

Vol. 5, No. 3, Aug 2002

中華管理評論 國際學報

WEB JOURNAL OF

Chinese Management Review

管理資訊系統與複雜科學之關聯性研究

楊豐松 Feng Sueng YANG

林我聰 Woo Tsong LIN

朱麗芬 Li Fen CHU

香港中文大學工商管理學院

中國研究與發展委員會

印行

<http://www.baf.cuhk.edu.hk/ocrd/cmr.htm>

管理資訊系統與複雜科學之關聯性研究 The Research on Study of Connection between Management Information Systems and Complexity Science

楊豐松 Feng-Sueng Yang

林我聰 Woo-Tsong Lin

朱麗芬 Li-Fen Chu

政治大學資訊管理學系
Department of Management Information Systems
National Chengchi University

摘要

使用者需求與資訊系統績效，一直是管理資訊系統(Management Information Systems)所關切的問題，尤其在數位經濟與新組織型態的來臨，管理資訊系統將面臨更大的挑戰。雖然在管理資訊系統領域，學術界及實務界已提出許多影響資訊系統成敗的原因及解決之道；然而，管理資訊系統所遭遇到的問題依舊存在。因此，為了探索其背後的原因，本研究將從管理資訊系統的問題與本質著手，採用文獻探討及個案研究方式，進行深入的研究探討。結果發現管理資訊系統為複雜適應性系統(Complex Adaptive Systems)的一種，其具有「共演化」、「突現」、「非線性動態」、「自我組織」等特性，可以複雜科學(Complexity Science)所探討的相關理論，作為管理資訊系統領域研究與實務的參考，並對其有更深一層的洞見。所以，本研究的主要目的，在探討管理資訊系統與複雜科學之間的關聯性，並提出與管理資訊系統相關的命題，作為以複雜科學為參考學域(Reference Discipline)的探索性研究。

關鍵字：管理資訊系統、複雜科學、企業資源規劃、複雜適應性系統

Abstract

User requirements and information systems performance are always the critical problems needed to be overcome by the developers of the Management Information Systems (MIS). Especially in an age of Digital Economy and New Organization Type, developers of the MIS face the bigger challenge than before. Although there are lots of the solutions proposed by academic circles and practice circles, the problems are still in there. Therefore for studying the true cause of the MIS problems, this research starts doing to find out the nature of the MIS. We find that the MIS is one of the Complex Adaptive Systems, which has characteristics of Co-Evolution, Emergent Property, Non-Linear Dynamic and Self-Organization, and we believe that the MIS may adopt the related theories of the Complex Science to solve its problems. Therefore the purpose of this research is to study the connection between the MIS and Complexity Science, to propose the propositions about MIS having the nature and characteristics of Complexity Science and to see if we can adopt Complexity Science as a reference discipline of MIS.

Keywords: Management Information Systems, Complexity Science, Complex Adaptive Systems, Enterprise Resource Planning

壹、緒論

由於數位經濟(Digital Economy)與新組織型態的來臨(Tapscott et al., 1998)，二十一世紀的管理資訊系統(Management Information Systems, MIS)與二十世紀的管理資訊系統，已顯然有所不同；例如戴爾(Dell)電腦公司，可以說是企業本身即管理資訊系統，而管理資訊系統即電子企業(E-Business)。因此管理資訊系統已非只是「電腦化的資訊系統(Computer-Based Information Systems)」而已，其無論是從資訊系統策略規劃、資訊系統技術、資訊系統開發方法、資訊系統應用環境等各方面，均須重新思考，因為以結構化的系統發展生命週期(System Development Life Cycle, SDLC)為核心的典範(Paradigm)已受到挑戰，例如不是開發時間過長、成本太高、績效低落，就是無法滿足使用者需求(User Requirement)及達不到資訊系統的預期等，造成資訊系統失敗者，時有所聞(Lyytinen & Hirschheim, 1987; Sauer, 1993; Paul, 1994; Beynon-Davies, 1995; Poulymenakou & Holmes, 1996)。然而，雖有提出所謂的後現代的途徑(Post-Modern Approach) (Remenyi et. al., 1997) 及演化式複雜(Evolutionary Complexity)觀點(Lycett & Paul, 1999)，但都只是片面且現象上的探討。

所以，為了尋求解決以上管理資訊系統所遭遇到的問題與窘境，本研究試著從管理資訊系統的問題與本質著手，進行深入的研究探討，之後發現，其與複雜科學(Complexity Science)所探討的對象，不謀而合，且可以複雜科學所探討的相關理論，作為管理資訊系統領域研究與實務的參考，並對其有更深一層的洞見(Insight)。所以，本研究的主要目的，在探討管理資訊系統與複雜科學之間的關聯性，並提出與管理資訊系統相關的命題，作為以複雜科學為參考學域(Reference Discipline)的探索性研究。

因此，本研究首先由管理資訊系統的演進，探討管理資訊系統所遭遇到的問題，並由此問題分析管理資訊系統的本質與特性；另一方面，深入探討複雜科學，研究彙整出複雜科學的定義、現象與特性。接著探討管理資訊系統與複雜科學的關聯性，以文獻及個案研究為基礎，推導出有關管理資訊系統的五個命題。最後結論與討論，提出本研究對管理資訊系統在管理上的內涵及意義，以及對未來的研究方向。而本研究的研究模式如圖 1 所示。

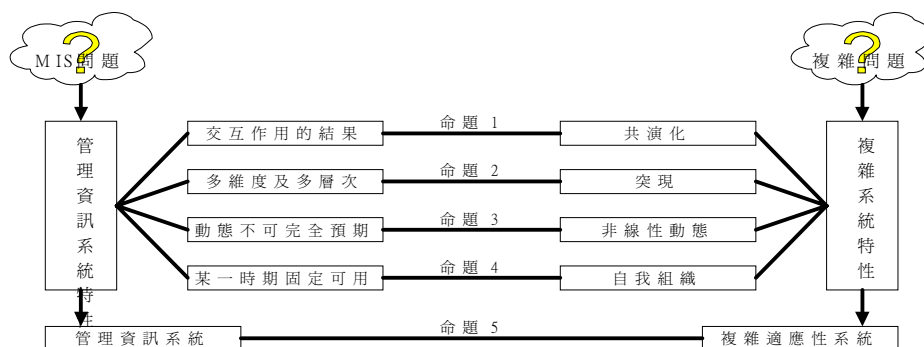


圖 1 管理資訊系統與複雜科學之關聯性模式

貳、 理資訊系統的問題與本質

一、 管理資訊系統所遭遇的問題

管理資訊系統自 1950 年代開始，大致可分為三個階段，第一階段為電子資料處理的自動化與電腦化時期，其所面臨的問題為資訊資源稀少且昂貴，資訊系統開發時間長、成本高且維護困難；第二階段為資訊管理的合理化與資訊化時期，其所面臨的問題是除之前的問題外，無法滿足使用者需求及達不到資訊系統的預期，則為此階段的主要挑戰；第三階段即目前知識管理的網路化與知識化時期，其所面臨的問題，除前兩階段所面臨的問題外，還必須受到策略性企業、全球化、資訊架構與基礎建設、技術快速變化中的資訊系統投資、及文化道德的責任與控制上的挑戰(Davis & Olson, 1985; Laudon & Laudon, 2000)。雖每一時代所面臨的問題與挑戰各有不同，但核心問題依舊存在，只是越演越烈並且有擴大的趨勢。

