

雲端運算服務平台發展趨勢分析之研究

陳興忠

亞洲大學資訊工程學系

助理教授

e-mail: cdma2000@asia.edu.tw

also shin8409@ms6.hinet.net

王立廷、林炫宗、劉泰瑋、廖鴻瑜、吳振東

亞洲大學資訊工程學系

研究生

e-mail: tony91380@gmail.com

摘要

傳統的運算是基於計算機的數據中心。新一代的運算已經成為最流行的是雲端運算。然而，雲端運算是通過互聯網獲得的資源，它提供給用戶多種應用。本文重點對現有的叢集運算，網格運算和雲端運算框架，並比較了他們的適用領域，並以灰色理論進行計畫與研究趨勢預測。

關鍵詞：雲端運算、叢集運算、網格運算、。

Abstract

Traditional computing is based on computer data center. The new generation of computing has been as the most popular is Cloud Computing. However, Cloud Computing is gained resources through the Internet, which is providing to users many applications. This paper focuses on the existing cluster computing, grid computing and cloud computing frameworks, and compares the trends of their researches and applications.

Keywords: Cluster computing, Grid computing, Cloud computing

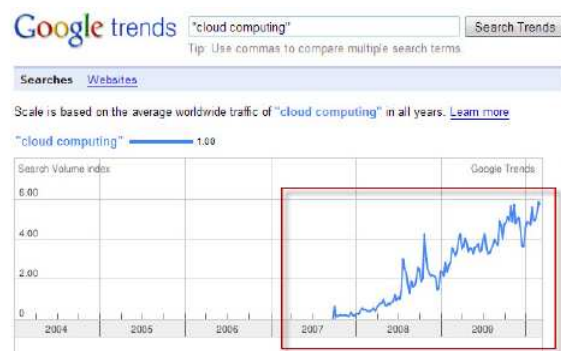
1. 前言

近年來雲端運算在 IT 產業得到越來越多的注意，其主要的概念是透過網際網路的方式在雲(即伺服器)中獲得所需的運算資源，而不是在自己的數據中心，只要有網路就可以從提供雲端運算的供應商得到想要的服務，這對於 IT 部門的小公司或大公司不需花費大量成本在硬體設備上的升級與維修。如圖一所示，可以清楚的看到雲端運算得到人們的注意在 2007 年到 2009 年之間有明顯的增加趨勢[1]，意味著雲端運算不管是在學術界或者在科技

產業上，已成為發展的潮流。

在本文中，我們試著歸納與整合現存的各種運算與雲端運算的比較與各種運算的應用，並且目前台灣在雲端運算的從計畫經費上與研究的論文發表數量進行預測與分析。

本文的架構可分為以下：第二章節相關文獻之探討；第三章節各種運算平台與雲端運算之比較與分析；第四章節各種運算與雲端運算之計畫預算與研究之預測；第五章節為本文的結論。



圖一：雲端運算成為近幾年來熱門的話題
資料來源: Google trends (Mar. 2010) [1]

2. 文獻探討

2.1 叢集運算

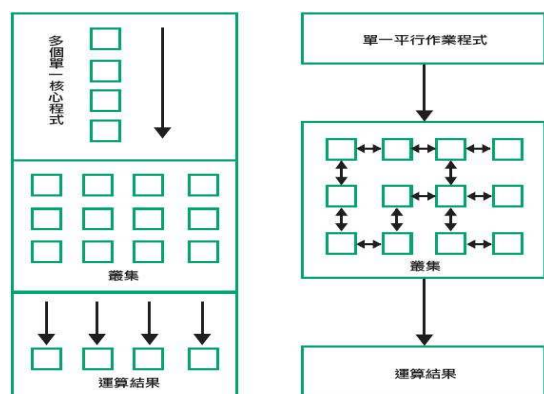
叢集運算 (Cluster computing) 是把個別的 CPU 串連起來具有高效能的運算方法。將大量的電腦透過網際網路同時運算，把數個小型電腦組合成一個虛擬的大型電腦，在這個電腦上具有高速運算、錯誤容忍與負載平衡的特性[4]。叢集運算還能夠容忍錯誤 (Fault-Tolerant) 與形成大型系統 (Large-Scale) [5]。不過叢集運算需要完全相同規格的軟硬體，如果不同的話很難運作，可以用網格運算解決此問題。

