

# 冷軋鋼廠設備維護管理系統之績效指標與策略

李亭林

國立高雄大學管理學院  
亞太工商管理學系  
副教授

王詩凱

國立高雄大學管理學院  
亞太工商管理學系  
研究生

## 摘要

策略的優劣及具體執行與否主導著企業未來競爭的優勢利基，直接影響企業的存亡及競爭市場的消長，而策略的建構與管理是企業應學習的課題，其重點在於如何量身訂作所需的競爭策略，並徹底執行平衡計分卡，使組織在結合策略及績效的管理上，獲得極大化的乘數效益。本研究在探究影響個案公司經營績效的因素，並以 Kaplan & Norton(1990)所提出之平衡計分卡為基礎，並參考 Jay W.Forrester(1956)所發展之系統動力學為輔，再以李亭林(2015)提出的系統思考，嘗試建構個案公司經營績效的因果關係模型，最後參照屠益民(2006)的建模程序分析個案公司經營績效之設備維護管理系統模型，再進行動態模擬。

本研究結論：1.從文獻回顧及個案公司研究發現平衡計分卡各構面的策略目標及績效指標之間的因果連結關係，是採用直線性思考的，實際促使個案公司營業額趨減的情況，卻是員工滿意度、顧客滿意度及設備綜合效率等軟性變數，也是公司最重要的績效指標。2.企業應考慮設備綜合效率、工作負荷等具有時間滯延的特性指標，研究發現公司的準備度(readiness)達成後仍需一段時間後，方可由落後指標的結果才能得知，此為系統成長之領先指標。

本研究的貢獻為運用系統動力學提供了一個設備維護管理策略在評估人力、設備、成本、工作量、負荷度的系統動態評估模型，並可從本研究的因果關係驗證逐步推導，調整成與產業相符合的參數或加入新的環路，以此便於應用在不同產業的策略執行過程，評估各個時期需要的人力、成本、設備。

**關鍵字：**平衡計分卡、策略地圖、關鍵績效指標、系統動力學

## 1 緒論

鋼鐵為國際性流通商品，國內市場常受全球供需鬆緊狀態而牽動。全球景氣因美國次級房屋信貸、歐債金融危機等衝擊，自 2007 年起整體鋼材報價、國內外市場需求也呈現嚴重萎縮，加工業者對於產品庫存轉趨保守，重挫鋼鐵產業的營運。在景氣衰退階段，鋼鐵生產製程的投入要素必然會感受到跌價的壓力，包括：原材料(煤、鐵礦)、運費、勞動成本、產能利用率、能源等。

鋼鐵業面臨如何持續降低成本、提高營運績效的挑戰，可從四個降低成本構面著手。(1)原料：使用低價原料、議減原物料採購價格等方式降減成本。(2)設備：提升設備/零配件/備品國產化及自行設計能力、設備維護週期最適化、提高設備可靠度等方式降減成本。(3)製程：提升產線效率及產出率、優化製程、調整產線組合及精進製程等方式降減成本。(4)運籌：透過產銷協調、精實生產、提貨獎勵制度推動、加速庫存去化，持續降低成品及半成品庫存成本、採用最適流程等方式降減成本。

生產作業流程為了因應景氣變動的影響，樽節成本成為刻不容緩的重要課題，企業往往要求盡所能的提高生產良率與減少成本支出，然而生產良率的提升來自設備的妥善率與瓶頸去除，相對牽動了成本花費的提升。而企業為了節制成本，削減了生產設備的更新，同時又要求生產設備不間斷的運作，造成對設備維護的矛盾現象。因此企業為解決上述之相關問題，應建立良好的設備維護管理績效系統。

企業資產管理(Enterprise Asset Management, EAM)系統，以提高資產可利用率、降低企業營運維護成本為目標，並協助管理人員規劃設備定期維修、備品庫存的管控、記錄設備異常停機、統計分析故障原因等，進而維持產線運作順暢、提升備品周轉率達成降低庫存金額、妥善安排維修資源，藉以達成提升設備綜合效率。李書行(1995)認為傳統式的設備維護評估指標已無法滿足現今製造業環境所需，其缺乏具前瞻性之策略價值與適切之績效衡量指標，且嚴重忽略企業的長期效益。然而平衡計分卡不只是績效評估工具，它能有效傳達策略目標與衡量的基準，協助企業經營者對員工傳遞投資結果，達成企業經濟效益、市場競爭力的工具(吳安妮，2003)。但個案公司在施行平衡計分卡時，只訂定各部門的關鍵績效指標，忽略了部門的績效與企業整體策略之間的關聯性，導致部門績效目標達成，而企業的整體營運績效卻未改善的困境。

由於平衡計分卡及策略地圖均缺乏動態的方法，並無法對於策略目標和績效指標間的關係進行模擬及分析。因此必須透過系統動力學建構架構模型及修正行動及目標的過程，以數學方式模擬最適解及呈現各構面策略要素互動機制、系統運作所產生之回饋作用等，並以假設某些情況的變化，進行測試模擬，發現系統問題點，並尋找小而有效的高槓桿解。

因此本研究的目的是找出個案公司現有問題，利用平衡計分卡與策略地圖並結合系統動力學模擬得出適合策略並加以改善，而主要目的有三點：(1)藉由平衡計分卡及策略地圖展開個案公司的各項績效衡量指標。(2)以系統動力學方法檢視個案公司動態性複雜現象及模擬各項策略的執行結果。(3)建立一套協助企業整體策略的制定與績效衡量指標的管理系統，幫助個案公司的成長。鑒於以上論述，本研究問題如下：(1)個案公司在BSC的四個構面之間的發展情況和各項績效衡量指標的因果互動為何？(2)影響個案公司最重要且關鍵的績效衡量指標(KPI)是什麼？(3)在整個設備維護管理系統下的策略關鍵的決策點是什麼？修改策略能否幫助個案公司的成長？

## 2 文獻探討

### 2.1 台灣鋼鐵產業分析

鋼鐵在日常生活中應用非常廣泛，年產量佔金屬材料總重量的九成以上，並且可藉熱處理的技術將鋼鐵的性質作適當的調整，使其硬度、強度、韌性都很高，延性也相當大，以能符合工業上各種產品對於所需要性質的要求，因此鋼鐵為工業上最重要的基礎材料。根據行業標準分類表示基本金屬製造業為從事以冶鍊、鑄造、軋延、擠型、伸線等方式製造金屬板、條、棒、管、線等基本金屬製品之行業。而世界鋼鐵協會(World Steel Association, WSA)將鋼鐵製造業定義為從事鋼鐵冶煉以生產鋼錠、鋼胚或其他基本冶鑄產品，再經燒鑄、軋延、伸線、擠型，製成基本鋼鐵材料如管、棒、線或粗鑄軋品之行業。

