方政府的效用	廠商的效用
S_3^1	S_1^2	S_1^3	0.4629	0.5161	0.6708
		S_2^3	0.7175	0.4275	0.5845
		S_3^3	0.6465	0.5204	0.4197
		S_4^3	0.6131	0.6018	0.4722
	S_2^2	S_1^3	0.7132	0.6901	0.7575
		S_2^3	0.5815	0.5472	0.5837
		S_3^3	0.6005	0.5483	0.8149
		S_4^3	0.3705	0.5122	0.4118
	S_3^2	S_1^3	0.5257	0.5751	0.4456
		S_2^3	0.5159	0.4866	0.5041
		S_3^3	0.5094	0.4175	0.5345
		S_4^3	0.3306	0.3227	0.6483

5. 管理意涵

在中央政府、地方政府與高污染產業廠商的環保檢查問題中，因環保檢查問題具有即時性，因此為同時賽局，其中央政府的檢查機率(0.4124)小於地方政府的檢查機率(0.6384)，說明，地方政府與中央政府相較具有較高的誘因，在支付檢查成本的情形下進行環保檢查，廠商排放廢水的最適機率為 0.1487，說明本問題的中央政府與地方所形成的策略組合尚無法完全根治廠商排放廢水的問題，此

也符合『兩個和尚少水喝』的古諺，當中央政府與地方政府都有權力檢查廠商，反而會造成兩方都想搭便車(Free Rider)，想藉由其他單位執行檢查公務的行為節省自己的業務量，反造成廠商的投機行為(畢竟有 $(1-0.4124)*(1-0.6384)=0.2125$)的機率可以躲過雙方政府的檢查，因此，正確作法應該將檢查權歸給單一政府單位，然後權責相符，無法諉過。

在中央政府、地方政府與高污染產業廠商的政策制定問題中，廠商從未選擇不購買廢水處理設備且不擴廠(S_2^3)當其最佳績效策略，說明在高變動的環境中，不作為從來就不是企業最佳的選擇；根據實驗結果進行統計，廠商的最適策略購買廢水處理設備且不擴廠(S_1^3)出現 2 次、購買廢水處理設備且擴廠(S_3^3)出現 4 次、不購買廢水處理設備且擴廠(S_4^3)出現 3 次，說明對廠商而言，不管政府政策如何變動，積極投資永遠是最佳策略且增加產能相對比改善環境重要。



以中央政府的立場而言，在各種策略組合下，制訂嚴格環保法規且制訂租稅減免條例(S_3^1)的平均績效(0.5490)優於制訂租稅減免條例(S_2^1)的平均績效(0.4925)優於制訂嚴格環保法規(S_1^1)的平均績效，說明中央政府實施嚴格環保法規且制訂租稅減免條例的混合策略，比單一策略而言比較容易符合其政治目的(滿足政府財政需求、提高招商能力和降低環保民意壓力)。

以地方政府的立場而言，在各種策略組合下，寬鬆檢查廠商(S_2^2)的平均績效優於嚴格檢查廠商(S_1^2)的平均績效優於不檢查廠商(S_3^2)的平均績效，說明政府進行環保檢查應適度、適量才能導致最佳的政策績效(降低檢查成本、提高招商相對吸引力、安撫環保民意壓力)。

6. 結論與未來研究

『人心不同，各如其面』，中央政府、地方政府與廠商由於各自的位置不同，因此，面對不同的相關人士(中央政府要滿足所有群眾的需求、地方政府要滿足當地群眾的需求、廠商要滿足企業利害關係人的需求)，每個組織單位都有各自的立場、目標與評估其績效的評估準則；由於，中央政府、地方政府與廠商的各自策略會對彼此的績效互相影響，因此，需要使用擅長分析其彼此利害關係的賽局理論探討中央政府、地方政府與廠商的策略行為，本研究利用標準型與擴展型語意多人多準則決策賽局進行中央政府、地方政府與廠商的政策分析，在環保檢查問題中，得出中央政府與地方政府的權則必需劃分清楚；在政策制定問題中，得出中央政府應實施制訂嚴格環保法規且制訂租稅減免條例的混合策略，地方政府應實施寬鬆檢查政策，廠商應實行購買廢水處理設備且擴廠的積極投資策略。

在未來可針對下面幾點進行延伸研究：

- (1) 本研究未考慮資訊不對稱問題，未來，可將資訊集(Information Set)的概念融入中央政府、地方政府與廠商的多準則賽局問題中。
- (2) 本研究只考慮 2 層的政府架構，未來，可延伸自多層的政府架構，以更貼近實務問題。
- (3) 本研究只考慮單一廠商，其實廠商除非是獨占，不然，多廠商應為較合理的設定，未來，本研究所使用之賽局參賽者可從單一廠商延伸為多廠商之決策情境。
- (4) 未來，可將此模型設計成政策決策支援系統(Policy Decision Support System)，並探討其導入政府決策流程的可行性與導入機置。



