

# 市內網路服務經營效率之評估與預測

## —DEA 與 GM 模型之整合應用

林灼榮 徐啟升 張銘榮 吳義雄

### 摘要

本文旨在整合資料包絡分析法(DEA)與灰色模型(GM)，據以評估中華電信 C 地區 9 個營運處市內網路服務，在 1998 年至 2002 年的經營效率，並預測 2003 年之營運績效。本文首先以 GM(1,N) 篩選投入變數；其次，利用 DEA CCR 及 BCC 模式，評估經營效率、投入產出調整途徑，以 GM(1,1) 殘差修正模型，預測 2003 年投入與產出數據，並重新帶入 DEA 模式，預測 2003 年可能之營運情況。研究發現：(1)透過 GM(1,N) 模型，發現六種投入項與產出項(營收額)之灰關聯係數，依序為交換機建設數(4.806)、員工數(3.139)、成端電纜數(2.968)、配線電纜數(1.295)、營業區域面積(0.976)、營業中心數(0.374)，故本文選擇前四項作為投入項。(2)1998 年至 2002 年之平均技術效率為 0.864，顯示存在約 14% 的效率改善空間，其中源於純技術無效率及規模無效率各約 7%。1998 年至 2002 年平均不足產出為 315 百萬元，投入過多分別為員工數 147 人、交換機門號數為 60,983 門、成端電纜 125,378 對、配分電纜 119,044 對。(3)整合 GM 與 DEA 模型，預測 2003 年之平均技術效率為 0.855、純技術效率為 0.931 及規模效率為 0.918；預測 2003 年平均不足產出為 344 百萬元，投入過多分別為員工數 75 人、交換機門號數為 95,897 門、成端電纜 114,881 對、配線電纜 136,710 對。

關鍵字：資料包絡分析法、灰色模型、市內網路服務、經營效率

### 1、導論

我國電信市場為因應全球電信國際化、自由化及民營化趨勢，並遵循 WTO 入會中美雙邊協議有關電信之承諾，採取漸進式三階段性之開

放策略，依序分別為開放增值網路服務、無線電通信服務及有線通信業務；自 1995 年起，電信業務版圖亦漸次重整為數據通信網路（數據）、行動電話通信網路（無線）、固定通信網路（固網）三大區塊，至 2001 年 7 月民營固網業者開始營運，正式宣告我國電信業務，進入多家競爭及網路互連的時代。電信事業開放自由競爭，表現最為突出的是行動電話業務，由 1998 年初至 2002 年底短短五年內，行動電話客戶數由一百四十餘萬戶上升到兩千三百餘萬戶，突破台灣地區總人口數，普及率超過百分之百，顯示行動電話市場已有效引進良性競爭機制，新進業者已具備成熟之競爭參與條件。相對的與行動電話經營環境迥異的固定通信網路，自 2001 年三家新進民營業者開始加入營運，兩年來僅在不需投入大量建設資金的國際網路業務存在拓展空間，在市內網路服務業務則因網路終端迴路(Local Loop)設備，亦即最重要的最後一哩>Last Mile)佈建困難及客戶成長緩慢，因而無法有效開拓自有用戶，使得民營業者在市話方面的市場佔有率到 2002 年底僅約 1.25%左右，突顯市內網路最後一哩，在網路業服務具有關鍵性地位。

固網業務須具備網路之完整性、基礎性及特定性，不僅傳統語音服務如此，在寬頻資訊服務已成趨勢的今天更是如此，數位化 4C<sup>1</sup>整合與寬頻 600 萬戶到府服務<sup>2</sup>，必須積極運用既有之基礎網路提供服務平台始能達成，因此擁有終端迴路的地區性市內網路服務經營者(Local Exchange Carrier,LEC)，尤其是既有業者(Incumbent Local Exchange Carrier,ILEC)，在面對新興業者(Competitive Local Exchange Carrier,CLEC)的競爭及寬頻資訊服務的潮流，是否能善用相對產能優勢，透過經營效率之提昇，以降低數據、無線業務之替代性衝擊，是非常值得探討之議題。據此，本研究旨在關注市內網路服務既有電信業者（中華電信股份有限公司），選擇 1998 至 2002 年該公司 C 地區經營市內網路服務的 9 個營運處<sup>3</sup>，探討以下問題：(1)C 地區各營運處市內網路服務經營效率<sup>4</sup>，何者較好？何者較差？(2)各營運處之投入資源或產出數量是否合理？有無投入過量，導致資源浪費情形？有無產出短少宜加以拓展？(3)提出無效率營運處具體改善效率的方向和參考對象；(4)

<sup>1</sup> 4c：Communication, Computer, Consumer Content Convergence。

<sup>2</sup> 政府積極推廣資訊應用服務，實現 e-Taiwan 計劃之目標。

<sup>3</sup> 由於無法取得中華電信所有營運處之資料，故退而以 C 地區為研究對象。

<sup>4</sup> 本文所探討之經營效率，包括技術效率，純技術效率及規模效率。

預測 2003 年之經營效率。

依循上述研究背景與動機，本文擬在第 2 節，進行相關文獻探討；第 3 節則進行理論基礎與實證模型設定；第 4 節就整個經營效率實證結果，加以分析解釋；第 5 節對 2003 年經營效率預測結果之可信度及對應意義，進行綜合研判；第 6 節為結論與研究限制。

## 2、文獻回顧

本節擬在第 2.1 節回顧利用資料包絡分析法，進行電信經營效率之國內外相關研究；第 2.2 節則探討灰色預測理論，在國內之相關研究；第 2.3 節介紹本研究預期貢獻。

### 2.1 國內外電信業經營效率相關研究

一般衡量經營效率的方式可分為：(1)財務比率分析法；(2)生產力衡量法；(3)線性規劃三種方法。其中，線性規劃法則以資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, 通稱 DEA) 為代表，頗適合對多項投入、多項產出之機構進行效率評估。DEA 採用數學規劃 (Mathematical Programming) 衡量單位間的相對效率值，並將相對效率最佳者組成一包絡線，稱為效率邊界 (Efficiency Frontier)；而不落在包絡線之決策單位，可依照各點與包絡線前緣之距離，據以衡量無效率程度。由於電信事業本身具有獨占性、成本不可分性及產品不可儲存等特性。因此國內外許多論著選擇皆 DEA 模式，作為衡量電信事業經營效率之評估準據，茲將其彙整在《表 1》中。

由《表 1》顯示，以 DEA 模式分析電信服務業經營效率，在國內，陳益華 (1996) 首先將 DEA 應用於電信服務業效率的分析，針對自由化前之交通部電信總局所屬各機構進行研究；以 1994、1995 二年資料平均所得之數值，以營業收入、市話用戶數及公用電話機數量等作為產出項，另以員工人數、交換機門號、營業支出及外線端子作為投入項，進行官署時代國內電信服務業效率研究。林灼榮、徐啟升、李智隆 (2002) 以 DEA 結合 Tobit 模型，運用 1991 年至 1999 年 29 個營業處營運資料，評估中華電信公司化 (1996 年) 前後市內電話成本效率 (Cost Efficiency)

《表 1》DEA 在國內外電信事業經營效率之研究文獻

姓名	年代	資料型態	實證摘要結果
陳益華	1996	二年平均資料	以衡量 1992 年間我國電信總局之整體效率、規模效率及配置效率，相對於全球各大電信公司而言，我國電信總局表現中等；台灣地區北、中、南三區電信機構經營效率不同，以北區最佳，南區次之，中區再居次。
林灼榮、徐啟升、李智隆	2002	Panel Data	評估中華電信公司化(1996 年)前後市內電話經營效率及影響因子。成本效率仍有 20%改善空間，且技術未明顯提昇。
Majumdar	1995	Panel Data 年資料	1984 年美國 AT&T 拆分後，新興競爭市話市場之 X-效率，初期產出增加幅度大，隨即停滯，但減少資源投入方面呈現平穩現象。
Sueyoshi	1998	Panel Data 年資料	NTT 民營化(1985 年)前後經營效率，實証發現在成本效率方面並沒有顯著改善，主因於雖然民營化但日本官方仍保有超過三分之一股權，反映出部分民營化仍存在管理上的無效率。
Asai and Nemoto	1998	Panel Data 年資料	NTT 11 個分公司 1992-1996 經營效率，發現 80%的無效率來自技術無效率，四個都會區分公司之經營效率高於 7 個郊區分公司。
Majumdar	1998	Panel Data 年資料	研究最適市話公司規模，顯示 21 家 Bell 系統公司處於 CRS 或 DRS 而 17 家獨立公司大多處於 IRS 階段。
Pentzaropoulos and Giokas	2000	Panel Data 年資料	分析希臘國營電信公司經營效率，列出效率參考集合，作為無效率單位改善經營管理之途徑。
Uri	2002	Panel Data 年資料	美國 1996 年電信法案(1996 Telecom Act)實施的誘因式管制(Incentive regulation)，對美國 19 家市話電信公司生產效率並沒有顯著之影響，1988-1990 及 1991-1999 年期間生產效率之差異不明顯。
Pentzaropoulos and Giokas	2002	Panel Data 年資料	比較歐洲 19 個主要電信公司經營效率，發現高營運效率公司其營業收入亦高。