典型的叢集運算可以分成兩個模式：第一種為模式為同時執行多個單核心模式；第二種模式為平行處理單一程式，如下圖所示為兩種叢集運算的運作圖[9]。

(1) 其運作方式是讓叢集同時執行多個各自獨

立的運算工作，在同一時間內完成運算分別得到各自的結果。

- (2) 為提高效能，可將單一運算工作切割為多個子運算工作，分別交由叢集中不同工作節點處理，最後在縱整出最終結果。



圖二：叢集運算運作圖[9]。

叢集運算的應用可分為高可用性叢集 (High-availability clusters)、負載均衡叢集 (Load balancing clusters) 與高性能計算叢集 (High-performance clusters) [10]。

- (1) 高可用性叢集：一般是指當叢集中有某個節點失效的情況下，其上的任務會自動轉移到其他正常的節點上。
- (2) 負載均衡叢集：負載均衡叢集運行時，一般通過一個或者多個前端負載均衡器，將工作負載分發到後端的一組服務器上，從而達到整個系統的高性能和高可用性。這樣的計算機叢集有時也被稱為服務器群 (Server Farm)。
- (3) 高性能計算叢集：高性能計算叢集採用將計算任務分配到叢集的不同計算節點而提高計算能力，因而主要應用在科學計算領域。HPC 叢集特別適合於在計算中各計算節點之間發生大量數據通訊的計算作業，比如一個節點的中間結果或影響到其它節點計算結果的情況。

2.2 網格運算

網格運算 (Grid computing) 是一種虛擬化計算資源，主要用於優化作業工作任務，作業間無需共享數據。儲存的資源可以被所有結點共享，但是作業間結點不會互相影響進行。使用網格運算的精神經常在適用領域上沒有共識，網格是為了協調資源分享以及解決動態的、

多機構的虛擬組織間的相關問題[1]，因而發展出依循協同合作的問題解決與資源仲介 (resource brokering) 的策略[2]。

網格運算有三種運用可供參考，如下[11]：

- (1) 為全球資訊網誕生起到關鍵性作用的歐洲核子研究組織 (CERN, European Organization for Nuclear Research), 其對網格運算是這樣定義的：「網格運算就是通過網際網路來共享強大的計算能力和數據儲存能力」。
- (2) 外部網格 (External grids)。事實上，網格運算對分布在世界各地的、非營利性質的研究機構頗有吸引力，進而造就了美國國家超級電腦應用中心計算生物學網格，如生物學和醫學信息學研究網路。
- (3) 內部網格 (Internal grids)。同樣，網格運算對那些需要解決複雜計算問題的商業公司有著非同一般的吸引力，其目標是將企業內部的計算能力最大化。

2.3 雲端運算

雲端運算 (Cloud computing) 是從分散式運算與網格運算發展出來，主要是用在大量資料的密集處理，需要充足的運算資源，並將複雜的運算與儲存工作分散到網路雲端裡的資源並隱藏起來[1]。

雲端運算是一種經由網際網路，從遠端取用近乎無限電腦運算資源的服務模式與技術組成，具有如下三大特質[12]：

- (1) 超大型 (massively)：通常具有超過 1 萬台以上主機的運算資源。
- (2) 無限延展 (scalable)：運算能力可隨運算設備的增加而迅速擴充。
- (3) 彈性使用 (elastic)：用戶可隨需要增加或減少運算資源的使用。

雲端運算具有 3 個層次的服務：基礎架構即服務 (Infrastructure-as-a-Service)、平台即服務 (Platform-as-a-Service) 和軟體即服務 (Software-as-a-Service) [7]。

- (1) 基礎架構即服務 (IaaS)：虛擬化的運算能力，儲存和資料中心的網路連接，並且提供服務給消費者。使用者可以依比例提高和降低這些運算資源的需求動態。通常情況下，多個租戶共存於同一 (相同) 基礎設施資源 [6]。
- (2) 平台即服務 (PaaS)：用一系列服務提供一

個發展平台協助應用程式設計、開發、測試、配置(部屬)，監視程序，在雲端上。它通常沒有需要軟體下載或安裝，並支持地理上分散的團隊能夠合作地運作計畫。

- (3) 軟體即服務 (SaaS)：軟體是提供給末端使用者的需求作為服務，通常在瀏覽器。它節省了使用者從軟體開發與維護的麻煩。該軟件通常是由多個租戶共享，自動更新從雲端，並且不需要額外的授權需要去購買。特點是能在需求上被要求，並推出了更加頻繁。因為他的服務特性，SaaS 可以很容易的與其他混搭應用程式整合。

