

數位時代下軟體元件統治關係之演變

An Evolution of Governance Relations among Software Components in the Digital Era

朱文禎

wchu@mis.nccu.edu.tw

楊建民

jmyang@mis.nccu.edu.tw

國立政治大學資訊管理系所

台北市文山區 116 指南路二段 64 號資訊管理系所

摘 要

軟體產業中不同的軟體元件統治方式，將影響到公司和產業的效益。然而軟體元件統治方式，隨著電子商務的蓬勃發展而深受影響。造成軟體元件統治關係變化的原因和過程為何，則是產官學研關心的議題。

本文嘗試將學習適應和信任融入交易成本理論，由遺傳規劃法（Genetic Programming, GP）為主的代理人基礎計算經濟學(Agent-based Computational Economics, ACE)方法，來分析在軟體產業中軟體元件統治關係突現(merge)過程和現象。

結果顯示：軟體產業中對標準化元件統治關係，有逐漸從單邊的電子階層到交換型電子市集，再到目錄型電子市集的變化趨勢。當元件功能特殊性程度低於特定臨界值時，隨其功能特殊性程度愈低，採用電子市集統治的變化趨勢將更為明顯。然而，當元件功能特殊性高於特定臨界值時，隨其功能特殊性程度愈高，採用電子市集統治的變化趨勢仍然明顯。

關鍵字：電子商務、軟體元件、交易成本理論、遺傳規劃法、代理人基礎計算經濟學

Abstract

Managements of various governance relations among software components, which are much influenced by the rapid growing of e-commerce and e-business, have an influential impact upon the effects in the software house and industry. Hence, the causes and the processes of evolution of the governance relations have drawn experts' and scholars' attention.

The objective of this study involving Agent-based Computational Economics with Genetic Programming aims at developing a model which emerges and analyzes a dynamic way of governance relations among software components. Meanwhile, the adaptive learning and development of trust is integrated into the transaction cost economics to evolve and explain the trends of governance relations.

The findings show that the attention of governance relations among standardized software components in the software industry has been gradually focused from the electronic hierarchy to the electronic exchange market, and then further to the electronic catalog market. In addition, when the level of the functional particularity of s/w components is lower than the specific threshold value, the lower level the functional particularity is, the more significant the alternative trend is. On the contrary, the higher level the functional particularity is, the more significant the alternative curve is, when the level of the functional particularity of s/w components is higher than the specific threshold value.

Keywords: electronic commerce, software components, transaction cost economics, genetic programming(GP), agent-based computation economics(ACE)

壹、前言

軟體再用的觀念起源於 McIlroy。他在 1968 年德國 NATO 研討會中，曾公開提出以工業化方式大量生產軟體（Gall, et al.,1995）至今已經超過三十年。然而直到 70 年代末期和 80 年代初期才有一些研究團體和報告出現，包含美國的 STARS、歐洲的 ESPRIT、日本的日立和東芝等公司推動的軟體再用計畫，這一波的再用是以大型主機的程式碼再用為主。第二波自 1991 年開始舉辦一系列的國際軟體再用工作坊(IWSR)，將軟體再用議題蔓延成為資訊界全球化議題；而第三波自 1993 年網際網路上 3W 瀏覽器(Mosaic)發明後，帶動上網人潮和電子商務及電子企業的興起，使得企業對軟體的需求性大為增加和迫切，造成軟體再用蓬勃發展的機會。

根據 Donn DiNunno's META Group 分析：再用碼的平均錯誤率僅有新碼的四分之一，而且再用元件可以使最終應用產品的交貨時間加快百分之四十，可以有效解決軟體危機。在 1995 年 ComponentSource 成立軟體元件電子市集，提供 web based 的軟體元件交易機制，促進軟體元件的公開流通，開啓了軟體元件供需的新紀元。而根據 IDC 分析美國軟體元件市場到 2004 年將成長到 27 億美元，年複合成長率達 40%。Gartner Group 更預測在 2003 年將有 70%的新開發軟體將由元件組裝而成，而軟體再用技術、元件式軟體、及物件導向技術等，將成為市場的主流¹。