資料來源：本研究整理。

及影響因子。在國外，日本 Sueyoshi (1998) 以 DEA 方法，分析 NTT(Nippon Telegraph and Telephone) 民營化(1985 年)前後經營效率，實証發現在成本效率方面並沒有顯著改善，主因於雖然民營化但日本官方仍保有超過三分之一股權，反映出假民營化仍存在管理上的無效率；Asai and Nemoto(1998)分析 NTT 11 個分公司 1992-1996 經營效率，發現 80%的無效率來自技術無效率，四個都會區分公司之經營效率比其他 7 個郊區分公司為佳；在美國，Majumdar(1995)研究 1984 年美國 AT&T 分割前後，新興競爭市場之 X-效率，指出研究期間 1973-1987 年初期產出增加幅度大，隨即停滯，但減少資源投入方面呈現平緩現象；Majumdar (1998)以美國 38 個市話公司，研究最適市話公司規模，顯示 21 家 Bell 系統公司處於固規或遞減規模報酬，而 17 家獨立公司大多處於遞增規模報酬階段；Uri(2002)研究美國 1996 年電信法案(1996 Telecom Act)實施的誘因式管制(Incentive Regulation)，對美國 19 家市話電信公司生產效率並沒有顯著之影響，且 1989 年至 1998 年期間生產效率之差異不明顯；在歐洲，Pentzaropoulos and Giokas(2000)研究希臘國營電信之經營效率時，推估無效率程度、效率參考集合及改善方向；Pentzaropoulos and Giokas(2002)比較歐洲 19 個主要電信公司經營效率，研究顯示高營運效率公司其營業收入亦高。

## 2.2 灰色模型文獻回顧

灰色理論為鄧聚龍學者於 1982 年所提出，主要針對訊息不明確性及不完整性時，進行系統關聯分析與預測；換言之，能針對事物的“不確定性”、“多變量輸入”、“離散的數據”及“數據的不完整性”進行有效處理（鄧聚龍,1987；溫坤禮等，2002）。

在國內已有許多學者，將灰色理論應用在不同領域與用途上，舉其要有：(1)許巧鶯、溫裕弘(1997)應用並修正灰色預測理論，建構航空運量預測模式；研究顯示運量預測模式對運量變化的擬合與上下包絡灰區間對運量未來發展的捕捉，均較傳統迴歸模式與時間數列模式具有較佳能力。(2)林進財、王淑滿、江長慈（1999）研究台灣地區海上航行員人力供需問題，根據 1992 至 1997 年台灣地區航行員人數，運用五年平均數，以 GM(1,1) 模式來預測航行員每年之總需求量；研究顯示 1998 至 2000 年台灣地區海上航行員總數，不僅年年嚴重供不應求且供需失

衡現象逐年遞增；供需失衡百分率以船副最大、大副次之，船長最小。(3)張保隆、林進財、詹家和(2001)，以1992年至1998年國科會工業工程與管理學門專題研究計畫案之研究情況，運用灰預測法預測1999至2001年工工學門專題研究計畫案件數之發展趨勢；研究結果顯示，教授與副教授百分比平均維持在43.07%，顯示工工學門研究人力素質穩定成長，而學者聯合著作一篇專題研究計畫案情況比例並不高，私校參與工工學門研究發展工作，有逐漸提昇之趨勢；1999至2001年工工學門專題研究計畫案篇數預測值依序為201、234、274篇，年成長率依序為9.95%、14.04%、14.23%，模型平均精確度為88.28%。(4)彭克仲(2001)根據經濟理論，建立台灣鳳梨供需經濟模型，以1981年至1995年的都市零售價格資料，利用灰色理論GM(1,1)、GM(1,N)滾動建模及GM(1,N)等三種模型，預測1996年至1998年台灣地區鳳梨零售價格，結果顯示三種模型作為短期預測皆為合適，顯示灰色預測模型加入以經濟理論為基礎之相關預測訊息，可提高預測能力。(5)Chin-Tsai Lin and Pi-Fang Hsu(2002)應用GM(1,1)模型，預測2001年到2003年台灣五大媒體與網路之廣告營收並與日本媒體趨勢進行比較；研究結果顯示無線電視及報紙市場將會持續衰退，網路、有線電視及雜誌市場將會有高度的成長，而廣播市場也將會有小幅的成長，且預測模型之準確率超過91%。

灰色理論應用在在電信產業上相關文獻，僅有林龍樹、吳英明(1999)一文，利用灰色理論發展一套客觀的處理方法與計算流程，包括因素探討、因素權重計算與灰色關聯度計算；該文對中華電信行動電話業務，在1998年的營運目標與銷售績效進行評估，所獲得的結果證明灰關聯處理方法與流程是合理可行的。

### 2.3 本研究之貢獻

綜觀上述文獻，DEA方法最大優點在於不須預設投入、產出間的函數關係，也不必事先設定權重，無產品及要素價格亦可評比，非常適用於多種投入與多種產出情況下的組織效率評估；另外灰色預測方法能對事物的“不確定性”、“多變量輸入”、“離散的數據”及“數據的不完整性”進行有效處理，根據很少量的原始歷史數據（一般只需四點數據）即可進行預測。兩種方法的共同點是應用層面廣泛且簡捷，不同點在於預測

屬性，前者著重事後評核，後者則為事前預測；若能將這兩種已被廣泛使用的方法結合，將可同時進行績效之現況評估與預測未來之功能。

本文選擇 DEA 方法及灰色理論的重要原因，在於電信產業效率衡量上，因自由化後業務競爭，投入及產出價格成為商業機密，在價格不易取得情況下，極適合採用 DEA 方法評核；另外本研究旨在探討中華電信 1998 年至 2002 年之經營效率並預測 2003 之情況，該時期為中華電信歷經自由化、公司化及組織變動調整後另一階段的經營，統計資料僅五年，故可善用以灰色理論之優勢，進行 2003 年投入產出及績效之預測。

本研究預期貢獻有三：(1)以 GM(1,N)模型作為篩選投入產出判定準據，有別於傳統以相關係數高低與符號正負作為篩選準據。(2)利用 DEA 模型，分別推估技術效率、純技術效率、規模效率；並經由投入產出調整路徑，提出效率改善幅度與參考對象。(3)以 GM(1,1)殘差修正模型，預測 2003 年經營效率，發現其預測能力優於傳統 GM(1,1) 模型。總之，本文除了評估中華電信市內網路服務經營效率之現況外，並預測未來效率的可能變化；以利決策者對經營效率可能下降單位，及早採取因應措施。

### 3、理論基礎與實證模型

在評估研究目的與資料特性後，本文擬引用 DEA 模式結合灰色模型作為衡量準據，故擬在第 3.1 節介紹 GM(1,N)模型；第 3.2 節介紹 DEA 模型，包括介紹三種效率衡量指標、選用之軟體程式、模型導向選擇；第 3.3 節介紹灰色預測理論中，GM(1,1)模型及 GM(1,1) 殘差修正模型之建構程序。

#### 3.1 灰色關聯理論：GM(1,N)模型

灰色理論主要由二大程序所構成：(1)灰色生成 (Grey Generating)：灰色理論定義生成為補充訊息之數據處理，為一種以數找數、尋求數據規律的方法。亦即在雜亂無章的數據中，設法將其被掩蓋的規律及特性求以浮現出來，簡言之，即利用生成的方法降低數據中的隨機性，提高