### 2.1.1 發展歷史

台灣發展鋼鐵工業分為兩個時期：(經濟部技術處，2003)

(一)1945年~1976年間由於台灣處於戰後復興百廢待舉，此時以10噸產能的電爐熔解廢鐵，產出鐵水經澆鑄成鋼錠、再經軋延加工成鋼筋、盤元、棒鋼及輕型鋼等小型煉鋼廠林立。而亦有裁剪設備之單軋廠將拆船的厚船板剪切，加熱後軋延成鋼材。台灣為海島型國家天然資源匱乏多仰賴進出口貿易，所以廢鐵來源多為拆船板料或國外廢鐵進口，因此拆船業蓬勃發展素有「拆船王國」之稱。

(二)1977年台灣第一座年產150萬噸產量高爐完工投產，至此鋼鐵工業邁入以鐵礦砂、煤為原料的一貫化作業大煉鋼廠新里程碑。往後中鋼歷經1982年6月及1988年4月分別完成第2、3階段擴建工程竣工並開始生產，而第4階段於1997年6月竣工投產此時台灣鋼鐵的年產量已達1090萬公噸。此外，中鋼集團的中龍鋼鐵高爐擴建工程，一、二階分別於2010年4月及2013年9月竣工投產，再加上單軋廠中鴻鋼鐵生產之冷軋、熱軋鋼捲等平板類鋼品，集團生產量達到二千萬噸。

### 2.1.2 產業近況

根據國際鋼鐵協會對全球粗鋼生產的統計，2015年全球粗鋼產量達到16.2億公噸，較2014年衰退2.8%。而經濟部技術處統計2015年台灣粗鋼產量為2,139萬公噸，在全球排名第12位，占全球產量的1.32%，自給率為87%，其中普通鋼粗鋼產量為2,107.5萬公噸，占各類鋼種的94.3%，不鏽鋼及合金鋼粗鋼產量僅5.7%(經濟部技術處，2016)。

鋼鐵製品本身不論體積及重量，於運輸過程中耗費龐大成本，因此不管是開發中或已開發國家對鋼鐵工業之定位皆以優先滿足國內需求為導向。然而從表1觀察可以得知，因國內市場景氣低迷，機械、汽車、營建工程等下游產業需求疲軟，導致近年來我國鋼鐵製品直接外銷出口比率已近四成，而全球鋼鐵市場在中國大陸產能急遽增長後，市場嚴重供過於求，引發國際鋼市深陷低價泥淖，低價鋼品四處流竄搶市，其中又以亞太市場為最，影響我國鋼鐵製品出口值逐年降低。

表1：國內鋼鐵及其製品近六年出口統計

統計項目		100年	101年	102年	103年	104年	105年
鋼鐵及其製品出口	出口值(億美元)	193	177	174	184	152	144
	年增率(%)	17.7	-8.3	-1.7	5.7	-17.4	-5.2
中國大陸及香港	出口值(億美元)	32.3	26.3	24.6	24.7	18.6	17.0
	占比(%)	16.7	14.9	14.1	13.4	12.2	11.8
日本	出口值(億美元)	15.3	14.1	13.3	13.7	11.3	10.8
	占比(%)	7.9	8.0	7.6	7.4	7.4	7.5
美國	出口值(億美元)	30.1	32.4	31.2	38.0	34.2	32.0
	占比(%)	15.6	18.3	17.9	20.7	22.5	22.2
東協	出口值(億美元)	40.6	38.9	38.5	35.7	28.4	28.3
	占比(%)	21.0	22.0	22.1	19.4	18.7	19.6

資料來源：財政部統計處提供(2017)

### 2.1.3 個案公司描述

個案公司為 CSC 集團成員，民國 72 年 9 月設立於高雄市，81 年股票於臺灣證券交易所掛牌上市，目前實收資本額 143.5 億元，主要產品有熱軋鋼捲、冷軋鋼捲及符合 JIS、ASTM、API 等規範鋼管、PE 包覆管。

## 2.2 平衡計分卡

Norton & Kaplan 於 1990 年提出平衡計分卡的觀念，藉着四項指標的衡量，企業得以明確和嚴謹的手法來詮釋其策略，除了傳統上衡量過去績效的財務指標，並且融入促成財務目標的績效因素；在企業追求業績成長之餘，也監督經營的行為應兼顧學習與成長的構面，並且透過一連串的互動因果關係，得以把產出 (Outcome) 和績效驅動因素 (Performance Driver) 串聯起來，使得複雜而籠統的概念轉化為精確的目標提升未來的財務績效。

### 2.2.1 四個績效衡量的構面

吳安妮(2002)認為平衡計分卡的四個構面涉及組織所有的功能，分別代表企業的利益相關者：股東、顧客、員工，而構面的重要性取決於策略管理評量系統是否與公司戰略相符。(一)財務構面：企業的生命週期分為成長期、維持期、豐收期等階段，每一個階段所追求的財務目標是迥然不同。(二)顧客構面：企業確立目標顧客和市場區隔的方向，調整核心顧客的成果量度如：滿意度、忠誠度、延續率、爭取率、獲利率，並隨時監督企業在上述目標區隔中的績效表現，是財務目標的營業收入來源。(三)企業內部流程構面：要建立共通的內部價值鏈模式，可包括創新流程、營運流程以及售後服務流程三個構面。(四)學習與成長構面：管理階層制定財務構面、顧客構面和企業內部流程構面的目標與量度來驅動組織的學習與成長，以確立組織必須在四個構面中表現卓越，才能達到突破性的績效(Norton & Kaplan, 1999)。

### 2.2.2 策略地圖

策略描述了一個組織如何企圖為其股東創造出能持續久遠的價值。而組織應如何利用無形資產搭配經營有形的實體和財務資產，在一連串具有邏輯的因果關係鏈上完整呈現並予以串聯加以創造價值。使命和願景的陳述界定了組織大致的發展方向和目標，可以使股東、顧客以及員工清楚組織的作為和存在的價值，但這些敘述有時太過於空泛模糊，不足以做為組織日常的決策和資源分配，而透過策略地圖的規劃與分析，能夠同時兼顧財務與操作構面的策略評估，才有具體達成的機會。