雲端運算發展歷史如下[8]：

1983 年，昇陽電腦 (Sun Microsystems) 提出「The Network is the computer」。

2006 年 3 月，亞馬遜 (Amazon) 推出彈性運算雲端 (Elastic Compute Cloud; EC2) 服務。

2006 年 8 月 9 日，Google 執行長埃里克·施密特 (Eric Schmidt) 在搜尋引擎大會 (SES San Jose 2006) 首次提出「雲端運算」(Cloud Computing) 的概念。Google「雲端運算」源於 Google 工程師克里斯多福·比希利亞所做的「Google 101」項目。

2007 年 10 月，Google 與 IBM 開始在美國大學校園，包括卡內基美隆大學、麻省理工學院、史丹佛大學、加州大學柏克萊分校及馬里蘭大學等，推廣雲端運算的計畫，這項計畫希望能降低分散式運算技術在學術研究方面的成本，並為這些大學提供相關的軟硬體設備及技術支援(包括數百台個人電腦及 Blade Center 與 System x 伺服器，這些運算平台將提供 1600 個處理器，支援包括 Linux、Xen、Hadoop 等開放原始碼平台)。而學生則可以透過網路開發各項以大規模運算為基礎的研究計畫。

2008 年 1 月 30 日，Google 宣佈在台灣啟動「雲端運算學術計畫」，將與台灣台大、交大等學校合作，將這種先進的大規模、快速運算技術推廣到校園。

2008 年 7 月 29 日，雅虎、惠普和英特爾宣布一項涵蓋美國、德國和新加坡的聯合研究計畫，推出雲端運算研究測試床，推進雲端運算。該計畫要與合作夥伴建立 6 個資料中心作為研究試驗平台，每個資料中心配置 1400 個至 4000 個處理器。這些合作夥伴包括新加坡資訊通訊發展管理局、德國卡爾斯魯厄大學 Steinbuch 運算中心、美國伊利諾大學香賓分校、英特爾研究院、惠普實驗室和雅虎。

2008 年 8 月 3 日，美國專利商標局網站資訊顯示，戴爾正在申請「雲端運算」(Cloud Computing) 商標，此舉旨在加強對這一未來可能重塑技術架構的術語的控制權。戴爾在申請檔案中稱，雲端運算是「在資料中心和巨型規模的運算環境中，為他人提供電腦硬體定製製造」。

2010 年 3 月 5 日，Novell 與雲端安全聯盟 (CSA) 共同宣佈一項供應商中立計畫，名為「可信任雲端運算計畫 (Trusted Cloud Initiative)」。

台灣雲端運算發展之趨勢分析與研究，我國經濟部於 99 年四月，雲端運算 SWOT 分析 [12]。

(1) 優勢 (Strength)：

- 我國為伺服器硬體與行動裝置生產大國，具備雲端資料中心伺服器、儲存、網路等硬體設備之自主製造與平價供應能力。
- 政府推動網路通訊國家型計畫，使得我國資通訊建設完備、資訊人才素質整齊，台灣適合作為雲端服務創新的實驗基地。

(2) 弱勢 (Weakness)：

- 缺乏大型系統軟體研發人才與缺乏大型系統軟體的產量。
- 雲端運算需要大額固定設備資本投資，回收時間長，台灣一般企業不容易單獨進軍雲端服務市場。
- 雲端產業創造軟、硬體整合雲端服務，是我國資訊產業不擅長的項目。
- 企業需求尚未明確，頻寬費用高，內需市場小，潛力用戶業者與軟體廠商保持觀望態度。

(3) 機會 (Opportunity)：

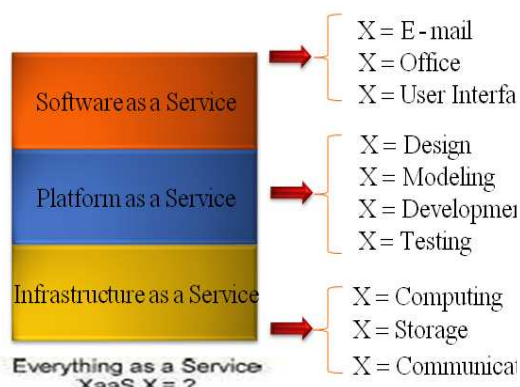
- 台灣是雲端資料中心元件生產基地，如能掌握雲端系統架構、大型系統管理軟體、資料中心作業系統等技術，在資料中心完整解決方案市場，將具成本優勢；國內可投入研發資源，發展出平價優質的資料中心系統。