其規律性。生成處理的方法為累加生成 (Accumulated Generating Operation, AGO)，還原的方法為累減生成 (Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO) (鄧聚龍, 1987)。(2)利用灰色生成數據建立一組灰色差分方程 (Grey Difference Equation) 與灰色擬微分方程 (Pseudo Differential Equation) 之模型，稱為灰色模型 (Grey Model, GM)。灰色模型一般可分為：(i)GM(1,1)模型：表示一階微分，單變數，一般應用於預測上；(ii)GM(1,N)模型：表示一階微分，N個變數，一般應用於灰關聯分析。

假設 $Y^{(0)}$ 序列為系統的主要行為， $X_1^{(0)}, X_2^{(0)}, \dots, X_i^{(0)}$ ， $i=1, 2, 3, \dots, N-1$ ，為影響主行為之因子；設主行為之原始數據列為：

$$Y^{(0)} = [Y^{(0)}(1), Y^{(0)}(2), \dots, Y^{(0)}(n)] \dots\dots\dots(1)$$

而影響主行為之各個因子，其原始數據列：

$$X_i^{(0)} = [X_i^{(0)}(1), X_i^{(0)}(2), \dots, X_i^{(0)}(n)] \dots\dots\dots(2)$$

對式(1)進行累加生成 (AGO)：

$$Y^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k Y^{(0)}(i) \dots\dots\dots(3)$$

$k=2, 3, \dots, n$

其中 $Y^{(1)}(1) = Y^{(0)}(1)$ ，即一次累加生成數列為

$Y_i^{(1)} = [Y_i^{(1)}(1), Y_i^{(1)}(2), \dots, Y_i^{(1)}(n)]$ 。同理，對式(2)進行一次累加生成數列為  $X_i^{(1)} = [X_i^{(1)}(1), X_i^{(1)}(2), \dots, X_i^{(1)}(n)]$ 。對各個生成數列建構 GM(1,N)模型，即一階 N 個變數的微分方程式如下：

$$\frac{dY^{(1)}}{dt} + aY^{(1)} = b_1X_1^{(1)} + b_2X_2^{(1)} + \dots + b_{N-1}X_{N-1}^{(1)} \dots\dots\dots(4)$$

以最小平方法推估式(3) $a, b_1, b_2, \dots, b_{N-1}$ 等參數：

$$[a, b_1, b_2, \dots, b_{N-1}]^T = (\mathbf{B}_{(1,N)}^T \mathbf{B}_{(1,N)})^{-1} \mathbf{B}_{(1,N)}^T \mathbf{Y}_{(1,N)}^N \dots\dots\dots(5)$$

其中，累加矩陣 $\mathbf{B}_{(1,N)}$ 為：



$$\mathbf{B}_{(1,N)} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(Y^{(1)}(1)+Y^{(1)}(2)), & X_1^{(1)}(2), & X_2^{(1)}(2), \dots & X_{N-1}^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2}(Y^{(1)}(2)+Y^{(1)}(3)), & X_1^{(1)}(3), & X_2^{(1)}(3), \dots & X_{N-1}^{(1)}(3) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -\frac{1}{2}(Y^{(1)}(n-1)+Y^{(1)}(n)), & X_1^{(1)}(n), & X_2^{(1)}(n), \dots & X_{N-1}^{(1)}(n) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

常數向量  $y_{N(1,N)}$  為：

$$y_{N(1,N)} = [Y^{(0)}(2), Y^{(0)}(3), \dots, Y^{(0)}(n)] \dots\dots\dots(7)$$

式(5)之參數解  $[a, b_1, b_2, \dots, b_{N-1}]$ ，可以代表主行為和各個因子之間的關係，依據  $b_1, b_2, \dots, b_{N-1}$  絕對值大小之順序，表示對主行為之影響程度(吳漢雄等，1996)；本文即以此判定準據，篩選投入變數。

### 3.2 DEA 模型簡介

本文利用 DEA 模型，據以導求技術效率(Technical Efficiency, 簡稱 *TE*)、純技術效率(Pure Technical Efficiency, 簡稱 *PE*)、及規模效率(Scale Efficiency, 簡稱 *SE*)等三種效率估計模式。首先，我們定義 *N* 家廠商或決策單位(Decision Making Unit, 簡稱 *DMU*)，分別使用 *K* 種投入與生產 *M* 種產出；而第 *i* 個 *DMU* 所對應之投入產出向量，分別以  $x_i$  與  $y_i$  代表；所有 *N* 個 *DMU* 所對應之投入產出矩陣，分別為  $K \times N$  與  $M \times N$ 。在固定規模報酬 (Contant Return to Scale, 簡稱 *CRS*) 假設下，第  $DMU_i$  的投入導向技術效率值 (*TE*)，可以透過對偶關係，以線性規劃模式表示如下：

模型 I (Charnes, Cooper, and Rhoder (1978)，簡稱 *CCR*)：

$$\begin{aligned}
 TE &= \underset{\theta, \lambda}{Min} \theta \\
 s.t. \quad &-y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 &\theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 &\lambda \geq 0
 \end{aligned} \dots\dots\dots(8)$$

模型 I 中， $Y\lambda \geq y_i$  表示第  $DMU_i$  的產出  $y_i$  項，恆小於或等於效率 DMU 的加權產出組合  $Y\lambda$ ；而  $\theta x_i \geq X\lambda$  表示  $DMU_i$  的投入項， $\theta x_i$  恆大於或等於效率 DMU 的加權投入組合  $X\lambda$ 。 $\theta$  為第  $i$  家 DMU 之投入面技術效率值 (TE)，其值介於 0 與 1 之間；若  $TE=1$ ，代表 DMU 位於生產邊界上，已達技術效率；若越接近 0，則表示此 DMU 越缺乏技術效率。

為了將模型 I 之技術效率，拆解成式純技術效率 (PE) 與規模效率 (SE)，可在模型 I 中加入凸性限制式  $N'\lambda=1$ ，而將 CRS 線性規劃問題修正為 VRS (Variable Returns to Scale, 簡稱 VRS) 模式，並據以計算 PE 如下：

模型 II (Banker, Charnes, and Cooper (1984), 簡稱 BCC)：

$$\begin{aligned}
 PE &= \underset{\theta, \lambda}{\text{Min}} \theta \\
 \text{s.t.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & N'\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \dots\dots\dots(9)$$

模型 II 中， $N1$  代表元素皆為 1 之單元向量。結合模型 I 之 TE 估計值與模型 II 之 PE 值，可依據  $TE=PE \times SE$  之關係式，據以計算第  $DMU_i$  單位之規模效率值。上述所衡量的 TE、PE 及 SE 值皆介於 0 與 1 之間，當等於 1 時即處於最適效率水準，若小於 1，差距的部分極為無效率水準。其中 SE 小於 1 時，並無法區別出該規模無效率，究係肇因於遞增或遞減規模報酬。為了判別規模報酬之類型，我們只要加入非遞增規模報酬 (Non-Increasing Return to Scale) 限制條件，亦即將模型 II 限制條件中  $N'\lambda=1$  改為  $N'\lambda \leq 1$ ，重新求解下述線性規劃問題：

模型 III：

$$\begin{aligned}
 PE^N &= \underset{\theta, \lambda}{\text{Min}} \theta \\
 \text{s.t.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & N'\lambda \leq 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \dots\dots\dots(10)$$

由上式即可解出每一  $DMU_i$  非遞增規模報酬之純技術效率（以  $PE^N$  表示），將模型 I 之  $TE$ 、模型 II 之  $PE$  與模型 III 之  $PE^N$  進行比較，可據以判定第  $DMU_i$  之規模報酬類型如下：(1)若  $TE = PE$ ，則生產函數屬於固定規模報酬（Constant Return to Scale, CRS）類型；(2)  $PE^N = PE$  為遞減規模報酬（Decreasing Return to Scale, DRS）類型；(3)  $PE^N \neq PE$  為遞增規模報酬（Increasing Return to Scale, IRS）類型。