### 2.2.3 BSC 限制和相關研究

過去學者研究關於組織績效的指標，大多數偏向財務績效的衡量，如 Madu, Kuei & Jacob(1996)將衡量組織績效指標訂為：短期績效、長期績效、生產力、成本、利潤、競爭力、銷售額成長率、獲利成長率、市場佔有率等。Choi & Mueller(1992)認為在績效衡量上，需以財務面及非財務面才能呈現公司的績效優劣。

Maisel(1992)指出，傳統財務性績效衡量無法與策略互相結合。當績效衡量與策略無法相結合時，績效衡量就成了企業執行策略、提昇競爭力和獲利能力的障礙。而為了解決傳統的績效評核制度過於偏重財務構面的問題，Kaplan & Norton(2003)提出平衡計分卡及策略地圖，而好的策略地圖必須能夠清楚地闡述策略的因果關係，企業依據平衡計分卡的四個構面設定好目標、項目之後，必須用箭頭將所有的目標加以連接，以顯示其間的因果關係。

Wolstenholme(1998)認為依系統動力學回饋控制的觀點，平衡計分卡只偏重績效衡量的部份，而較被忽視的政策與策略的發展與測試，則得以由系統動力學支援。另一方面，Sloper et al.(1999)研究指出 70%推動平衡計分卡而遭致失敗的原因，乃由於許多企業僅著重績效衡量與指標的部份，即便透過平衡計分卡找出了許多的指標而缺乏重新釐清整體系統的過程，當產生變動時卻難以瞭解多重相互關聯的變數其中的意涵。

隨著 Kaplan 和 Norton 的觀點，推動平衡計分卡必須平衡發展四大構面，並需著重四大構面之間的策略搭配。然而當平衡計分卡推動過程中，所設定的策略主題與策略性目標若僅考慮局部的時間和空間時，不但所蒐集的資訊是侷促的，限制了決策者對於整體系統的全盤了解，並且會造成錯誤的指導決策原則與行動，此時，企業便受到動態性複雜的影響。根據相關學者們的研究探討，發現平衡計分卡有傾向於偏重績效衡量的狀況，而 Kaplan 和 Norton 團隊也察覺到指標之間的互動關係與相互抵換的情形(杜強國，2004)。

## 2.3 關鍵績效指標(KPI)

### 2.3.1 遵循原則

Steers(1975)認為經營績效一直是企業所關注的重點，然而真正的經營績效是很難有一定的具體標準予以衡量，無法真正明確化。從策略管理的角度來看，所謂經營績效只是組織績效整體觀念的一部份，績效衡量分為三個不同層次：(1)財務績效：為最狹義之經營績效，多半使用簡單之財務指標，以反應是否達到企業之績效目標，常見的指標包括：銷貨成長、獲利能力(如 ROI、ROS、ROE 等)、EPS 及其它以企業市場價值為衡量標準的指標。(2)財務+作業績效：為較廣義之經營績效，除財務指標外，尚包括作業性(非財務性)指標，如市場占有率、新產品引進、產品品質、行銷效果、製造之附加價值等。(3)組織績效：為最廣義之經營績效，除企業內部之經營績效外，還考慮企業經營各利益關係人之目標滿足，如顧客、供應商、競爭者、主管機關等。(Venkatraman & Ramanujam, 1986)

### 2.3.2 關鍵性績效指標之選取與意義

管理學大師 Peter Drucker(1966)提出“效率是以正確的方式做事”，而目前在鋼鐵製造產業廣泛使用的設備綜合效率衡量指標(OEE)，是以日本設備維護協會(1971)發展的全面生產管理 TPM(Total Productive Maintenance)為基礎，主要由三大構面組合而成，分別是時間稼動效率、性能稼動效率及良品率，其計算公式為  $OEE(\%) = \text{時間稼動效率} * \text{性能稼動效率} * \text{良品率} * 100$ 。本研究係參考策略績效管理(SPM)的核心架構流程，提供績效衡量融入平衡計分卡的四個構面(1)財務構面(2)顧客構面(3)企業內部流程構面(4)學習與成長構面。藉由使用 BSC 法，讓策略變得更明確、更有行動力達成目標。

## 2.4 策略目標與績效連結

根據美國零售業巨擘 Sears 公司針對員工與企業整體績效進行「My Opinion Counts」的調查結果顯示，員工滿意、顧客滿意及企業財務績效間有顯著的關聯性。藉由分析 1500 家零售店的資料發現，員工滿意度提昇 5%，即伴隨著客戶滿意度增加 1.3%，進而提昇 0.5%的營業額(吳綠惠，2005)。當公司把員工和顧客視為最重要時，他們經營及評估成功的方式產生急遽的轉變。新的服務經濟學需要創新的測量技術，來評定員工對於產品和服務價值的滿意度以及生產力，如此管理者才能建立顧客滿意和忠誠度，並評估其在利益和成長的相對影響。

本研究結合個案公司的關鍵績效指標及相關理論，找出建構系統動力學模型的重要變項(包括營業淨利、顧客滿意度、設備綜合效率 OEE、訂單達交率、員工滿意度等)，透過 SD 的動態模擬來說明策略目標與績效指標間的連結和互動情形，並進一步利用 SD 改善問題的三種正規化高槓桿解設計作法；包括從參數、系統結構以及問題邊界等三個層級切入系統的重新設計，來提供管理者做決策判斷。

### 3 研究方法

#### 3.1 研究架構

如圖 1 所示，本研究嘗試以平衡計分卡的概念，運用在財務、顧客、企業內部流程、學習與成長等構面將設備維護管理績效指標以此四個構面分類，作為策略管理的規劃、執行及策略績效衡量的工具，進而運用系統動力學的系統思考概念及動態模擬架構作為策略調整及確認，幫助企業於策略制定時能夠快速聚焦於重要的關鍵指標。