因為，即使遵照管理學者所提出的理論模式，亦按部就班依循著工程學者所提之系統發展程序，結果，依然遭遇到管理資訊系統所謂的問題及挑戰。此點可由資訊系統發展(Information Systems Development, ISD)的成敗與績效(Performance)，一直是管理資訊系統領域所探討的核心議題所知(Bostrom & Heinen, 1977; Hamilton & Chervany, 1981; Jiang, et al. 1996; Hwang & Thorn, 1999; Jiang & Klein, 1999; Lin & Shao, 2000)。

所以，已經不能片面的從「功能性(Function)」的角度來看資訊系統，亦不能只從「工程性(Engineering)」的角度來建置資訊系統而已，而應該從「本質(Nature)」的角度來重新思考管理資訊系統。因為從問題的表面來看，所面臨的是一個相當「複雜(Complex)」的問題。

由以上可知，管理資訊系統所面臨的問題，是一個相當複雜的問題，然而，在急於探求解決問題的同時，是否應該對產生此問題的主體—管理資訊系統，其本質有所認知，將有助於問題的認清，提高解決方案的適切性。因此，以下則進一步探討管理資訊系統的本質。

二、 管理資訊系統的本質與特性

在探討管理資訊系統的本質與特性之前，首先必須先定義何謂管理資訊系統？就其定義而言，有數種說法(Martino, 1968; Davis & Olson, 1985; Jordan & Machesky, 1990; Whitten, et. al., 1994; Alter, 1992; Turban, 1995; McLeod, 1998)。綜合以上學者之論點，本研究對管理資訊系統的概念性定義(Conceptual Definition)為「管理資訊系統是一個提供資料、資訊或知識的整合性人機系統，以支援或取代組織之作業、管理，以及決策程序，結合人、組織及資訊科技，協助企業組織回應環境挑戰的解決方案」。所以，從此定義可知，管理資訊系統主要由人(包含開發系統的所有相關人員及使用者)、組織(如組織結構、管理程序、組織行為等)、資訊科技(涵蓋電腦相關技術與工具，如電腦基本的軟硬體、資料庫、通訊網路等)，三種主要成分(Component)

錯綜複雜組合而成。因此，其本質是一個由人、組織及資訊科技所組成，以提供資料、資訊或知識的綜合體(Synthesis)，所以不能從單方面獨立來思考，亦需要考量時間與空間的環境影響。而本研究更進一步，將其歸納出以下四點特性；交互作用的結果、多維度與多層次的觀點、動態且不可完全預期、某一時期固定且可用(Leavitt, 1965; Cash, 1992; Priesmeyer, 1992; Waldrop, 1992; Paul, 1994; Griffin, 1998; McLeod, 1998; Warren et. al., 1998; Lycett, et. al., 1999; Mathews, et. al., 1999)，詳細說明如下。

(一) 交互作用的結果

管理資訊系統是由人、組織與資訊科技彼此錯綜複雜交互作用所產生的結果。可由管理資訊系統的演化過程看出端倪，其主要跟組織與資訊科技有關，而人則是這演化過程中的變化代理人(Change Agent)。本研究從組織與管理、管理資訊系統、資訊科技的演進過程，進行深入探討，結果彙總如表 1，以縱剖面(即年代)為基準，觀察橫剖面(即管理資訊系統、資訊科技與組織/管理)，彼此之間的關係。

因此，管理資訊系統的演化過程與資訊科技息息相關外，兩者對組織與管理的互動亦密不可分，如近幾年資訊管理界常在探討資訊科技策略與組織策略間的互動關係(Cash, 1992; McLeod, 1998)，或資訊科技造成組織變革(Lewin, 1947)，即為一例。積體電路電腦及管理資訊系統的問世，使得環境快速變化，促使近代管理理論對組織的觀點由封閉系統轉為開放系統，故有系統學派與權變學派；組織又為了因應快速變化的環境，需要有快速且大量正確的資訊或智慧，於是有決策支援系統與人工智慧；而現在又為了要突破時間與空間的障礙，於是有了網際網路(Internet)技術；組織為了充分運用網際網路，所以有企業資源規劃、電子企業與電子商務等等。所以，管理資訊系統是由資訊科技、組織與人，錯綜複雜交互作用所成。

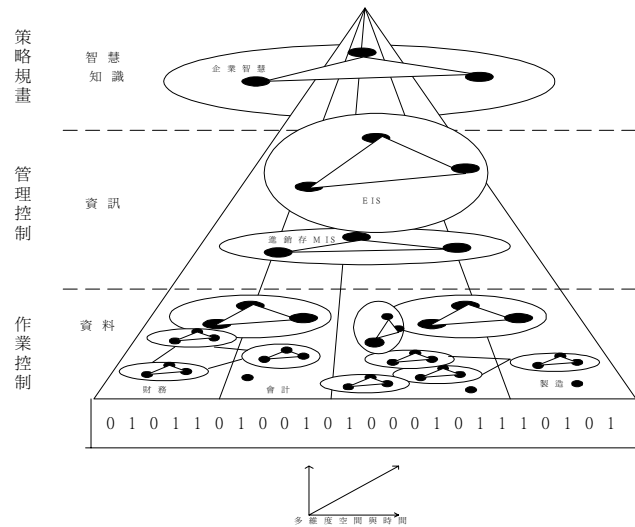
表 1 管理資訊系統、資訊科技及組織之複雜關係

	1900-1920	1920-1930	1940-1950	1960-1970	1980-1990	1990 年代~
資訊科技	打字機與簿記機		電子計算機	積體電路電腦 磁帶設備 資料庫技術	個人電腦 模式庫 關聯式資料庫 人工智慧	網路科技 通訊科技 網際網路
管理資訊系統			EDP TPS	MIS OA	DSS ES EIS	Web-based IS ERP...
組織/管理			古典管理學派： 科學管理 行政管理	行為學派	數學管理學派： 管理科學 作業管理	近代管理理論：系 統管理學派 權變學派