### 3.3 灰色預測理論：GM(1,1)模型

#### 3.3.1 GM(1,1)模型簡介

所謂 GM(1, 1)模型，係指一階微分之單變數灰模型，GM(1,1)為 GM(1,N)中，N=1 的特例，為最簡便的預測模式。茲以投入、產出生成數列建立一階單變數微分方程，如下式：

$$\frac{dY^{(1)}}{dt} + aY^{(1)} = u \quad \dots\dots\dots(11)$$

其中， $u$  為常數項，參數列  $[a,u]^T$  以最小平方法求解，即：

$$[a,u]^T = (\mathbf{B}_{(1,1)}^T \mathbf{B}_{(1,1)})^{-1} \mathbf{B}_{(1,1)}^T Y_{N(1,1)} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\mathbf{B}_{(1,1)} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(Y^{(1)}(1) + Y^{(1)}(2)), & 1 \\ -\frac{1}{2}(Y^{(1)}(2) + Y^{(1)}(3)), & 1 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ -\frac{1}{2}(Y^{(1)}(n-1) + Y^{(1)}(n)), & 1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$Y_{N(1,1)} = [Y^{(0)}(2), Y^{(0)}(3), \dots, Y^{(0)}(n)]^T \quad \dots\dots\dots(14)$$

求解得 Y 的時間(離散)近似關係式為：

$$\hat{Y}^{(1)}(k+1) = \left( Y^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad \dots\dots\dots(15)$$

其中， $\hat{Y}^{(0)}(1) = Y^{(0)}(1)$ ，再以累減生成還原，得時間數列預測模式為：

$$\hat{Y}^{(0)}(k) = \left( Y^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) (1 - e^a) e^{-a(k-1)} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$k=2,3,\dots$

其中： $\hat{Y}^{(0)}(1) = Y^{(0)}(1)$ 。而  $\hat{Y}^{(0)}(1), \hat{Y}^{(0)}(2), \dots, \hat{Y}^{(0)}(n)$  為擬合原始數據之模式值。 $\hat{Y}^{(0)}(n+1), \hat{Y}^{(0)}(n+2), \dots$ ，為未來預測值<sup>5</sup>。

### 3.3.2 GM(1,1)殘差修正模式簡介

為提高預測精準度，可以根據前述 GM(1,1)原始模式，進行殘差修正，稱為 GM(1,1)殘差修正模式(鄧聚龍,1987)。設原始生成 AGO 數列  $Y^{(1)} = (Y^{(1)}(1), Y^{(1)}(2), \dots, Y^{(1)}(k))$  之時間近似關係式：

$$\hat{Y}^{(1)}(k+1) = \left( Y^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad \dots\dots\dots(17)$$

可以從函數得到數列為：

$$\hat{Y}^{(1)} = (\hat{Y}^{(1)}(1), \hat{Y}^{(1)}(2), \dots, \hat{Y}^{(1)}(k)) \quad \dots\dots\dots(18)$$

定義殘差為  $q^{(0)}(k) = Y^{(1)}(k) - \hat{Y}^{(1)}(k)$ ，如果取  $k = i, i+1, \dots, n$ ，其對應殘差數列：

$$q^{(0)} = (q^{(0)}(i), q^{(0)}(i+1), \dots, q^{(0)}(n)) \quad \dots\dots\dots(19)$$

為便於計算和表示，上式改寫為：

$$q^{(0)} = (q^{(0)}(1'), q^{(0)}(2'), \dots, q^{(0)}(n')), n' = n - i \quad \dots\dots\dots(20)$$

對  $q^{(0)}$  建立 GM(1,1)模式，其時間函數為：

$$\hat{q}^{(1)}(t) = \left( q^{(0)}(1') - \frac{u'}{a'} \right) e^{-a't} + \frac{u'}{a'} \quad \dots\dots\dots(21)$$

對上式求導數，可得：

$$\hat{q}^{(0)}(t) = (-a') \left( q^{(0)}(1') - \frac{u'}{a'} \right) e^{-a't} \quad \dots\dots\dots(22)$$

<sup>5</sup> 灰預測只要有 4 筆以上資料即可建模就能預測系統態勢，由於本研究另一目的在於預測下一年度(2003 年) 各營運處之經營效率，而本文研究期間 1998 年至 2002 年之各項投入、產出資料各僅有 5 筆，符合灰預測之數據要求；因此極適合採用灰預測 GM(1,1)模式，來預測 2003 年數據。

或者改寫為：

$$\hat{q}^{(0)}(k+1) = (-a') \left( q^{(0)}(1) - \frac{u'}{a'} \right) e^{-a'k} \dots\dots\dots(23)$$

將式(23)殘差值加入原始生成 AGO 數列之時(離散)近似關係式：

$$\hat{Y}^{(1)}(k+1) = \left( Y^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) e^{-ak} + \frac{u}{a} + \delta(k-i) (-a') \left( q^{(0)}(1) - \frac{u'}{a'} \right) e^{-a'k} \dots\dots(24)$$

$$\delta(k-i) = \begin{cases} 1, & k \geq i \\ 0, & k < i \end{cases} \dots\dots\dots(25)$$

### 3.3.3 灰色預測模式檢驗

對於灰色預測模式本身之擬合能力，檢驗方式有殘差檢驗 (Residual Check)及後驗差檢驗 (Posterior Check) 兩種；前者係根據實際值與預測值之差距佔實際值之比值進行判定，即：

$$e(k) = \left\| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right\| * 100\% \dots\dots\dots(26)$$

其中  $x^{(0)}(k)$  為原始實際值， $\hat{x}^{(0)}(k)$  為預測估計值， $e(k)$  為擬合能力， $e(k)$  大於 90% 表示模式擬合能力良好。

後驗差檢驗是根據模式值與實際值之間的統計情況進行檢驗，以分析模式在建模上之精確程度；茲定義殘差數據  $q^{(0)}(k)$  為：

$$q^{(0)} = [q^{(0)}(2), q^{(0)}(3), \dots, q^{(0)}(n)] \dots\dots\dots(27)$$

其中， $q^{(0)}(k) = Y^{(0)}(k) - \hat{Y}^{(0)}(k)$   $k=2, 3, \dots, n$ 。假設  $S_1$  為原始實際數據  $Y^{(0)}(k)$  標準差， $S_2$  為殘差數據  $q^{(0)}(k)$  標準差，定義後驗差比值  $C$  為：

$$C = \frac{S_2}{S_1} \dots\dots\dots(28)$$

並定義最小誤差頻率比值  $P$  為：

$$p = \text{prob.} \{ |q^{(0)}(k) - \bar{q}| < 0.6745S_1 \} \dots\dots\dots(29)$$

其中， $\bar{q}$  為殘差  $q^{(0)}(k)$  之平均數。按  $C$  與  $P$  計算結果對照模式精準度

等級具體指標對照表，評定模式精準度等級。指標C越小越好，C越小表示 $S_1$ 越大而 $S_2$ 越小，即 $S_1$ 大表示原始運量數據標準差大離散程度高，而 $S_2$ 小表示殘差標準差小離散程度低。指標P越大越好，表示殘差與殘差平均數之絕對差值小於給定 0.6745  $S_1$ 之點較多；按照C與P兩個指標，可綜合評定預測模型精準度，對照表如《表 2》所示。

《表 2》精準度檢驗綜合評定等級表

精度檢驗評定等級	P 值	C 值
等級 1：良好 (Good)	>0.95	<0.35
等級 2：合格 (Qualified)	>0.8	<0.5
等級 3：勉強 (Just the mark)	>0.7	<0.65
等級 4：不合格 (Unqualified)	$\leq 0.7$	$\geq 0.65$

資料來源：鄧聚龍，1987。

## 4、經營效率估計結果

本節依第 3 節之理論基礎與實證模型，進行中華電信 C 地區 9 個營運處，1998-2002 年經營市內網路服務效率之實證分析；第 4.1 節敘述研究樣本資料來源與特性分析，並以 GM(1,N)模型篩選投入變數；第 4.2 節以 DEA 模式計算 1998-2002 年期間各營運處之技術效率、純技術效率及規模效率；第 4.3 節計算投入、產出之差額變數。

### 4.1 資料來源與資料特性分析

#### 4.1.1 投入及產出要素之認定及選擇

市內網路投入、產出之關係，回顧國內外電信服務業經營效率評估之相關文獻，Majumdar(1995)評估美國市話電信公司生產效率之 X-效率時，在投入項為交換機總數、總用戶數及員工總數，產出為營收額。陳益華(1996)衡量國內電信服務業效率，以營業收入、市話用戶數及公共電話機數量等作為產出，以員工數、交換機門號數、營業支出及外線端子作為投入項。Sueyoshi(1998)研究日本 NTT1984 年民營化前後市話網路經營效率，在投入項為交換機總資產、總用戶數及員工總數，產出為營收額。Uri(2002)衡量美國市話電信生產力變化，投入項為交換機設備數、電纜數、傳輸設備數及員工數，產出為營收額。Pentzaropoulos and