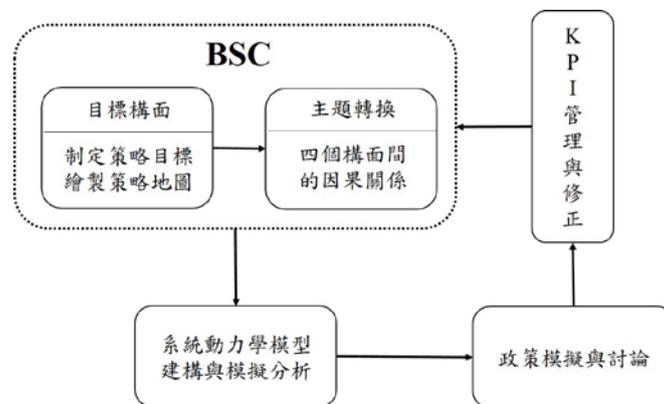


圖 1：研究架構

#### 3.2 系統動力學

系統動力學(System Dynamics, SD)是由 Jay W.Forrester 教授於 1956 年所發展的系統分析理論，應用資訊回饋概念於企業工程與管理系統的關聯性問題，並且導入因果回饋的概念於社會科學的研究中。其內涵是根據資訊回饋控制理論、決策過程、實驗式系統分析法與電腦模擬等四種方法為基礎，並整合了伺服機械學、控制理論、資訊理論、系統理論等所發展出一套適合研究社會系統中有關「動態性複雜問題」的理論(陳加屏，1992)。

屠益民及張良政(2010)認為 SD 是透過電腦軟體建立模型並模擬得到結果，因此不需要有太多微、差分方程及數值分析基礎就可以利用系統動力學來解決企業的動態複雜性問題，所以系統思考(System Thinking)的能力便成為系統動力學建模(modeling)的重要根基。李亭林(2015)提出系統思考的精髓(1)深入思考-從專注個別事件到洞悉系統的潛在結構；(2)動態思考-從線性思考到環型思考；(3)全面思考-從侷限本位到關照全局；(4)整體思考-從機械還原論到整體生成論。

屠益民(2006)認為建模程序可分為八個步驟：(1)問題描述；(2)確定系統邊界；(3)查明此結構之因果回饋圖；(4)因果關係間的變數描述；(5)數學方程式表達與模式應用；(6)系統行為分析；(7)情境分析及政策模擬；(8)系統修正及改變，上述之建模流程與 Forrester 所提出的六個步驟來建立系統動力學的模式相互呼應。因此本研究將以此程序進行模型建構。

### 3.3 研究設計

本研究模式建立的目的即在於建立冷軋鋼廠生產營運的「管理政策實驗室」，針對人力培訓政策與設備維護政策，透過高層人員訪談，瞭解軋鋼製程環境中之潛在風險，藉此找出其影響變數及應對策略，提供業者在營運時，面對各種可能的不同環境因素，能有一套可以進行政策設計與績效分析的模擬實驗環境，以協助公司制定出有效的政策。

本研究模式的主系統架構，乃依據個案公司之真實狀況所擬訂。為配合本研究之目的，模式的主系統架構共規劃為四個子系統(如圖 2 所示)：學習與成長子系統、內部流程子系統、顧客子系統及財務子系統，其中內部流程子系統以軋鋼為主要討論對象。

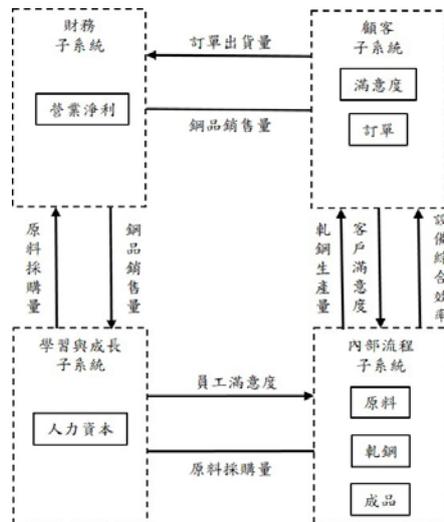


圖 2：主系統架構圖

四個子系統之業務功能及彼此間之關聯，分別敘述如下：

(1)學習與成長子系統：主要是以提升員工滿意度，提供生產活動所需人力資本。(2)內部流程子系統：主要是依客戶之訂單及存量管制目標，安排生產成品之生產計劃和生產活動，並依生產計劃產生原料之採購需求，以供應生產所需之原料並維持適當之存貨。(3)顧客子系統：主要是處理客戶之訂單，將訂單率之資訊傳送給內部流程子系統，以利安排生產計劃及出貨事宜。(4)財務子系統：主要是以損益表為架構，彙總因生產活動所產生的各種成本資料，計算當期之損益資料作為政策分析時績效評估之依據。

## 4 個案研究

### 4.1 策略地圖與平衡計分卡展開

個案公司為台灣知名百大製造業，屬於鋼鐵金屬工業之中游單軋廠，冷軋鋼板於台灣市佔率約為 25%。面臨國內外激烈的競爭，經營環境與條件之險惡，需要更好的管理工具解析資料，提供管理階層更即時、更準確的訊息，同時強化部門間的溝通及內部共識。因此個案公司藉由管理顧問公司的協助導入平衡計分卡與策略地圖，並推行於行政、業務及生產各部門。個案公司之平衡計分卡推行至今仍存在些許問題，諸如：策略執行方法過於複雜化、質化資料難以量化、難以將衡量指標與各部門、團隊及個人目標完整分析、決策者及實施者對平衡計分卡的錯誤定位等。

#### 4.1.1 策略地圖描述

根據個案公司本身所訂的願景、理念及經營方針，歷經該公司內部多階段之會議溝通與協商後，如圖 3 所繪製。

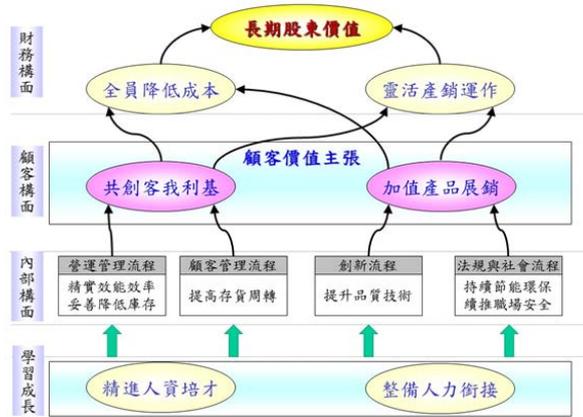


圖 3：個案公司策略地圖

#### 4.1.2 平衡計分卡之策略目標與 KPI

由圖 3 個案公司的策略地圖之中，將每一個策略目標所展開的平衡計分卡之關鍵績效衡量指標(KPI)，如表 2 所示。

表 2：個案公司 BSC 策略目標及 KPI 衡量指標

策略構面	策略目標	衡量指標(KPI)
財務	全員降低成本	設備綜合效率
		行政成本
		銷售成本
	靈活產銷運作	存貨周轉率
顧客	共創客我利基	每股盈餘(EPS)
		公司營業額
	加值產品展銷	顧客滿意度
		回應顧客需求
內部流程	精實效能效率	客訴次數
		產品退貨率
	妥善降低庫存	產能效率
	提高存貨周轉	稼動率
	提升品質技術	訂單達交率
	持續節能環保	成品良品率
持續推職場安全	破排放數量	
學習與成長	精進人資培才	工安意外次數
		E-learning 平台
	整備人力銜接	教育訓練時數
		員工滿意度