(4) 威脅 (Threat)：

- 國際大廠如 IBM、Microsoft 軟體實力與投資大，相繼發表雲端作業系統，如 Blue Cloud 與 Windows Data Center/Hyper-V，售價昂貴，台灣業者缺乏自主技術相對落後。

台灣沒有自屬的雲端資料中心 (data center)

建設能力，數位資料將掌握於國際大廠手中，國際大廠將長驅直入內需市場，國內資訊服務業恐將沒落。



圖三：雲端運算分層圖[7]

2.4 預測方法

在任何企業中不論是生產、銷售、財務等方面，都需要用到預測的技巧。預測為管理決策中最普遍應用且重要之方法。由於統計技術與電腦軟硬體之成熟，除了定性分析外，目前也發展出許多定量的預測方法：類神經網路（Neural Network）、灰色理論（Grey Theory）、ARIMA（Autoregressive Integrated Moving Average）等等。

預測有許多種方法，我們依其特點及限制將傳統預測方法與灰色預測方法加以比較列出如表2-1。

表2-1 傳統預測方法與灰色預測方法之比較 [16]

預測方法	所需最少數據	數據之型態	數據之間隔	準備時間	數學需求
簡單指數型	5至10個	等間距	短間隔	短	基本數學
Holt's指數型	10至15個	同趨勢	短或中間隔	短	稍微要求
Winter's指數型	至少5個以上	同趨勢、且具規律性	短或中間隔	短	中等程度
迴歸分析法	10個以上	同趨勢、且具規律性	短或中間隔	短	中等程度
Causal迴歸法	10個以上	可各種型態相互混合	短、中及長間距	長	高等程度
時間序列壓縮法	2個峰值以上	同趨勢、且具規律性且可自我調整	短或中間隔	短(稍長)	基本數學
Box Jenkins法	50個以上	等間距	短、中及長間距	長	高等程度
灰色預測	4個	等間距或非等間距	短、中及長間距	短	基本數學

2.5 灰色系統基礎理論

當人類面對諸多問題時，往往只能掌握問題的局部訊息（information），欲藉由局部訊息探索問題之全貌，而引發了灰色系統理論的產生。在控制學中，常以顏色的深淺來代表訊息的完整程度。黑色代表對訊息內部結構、特徵等一無所知；相反的，白色表示所知的訊息完整，對系統完全確知。而灰色則介於白色與黑色之間，表示訊息不完全性或不确定性，故稱之為「灰色系統」（Grey System）。1982年大陸學者鄧聚龍教授根據此類系統的特點，提出「灰色系統理論」（Grey System Theory）簡稱「灰色理論」[14]。

由於灰色理論對事物或系統之「不确定性」（not certainty）、「多變量輸入」（multi-input）、「離散的數據」（discrete data）及「數據的不完整性」（not enough）能做有效的處理。因而灰色理論發展至今雖只有二十幾年的時間，在台灣的發展也只有短短的十年左右，但在許多學者不斷的提出修正及改進下，近年來已被廣泛的應用在各領域中，且獲得良好的效果。其研究大致可以分為灰色生成、灰色關聯分析、灰色建模、灰色預測、灰色決策與灰色控制等六個部分研究方法[15]。本文採用GM（1,1）灰色預測（Grey prediction）作為分析工具，灰色預測的建立模型之基本理論分成以下三部分：

(1) 灰色生成（Grey Generating）

將不足或雜亂無章的訊息，就可知的資訊或數據的特徵，補充至較為完整或是轉變成較具規律的數據進行分析，稱之為生成。灰色生成即為增強訊息之數據處理方式，使數據經轉換後，其被掩蓋或不明顯之特徵與規律得以顯現。灰色生成的主要方法有：

- 累加生成（Accumulated Generating Operation, AGO）：將數據依次累加。
- 逆累加生成（Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO）：累加生成之還原。
- 插值生成（Interpolation Generating）：除了累加生成和累減生成之外的數據處理方法，是利用現有的數據及數學方法建立其間所缺失的數據。
- 灰色關聯生成（Grey Relational Generating Operation, GRGO）：將數據依實際情形在不失真之下所做的數據處理。

(2) 灰色建模（Grey Model）

利用灰色生成後的數據建立一組灰差分

方程(Grey Difference Equation)與灰擬微分方程(Pseudo Differential Equation)之模式，以作為灰預測或灰關聯之用，稱為灰色建模。灰色建模一般可分為下列三種：