在國內方面，軟體再用技術有系統的發展和輔導，是從經濟部委託資策會執行第二期「軟五計畫」(1997 年到 2001 年)開始，這時期正值台灣引入電子商務到成長階段。軟體業者在面對相關電子商務軟體供不應求，而且需求多樣的環境下，希望引進軟體再用技術，以更有效率的方式提供更多樣化、客製化和更有價值的服務。同時「軟體產業服務團」辦理「軟體工業生產力提升輔導計畫」，協助軟體業者利用軟體元件技術來提升生產力，並建立公開的軟體元件資料庫。

¹ <http://www.componentsource.com/Build/EJBWhitePaper.asp>

另外，透過網際網路進行元件試用的國內廠商陸續出現，皆有助於軟體元件的推廣使用。朱文禎和楊建民(2002)指出在電子商務環境中，軟體再用的效益逐漸從個別專案效益，擴散到組織內或外的跨專案效益乃至於整個產業的效益。而且公司和產業的效益會受到不同元件統治關係影響。

本文進一步分析在軟體產業中軟體元件統治關係突現(emerge)過程和現象，經由 GP based ACE 方法，並嘗試將學習適應和信任融入交易成本理論。本文第二部分為電子市集和交易成本理論探討；第三部份為 ACE 方法說明；第四部分為研究設計；第五部分為結果和討論；最後為結論和建議。

貳、電子市集和交易成本理論

一、電子市集

不同學者和機構對 B2B 電子市集定義不盡相同。其中 Bakos(1990, 1991, 1998)以跨組織資訊系統來定義電子市集², Kaplan and Sawhney(2000) 則以電子樞紐(e-Hub)來看電子市集。本文將 B2B 電子市集定義整理成表 1。

在 B2B 電子市集表 1 B2B 電子市集定義整理

學者或機構	定義
Bakos(1990, 1991, 1998)	電子市集是一種提供買賣雙方，藉以交換價格和產品資訊的跨組織資訊系統。是多邊資訊共享機制，當買賣雙方關係是透過系統運作後才建立的。
Kaplan and Sawhney(2000)	以 e-Hub 來看電子市集。藉由大量買賣雙方交換商品規格和貿易資訊，動態價格機制和自動化交易流程，使買方擴大商品和服務的選擇，賣方擴大新市場，促進彼此的交易並降低雙方交易成本。
Legg Mason(2000) ³	傳統市集的電子版，代表買賣雙方能聚在一起交易的單一地點。
Deloitte Consulting 眾信聯合管理顧問公司(2000)	電子市集是在有交易範圍前提下，讓供需雙方透過網際網路提供的機制和規範，完成資訊流、金流和數位商品和服務交易
IDC(2000) ⁴	電子市集是在買賣雙方聚集網際網路社群中，扮演產品或服務經紀人角色。

[資料來源：本文整理]

2 Bakos(1990)稱電子市集(Electronic Marketplace)或電子市場系統(Electronic Market System)。在本文中電子市集或電子市場交互使用。

3 引用自 黃貝玲(2000, 9月)，B2B 電子市集的分類及成功關鍵因素，電子化企業經理人報告，13，22-32。

4 同註 3

在 B2B 電子市集分類方面，許多機構和學者分別提出不同分類方式。歸納起來不外乎以交易對象、交易標的和市場競爭者三大類來區分，又可細分為七項屬性(表 2)。

表 2 B2B 電子市集分類之七項屬性

大類	屬性
交易對象	交易主導權在買方、賣方或中立第三者
	買賣雙方的數量是 1 對多、多對 1 或多對多
	彼此關係的緊密性
	是屬於同一產業或跨產業
交易標的	直接物料或間接物料
	複雜度高低
市場競爭者	分散程度高低

[資料來源：本文整理]