## 4.2 系統動力學模型

### 4.2.1 個案公司問題描述

個案公司為單軋廠，屬於鋼鐵金屬工業之中游製造廠，以成本角度來看，主要原料為扁鋼胚及熱軋鋼捲即佔生產成本的 80%，上游原料供應來自日本鋼廠及中鋼集團為長期合約變動率掌控較易。從生產政策探討，面臨國內外激烈的競爭，經營環境與條件之險惡，個案公司除積極開源節流提升競爭力，特別是節流傾全員之力貫徹成本意識，因此制定多項降低成本之措施，如：降低維修備品庫存、管控人員進用、設備國產化等，但生產系統是一個存在許多不確定性因素的環境，短期 3~5 年可降低成本達成營運策略目標，長期導致設備妥善率降低、備品壽命減短、產能利用率下滑等問題。

#### 4.2.2 系統邊界

建模工作必須要「關注於重要的問題」、「關注於能產生持久效益的問題」、「關注於你最關心的問題」(Forrester,1961)。許多的學術研究中對平衡計分卡、策略地圖的策略主題討論大多圍繞在「獲得目標顧客成功」，財務績效改善雖然受到顧客構面的影響相當大，但往往都忽略學習與成長、內部流程的部分才是長期營運成長最重要的動能，所以本研究將會聚焦於學習與成長、內部流程的構面建立模型，故亦將焦點放在提昇長期股東價值策略主題做為系統動力學模型之系統邊界。

#### 4.2.3 因果回饋分析

個案公司的因果回饋圖，係按照屠益民(2006)的建模步驟，當確定模型的系統邊界後，運用圖 3 及表 2 選定策略主題，描繪出系統動力學因果回饋圖，同樣顯現出平衡計分卡財務、顧客、內部流程和學習與成長四個構面，整體系統有許多正、負回饋環路交互運作，非單向由下而上正向連結呈現出回饋關係。

1. 成品良品率的調節環路：從員工滿意度→(+ )軋鋼生產量→(+ )成品良品率→(+ )設備綜合效率→(+ )客戶滿意度→(+ )鋼品銷售量→(+ )工作負荷工作負荷→(- )員工滿意度的迴圈中，可以看出員工滿意度的提升，促使軋鋼生產量的增加，帶動成品良品率的上升；良品率的上升，可以改善設備綜合效率，進而提升顧客滿意度，自然增加鋼品銷售量；但銷售量的增加，勢必會加重工作負荷。
2. 訂單達交率的調節環路：從員工滿意度→(+ )軋鋼生產量→(+ )訂單達交率→(+ )客戶滿意度→(+ )鋼品銷售量→(+ )工作負荷→(- )員工滿意度的迴圈中，可以看出員工滿意度的提升，促使軋鋼生產量的增加，帶動訂單達交率的上升；達交率的上升，可以提升顧客滿意度，自然增加鋼品銷售量；但銷售量的增加，勢必會加重工作負荷。
3. 內部製程效率的調節環路：從員工滿意度→(+ )設備綜合效率→(+ )客戶滿意度→(+ )鋼品銷售量→(+ )工作負荷→(- )員工滿意度的迴圈中，可以看出員工滿意度的提升，可以改善設備綜合效率，進而提升顧客滿意度，自然增加鋼品銷售量；但銷售量的增加，勢必會加重工作負荷。
4. 營業收入的增強環路：從員工滿意度→(+ )設備綜合效率→(+ )客戶滿意度→(+ )鋼品銷售量→(+ )營業收入→(+ )營業淨利→(+ )教育訓練→(+ )員工滿意度的迴圈中，可以看出員工滿意度的提升，可以改善設備綜合效率，進而提升顧客滿意度，自然增加鋼品銷售量；而銷售量的增加，帶動營業收入成長，推升營業淨利，使得公司更有餘裕投入教育訓練。
5. 銷貨成本的增強環路：從員工滿意度→(+ )軋鋼生產量→(- )銷貨成本→(+ )營業支出→(- )營業淨利→(+ )教育訓練→(+ )員工滿意度的迴圈中，可以看出員工滿意度的提升，促使軋鋼生產量的增加，降低銷貨成本；成本的降低，可以改善營業支出，進而提升營業淨利，使得公司更有餘裕投入教育訓練。

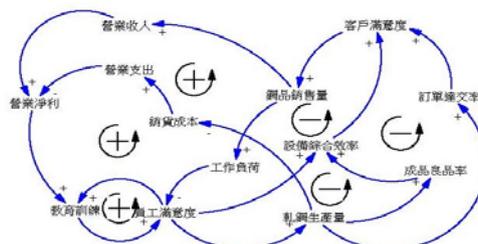


圖 4：個案公司因果回饋圖

#### 4.2.4 系統模型

##### (1) 學習與成長次系統線流圖

員工是公司最主要的核心，教育訓練與工作負荷的變化，直接影響員工的滿意度，進而影響軋鋼生產量以及設備綜合效率，因此員工可以說是組織活動最基本的因子。

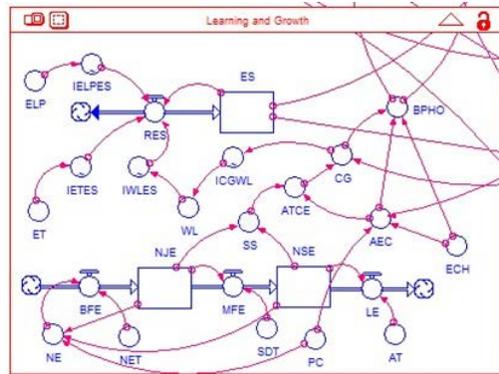


圖 5：學習與成長次系統線流圖

員工滿意度(ES)是逐漸下滑的趨勢，主要在於新聘員工受公司人力政策影響，長期聘用不足以彌補離職員工人數，尤其是新聘員工要經過一年的新進教育訓練才能邁向資淺員工階段，而根據個案公司遴選師徒導師需服務屆滿十年的制度，資淺員工須經過十年技能養成的階段才得以邁入資深員工(NSE)，故以目前個案公司冷軋廠約 270 人，有 1/3 的資淺員工在未成熟前，平均員工總產能是比較低的，進而影響工作負荷(WL)不斷上升。