- (a) GM (1,1) 模式：表示一階微分，輸入變數為一個，一般做預測用。
- (b) GM (1, N) 模式：表示一階微分，輸入變數則為N 個變數，一般做多變量關聯分析用。
- (c) GM (0, N) 模式：這是GM(1,N)模式的特例，表示零階微分，輸入變數為N個變數，一般做多變量關聯分析用。

(3) 灰色預測[15]

常以GM (1,1) 模式作預測，欲求一序列資料之未來動態。若依預測功能來區分，有五種不同用途，簡述如下：

- (a) 數列灰色預測 (Sequence Grey prediction)：以GM (1,1) 模式為基礎，對現有數據進行時間數列預測，是灰色預測的基本形式，也是最簡單的預測模式。
- (b) 災變灰色預測 (Calamities Grey prediction)：預測在一定時間內是否會發生災變，或某種異常值將在何時會再發生的預測。在已知現象中，選取一個特定的門檻值 (Threshold Value) 作為異常現象發生之準則。
- (c) 季節災變灰色預測 (Seasonal Calamities Grey prediction)：若災變發生在每年特定時區，對這些災變事件的時間分佈進行預測，稱為季節災變預測。
- (d) 拓撲灰色預測 (Topological Grey prediction)：是季節災變預測的延伸。將已知數列連成曲線圖，在曲線上依某個定值找出相交叉之時刻數列，再依GM(1,1) 模型預測未來出現之時刻，將各未來發生之定值連成曲線，以掌握整個數據曲線未來的發展變化。
- (e) 系統灰色預測 (Systematic Grey prediction)：結合GM (1,1) 與GM (1, N) 模型，對系統中各變量同時進行預測，進而求出各變量間之相互關係。

本文歸納灰色預測具有以下之特點：所需數據少、所需數學基礎簡單、對有趨勢性之數列預測精確度高、較其他方法的模型計算誤差較小、樣本不需常態分配、灰色預測適用於短期，也適用於中長期預測。

3. 雲端運算與網格運算以及叢集運

算之比較與分析

我們從現有的資料整理與歸納，如表 3-1 所示。叢集運算雖然比雲端運算速度快，不過它需要完全相同規格的硬體，如果每台電腦規格不同的話，很難組合起來運作，所以它需要大量的完全相同硬體設備，所需要的成本較高。

網格運算是分散式運算的延伸，與雲端運算最大的差異，在於運算量，網格運算是以多主機來做運算支援(偏向少次而大量的運算)，雲端運算大都以單一主機服務使用者(偏向少量而多次的運算)，少次而大量的運算易使資源用盡，致使其他服務停擺或拒絕服務。雲端運算著重在提供服務，不需要大量的成本也不需要固定的資料格式，又可以妥善利用資源[3]。使用者只要具備網際網路的連線能力即可獲得雲裡(伺服器)服務，雲端的使用者介面也可以給使用者更多的自主性和方便性，它主要是在 web 的介面下工作而在 IE (Internet Explorer) 瀏覽器下使用即可，網格運算的主要優勢是可以充分呼叫網格內的運算資源以提供服務。

表 3-1：雲端運算與網格運算以及叢集運算之比較[13]

運算類型 比較項目	叢集運算	網格運算	雲端運算
使用成本	高	低	一般
使用範圍	針對運算	單一任務	大眾應用
使用規格	需要完全相同規格的硬體	專屬的應用協定和資料格式	虛擬化技術
標準化程度	要使用不同的函數庫去輸寫	有標準化的協定和信任機制	無標準化，各家採用的技術架構也不同。
擅長處理的資料特性	同時執行多個各自獨立的運算工作	單次運算資料量大	單次運算資料量小

我們在表 3-2 分析資料管理與隱私、區域與全域安全性、缺乏標準化以及服務水平協議在雲端運算與網格運算以及叢集運算下，我們發現網格運算在資料管理與隱私方面較佳；這三種運算在全域安全性都缺乏安全性，不過網格運算與叢集運算在區域安全性較為安全；雲端運算在標準化及服務水平協議較缺乏。

表 3-2 雲端運算與網格運算以及叢集運算之

分析

運算比較 比較項目	叢集運算	網格運算	雲端運算
資料管理與隱私	no	yes	no
區域安全性	yes	yes	no
全域安全性	no	no	no
缺乏標準化	no	no	yes
服務水平協議	yes	yes	no

4. 雲端運算與網格運算以及叢集運算之計畫預算與研究之趨勢分析

首先，我們使用灰色系統的GM (1,1) 來預測經濟部提出的科技研發雲端運算服務平台預算後三年的總預算，從民國100年是投資雲端運算的預算為最高峰，而可預測到民國105年是雲端運算技術成熟時期，所以投入的資金就會逐漸遞減。