Giokas(2002)比較歐洲主要電信機構營運效率，投入項為用戶接取線數、行動電話用戶數及員工數，產出為營收額。林灼榮、徐啟升、李智隆(2003)評估中華電信公司化前後市內電話經營效率及影響因素時，在投入項為交換機門號總數、主幹電纜數、用戶配線及員工總數，產出為市話營收額、市話客戶數，以上研究皆係以 DEA 方式評估各國地區性市話網路電信公司之經營效率。

在參酌上述文獻後，本文在產出項方面選擇廣為使用的市話營收總額；在投入項方面則以員工人數、交換機門號數、電纜數及用戶配線，並加入營業面積及服務中心數兩項，即：(1)員工人數：指各受評估單位（營運處）之員工人數。(2)交換機門號建設數：指交換機內可供接入用戶電話門號數量而言。(3)成端電纜建設數：指為提供客戶申裝市內網路服務而建設之電纜數量。(4)配分電纜建設數：指接近用戶端專供用戶接入宅內之電纜線路數量。(5)營業區域面積：指各營運處負責提供產品、服務區域之總面積。(6)服務中心數：指各營運處所轄之服務中心數；本文之研究期間為 5 年（自 1998 年到 2002 年），變數資料會受到物價變動之影響，故將產出項變數（營收總額）以消費者物價指數加以平減調整。本研究為評估市話網路經營效率，選擇中華電信 C 地區 9 個營運處在 1998 至 2002 年之營運資料。樣本共計 45 個追綜資料（Pooling Data）。茲將各項投入產出變數之敘述性統計特性，列在《表 3》中。

《表 3》投入產出變數之敘述性統計資料

項目	變數名稱	平均數	標準差	極小值	極大值
產出	Y3 市話營收額（佰萬）	2,170	981	1,296	4,529
投入	X1 員工人數（人）	657	195	369	1,066
	X2 交換機門號數（號）	417,902	179,492	231,224	841,000
	X3 主幹電纜數（對）	690,433	302,110	408,300	1,399,300
	X4 用戶配線（對）	546,638	206,211	339,100	1,082,000
	X5 營業區域面積（km <sup>2</sup> ）	1,157	1,189	217	4,106
	X6 服務中心數（個）	10	6.771	1	23

#### 4.1.2 投入項目之選擇準據

應用 GM(1,N)模式，將產出項市話營收額視為主行為，將交換機建設總數、成端電纜建設總數、配分電纜總數、員工總數、營業服務涵蓋

面積及服務中心數等 6 個投入變數，視為影響主行為之因子行為，依影響主行為程度之排序作為投入項判定之準據（溫坤禮等，2003）；本文另輔以傳統簡單相關係數，來檢視投入出變數間之相關度；最後，整合上述兩種方法檢證比較投入項目之選擇，是否一致。茲將兩種方法之實証結果，列在《表 4》中。

《表 4》投入項選擇準據比較表

方法	投入 產出	員工數	交換機	成端電	配線電	營業區	服務中
		(X1)	建設數	纜數	纜數	域面積	心數
GM(1,N)	市網營收額	3.139	4.805	2.968	1.295	0.976	0.374
關係度排序		2	1	3	4	5	6
相關係數	市網營收額	0.808	0.966	0.955	0.943	-0.478	-0.607
關係度排序		4	1	2	3	5	6

《表 4》顯示，以 GM(1,N) 方式選取之投入項，依序為交換機建設數(X2)、員工數(X1)、成端電纜建設數(X3)、配分電纜建設數(X4)等 4 項；另以相關係數選擇之投入項依序為交換機建設數(X2)、成端電纜建設數(X3)、配分電纜建設數(X4)、員工數(X1)，顯示兩種方法選取之投入項類同<sup>6</sup>。因此，本文以前四項投入項及市網營業收入，作為 DEA 評估各 DMU 經營效率之投入、產出變數。

#### 4.2 市內網路服務經營效率估計結果

依據上節選出之四種投入項及一種產出之模型，進行市內網路服務經營效率估計，本研究採用 DEAP Version 2.1 軟體(Coelli,1996)，其估計步驟：(1)選用 CCR 模式，先以投入導向方式，計算 1998-2002 年期間，中華電信 C 地區 9 個市內網路經營單位之技術效率及投入差額 (Input Slack)，再以產出導向方式計算產出差額 (Output Slack)；(2)選擇 BCC 模式，以投入導向方式，計算 1998-2002 年期間，中華電信 C 地區 9 個市內網路經營單位之純技術效率及規模效率；(3)整合 CCR 及 BCC 模式推估結果，並依整體別、營運處別及年度別進行比較分析。

<sup>6</sup>於相關係數檢驗時，營業涵蓋區域面積及服務中心數兩個投入項與產出項之關係為負相關，違反 DEA 各項投入變數及產出變數之間需具備等張力 (Isotonicity) 關係之檢驗 (Bowlin, 1987)，亦即產出量應隨投入量增加而遞增之規則，因此該兩項備選之投入項必需剔除。



首先將整體別及營運處別效率推估值，分別彙總在《表 5》及《表 6》中。

《表 5》 市內網路經營效率估計值彙總表(整體別)

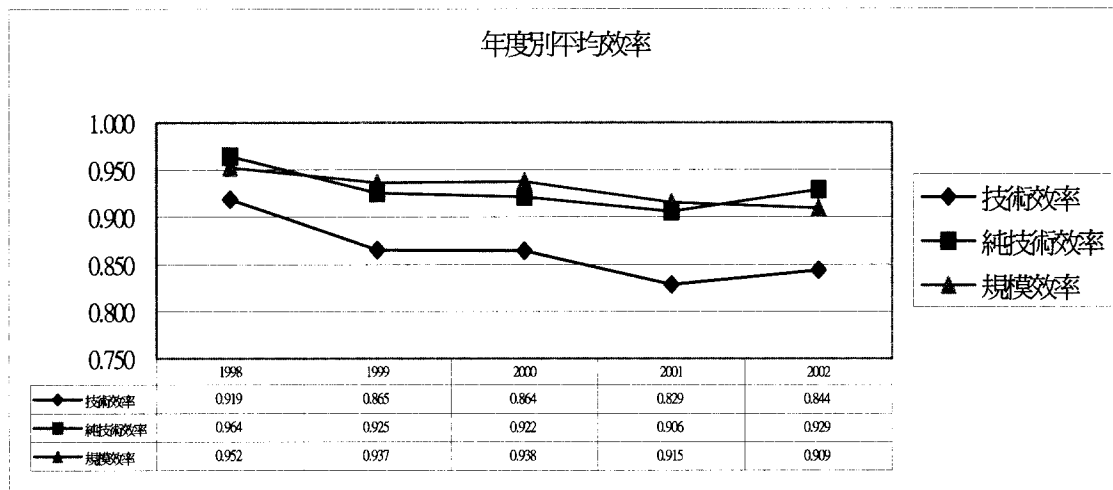
項 目	樣本總數	平均值	標準差	最大值	最小值	位於效率前緣之樣本數
技術效率值(TE)	45	0.864	0.079	1.00	0.69	3
純技術效率(PE)	45	0.929	0.072	1.00	0.78	12
規模效率(SE)	45	0.930	0.049	1.00	0.84	3