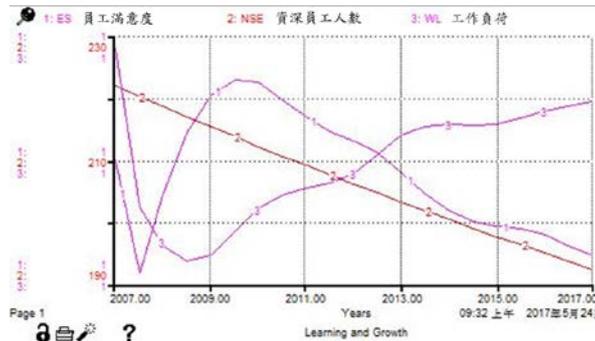


圖 6 基本模擬：學習與成長構面

##### (2) 內部流程次系統線流圖

軋鋼生產量是內部流程的主要關鍵，RSP 的變化直接影響成品良品率，而成品良品率的優劣也影響著 OEE 的變化，最終對顧客滿意度造成影響。

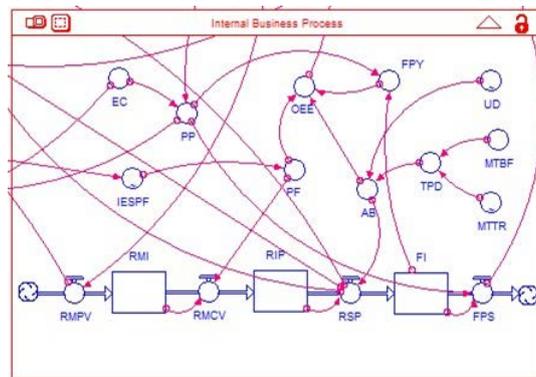


圖 7：內部流程次系統線流圖

設備綜合效率(OEE)雖受惠於成品良品率(FPY)的改善呈現穩定小幅波動上升的現象，但由於個案公司稼動率(AB)起伏波動，且產能效率(PF)受員工滿意度(ES)下滑的影響，導致設備綜合效率長期處於效率不彰狀態。

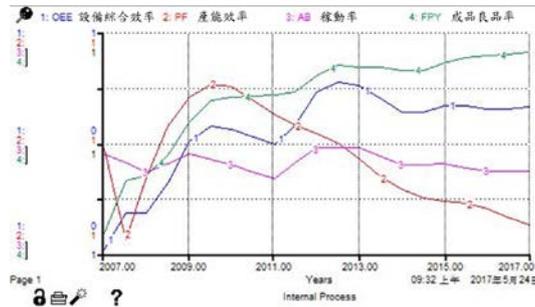


圖 8 基本模擬：內部流程構面

(3) 顧客次系統線流圖

顧客滿意度是顧客流程的核心，顧客滿意度的變化直接影響鋼品銷售量，而訂單達交率的高低也影響著顧客滿意度的變化，最終對營業收入造成影響。

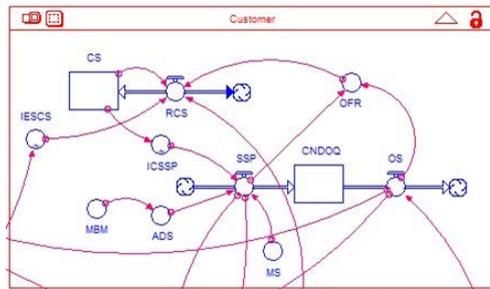


圖 9：顧客次系統線流圖

因員工滿意度(ES)、設備綜合效率(OEE)、訂單達交率(OFR)等指標初期偏低，所以顧客滿意度(CS)在初期下滑嚴重，而幸各影響指標逐漸上升，隨後客戶滿意度也跟著上來。

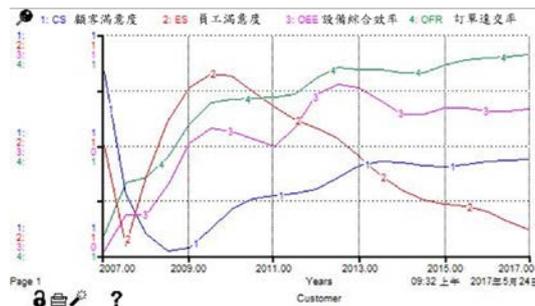


圖 10 基本模擬：顧客構面

(4) 財務次系統線流圖

營業淨利是受到營業收入及營業支出的影響，鋼品銷售量的變化直接影響營業收入，而銷貨成本的高低也影響著營業支出的變化，最終對營業淨利造成影響。

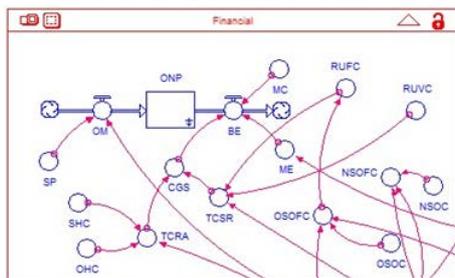


圖 11：財務次系統線流圖

客戶滿意度(CS)與營業收入(OM)關聯性密切，由於初期產量不足，致使訂單達交率較低而客戶滿意度下滑，幸亦隨設備綜合效率(OEE)、訂單達交率(OFR)等上升而有所改善。