參考文獻

1. 林炳文(2010)，個體經濟理論，第一版，台北：新陸經銷。
2. 葉明德(2006)，政治學－政治學通論系列，第一版，台北：五南圖書。
3. 熊高生、楊國隆(2009)，作業研究入門導引：使用 LINGO，第一版，台北：松崗電腦圖書資料股份有限公司。
4. Angelou, G. N. & A. A. Economides (2009), "A Multi-Criteria Game Theory and Real-Options Model for Irreversible ICT Investment Decisions," *Telecommunication Policy*, 33, pp. 686-705.
5. Barough, A. S., M. V. Shoubi & M. J. E. Skardi (2012), "Application of Game Theory Approach in Solving the Construction Project Conflicts," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 58, pp. 1586-1593.
6. Campos, L. (1989), "Fuzzy Linear Programming Models to Solve Fuzzy Matrix Games," *Fuzzy Sets and Systems*, 32, pp. 275-289.
7. Chen, C. T., P. F. Pai & W. Z. Hung (2014), "Deal With Linguistic Multi-Criteria Decision Making Problem Based on Sequential Multi-Person Game Methodology," *The 27th International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems (In Press)*.
8. Dixit, A. & Skeath, S. (2002), "Games of Strategy," W. W. Norton & Company, New York.
9. Herrera, F. & L. Martinez (2001), "A Model Based on Linguistic 2-Tuples for Dealing with Multigranular Hierarchical Linguistic Contexts in Multi-Expert Decision-Making," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B: Cybernetics*, 31(2), pp. 227-234.
10. Herrera, F., E. Herrera-Viedma & L. L. Martínez (2000), "A Fusion Approach for Managing Multi-Ranularity Linguistic Term Sets in Decision Making," *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), pp. 43-58.
11. Herrera-Viedma, E., O. Cordon, M. Luque, A. G. Lopez & A. M. Muñoz (2003), "A Model of Fuzzy Linguistic IRS Based on Multigranular Linguistic Information," *International Journal of Approximate Reasoning*, 34, pp. 221-239.
12. Li, D. F. & F. X. Hong (2012), "Solving Constrained Matrix Games with Payoffs of Triangular Fuzzy Numbers," *Computers & Mathematics with Applications*, pp. 432-446.
13. Lin, C. S., C. T. Chen, F. S. Chen & W. Z. Hung (2014), "A Novel Multi-Person Game Approach for Linguistic Multi-Criteria Decision Making Problems," *Mathematical Problems in Engineerin..* pp. 1-20.
14. Madani, K. & J. R. Lund (2011), "A Monte-Carlo Game Theoretic Approach for Multi-Criteria Decision Making Under Uncertainty," *Advances in Water Resources*, 34, pp. 607-616.



15. Monroy, L. & F. R. Fernandez (2011), "The Shapley–Shubik Index for Multi-Criteria Simple Games," *European Journal of Operation Research*, 209(2), pp. 122-128.
16. Monroya, L., M. A. Hinojosa, A. M. Mármol & F. R. Fernández (2013), "Set-Valued Cooperative Games with Fuzzy Payoffs- The Fuzzy Assignment Game," *European Journal of Operational Research*, 225, pp. 85-90.
17. Nash, J. F. (1950), "Equilibrium Points in N-person Games," *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 36(1), pp. 48-49.
18. Neumann, J. V. (1928), "Zur Theorie Der Gesellschaftsspiele," *Mathematische Annalen*, 100(1), pp. 295-320.
19. Pai, P. F., C. T. Chen & W. Z. Hung, (2014), "Applying Linguistic Information and Intersection Concept to Improve Effectiveness of Multi-Criteria Decision Analysis Technology," *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 13(02), pp. 291-315.
20. Panda, A. & C. B. Das (2014), "Multi-Choice Linear Programming for Matrix Game," *Applied Mathematics and Computation*, 237, pp. 411-418.
21. Reneke, J. A. (2009), "A Game Theory Formulation of Decision Making Under Conditions of Uncertainty and Risk," *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications*, 71, pp. 1239-1246.
22. Sakawa, M. & I. Nishizaki (1994), "Max-Min Solution for Fuzzy Multi Objective Matrix Game," *Fuzzy Sets and Systems*, 67, pp. 53-69.
23. Song, O. & A. Kandel (1999), "A Fuzzy Approach to Strategic Games," *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, 7, pp. 634-642.
24. Xu, Z. (2009), "An Interactive Approach to Multiple Attribute Group Decision Making with Multigranular Uncertain Linguistic Information," *Group Decision and Negotiation*, 18(2), pp. 119-145.
25. Zamarripa, M. A., A. M. Aguirre, C. A. Méndez & A. Espuña (2013), "Mathematical Programming and Game Theory Optimization-Based Tool for Supply Chain Planning in Cooperative/Competitive Environments," *Chemical Engineering Research and Design*, 91(8), pp. 1588-1600.