表 3-3 我國科技研發雲端運算服務平台計畫預算，紅色為使用灰色預測表後三年總預算預測值[12]

年度	總預算 (億元)
FY99	1.02
FY100	1.98
FY101	1.90
FY102	1.48
FY103	1.40
FY104	1.20
FY105	1.02
FY106	0.92

進一步，我們採用 GM (1,1) 灰色預測作為分析工具，在 IEEE explore 上分別以『Cloud computing (雲端運算)』、『Grid computing (網格計算)』與『Cluster computing (叢集運算)』為關鍵字發表的論文篇數，分析其研究趨勢。在 IEEE explore 從 2006 年到 2010 年發表的論文總篇數，區別為 Conferences 與 Journals 兩類論文。我們使用 GM (1,1) 去預測 2011 到 2015 年的論文篇數，如圖四到圖十五所示。我們發現雲端運算不論在 Conferences 或是在 Journals 的論文數量要比叢集運算與網格運算多，且逐年的快速增加，由此可發現雲端運算已成為全世界學術界的熱門研究重點。

表 3-4 雲端運算與網格運算以及叢集運算在

Conferences 和 Journals 的論文總篇數，紅色為使用灰色預測後五年總篇數預測值

IEEE Explore Searched Results (2006/1/1~2011/1/29)						
Comp. Year	雲端(Cloud Computing)		叢集(Cluster Computing)		網格(Grid Computing)	
	Conference s	Journals	Conferences	Journals	Conferences	Journals
2006	113	18	2795	518	2245	204
2007	132	20	3133	529	2351	206
2008	293	37	4281	481	3096	197
2009	838	89	5045	493	3209	207
2010	1873	103	5431	470	4774	263
2011	4373	160	6382	454	6038	255
2012	10094	221	7253	445	7793	281
2013	23402	309	8241	424	10245	300
2014	54231	437	9439	412	13071	311
2015	125870	609	10732	397	16896	332

5. 結論

本文中我們說明了雲端運算服務平台發展相關的研究主題，且以灰色系統 GM(1,1) 進行 2011 與 2015 年的論文發表趨勢預測，雲端運算在 Conferences 和 Journals 的論文篇數預測上，我們發現 2010 年後的 IEEE Explore 上之論文數目，每年都以可觀的數目在增加，而在 2015 年則預估論文數量可達到約 13 萬篇，這是網格運算與叢集運算論文數目無法達到的量。由此文中的預測，我們可以得知雲端運算在未來幾年會將會有非常多的經費與人力投入各種基於雲端運算平台相關領域的研究。

參考文獻

- [1] 陳宗天、張志峰，"雲端運算之主要研究主題"，國立台北大學資訊管理研究所。
- [2] Ian Foster, The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations, *International Journal of Supercomputer Applications*, 2001.
- [3] <http://www.cloudcomputing.com.tw/>, 2011.
- [4] 柯智凱，"從 1 到 2500 個亞卓鎮-系統架構部屬與運作機制"，國立中央大學，2004。
- [5] L. Golubchik, R. R. Muntz, C.-F. Chou, and S. Berson, "Design of Fault-Tolerant Large-Scale_VOD Servers With Emphasis on High-Performance and Low-Cost," *Parallel*

and Distributed Systems, vol. 12, pp. 363-386, 2001.

[6] Wikipedia - Cloud Computing. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing, 2011.

[7] Wei-Tek Tsai*, Xin Sun, Janaka Balasooriya, "Service-Oriented Cloud Computing Architecture," Department of Computer Science Arizona State University Tempe Arizona 85281 USA, 2010.

[8] <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%9B%B2%E7%AB%AF%E9%81%8B%E7%AE%97>, 2011.

[9] <http://info.amdtaiwan.com.tw/edm/Q110/p35.pdf>, 2011.

[10] <http://zh.wikipedia.org/zh-hk/%E8%AE%A1%E7%AE%97%E6%9C%BA%E9%9B>

http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%BD%91%E6%A0%BC%E8%AE%A1%E7%AE%97#.E7.BD.91.E6.A0.BC.E5.8C.96.EF.BC.88Grid_enabled.EF.BC.89, 2011.

[11] http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%BD%91%E6%A0%BC%E8%AE%A1%E7%AE%97#.E7.BD.91.E6.A0.BC.E5.8C.96.EF.BC.88Grid_enabled.EF.BC.89, 2011.