由《表 5》《表 6》歸納分析顯示：(1) C 地區各市內網路經營機構在研究期間之平均技術效率值為 0.864，最大值為 1，最小值為 0.69；平均純技術效率為 0.929，最大值為 1，最小值為 0.78；平均規模效率為 0.930，最大值為 1，最小值為 0.84。(2)平均純技術效率為 0.929，顯示在投入資源經營管理上，有近 7.1% 的資源運用無效率。(3)平均規模效率值為 0.930，此一平均值顯示 C 地區各市網營運處，並未在最適規模下經營，造成約 7% 的規模無效率。(4)平均純技術效率與平均規模效率值，兩者無效率值雖同為約 7%，但純技術效率之標準差遠大於規模效率之標準差；顯示在資源運用管理上各營運處之經營能力差異度，明顯比各營運處規模效率之差異度為大。(5)技術效率值為 0.864，代表就整個技術效率值而言，C 地區市網經營單位仍有 14% 的效率改善空間，該無效率來自純技術無效率及規模無效率兩者皆有，顯示投入資源的運用效率及規模效率皆尚有很大的改善空間。(6)就效率前緣觀之，在 45 個樣本中僅有 3 個樣本的技術效率值位於效率前緣，規模效率值亦僅有 3 個樣本位於效率前緣，純技術效率值則有 12 個樣本位於效率前緣；顯示影響技術效率表現因素方面，規模效率比純技術效率為大，應優先調整改善組織營運規模。

另由《圖 1》年度別趨勢觀察，市話網路經營因行動電話業務急速成長的替代效應出現整體技術效率值逐年下降至 2002 年再回升，其回升主因有二：(1)為 2000 年底至 2001 年底以優惠措施鼓勵員工退休方式，約有兩成員工離退。(2)因應語音市場漸萎縮消退，調整策略全力衝刺寬頻業務，充分利用用戶迴路優勢開創全新的 ADSL 市場，在寬頻上網電路月租費收入大增，為技術效率值回升兩大主因。

《表 6》各市內網路營運處經營效率估計值彙總表(營運處別)

營運處 編號	技術效 率值 (TE)	純技術 效率 (PE)	規模效率 (SE)	技術效率 位於效率前 緣之樣本數	純技術效率 位於效率前 緣之樣本數	規模效率位 於效率前緣 之樣本數
C1	0.849	0.977	0.869	0	0	0
C2	0.863	0.871	0.990	0	0	0
C3	0.988	0.991	0.997	3	4	3
C4	0.901	0.956	0.942	0	1	0
C5	0.868	1	0.868	0	5	0
C6	0.926	0.992	0.933	0	2	0
C7	0.824	0.882	0.933	0	0	0
C8	0.778	0.843	0.923	0	0	0
C9	0.781	0.850	0.923	0	0	0
平均	0.864	0.929	0.930	3/45	12/45	3/45
標準差	0.079	0.072	0.049			



《圖 1》1998 至 2002 年各項效率趨勢圖

### 4.3 經營效率改善途徑分析

本節首先分析規模報酬與經營效率之關係；其次依差額變數分析，指出投入產出須改善之方向；最後提供經營效率參考集合，以利決策者改善效率之途徑。

#### 4.3.1 規模報酬調整途徑

規模效率旨在衡量在既定產出水準下，廠商生產的投入數量與最適

生產規模廠商投入量之比較。當規模過小時，將無法享有規模經濟的效益；規模過大則會造成投入資源無法妥善被利用，兩者皆對於機構經營效率會有負面影響。由於本文所求得之各營運處經營，並無規模報酬遞減(DRS)情形，因此將規模報酬型態，分成規模報酬遞增 (IRS) 及規模報酬不變 (CRS) 兩組，進行效率平均值及差異性檢定，如《表 7》所示。

《表 7》規模報酬型態與效率值檢定結果

項 目	技術效率		純技術效率		規模效率	
	IRS	CRS	IRS	CRS	IRS	CRS
規模報酬狀態						
平均值	0.854	1	0.925	1	0.925	1
Z-value (P-value)	-2.867 (0.004*)		-2.274 (0.023*)		-2.867 (0.004*)	

\*表示在5%判定水準顯著。

依據《表 7》檢定結果顯示，且 CRS 之決策單位，規模報酬型態在技術效率、純技術效率、規模效率等三項效率值，均顯著優於 IRS 決策單位。整個統計檢定結果顯示，處於固定規模報酬之機構，其經營效率相對高於遞增規模報酬，因此對於未在固定規模報酬型態之營運處，應進行調整改善。

#### 4.3.2 投入產出組合調整途徑

《表 7》顯示固定規模報酬(CRS)之機構，其經營效率相對高於 IRS，對於未在 CRS 規模報酬型態之營運處，透過 DEA CCR 模式計算，可求得各 DMU 在 CRS 規模報酬型態下最適之產出或投入之量，並與實際數值相比較即可得到不足產出與過多投入之資源重配置方向。茲將 1998 至 2002 年投入過量與產出不足程度，彙總在《表 8》中。由《表 8》年度的平均數趨勢來觀察時，產出不足數額有遞增趨勢，2002 年再遞減與技術效率年平均趨勢一致。在投入過多項目中，僱用員工人數明顯有逐年遞減現象，其餘投入項歷年變動或增或減不一，但 2002 年明顯大幅增加，因此以投入導向分析，2002 年經營效率值回升主因來自員工數減少。

《表 8》投入過量與產出不足彙總表（依年度別）

項目 年度	產出不足應 增加部分	投入過多應減少部分			
	市話營收額 (百萬元)	員工人數 (人)	交換機門號 (號)	成端電纜數 (對)	配分電纜數 (對)
1998	144	185	23,378	122,847	102,402
1999	315	190	60,029	129,192	109,444
2000	320	151	53,489	114,462	106,204
2001	426	121	73,041	127,309	127,767
2002	369	88	94,976	133,082	149,402
平均值	315	147	60,983	125,378	119,044

《表 9》投入過量與產出不足彙總表（依營運處別）

項目 年度	產出不足應 增加部分	投入過多應減少部分			
	市話營收額 (百萬元)	員工人數 (人)	交換機門號 (號)	成端電纜數 (對)	配分電纜數 (對)
C1	266	161	44,586	89,677	82,952
C2	618	162	133,212	310,750	235,455
C3	51	27	31,360	14,446	16,858
C4	217	123	41,590	87,556	107,083
C5	220	70	47,823	67,728	85,057
C6	156	56	35,578	83,782	96,249
C7	376	166	63,979	153,179	155,618
C8	424	267	68,816	169,538	152,046
C9	505	294	81,900	151,750	140,077
平均值	315	147	60,983	125,378	119,044

過度投入另外一個主要原因來自C2營運處2001年，設備汰舊換新時大幅擴充設備容量，此可由《表9》更清楚看出C2營運處在交換機、成端電纜及配分電纜等三種資源上過度投入獲得佐證。在成端電纜及配分電纜投入部分，不論是鄉村或都會區，普遍出現投入過多現象。其原因有二：(1)為滿足客戶即時供裝需求及維護需要，通常保留充裕線路以利調度運用。(2)目前地方政府為維護道路品質，避免頻繁挖補招致民怨，對於為埋設電信線路而提出之挖路申請，審核十分嚴苛，故電信公司對獲得不易之挖掘機會，傾向樂觀預估未來需求量，預先一併埋設。這兩項因素容易造成電信機構建設時的過量投入，亦間接印證本文採DEA之實証模式結果和實際

情況頗為契合，值得經營者未來建設或汰換時參酌<sup>7</sup>。

## 5、經營效率預測結果

本節旨在預測2003年，各營運處之經營效率；第5.1節採用GM(1,1)及殘差修正模型，預測1999-2003年各項投入、產出值，並以殘差檢驗及後驗差檢驗，進行預測精準度之判定準據；第5.2節以1998-2002年原始資料加上2003年之預測資料，重新帶入DEA模式，據以預測2003年之各項效率值及差額變數集合，作為未來改善經營效率的參考方向。

### 5.1 投入與產出之預測

本文採用 Grey Modeling Manager GM(1,1)軟體程式(黃宜豐等,2001)，以1998年至2002年投入、產出量之資料，分別預測各個營運處1999年至2003年之投入、產出水準。對於灰色預測模式本身之擬合能力，本文應用第3節式(26)殘差檢驗公式；茲將檢驗結果，彙整在《表10》中。

《表10》預測值平均誤差彙整表

項目	營收數	員工數	交換機 建設數	成端電纜 建設數	配分電纜 建設數
e(k)	2.91%	3.23%	1.09%	1.40%	0.82%
1-e(k)	97.09%	96.77%	98.91%	98.60%	99.18%

由《表10》顯示，GM(1,1)模型平均預測精度在90%以上；為進一步提高預測能力，可再利用第3節式(16)到(25)殘差修正模式進行預測。茲將修正前及修正後之預測精準程度，依第3節式(28)、式(29)及《表2》之判定準據，列在《表11》中。