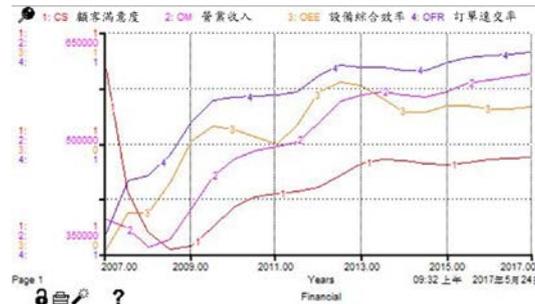


圖 12 基本模擬：財務構面

#### 4.2.5 基本模型驗證

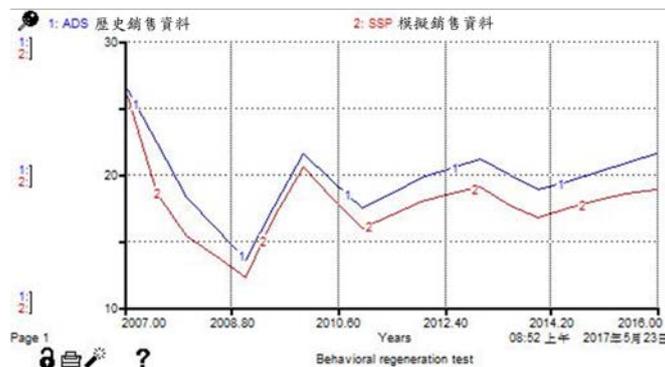


圖 13：模擬銷售資料

本研究將模擬銷售與歷史銷售狀況作一比較，資料區間為 2007 年~2016 年，在 2008 年起因全球景氣不佳，造成冷軋鋼捲訂單不斷下滑，而企業面臨景氣低迷所採取的措施，如人員進用管控、設備國產化、降低備品數量等不確定因數，導致設備稼動率下降，進而影響客戶滿意度下降而難以恢復以往銷售水準，以本模型所輸出結果，符合現實情況，故此模擬情況為合理。

本研究就模型邊界適當測試、結構評估測試、單位一致性測試、極端條件測試等進行模型效度測試(Sterman, 2000) 並通過驗證。

### 4.3 情境設計與政策模擬

#### 4.3.1 政策模擬一

實施政策主要在於模擬新聘員工(NE)政策的平均人數 5 人提升至 10 人、15 人是否能夠降低工作負荷(WL)，並對軋鋼單位固定成本(RUFC)造成影響來進行模擬比較。

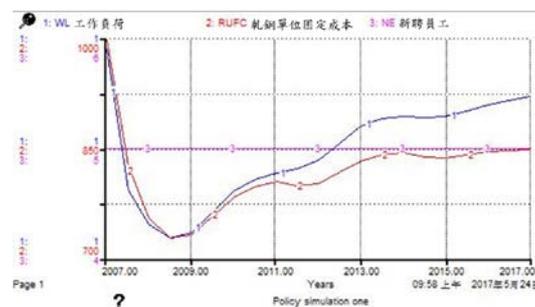


圖 15：新聘員工為 5 人

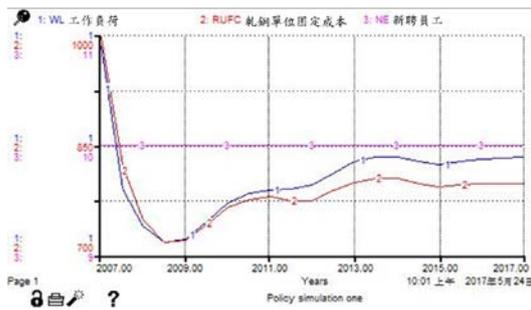


圖 16：新聘員工為 10 人

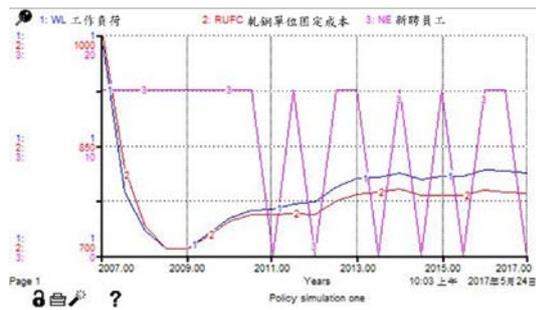


圖 17：新聘員工為 15 人

從圖 15~圖 17 可以得知新聘員工人數對工作負荷具有一定程度的影響力，尤其當人力不足情況下，計畫生產量的增加造成員工工作負荷，往往會開始將標準降低以減輕工作負擔，尤以產線人員最為明顯，而造成的影響即以生產量的減少最直接，因此必須加班以補足產能的缺口。而加班費用的增加勢必連帶影響軋鋼單位固定成本，雖然新聘員工人數為 15 人時，軋鋼單位固定成本雖可有效降低，但從第四年開始新聘人員的人數起伏波動劇烈，主要原因為冷軋廠所額定員額上限為 300 人，當員工人數總額超過上限時即停止新聘人員招募，此現象會使得人員遞補缺口擴大，難以掌控生產人力進而影響產能因此以模擬結果而言亦屬合理之範圍。

#### 4.3.2 政策模擬二

此階段模擬主要是探討調整稼動率(AB)與設備產能之間生產計劃政策，因此模擬是當生產量不足時，間接影響到訂單達交率，進而影響到顧客滿意度(CS)。

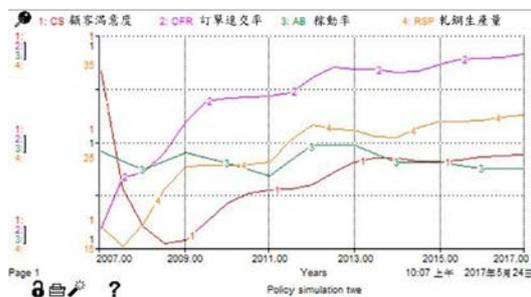


圖 18：稼動率原始值

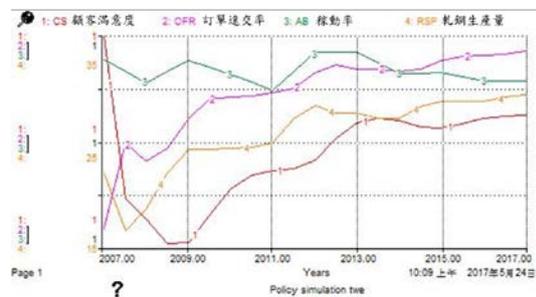


圖 19：稼動率提高 30%

當計畫生產量規劃不佳及設備無預警停機頻繁，導致出貨量不足，延滯了顧客訂單量，連帶影響顧客的滿意度。設備稼動率不佳會實際反應在軋鋼製造成本上，因此個案公司在規劃計畫性停機時應調整平均故障間隔並縮短平均修復時間，妥善利用設備故障履歷詳實記錄設備零件壽命，降低經驗法則更換零件的成本耗費，並確實完成計畫性停機保養工作，即可有效降低非計畫性停機的風險。

然而因應設備維修備品的國產化及維修備品庫存量管控，設備產能並非投入計畫後就能契合改善，需經過長期磨合的陣痛期準備、測試及人員安排作業方可上線，因此考量到層面很多，有人力、設備、物料、方法、環境等，故此階段之模擬符合現行實際系統發生之行為。