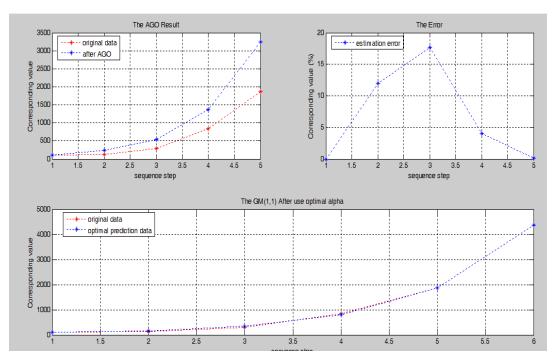
[12] 經濟部, <http://www.cepd.gov.tw/dn.aspx?uid=8418>, 2010.

[13] <http://www.ithome.com.tw/itadm/article.php?c=49410&s=2>, 2011.

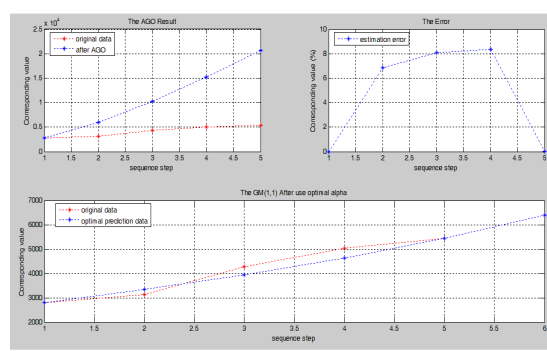
[14] 鄧聚龍、郭洪, 灰色預測原理與應用, 全華出版社, 1996。

[15] 鄧聚龍, 灰色系統理論與應用, 高立圖書有限公司, 1999。

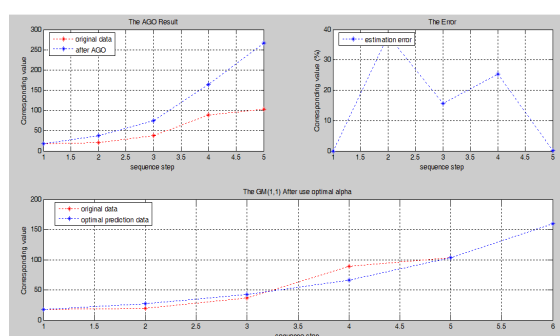
[16] 吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮, 灰色分析入門, 高立圖書有限公司, 1996。