由《表11》顯示，C值屬於良好(Good)有40個，屬於合格(Qualified)有2個，屬於勉強(Just)有3個，P值屬於良好(Good)有41個，屬於合格(Qualified)有4個；為提高原點精度，GM(1,1)殘差修正模型重新預測

<sup>7</sup> 為節省篇幅，本文省略經營效率參考對象之探討。

各項投入產出，再進行後驗差精度檢驗，其中 C 值屬於良好(Good)有 40 個，屬於合格(Qualified)有 5 個，P 值全部屬於良好(Good)。比較修正前與修正後之精準度檢驗，發現 GM(1,1)殘差修正模式優於原始 GM(1,1)模型，茲將 2003 年殘差修正後之投入產出預測值，列在《表 12》中。

《表 11》精度檢驗綜合評定等級彙整表

精度檢驗評定等級	C 值		P 值	
	修正前	修正後	修正前	修正後
等級 1：良好 (Good)	40	40	41	45
等級 2：合格 (Qualified)	2	5	4	0
等級 3：勉強 (Just the mark)	3	0	0	0
等級 4：不合格 (Unqualified)	0	0	0	0

《表 12》 2003 年投入與產出預測值彙總表 (依營運處別)

項目 營業處	產出		投入		
	市話營收額 (百萬元)	員工人數 (人)	交換機門號 (號)	成端電纜數 (對)	配分電纜數 (對)
C1	1,737.220	437	329,206	501,393	417,035
C2	3,777.874	771	879,016	1,459,686	1,137,229
C3	4,196.683	755	731,345	1,307,061	943,114
C4	2,146.218	460	433,029	625,508	521,265
C5	1,416.731	345	303,720	470,203	395,348
C6	1,913.989	395	453,439	715,086	539,662
C7	1,699.693	477	416,757	613,524	534,740
C8	1,620.534	519	343,051	558,412	470,944
C9	1,762.667	609	418,678	634,854	530,474
平均值	2,252.401	530	478,693	765,081	609,979

## 5.2 DMU 之 2003 年效率預測

本文以 1998 年至 2002 年各項原始投入、產出值與 2003 年投入、產出的預測值，合計六年資料，重新進行 DEA 分析，並據以獲得 2003 年各項預測結果<sup>8</sup>。就年度平均而言，顯示 2003 年，技術效率、純技術效率及規模效率等三項效率預測值皆較 2002 年原始估計值微幅進步，其中純技術效率上升幅度比技術效率及規模效率為大；預測 2003 年各

<sup>8</sup> 本文曾以 GM(1,1) 殘差修正模式求得之投入產出資料，重新再帶回 DEA 模式，計算 1998~2002 年之效率模擬值 (樣本內預測)，並經由 Spearman 相關係數及 Mann-Whitney U 檢定，發現模擬能力頗佳；故可對 2003 年經營效率之樣本外預測，其信賴度應頗高。

項經營效率值分別為技術效率 0.855、純技術效率 0.931 及規模效率 0.9170；而 2003 年 9 個營業處之效率表現，如《表 13》所示，其中仍以 C3 營運處為相對效率最佳，純技術效率有 5 個樣本位於效率前緣，技術效率與規模效率各有一個。

《表 13》2003 年各項經營效率預測值彙總表

營運處編號	技術效率	純技術效率	規模效率	在效率前緣之樣本數	規模報酬類型
C1	0.911	1	0.911	1	irs
C2	0.881	0.893	0.987	0	irs
C3	1	1	1	3	crs
C4	0.953	1	0.953	1	irs
C5	0.838	1	0.838	1	irs
C6	0.872	1	0.872	1	irs
C7	0.756	0.845	0.895	0	irs
C8	0.77	0.859	0.896	0	irs
C9	0.706	0.784	0.901	0	irs
在效率前緣之樣本數	1	5	1	7/27	
平均效率值	0.855	0.931	0.917		

《表 14》2003 年投入過量與產出不足預測彙總表（依營運處別）

營運處編號	產出不足應增加部分	投入過多應減少部分			
	市話營收額 (百萬元)	員工人數 (人)	交換機門號 (號)	成端電纜數 (對)	配分電纜數 (對)
C1	175.676	40	42,087	46,047	81,677
C2	510.797	92	220,656	283,063	288,233
C3	0	0	0	0	0
C4	94.933	19	72,755	26,496	94,542
C5	265.561	54	65,837	74,225	113,286
C6	281.098	51	119,893	118,972	109,535
C7	549.332	116	132,659	149,856	203,962
C8	482.733	119	78,736	148,046	151,737
C9	737.233	180	130,448	187,222	187,418
平均	344.151	75	95,897	114,881	136,710

其次，將 2003 年各營運處投入過量與產出不足預測值，彙總在《表 14》中。表中顯示，2003 年除相對有效率之 C3 營運處無過多投入及產出不足外，其餘各營運處普遍存在投入產出配置間距，其中 2003 年產出應再增加 344 百萬元，員工人數應減少 75 人，三種管線應分別減少 95897 對、114881 對及 136710 對原因已於 4.4.2 節敘述。

## 6、結論與研究限制

本文旨在整合資料包絡分析法(DEA)與灰色模型(GM)，據以評估中華電信 C 地區 9 個營運處市內網路服務，在 1998 年至 2002 年的經營效率，並預測 2003 年之營運績效。本文首先以 GM(1,N)篩選投入變數；其次，利用 DEA CCR 及 BCC 模式，評估經營效率及投入產出差額；最後，以殘差修正 GM(1,1)模型，預測 2003 年投入與產出數據，並重新帶入 DEA 模式，預測 2003 年可能之營運情況。研究發現：(1)透過 GM(1,N)模型，發現六種投入項與產出項(營收額)之灰關聯係數，依序為交換機建設數(4.806)、員工數(3.139)、成端電纜數(2.968)、配分電纜數(1.295)、營業區域面積(0.976)、營業中心數(0.374)，故本文選擇前四項作為投入項。(2)利用 DEA 模式，推估 1998 年至 2002 年之平均技術效率為 0.864，顯示存在約 14%的效率改善空間，其中源於純技術無效率及規模無效率各約有 7%。1998 年至 2002 年平均不足產出為 315 百萬元，投入過多分別為員工數 147 人、交換機門號數為 60,983 門、成端電纜 125,378 對、配分電纜 119,044 對。(3)整合 GM(1,1)殘差修正模型與 DEA 模式，預測 2003 年之平均經營效率為 0.855、純技術效率為 0.931 及規模效率為 0.918；預測 2003 年平均不足產出為 344 百萬元，投入過多分別為員工數 75 人、交換機門號數為 95,897 門、成端電纜 114,881 對、配分電纜 136,710 對。

綜觀整個研究結果，C 地區電信公司市話經營效率逐年下降，至 2002 年再回升，其主因係 2001 年人員大量離退，員工過度投入獲得改善，而預測未來之一年仍會微幅提昇，由於資料包絡分析模式所求得之各項數值，僅為參與評核單位間之相對效率值，和國內或國際間同業比較，其效率究竟如何則無法得知。此外，於研究過程中由於電信業性質特殊，除了歷年電信總局公佈之各項營運資料外，一般人並不易取得其



餘較詳盡的資料，僅能從電信機構之年報、白皮書等公開資料中，經篩選、比對和計算以整理所須之資訊。自由化後各電信網路業者基於商業機密原因，使得資料取得更加的困難，本研究只能就所能收集之資料進行分析，造成有些重要之變數無法納入，如房屋、土地成本以及其他營運成本等，可能影響效率之評估。至於後續研究方向，本研究建議：(1) 2001年起中華電信全力開拓寬頻網路市場並獲致卓越成績，後續研究可進一步從市場結構改變前後，對經營績效變動之影響。(2) 本研究著重於市內網路服務經營效率，中華電信因應民營固網公司營運，於2002年將長途網路業務劃歸地區網路公司經營，未來之研究可以擴大為長途及市內網路之研究。(3) 本研究假設預測未來各市話經營單位之各項效率時，係採用殘差GM(1,1)法修正原點之誤差，後續研究可進一步以Markov Chain法修正殘差之走向。