(二) 多維度與多層次的觀點

管理資訊系統的產出(Output)，具有多維度(Multi-dimension)與多層次性(Multi-layer)。因其是由人、資訊科技與組織互相結合所產生可提供資料、資訊或知識的人工產物(Artefacts)。若進一步看管理資訊系統所產生的資訊，亦有不同的維度與層次(Davis & Olson, 1985; Laudon & Laudon, 2000)。可由資訊階層得知，如圖 2 所示；所謂資訊階層，是指資料—資訊—知識或智慧，所形成類似金字塔的形式，即由 0101 以符號表示對事實記錄的「資料」，透過編碼、結構化(如資料庫)等處理，則產生出人類所能理解的涵義及語意，且會對決策結果產生影響者，即所謂的「資訊」，然後在對於資訊，透過推理、學習等機制，則擁有知識(Knowledge)或智慧(Intelligence)。然而，此上下之間的層次關係，雖下層為上層的基礎，但卻是不同的觀點，例如資料的集合並不等於資訊，同樣的資訊的集合亦無法形成智慧，但資訊必須要有資料，智慧亦須有知識與資訊為基礎，此即多維度、多層次與不同尺度的特性。

圖 2 管理資訊系統的多層次與多維度



(三) 動態且不可完全預期

管理資訊系統不是永遠固定不變的，且其產生的結果亦非全然可預期。可由早期採用的結構化的軟體系統開發生命週期(Software Development Life Cycle, SDLC)得知，常會發生系統開發週期長、高成本、不符合使用者需求、系統無法運作等問題，即所謂的軟體危機(Software Crisis)(Paul, 1994; Lycett, et. al., 1999)。主要原因是，傳統系統的開發方法，其基本假設為使用者本身知道他們的資訊需求，並且能夠清楚表達、使用者所存在的環境是一個理性且靜態的環境、傳統式開發方法的系統生命週期的所有步驟，可符合組織現在及未來的需要(Bostrom & Heinen, 1977; Martin &

McClure, 1983), 此即所謂的線性(Linear)思考方式, 認為只要很嚴謹地按部就班完成每一步驟即可, 但是企業組織與環境卻是以非線性動態(Non-linear Dynamic)的方式改變(Priesmeyer, 1992; Waldrop, 1992; Warren, et. al., 1998; Mathews, et. al., 1999)。所以, 管理資訊系統是動態的, 且不是完全如預期, 亦非完全無法掌控, 因此為「不可完全預期」。

(四) 某一時期固定且可用

正如以上所述, 雖然組織、資訊科技與人是非線性動態, 且彼此交互作用著, 時常在變動, 使用者需求難以確定, 如果是這樣, 理論上應該是沒有一個系統可以完成, 但事實上發現每個時點, 卻都有一個系統可以用。因為系統本身會有一個機制, 如溝通協調、法令制度等, 使系統開發者, 一定會設法將真實的企業組織其環境與需求抽象化(Abstraction), 在某一時點上固定(Static), 以確定需求, 如此才可以開發系統, 因此聯合組織各部門的成員, 形成一個專案(Project), 完成一個「固定」管理資訊系統(Lycett, 1999), 若當環境快速變化, 在競爭壓力之下, 或組織內部發生重大變革時, 此固定的管理資訊系統已不符使用, 所以組織內部會有一個自我調適(Self-Adaptive)的機制, 再重新組織, 又產生另一個新的「固定」管理資訊系統。因此, 管理資訊系統具有在某一時期是固定且可用的特性。

綜合以上探討可知, 管理資訊系統的本質是一個由人、組織及資訊科技所組成的綜合體, 是彼此交互作用所產生, 需具有多維度與多層次的觀點, 為動態且不可完全預期, 以及某一時期固定且可用的特性, 此結果由本研究發現, 其與複雜科學所探討的複雜適應性系統(Complexity Adaptive Systems, CAS)的本質與特性相類似, 因此, 以下則對複雜科學進行深入的探討。

參、 複雜科學之探討

傳統科學的基本思想, 主要是認為世界萬物的現象, 是確定性(Certainty)、可預測性(Predictability)而且會達到均衡(Equilibrium)的(例如第一運動定律: 靜者恆靜、動者恆動); 是線性(Linearity)作用的(如第二運動定律: 運動的改變和所加的動力成正比, 且發生在所加的力的直線方向上); 是負回饋循環(Negative Feedback Loops)(例如每一個作用, 總是有一個相等的反作用和它相對抗); 是可化約成各種不同層次(Decomposable Levels)(例如可把萬物解析成分子、原子、核子和夸克)(Mathews, et. al., 1999; Merry, 1999b)。這種從上到下(top-down)的思考模式, 歷經了三百多年, 能解釋世界萬物的許多現象。近數十年來, 物理與自然科學裡出現了一些新的觀點(Perspective), 例如非線性動態系統理論(Nonlinear Dynamic Systems Theory)、自我組織理論(the Theory of Self-Organization)、混沌理論(Chaos Theory)、混沌邊緣(the Edge of Chaos)等並彙聚這些理論所成為的「複雜科學」等; 相對於自牛頓以來的傳統科學, 亦稱為新科學。這些理論已廣泛應用在物理、社會、生物、電腦等學域, 甚

至是跨學域的的結合，研究各個學域的傳統理論所無法解釋的現象，近年來並漸成為社會科學研究的新典範(Paradigm) (Waldrop, 1992; Warren, et. al., 1998; Mathews, et. al., 1999)，尤其是經濟、組織、企業、管理及心理等領域更是方興未艾(Axelrod, 1997; Kelly, et. al., 1999; Stacey, 1996)。

然而，何謂複雜科學，目前仍無明確的定義，顧名思義就是探討「複雜(Complexity)」的科學，或稱之為複雜的科學(the Science of Complexity) (Horgan, 1996)。因此，本研究透過文獻探討，深入研究彙整出複雜科學的定義、現象及特性，詳細說明如下。

一、 複雜科學的定義

複雜科學的緣起，主要是起因於跨學域的大融合，彼此互相激盪所產生的結果；此結果發現，每個學域都自成一個體系，都是由許許多多依據簡單的法則(Rule)的基本單元所組成的，此基本單元稱之為「作用體(Agent)」、「組成單元(Component)」或「元素(Element)」，這些可能是分子、神經元、物種、或消費者、甚至是企業，但無論其本質為何，透過彼此之間的相互適應及對抗，這些作用體都會不斷的自我組織或重組成巨大的結構。一個層次的基本單位組合後，會形成更高層次的基本單位，在每個層次，新產生的結構會形成新的行為模式，即所謂的「突現(Emergence)」，這種突現的現象，表面觀察非常的「複雜」，是無法單獨從底層的個別的作用體所觀察到。這種現象在各學域層出不窮，很難以傳統的化約論的方法來解析。因此，研究探討關於突現及複雜的科學，就稱之為「複雜科學」，亦屬於一種整合性的科學(Waldrop, 1992)。