## 5 結論與研究建議

本研究的目的是運用系統動力學探討「策略地圖」的互動機制，以系統動力學模型，做為策略地圖與平衡計分卡的連結，為策略和績效連結建立情境模擬與評估的模式，藉以驗證企業描繪策略地圖時，是否做到各構面間之策略目標的連結與整合，進而達成企業的績效目標。並以系統動態學為分析工具，針對軋鋼業之特性，提供釐清與處理動態性複雜議題的方法，嘗試為個案公司建立合適的管理政策模型，並就營運管理上所面臨的設備妥善率降低、備品壽命減短、產能利用率下滑等問題，進行研究分析，探討個案公司在不同政策下所造成的影響。

研究結論如下，希望能提供個案公司在進行相關決策時，有所參考：

**原平衡計分卡策略目標項目之展開無法處理動態複雜的議題：**從文獻回顧及個案研究中，發現個案公司所推行的平衡計分卡各構面的策略目標及績效指標之間的因果連結關係，是採用直線性思考的，可能會使管理階層誤以為營業額的減少為景氣循環的因素，而僅做出成本嚴格管控的策略，如此短期或許可達成及時的績效，但長期而言卻易失去整體經營的發展。然而透過系統動態學的因果回饋分析，平衡計分卡的財務、顧客、內部流程和學習與成長四個構面，發現整體系統有許多正、負回饋環路交互運作，非單向由下而上正向連結呈現出回饋關係。而實際促使營業額趨減的情況，卻是員工滿意度、顧客滿意度及設備綜合效率 OEE 等軟性變數才是真正影響營業額的主要影響因素，管理階層應將策略著眼於學習及成長、內部流程構面的改善，例如適當進用人力、培養更精進的專業能力、提高設備綜合效率等政策，才能使顧客及財務轉為正向。

**員工滿意度、設備綜合效率、顧客滿意度、營業淨利是重要關鍵績效指標：**本研究藉由實務探討個案公司的研究，檢視個案公司冷軋廠在平衡計分卡各構面與績效衡量指標之關係，並透過與管理階層人員討論彙整之後，訂定各構面的關鍵績效指標，如員工滿意度、設備綜合效率、顧客滿意度、營業淨利等，並以系統動態觀念描繪平衡計分卡各構面績效衡量指標間整體因果回饋關係之績效衡量系統模型。

**研究發現，個案公司的學習及成長、內部流程改善是領先指標：**

1. **藉由新聘人員招募降低工作負荷之策略行動：**以系統模式探討發現，當人力不足情況下，計畫生產量的增加造成員工工作負荷，往往會開始將標準降低以減輕工作負擔，尤以產線人員最為明顯，而造成的影響即以生產量的減少最直接，因此必須加班以補足產能的缺口。因此，個案公司需審慎檢視組織整體是否能夠及時顯現真實狀態，並找出時間滯延下所忽略的問題，並適時予以調整策略行動；如此則可避免因人力不足而加重工作負荷的危機。
2. **提升設備稼動率之策略行動：**以系統模式探討發現，訂單達交率對顧客而言是最直接感受到，當計畫生產量規劃不佳及設備無預警停機頻繁，導致出貨量不足，延滯了顧客訂單量。設備稼動率不佳會實際反應在軋鋼製造成本上，然而因應設備維修備品的國產化及維修備品庫存量管控，設備產能並非投入計畫後就能契合改善，需經過長期磨合的準備、測試及人員安排作業方可上線。

### 參考文獻

- 朱道凱編譯(1999)，平衡計分卡：資訊時代的策略管理工具，台北市：臉譜，譯自 Robert S. Kaplan & David P. Norton(1996), *The balanced scorecard: translating strategy into action.*
- 李亭林(2015)，策略性系統思考(授課講義)，高雄大學亞太工商管理研究所。
- 李書行(1995)，務實創新的策略性績效評估，會計研究月刊，113，15-23。
- 杜強國(2004)，以系統動態學探討平衡計分卡策略動態搭配原則，中山大學企業管理研究所博士論文。
- 吳安妮(2002)，淺談平衡計分卡成功實施之精隨概念，會計研究月刊，198，26-32。
- 吳安妮(2003)，平衡計分卡之精髓、範疇及整合(上)，會計研究月刊，211，36-56。
- 吳綠惠(2005)，策略目標動態決策機制之研究，中山大學資訊管理研究所碩士論文。
- 屠益民(2006)，系統動力學理論與實務(授課講義)，中山大學資訊管理研究所。
- 屠益民、張良政(2010)，系統動力學：理論與應用，台北市：智勝文化。
- 陳加屏(1992)，系統基模及企業模組式系統動態學建模輔助教材之設計，中山大學企業管理研究所碩士論文。
- Choi & Mueller, (1992), *International Accounting*, N.Y. Prentice-Hall, Inc.
- Forrester, J. W., (1961), *Industrial Dynamics*, Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.
- Madu, C. N., Kuei, C. H., & Jacob, R. A., (1996), "An empirical assessment of the influence of quality dimension on organizational performance", *Internal Journal of Production Research*, 34(7), 1943-1962.
- Maisel, L. S., (1992), "Performance Management: The Balanced Scorecard Approach", *Journal of Cost Management (Summer)*, 47-52.
- Peter Drucker, (1966), *The Effective Executive*, Harper and Row, New York.
- Robert S. Kaplan & David P. Norton, (2003), *Strategy Maps: Converting Intangible Assets Into Tangible Outcomes*, Boston, Harvard Business School Press.
- Wolstenholme, E., (1998), *Balanced Strategies for Balanced Scorecards: The Role of System Dynamics in Supporting Balanced Scorecard and Value Based Management*, full paper on CD-ROM Proceeding of 1998 International System Dynamics Conference, Quebec, Canada.
- Sloper, P., Linard, K. T., & Paterson, D., (1999), *Towards a Dynamic Feedback Framework for Public Sector Performance Management*, full paper on CD-ROM

Proceeding of 1999 International System Dynamics Conference, Wellington, New Zealand.

Steers, R. M., (1975), "Problems in the Measurement of Organizational Effectiveness", *Administrative Science Quarterly*, 20(4), 546-558.

Sterman, J. D., (2000), *Business Dynamics-System Thinking and Modeling for a Complex World*, Chicago, IL: Irwin McGraw-Hill.

Venkatraman, N., & Ramanunjam, V., (1986), "Measurement of business performance in strategy research: A comparison of approaches", *Academy of Management Review*, 11(4), 801-814.