## 參考文獻

- 中華電信股份有限公司(1999)，*公開上市說明書*。
- 中華電信股份有限公司 (2003)，*九十一年度年報*。
- 中華經濟研究院(2000)，*我國電信自由化效益分析*。
- 交通部電信總局(1997)，*八十六年電信自由化政策白皮書*。
- 交通部電信總局 (2002)，*九十一年電信自由化政策白皮書*。
- 交通部電信總局 (2002)，*九十一年交通政策白皮書: 電信*。
- 交通部電信總局 (2002)，*我國電信競爭力分析*。
- 林灼榮、徐啟升、李智隆(2002)，「中華電信市內電話經營效率與影響因子分析」，*經濟研究*，38(2)：203-244。
- 林灼榮、曾瑞慶(2003)，「中華電信規模經濟、範疇經濟與技術變遷之研究」，*產業論壇*，4(2)：117-142。
- 林進財、王淑滿、江長慈(1999)，「台灣地區海上航行員人力供需問題之研究」，*交大管理學報*，19(2)：85-101。
- 林龍樹、吳英明(1998)，「電信業務目標的訂定與績效的評估」，*電信研究*，29(2)：687-703。
- 徐守德，廖四郎，王毓敏，葉正乾(1999)，「台灣地區商業銀行的技術效率研究」，*亞太經濟管理評論*，2(2)：23-48。

- 陳育聖(1997)、陳怡芳(2000)，醫院效率之評估－資料包絡分析法，*台灣經濟學會年會論文*。
- 張保隆、林進財、詹家和(2001)，「國科會工業工程與管理學門專題研究計畫案研究情況與發展趨勢之研究」，*工業工程學刊*，18(2)：57-70。
- 陳益華(1996)，我國電信事業經營績效評估－資料包絡分析法之應用，*中山大學企業管理研究所碩士論文*。
- 許巧鶯、溫裕弘(1997)，「台灣地區國際航空客運量之預測－灰色預測模式之應用」，*運輸計劃季刊*，26(3)：525-556。
- 彭克仲(2001)，「灰色預測應用於台灣地區鳳梨零售價格預測之研究」，*農業經濟半年刊*，69：108-126。
- 黃怡茜(2000)，台灣地區市話需求探討－共整合分析，*東吳大學經濟學系碩士論文*。
- 詹家和、林進財、黃旭男(2002)，一個具預測能力的資料包絡分析法，*東海大學企管系跨領域管理暨實務研討會論文*。
- 吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮(1996)，*灰色分析入門*，高立圖書有限公司。
- 鄧聚龍(1987)，*灰色系統基本方法*，華中理工大學出版社。
- 鄧聚龍(1990)，*灰色系統理論教程*，華中理工大學出版社。
- 鄧聚龍(2000)，*灰色系統理論與應用*，高立圖書有限公司。
- 溫坤禮、黃宜豐、陳繁雄、李元秉、連至峰、賴家瑞(2002)，*灰預測原理與應用*，全華科技圖書股份有限公司。
- 溫坤禮、黃宜豐、張偉哲、張廷政、游每利、賴家瑞(2003)，*灰關聯模型方法與應用*，高立圖書有限公司。
- Asai, S., and J. Nemoto.(1998), "Measurement of Efficiency of Regional Communications Business", *Institute for Posts and Telecommunications Policy Discussion Paper Series*, August No.1998-08.
- Banker, R.D.,A.Charnes,W.W.Cooper,and A.P.Schinnar(1984), "A Bi-external Principle for Frontier Estimation and Efficiency Evaluations", *Management Science*: pp.1078-1092
- Bowlin,W.F. (1987), "Evaluating the Efficiency of US Air Force Real-property Maintenance Activities ", *Journal of Operational Research Society*, 8(2): pp.127-135.
- Coelli, T.(1996), *A Guide to DEAP Version 2.1, : Data Envelopment Analysis (Computer) Program,Center for Efficiency and productivity Analysis, University of New England,Australia.*

- Coelli, T., Rao, D.S. Prasad, Battese, and E. George (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers..
- Charnes, A., and W.W. Cooper, and E. Rhodes (1978), "Measure the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, pp.429-445.
- Chin-Tsai Lin and Pi-Fang Hsu (2002), "Forecast Advertising Revenue for the Five Largest Media and Internet in Taiwan Using the Grey Theory and Comparison of Media Trends between Taiwan and Japan", *Journal of International Marketing and Marketing Research*, 27: pp.45-55.
- De Pree Jr., Chauncey M. and R. Kathryn (1995), "A Tool to Help Insurance Company Management Assess Attorney Efficiency and Productivity", *CPCU Journal*, 48: pp.155-156.
- Donthu, N. and B. Yoo (1998), "Retail Productivity Assessment Using Data Envelopment Analysis", *Journal of Retailing*, 74: pp.88-92.
- Majumdar, S.K. (1995), "X-efficiency in Emerging Competitive Markets: The Case of U.S. Telecommunications", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 26: pp.129-144.
- Majumdar, S.K. (1998), "Optimal Local Exchange Carrier Size", *Review of Industrial Organization*, 13: pp.637-649.
- Norman, N. and B. Stoker (1991), *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*, John Wiley and Sons.
- OECD (2003), *Indicators for the Assessment of Telecommunications Competition*, DSTI ICCP TISP (2001) 6/Final. °
- Pentzaropoulos, G.C., and D.I. Giokas (2000), "Evaluating Productive Efficiency in Telecommunications: Evidence from Greece", *Telecommunications Policy*, 24: pp.781-794.
- Pentzaropoulos, G.C., and D.I. Giokas (2002), "Comparing the Operational Efficiency of the Main European Telecommunications Organizations: A Quantitative Analysis", *Telecommunications Policy*, 26: pp.595-606
- Resende, M. (1999), "Productivity Growth and Regulation in U.S. Local Telephony", *Information Economics and Policy*, 11: pp.23-44.
- Ruggiero, J. and W. Duncombe (1995), "On the Measurement and Causes of Technical Inefficiency in Local Public Services: With an Application to Public Education", *Journal of Public Administration Research and Theory*, 5: pp.403-407.
- Saunders, R.J., J.J. Warford and B. Wellenius (1994), *Telecommunications and Economic Development*, The Johns Hopkins University Press.

Sueyoshi, T.(1998), “Privatization of Nippon Telegraph and Telephone: Was It a Good Policy Decision?”, *European Journal of Operational Research*, 107: pp.45-61.

Uri, Noel D(2001), “Changing Productive Efficiency in Telecommunications in the United States”, *International Journal of Production Economic* , 72: pp.121-137.

Uri, Noel D(2002), “Measuring the Change in Productive Efficiency in Telecommunications in the USA”, *Journal of Economic Studies*, 29(2): pp.150-161.

# **The Evaluation and Prediction of Operating Efficiency of the Local Network Services – the Integrated Application of DEA and GM Model**

*Jwu-Rong Lin Chi-Sheng Hsu*

*Ming-Jung Chang I-Hsiung Wu*

## **Abstract**

This study integrates the Data Envelopment Analysis (DEA) and the Grey Model (GM) to evaluate the operating efficiencies of the nine branches in District C of the Chunghwa Telecom Co. Ltd. from 1998 to 2002, and to forecast these branches' operating efficiencies in the year of 2003. We first use GM(1,N) model to screen the six input variables. We then utilize the CCR and BCC models of the DEA to estimate operating efficiencies and calculate the input and output radical movement and slack movement, we apply the GM(1,1) residual-correction model to predict the input and output variables in 2003, and further use these numbers to evaluate the operating efficiencies through DEA analysis. We find that: (1) Based on the grey relationship coefficients from the GM(1,N) model, we choose the following four DEA input variables from the six initial input variables: the available phone numbers provided by local switches; the number of employees; the number of pairs of backbone cables; and the number of pairs of distribution cables. (2) The average technical efficiency from 1998 to 2002 is 0.864. That is, there exists about 14% inefficiency with 7% from pure technical inefficiency and the other 7% from scale inefficiency. (3) The predicted results from the integrated GM and DEA models show that, in 2003, the average technical efficiency is 0.855, and the pure technical efficiency and scale efficiency are 0.931 and 0.918, respectively. The predicted deficient amounts of operating incomes (the output variable) in 2003 is NT\$344 million, and the predicted amounts of excess inputs in the above four input variables are 75 employees, 95,897 phone numbers, 114,881 pairs of backbone cables, and 136,710 pairs of distribution cables, respectively.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis, Grey Model, Local Network Service, Operating Efficiency