二、 複雜科學所探討的現象

由於複雜科學是一門整合性的科學，其所探討的現象繁多，在此說明其中最廣泛探討，且最為大部分學者所共認的兩個現象或對象，即混沌邊緣(the Edge of Chaos)及複雜適應性系統(Complex Adaptive Systems, CAS) (Lorenz, 1963; Gleick, 1987; Kellert, 1993; Horgan, 1996; Warren, et. al., 1998; Waldrop, 1992; Kauffman, 1993; Mathews, et. al., 1999)：

(一) 混沌邊緣：

所謂混沌邊緣，則是指系統處在一個臨界領域(Critical Point)，當發生一個小的變化時，不是驅使系統產生混沌行為(Chaotic Behaviour)就是使系統鎖在一個固定的行為(Fixed Behaviour)，在此領域中各個作用體間的連結不是完全緊密也不是完全鬆散，此領域的範圍與程度，依不同的學域和時間空間的尺度(Scale)的不同，而產生各種不同的變化與可能，這樣的混沌邊緣，正是「複雜」的藏身之處(Waldrop, 1992; Kauffman, 1993, Horgan, 1996; Youngblood, 1997; Warren, et. al., 1998; Pascale, 1999)，此即複雜科

學研究者所感興趣的現象及研究的對象。

(二) 複雜適應性系統：

所謂複雜適應性系統，即能夠自我調適，而去適應環境變化的複雜系統。如頭腦、免疫系統、生態、細胞等自然系統與政黨、科學社群等文化及社會體系，甚至是電腦網路系統也是，這類系統都有無數的作用體，彼此產生交互作用與影響(Waldrop, 1992)。

因此，若從以上的現象，再深入探討，則將會發現其具有一些特性(Characteristics)，以下則是本研究所探討發現的基本特性。

三、 複雜現象(系統)的基本特性

廣泛而言，複雜現象的特性(Characteristics)有自我組織(Self-Organization)、非線性(Non-Linearity)、次序/混沌動態(Order/Chaos Dynamic)、突現性質(Emergent Properties)、多層次尺度描述(Multi-Scale Descriptions)、型態的形成(Pattern Formation)、多層(後設)穩定狀態(Multiple(meta) Stable States)、複雜(Complexity)、選擇(Selection)、合成(Composites)、開放和封閉系統(Open and Closed Systems)、回饋循環(Feedback Loops)、碎形結構(Fractal Structures)、共演化(Co-Evolution)等等(Kirshbaum; Bar-Yam; Waldrop, 1992; Kelly, et. al., 1999; Clemens)，經由本研究對複雜科學相關文獻的探討過程中，歸納出複雜科學的特性以「突現性質」、「自我組織」、「非線性動態」、「共演化」等四個特性，最常被引用，亦為大部分學者所共認(Waldrop, 1992; Mathews, et. al., 1999; Anderson, 1999; Merry, 1999a, b; Kirshbaum; Kauffman, 1993, 1995; Kiel, 1993; Kaplan & Daniel, 1995; Warren, et. al., 1998; Mathews, et. al., 1999; Kelly, et. al., 1999; Bar-Yam; Kelly, et. al., 1999)，因此本研究針對此四個重要特性進行深入探討。

(一) 共演化：

所謂的演化(Evolution)是指物種為了生存，會隨著時間經過及環境的變化，而去適應環境變化的過程。在複雜系統之中，各個作用體會與其他作用體或環境，進行持續地相互作用(Interaction)與改變，而彼此都成為環境的一部份，任何一部份的小改變，都會造成整個系統的變化，而朝向適應性程度最高的方向演進，這就是所謂的共同演化。(Waldrop, 1992; Kelly, et. al., 1999; Merry, 1999b)。

(二) 突現性質：

是指當許多的作用體彼此互相作用，達到某一定的複雜度時，所產生的一種較高層次全新的型態(Pattern)、結構(Structures)、或特性

(Properties)，而這些是先前系統所存在的個別作用體或組成單元(Components)所沒有或不同的，且由底層的作用體(或組成單元)似乎無法預測(Unpredictable)及不可演譯(Nondeducible)到上層的作用體(或組成單元)(Waldrop, 1992; Mathews, et. al., 1999; Anderson, 1999; Merry, 1999a, b; Kirshbaum)。此突現的性質，隱含多層次(Multi-layer)不同尺度(Scale)的概念。

(三) 非線性動態：

所謂非線性是指兩個或兩個以上之作用體或變數(Variable)，彼此之間的關係(包含因果關係)，不是呈線性關係；而動態則是指會隨著時間的經過而變化；因此所謂的非線性動態是指兩個或兩個以上之作用體或變數(Variable)，彼此之間的關係，會隨著時間的經過，呈現非線性關係的變化(Kiel, 1993; Kaplan & Daniel, 1995; Warren, et. al., 1998; Mathews, et. al., 1999; Merry, 1999b; Kirshbaum)，例如混沌，而其特性會顯現出短期還可以預測，長期不可預測的現象。

(四) 自我組織：

系統內部的作用體或元素，其個體或彼此之間自發性產生的一種機制，不與系統外界相互作用，通常是由混亂且非結構化的失序(Disorder)到穩定有結構化的有序(Order)、或大的範圍(Large Region)到小的範圍(Small Region)、從複雜到簡單，例如混沌中的吸引子(Attractor)，或稱之為反混沌(Antichaos)，其具有一定的動態型態(Pattern)，不會到達靜態穩定狀態(Static State)，亦不會發散到混沌狀態(Waldrop, 1992; Kauffman, 1993, 1995; Mathews, et. al., 1999; Merry, 1999a; Kirshbaum)。