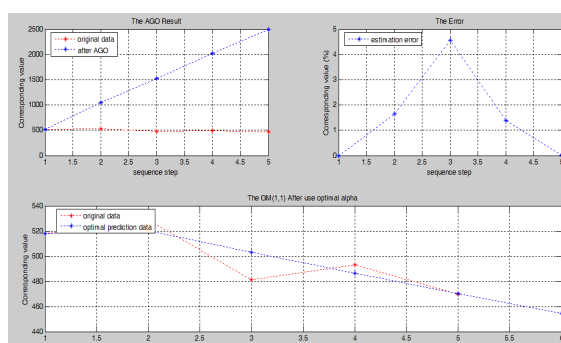
圖四：2011 年雲端在 Conferences 的篇數預測趨勢圖



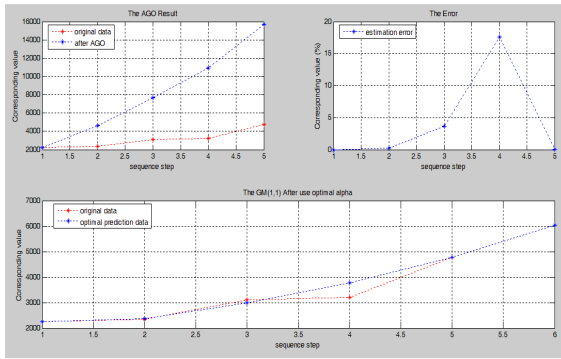
圖六：2011 年叢集在 Conferences 的篇數預測趨勢圖



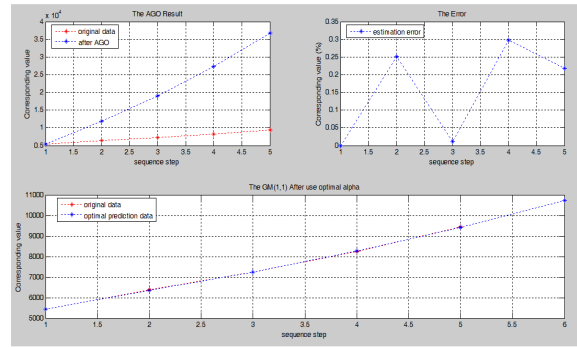
圖五：2011 年雲端在 Journals 的篇數預測趨勢圖



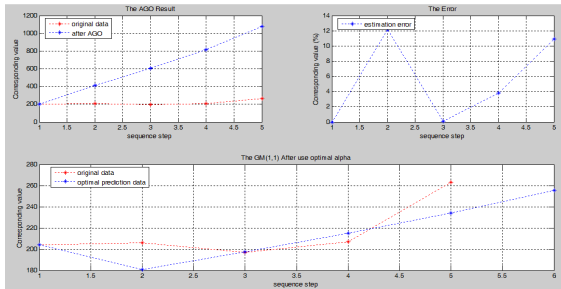
圖七：2011 年叢集在 Journals 的篇數預測趨勢圖



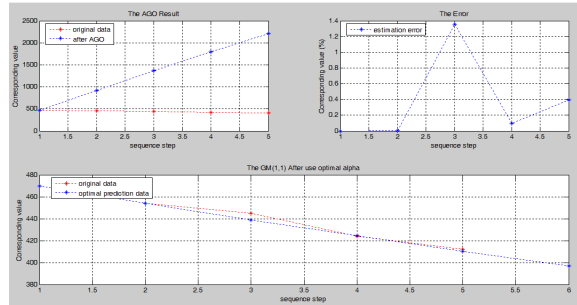
圖八：2011 年網絡在 Conferences 的篇數預測趨勢圖



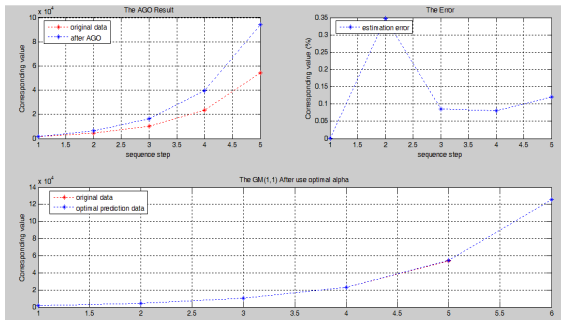
圖十二：2015 年叢集在 Conferences 的篇數預測趨勢圖



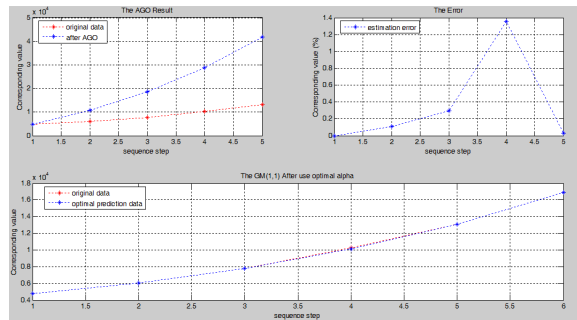
圖九：2011 年網絡在 Journals 的篇數預測趨勢圖



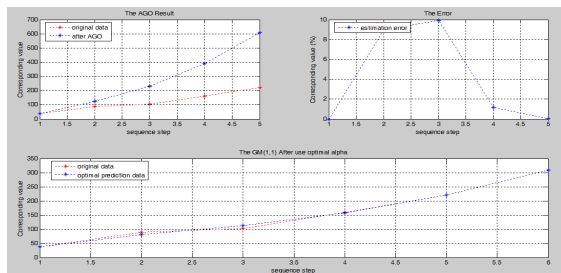
圖十三：2015 年叢集在 Journals 的預測趨勢圖



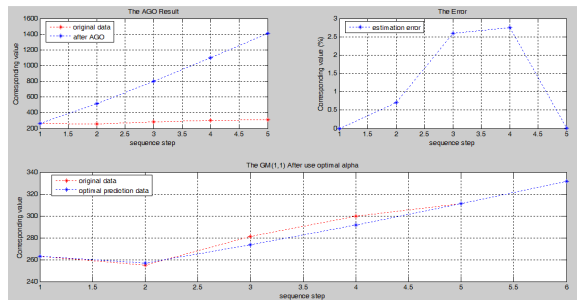
圖十：2015 年雲端在 Conferences 的篇數預測趨勢圖



圖十四：2015 年網絡在 Conferences 的篇數預測趨勢圖



圖十一：2015 年雲端在 Journals 的篇數預測趨勢圖



圖十五：2015 年網絡在 Journals 的預測趨勢圖