綜合以上對管理資訊系統與複雜科學的探討，發現其中有許多相類似之處，將其彙總如表 2 所示。

表 2 管理資訊系統與複雜系統之關聯性

系統 特性	管理資訊系統	複雜系統
共演化	系統是由人、組織與資訊科技，為了適應環境變化，而彼此錯綜複雜交互作用所產生的結果。	系統中，各個作用體為了生存，會與其他作用體或環境，進行持續地相互作用與改變。
突現	系統的產出是由人、資訊科技與組織互相結合所產生的資料、資訊、知識或智慧，其各有不同的型態、結構與特性，具有多維度與多層次性。	系統中，當許多的作用體彼此互相作用，所產生的一種較高層次全新的型態、結構、或特性。
非線性動態	系統不是永遠固定不變的，且其產生的結果亦非全然可預期。因其中的人、資訊科技與組織之間的關係，呈現非線性動態的關係。	系統中，兩個或兩個以上之作用體或變數，彼此之間的關係，會隨著時間的經過，呈現非線性關係的變化。
自我組織	雖然環境一直在變化，但是組織、資訊科技與人，會有一內部的機制，如溝通協調、法令制度等，使某一時期，均有一個固定的系統可用。	系統中，內部的作用體或元素，其個體或彼此之間自發性產生的一種機制，不與系統外界相互作用，通常是由失序到有序。

因此，以下本研究則更進一步進行個案研究，並以企業資源規劃(Enterprise Resource Planning, ERP)為研究對象，探討管理資訊系統與複雜科學的關聯性。

肆、 管理資訊系統與複雜科學之關聯性命題

本章節以個案研究的方式，進一步探討管理資訊系統與複雜科學的關聯性。首先說明本研究之個案研究設計，包含個案公司的選擇、資料來源、個案研究之進行方式、訪談問題之設計、個案分析方法。接著，以複雜理論為基礎進行個案分析，提出五點研究命題(Proposition)。

一、 個案研究設計

(一) 個案分析單位與數目之選擇

本研究主要探討管理資訊系統的本質與特性，及與複雜科學的關聯性，所以，不只探討資訊系統本身，更著重在管理資訊系統開發過程的特性，因此依據本研究對管理資訊系統的概念性定義，將其操作化定義(Operational Definition)為「企業資源規劃(ERP)」，以進行個案研究探討。因為，企業資源規劃是一個典型的管理資訊系統，符合本研究對管理資訊系統的定義，詳細說明如下。

就企業資源規劃而言，是 90 年代業界所創造出來的名詞，也是一種概念，但在學術上並未有明確且一致的定義。然而，實際上其為沿習早期的物料需求規劃(Material Requirement Planning, MRP)及製造資源規劃(Manufacturing Resource Planning, MRP II)之概念(Gould, 1997; Devenport, 1998; 王立志, 1999; 謝清佳&吳琮璠, 2000)。

因此，綜合各學者對企業資源規劃的定義，本研究將其定義為「整合企業一切可用之資源做為最佳化配置的整合性企業經營管理資訊系統，為快速因應市場競爭之環境需求，提昇企業生產力與競爭力，所提出的一種解決方案」。故其為一個典型的管理資訊系統。另外，依據企業資源規劃建置結果與所遭遇的問題，在國外一般估計約有九成以上，只有部分功能建置，且超支預算與時程拖延，而其中有 20%是完全作廢的失敗專案(Trunick, 1999)，亦符合本研究所欲探討的現象。

因此，就個案公司的選定，則採取單一個案為研究對象，以半導體產業中之 IC 製造業且已經導入企業資源規劃的公司，本研究以 A 公司為代稱。分析單位則為企業資源規劃開發過程中，相關聯的各部門，以及企業資源規劃系統。選擇此產業主要因為其環境快速變化且複雜，符合本研究所欲探討的複雜現象的環境假設。

(二) 資料來源

Yin(1994)提出個案資料收集方法有六種：文件、檔案資料、訪談、直接觀察、參

與觀察以及自然現象與文化遺產 (physical artifacts)。因此，本研究的資料蒐集來源以初級資料為主、次級資料為輔。在初級資料方面，是採用深度訪談與直接觀察的方式，以非結構的問題來進行訪談，以確實掌握訪問重心。而在次級資料方面，舉凡與半導體產業及企業資源規劃系統相關的研究或資料、書面文件以及公司檔案資料與記錄均列為蒐集範圍，由不同資料來源與受訪者內容經多角度的相互驗證，即可透過三角驗證 (Triangulation) 方式，提高效率。主要訪談對象有一個部門經理、一個 MIS 經理、一個專案經理及四個高級工程師。

(三) 個案研究之進行方式

本研究對個案的研究採用如下之方式進行個案研究：

1. 研讀相關文獻與個案公司基本資料與組織運作情形。
 2. 個案初步接觸及相關資料的蒐集
 3. 初次訪談，並對訪談結果適時紀錄，可利用錄音設備。
 4. 經常與該公司之專案成員保持聯繫，以便參與相關會議。
 5. 研究者藉由非正式場合與時間，例如餐廳等與該公司員工或顧問公司成員閒聊，以了解一些內幕。
 6. 訪談與觀察的紀錄整理與確認：在分析、整理所蒐集的資料時，若發現疑問，則以電話請教，以釐清問題。
 7. 後續訪談或電話、E-mail 查詢確認
 8. 撰寫訪談紀錄
- 待一切無誤之後，將訪談資料與其有關事件之訪談資料作連結的工作。

(四) 訪談問題設計

本研究綜合資訊科技導入程序模式、資訊系統發展生命週期與階段成長理論 (Nolan, 1973, 1979; Zmud & Apple, 1989)，以導入企業資源規劃系統前之規劃與準備、導入過程之系統面、執行面，以及導入後的狀況等主題，設計相關問題，並以非結構化的問題呈現，讓受訪者能開放式的回答，而且採用「深入訪談」的方式，盡量使用較少的提示與引導問題，讓受訪者能就主題發表自己的意見。

(五) 個案分析方法

由於本研究屬於探索性研究，並無一個理論模式探討管理資訊系統與複雜科學之間的關係，因此本研究採用個案分析方法中之「發展一個個案描述」的策略 (Yin, 1994)。

二、 研究命題

- (一) 企業資源規劃為資訊科技、組織與人在彼此交互作用下，所產生的共演化結果。

以 A 公司而言，在導入企業資源規劃以前，由於生產規劃中，各規劃之間互動性低且不精確，使得營運目標無法落實，造成淡季累積過多存貨，旺季無法滿足顧客需求，因所使用的是以 Novell 的網路架構及以 Clipper 所

寫的未整合的資訊系統，已不敷市場日益嚴苛的需求(為求生存)。另一方面加上網際網路及整合性資訊系統技術的成熟，促成該公司於 84 年導入 CIS(Corporate Integration System)，此即為企業(階層式的組織架構、策略聯盟策略、溫和漸進式管理、勇於創新的組織文化等)、人(高階主管、使用者、顧客、合作夥伴、競爭者等)與資訊科技(原有的資訊系統、網際網路相關技術、大型整合系統等)共演化的結果。

然而，到此並未結束，而還只是個開始，在整個企業資源規劃的開發過程中，更是產生高度的共演化現象。就企業組織而言，本來為階層式的功能架構，為此專案需成立一個企業資源規劃導入團隊，主要由高階主管組成的委員會、使用者單位的代表、核心專案團隊及顧問公司所組成，採用混和編制的方式進行，在未成立該專案團隊之前，各自有各自的目標、文化與功能，然而在專案進行的過程中，由於彼此交互作用與演化，而產生不同於預期的結果。例如企業流程再造小組功能不彰，而由企業資源規劃小組接手；A 公司員工與專案成員流動率與離職率高，且顧問公司的專案經理輪替率亦高，造成時程延誤與經驗無法累積；顧問公司無法滿足 A 公司需求，A 公司因而採取自創的分析方法等。因此，又再次顯示企業資源規劃的過程是持續不斷地共同演化的結果，至於演化的方向是導向成功或趨向失敗，則決定於參與演化的成員特性與彼此之間的演化機制。

由以上可推導出本研究的第一個命題(Proposition)：

命題 1：管理資訊系統是由人、組織與資訊科技，以及管理資訊系統本身，持續不斷交互作用，「共同演化」，以適應環境，所產生的結果。

(二) 企業資源規劃需從多層次、多維度及不同尺度的觀點來描述，因其具有突現的性質。

就 A 公司實施企業資源規劃的目的，是希望透過企業流程再造與資訊整合，提昇公司的生產力與競爭力，而此結果不是單獨可從人(即以混和編制的導入團隊，主要由高階主管組成的委員會、使用者單位的代表、核心專案團隊以及顧問公司)、資訊科技(網際網路技術、資料庫技術或 SAP R/3 技術等)、或 A 公司的組織結構與企業流程所能得到或衡量的，而是綜合此三種元素所產生的綜合體，所展現出的一種突現結果。必須從多層次、多維度與不同的尺度來衡量。例如 A 公司的實行結果，其導入過程一再拖延，且歷經挫折，因此企業資源規劃的效益難以衡量，如果當時，以傳統的成本效益來衡量，則可說是一個相當失敗的結果。然而，就該公司高階主管認為「在 IC 產業景氣復甦之後，該公司之業績扶搖直上，新的企業資源規劃系統能滿足在大量訂單的需求下所產生的各種系統、資料、作業程序等問題，故可證明當初導入企業資源規劃系統之決策是正確的」。雖該公司如此宣稱，但在本研究

結束之時仍未看見其具體效益，因此真正結果如何仍然未知，主要因為企業資源規劃是突現出來的，非原先規劃所能預期，必須以各種不同的時間尺度(Scale)與企業各個不同層次與維度，如操作效率(Efficiency)、決策成效(Effectiveness)、潛在利益、機會成本與綜合指標等來衡量。

因此，推導出本研究的第二個命題；

命題 2：管理資訊系統具有「突現」性質，必須多層次、多維度及不同尺度來探索。

(三) 企業資源規劃是動態且不可完全預期，具有非線性動態的特性。

以 A 公司為例，其完成時間比預期時間延後一年半以上，雖然具有完善的規劃，其結果仍然無法完全如預期，因為該公司採用一套稱之為 WISDM(Worldwide Integrated Solution Design & Delivery Methodology) 的方法論，透過十四個步驟進行企業資源規劃的導入，其主要還是以傳統的軟體開發生命週期為基礎，認為實施過程是可預期且確定的，並以由上而下按部就班的方式進行，由此可知，其即採用線性且固定的思考模式，導致實施過程問題頻傳，例如企業流程再造未考慮政策面、政治面與人性面，因其不只是單純的企業流程與資訊科技的線性關係，所以造成企業流程再造小組夭折；與顧問公司關係僵硬且定義不清；專案成員及各部門使用者離職率高，以及顧問公司的專案經理輪替頻繁且顧問能力不足，均非在當初的規劃範圍內。因為，企業資源規劃具有非線性動態的特性，必須採用非線性動態的開發過程，例如非線性動態的思維(即不可完全預測)、具有彈性且可調適的組織結構與開發方法等，而且必須注意，其對初始條件具有高度的敏感性，雖然相同的資訊科技、相同的顧問公司、對於相類似的公司，其實企業資源規劃的效果，可能會有截然不同的結果。

所以，可得出本研究的第三個命題；

命題 3：管理資訊系統具有「非線性動態」的特性，因此，應採用具彈性且不可完全預期的可調適開發模式與思維。

(四) 企業資源規劃會自我組織，使組織在某一時期都有資訊系統可以使用。

就 A 公司而言，實施企業資源規劃除了要達到資訊整合外，也藉此進行企業流程再造，雖然舊有資訊系統尚能滿足目前需求，故可稱之為有序狀態。然而經過四、五年的企業資源規劃系統導入與企業流程再造，使公司陷入一片失序狀態，例如員工離職率高、缺乏人才及經驗、企業流程再造遭質疑、使用者的代表性、顧問公司能力不足權責不清、SAP R/3 系統先天上的限制等，但儘管如此，到本個案研究完成為止，財務(FI)及製造(MM)兩個模組已正式上線，而訂單管理(OM)與生產規劃(PP)也都已在測試階段，所以個案公司 MIS 經理認為在系統的過程可能不甚順遂但在系統所提供的效益與在系統的管理上可謂成功。會有如此結果，主要是自我組織機制的運作，即透過無數次的溝通協調，加上組織本身的結構與文化，使企業資源規劃從失序到有序，從變動到固定。

因此，推導出本研究的第四個命題；

命題 4：管理資訊系統會「自我組織」，使組織在某一個時期都有資訊系統可以使用。

(五) 企業資源規劃系統是一個複雜適應性系統，屬於複雜系統的一種，因此可參考複雜科學的理論模式。

複雜適應性系統即能夠自我調適去適應環境的複雜系統，通常具備共演化、突現、非線性動態及自我組織等特性。由於企業資源規劃，具有以上之特性，且能夠自我調適去適應企業外在環境的變化，因此其為一複雜適應性系統。

就 A 公司而言，其企業資源規劃雖然歷經四、五年，而且還在進行當中，其所面臨的是相當複雜的問題，而系統本身亦相當複雜，然而終究能夠自我調適去適應環境，使某些系統能夠上線使用，因其具有共演化、突現、非線性動態及自我組織等特性。因此綜合以上的個案探討與分析，可得出本研究的第五個命題；

命題 5：管理資訊系統是一個複雜適應性系統，屬於複雜系統的一種，因此可參考複雜科學的理論模式。

綜合以上個案研究的嚴謹探討，發現管理資訊系統與複雜科學之間的關係，即管理資訊系統為複雜適應性系統的一種，並具有共演化、突現、非線性動態與自我組織等特性，因此管理資訊系統領域可參考複雜科學的理論模式。對管理資訊系統所面臨的問題，可幫助尋求更適合的解決方案。

以下則為本研究的結論與討論，及對管理上的意涵，最後則提出未來的研究方向。

伍、 結論與討論

一、 結論與討論

管理資訊系統是一門整合性的領域，經本研究深入探討後發現，其具有「共同演化」、「突現」、「非線性動態」與「自我組織」等特性，且為一個複雜適應性系統，並處於混沌邊緣地帶，尤其是在網際網路環境或所謂的電子化世紀更是顯著，因此本研究可得到以下幾點結論：

- (一) 組織、資訊科技、人及管理資訊系統本身，會持續緊密的互相影響，所以「不可能」會有一個長時間不用改變且穩定的完美資訊系統，而且使用者需求不確定性會永遠存在，是個事實，但是會趨向一個適應性程度最高的方向發展，因為管理資訊系統是共同演化的結果，而演化的方向，則依據該系統內各元素間的演化機制而定。
- (二) 由於管理資訊系統具有突現性質，因此管理資訊系統，有無限創新的可能且具有多維度與多層次的特性，所以不可明確的預測未來，資訊管理系統會以何種形式存在，例如現在網際網路式(Web-based)的管理資訊系統，企業資源規劃系統、供應鏈管理系統、顧客關係管理系統、電子化的虛擬企業、以及 Web Services 等，是半個世紀以前所無法想像的，因為它是突現出來的。而且必須從多層次、多維度與不同尺度加以探索及衡量。
- (三) 管理資訊系統屬於非線性動態系統，因此會隨著時間經過，而產生變化，此變化是以非線性或跳躍式的關係進行著，所以其不應該以線性的觀點來衡量；反觀，以線性思考為核心的傳統結構化系統發展生命週期，已不適用，而必須具有非線性動態的思維模式。因此必須知道管理資訊系統，就短期而言，還可以預測，但長期而言，卻是無法預測，因此太長期的規劃與系統建置是無意義的。
- (四) 管理資訊系統，會自我組織，不管是內部的突變(Mutate)，或是外在環境的變化，都會有趨於固定的傾向，所以會在某一時段使用一個固定的版本(Version)，猶如閃光燈一閃即固定畫面一樣，當再發生變化時，又會再重新自我組織一次。
- (五) 管理資訊系統開發的方法論，在軟體工程學中有很深入的探討，但都偏向由「工程」的角度來描述，過程嚴謹且缺乏彈性，很少考慮到實行期間所遇到的種種變化，例如不同的人實施會有不同的效果，不同

的公司背景與環境，雖然相同的方法，卻會產生截然不同的結果。而另一方面，傳統的專案管理又太過於抽象且著重功能面，並試著以量化的方式來衡量與控制時間、預算與品質，又不切實際。因此必須要從複雜理論的觀點，結合管理、工程與人文，發展一套合適的資訊系統開發方法論。

- (六) 電子化企業或網際網路公司，公司與管理資訊系統已經密不可分，可以說是公司即管理資訊系統、管理資訊系統即公司。又由於企業組織是一種非線性動態的複雜系統，所以管理資訊系統必須處在「混沌邊緣」地帶來建立，本研究稱之為「邊緣開發資訊系統理論」，有一定程序規範又不會太過僵化，有彈性創新又不會太過混亂，其以複雜理論、軟體工程與管理理論為基礎，可作為電子(E)世紀公司開發管理資訊系統的理論依據。

二、對管理上的意涵

若管理資訊系統為複雜適應性系統，則將對資訊管理造成重大的影響，甚至產生典範移轉(Paradigm Shift)，因此本研究對管理的意涵如下：

- (一) 使用者資訊需求不可能滿足。故無須致力於建立一個完全符合使用者需求的完美系統。因此，衡量資訊系統績效與成敗的方法、工具與指標，將受到挑戰。
- (二) 打破傳統的資訊系統開發思維模式，如長期明確的分析與設計、完整且詳細的規格書等，取而代之的應為動態需求協商、不完全且允許模糊的可用規格書，也沒有一個固定的分析階段，因為總是在分析(Always Analysis)。
- (三) 管理與組織，必須具有彈性(flexible)與調適(adaptive)的能力，並且致力於處在混沌邊緣地帶，如制度法規不能太僵硬，亦不能太模糊、組織權力不能太集權，亦不能太分權、組織文化不能太保守，亦不能太開放等。亦即游走於有序與失序之間。

三、未來研究方向

本研究為探索性研究，可做為管理資訊系統領域應用複雜科學理論，在此方面的研究參考。然而，其以文獻及個案探討的方式進行，並以資訊產業為例，恐有以偏概全之嫌，未來可更深入探討其他產業，並作大量的調查研究，以驗證本研究所提之命題。另一方面，亦可以複雜科學理論為基礎，結合管理資訊系統既有的理論與模式，發展一套真正符合管理資訊系統特性

的資訊系統開發方法論，以解決管理資訊系統所面臨的問題與挑戰。最後感謝受訪談的個案公司鼎力相助。

參考文獻

王立志，1999，系統化運籌與供應鏈管理，初版，台中；滄海書局。

謝清佳、吳琮璠，2000，資訊管理理論與實務，第四版，台北：智勝出版社。

Alter, S. 1992. *Information Systems : A Management Perspective*. Reading, Mass : Addison-Wesley.

Anderson, P. 1999. Complexity Theory and Organization Science. *Organization Science*, 10(3):216-232.

Axelrod, R. 1997. *The Complexity of Cooperation: Agent-based Models of Competition and Collaboration*. New Jersey :Princeton University Press.

Bar-Yam, Yaneer. Significant Points' in the Study of Complex Systems. <http://www.necsi.org/projects/yaneer/points.html>.

Bostrom, R. P., & Heinen, J. S. 1977. MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective PART I : The Causes. *MIS Quarterly*, 17-32.

Cash, J. I., McFarlan, F. W., McKenney, J. L., & Applegate, L. M. 1992. *Corporate Information Systems Management: Text and Cases* (3rd ed.). Chicago: Richard D. IRWIN.

Clemens, Marshall. Visualizing Complex Systems Science (CSS) : Complex Adaptive System Model. <http://www.necsi.org/projects/mclemens/viscss.html>

Davis, G. B., & Olson, M. H. 1985. *Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure, and Development* (2nd ed.). New York :McGraw-Hill.

Gleick, J. 1987. *Chaos: Making a new science*. New York :Viking.

Gould, L. 1997. Planning and Scheduling Today's Automotive enterprises. *Automotive Manufacturing & Production*,109(4):62-66.

Griffin, R. W. 1997. *Fundamentals of Management: Core Concepts and Applications*. Boston :Houghton Mifflin Company.

Hamilton, S., & Chervany, N. L. 1981. Evaluating Information System Effectiveness-Part I :Comparing Evaluation Approaches. *MIS Quarterly*, September : 55-69.

- Hamilton, S., & Chervany, N. L. 1981. Evaluating Information System Effectiveness-Part II :Comparing Evaluation Approaches. *MIS Quarterly*, December :79-86.
- Horgan, J. 1996. *The end of Science : Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. Reading, Mass :Addison-Wesley.
- Hwang, M. I., & Thorn, R. G.. 1999. The Effect of User Engagement on System Success: A Meta-Analytical Integration of Research Findings. *Information & Management*, 35(4):229-236.
- Jiang, J. J., & Klein, G.. 1999. Risks to Different Aspects of System Success. *Information & Management*, 36(5):263-272.
- Jiang, J.J., Klein, G., & Balloun, J.1996. Ranking of System Implementation Success Factors. *Project Management Journal*, 27(4): 49-53.
- Jordan, E. W., & Machesky, J. J. 1990. *System Development: Requirements Evalnation, Design, and Implementation*, Boston: PWS-KENT Publishing Co.
- Kaplan, D., & Glass, L. 1995. *Understanding Nonlinear Dynamics*. New York :Oxford University Press.
- Kauffman, S. A. 1993. *The Origins of Order: Selforganization and Selection in Evolution*. New York :Oxford University Press.
- Kauffman, S. A. 1995. *At Home in the Universe: The Search for theLaws of Self-Organization and Complexity*. New York :Oxford University Press.
- Kellert, S. H. 1993. *In the Wake of Chaos : Unpredictable Order in Dynamical Systems*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kelly, S., & Allison, M. A. 1999. *The Complexity Advantage*. New York : McGraw-Hill.
- Kiel, L D. 1993. Nonlinear Dynamical Analysis: Assessing Systems Concepts in. *Public Administration Review*, 53(2):143-157.
- Kirshbaum, David. Introduction to Complex systems. <http://www.calresco.force9.co.uk/intro.htm>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. 2000. *Management Information Systems : Organization and Technology in the Networked Enterprise* (6th ed.). Upper Saddle River, New Jersey :Prentice-Hall.
- Leavitt, H. J. 1965. Applying Organizational Change in Industry: Structural, Technological and Humanistic Approaches. In J. G.. March(ed.), *Handbook of Organizations*. Chicago:Rand McNally.

- Lewin, K. 1947. Frontiers in Group Dynamics. *Human Relations*, 1:5-41.
- Lin, W. T., & Shao, B. M. 2000. The Relationship Between User Participation and System Success: A Simultaneous Contingency Approach. *Information & Management*, 37(6):283-295.
- Lorenz, E. 1963. Deterministic and Periodic Flow. *Journal of the Atmospheric Sciences* , 20:130-141.
- Lycett, M., & Paul, R. 1999. Information Systems Development:A Perspective on The Challenge of Evolutionary Complexity. *European Journal of Information Systems*, 8(2):127-135.
- Lyytinen, K., & Hirschheim, R. 1987. Information systems failures: a survey and classification of the empirical literature. *Oxford Surveys in Information Technology*, 4:257-309.
- Martin, J., & McClure, C. 1983. *Software Maintenance: The Problem and Its Solutions*. Englewood Chiffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Martino, R. L.1968. *Information Management : the dynamic of MIS*. Wayne, Pa. : Management Development Institute, Division of Information Industries.
- Mathews, K M., White, M. C., & Long, R. G. 1999. Why Study the Complexity Sciences in the Social Sciences? *Human Relations*, 52(4):439-462.
- McLeod R., Jr. 1998. *Management Information Systems (7th Ed.)*. Upper Saddle River :Prentice Hall.
- Merry, U. 1999a. New Science - New Training & Development. <http://pw2.netcom.com/~nmerry/art1.htm>.
- Merry, U. 1999b. Nonlinear Organizational Dynamics. <http://pw2.netcom.com/~nmerry/art1.htm>.
- Nolan, R. L. 1979. Managing the Crises in Data Processing. *Harvard Business Review*, 57(2):115-126.
- Nolan, R. L. 1973. Managing the Computer Resource: A Stage Hypothesis. *Communication of the ACM* , 16(7):399-405.
- Pascale, R. T. 1999. Surfing the Edge of Chaos. *Solan Management Review* , 40(3) :83-94.
- Paul, R. J. 1994. Why Users Cannot 'Get What They Want'. *International Journal of Manufacturing Systems Design*,1(4):389-394.
- Poulymenakou, A., & Holmes, A. 1996. A contingency framework for the investigation

- of information systems failure. *European Journal of Information Systems*, 5(1):34-46.
- Priesmeyer, H. R. 1992. *Organizations of Nonlinear Management*. Westport :Quorum Books.
- Remenyi, D., White, T., & Sherwood-Smith, M. 1997. Information Systems Management: The Need for a Post-Modern Approach. *International Journal of Information Management*, 17(6):421-435.
- Sauer, C. 1993. *Why Information Systems Fail: A Case Study Approach*. Henley on Thames :Alfred Waller.
- Stacey, R. D. 1996. *Complexity and Creativity in Organizations*. San Francisco : Berrett-Koehler.
- Tapscott, D., Lowy, A., & Ticoll, D. 1998. *Blueprint to the Digital Economy: creating wealth in the era of E-business*. New York: McGraw Hill.
- Trunick, Perry A. 1999. ERP: Promise or pipe dream?. *Transportation & Distribution* 40(1):23-26.
- Turban, E. 1995. *Decision Support Systems and Expert Systems* (4th ed.). Englewood Cliffs : Prentice-Hall.
- Waldrop, M. M. 1992. *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Chaos*. New York : Simon & Schuster.
- Warren, K., Franklin, C., & Streeter, C. L. 1998. New Directions in Systems Theory: Chaos and Complexity. *Social Work* , 43(4):357-372.
- Whitten, J. L., Bentley, L. D., & Barlow, V. M. 1994. *System Analysis and Design Methods* (3rd ed.). Wrwin : Burr Ridge.
- Youngblood, M. D. 1997. Leadership at the Edge of Chaos: From Control to Creativity. *Strategy & Leadership*, 25(5):8-14.
- Zmud, R. W., & Apple, M. E. 1989. *Measuring Information Technology Infusion*. unpublished manuscript.