機構和學者提出 B2B 電子市集分類方式，整理成表 3。

對於軟體業而言，由於軟體複雜特性在採購或委外過程更是費時。隨著軟體元件技術的推展和應用，直到 1991 年才有提供 VBTools 商業化軟體元件的公司出現，以供應 Microsoft VBX 為主。其後，到 1995 年才有提供公開市場元件(Open Market Components) 以 web based 為流通機制的電子市集 ComponentSource 的出現。其後 ComponentPlanet、Flashline、ObjectTools、CodeMarket 等市集陸續出現，造成軟體元件市場的蓬勃發展。這些軟體元件市集以供應公開市場元件為主，亦即是包含特定功能且封裝好的元件；能和其他作者提供的元件相互操作(interoperable)；遵守 .NET/COM、J2EE/Java、VCL/CLX 或 CORBA 四種工業標準之一⁵。公開市場元件將專屬性元件，如 SAP、PeopleSoft 提供的元件排除在外。本文是以公開市場元件為研究範圍。

軟體元件市集分類的屬性整理成表 4。這些市集交易主導權在中立第三者；買賣雙方的數量是多對多，屬於狹義電子市集(Konsynski, 1993)。交易標的複雜度高且市場競爭者分散程度高，屬於垂直市集(眾信聯合管理顧問公司，2000)⁶。直接物料交易且交易對象彼此關係的緊密性低，屬於交換(exchanges)類型(Kaplan & Sawhney, 2000)。

表 3 B2B 電子市集分類方式

5 <http://www.cpmponentsource.com/AboutComponents/ComponentsAndMyBusiness.asp>

6 眾信聯合管理顧問公司(2000, 9 月), Deloitte Consulting 剖析：電子市集的發展模式和趨勢，電子化企業—經理人報告，13，pp.12-21.

分類屬性	分類說明
交易主導權 (ARC 遠擎顧問, 2000 ; Legg Mason, 2000 ⁷)	廣義的電子市集定義。交易主導權在買方：採購市集，例如：汽車業的 Covisint, 電子業的 e2open.com；交易主導權在賣方：配銷市集，例如：e-Steel, PaperExchange.com；交易主導權在中立第三者：中立電子市集包括垂直電子市集，例如：生化業 Vetro, 水平電子市集，例如：提供企業維修用品 Ariba。
交易標的是直接物料或間接物料；交易主導權(Konsynski, 1993)；買賣雙方的數量 (IDC, 2000) ⁸	狹義的電子市集定義。交易主導權在中立第三者；買賣雙方的數量是多對多(大於五)才算是電子市集。
交易標的是直接物料(Manufacturing Inputs) 或 間 接 物 料 (Operating Inputs)；交易對象彼此關係的緊密性 (Systematic Sourcing or Spot Sourcing)(Kaplan & Sawhney, 2000)	Catalog Hubs：直接物料交易且交易對象彼此關係的緊密性高，例如：SciQuest, Chemdex Exchanges：直接物料交易且交易對象彼此關係的緊密性低，例如：e-Steel, PaperExchange MRO Hubs：間接物料交易且交易對象彼此關係的緊密性高，例如：Ariba, MRO.com Yield Managers：間接物料交易且交易對象彼此關係的緊密性低，例如：Employease, CapacityWeb.com
交易標的複雜度高低和市場競爭者分散程度高低(AMR Research, 2000) ⁹	垂直市集：交易標的複雜度高且市場競爭者分散程度高，例如：SciQuest, Chemdex 中心衛星模式：交易標的複雜度高且市場競爭者分散程度低，是垂直市集的簡化 水平市集：交易標的複雜度低且市場競爭者分散程度高，例如：Ariba, Commerce One, 供應鏈模式：交易標的複雜度低且市場競爭者分散程度低，未達到電子市集的運作模式

[資料來源：本文整理]

軟體元件性質包括元件中方法數(numbers of methods)、元件複雜度(level of complexity, line of codes per method)和功能通用性(functional popularity)。在以真人為供應者和需求者的實驗軟體元件電子市集(SofTrade)中顯示：需求者偏好和元件方法數多寡或元件複雜度高低無顯著相關，卻和功能通用指標(functional popularity indicator) 有顯著相關(Lerch et al. 1998)。亦即元件功能通用指標愈高愈受消費者喜好。Lerch(1998)定義元件功能通用指標為：該元件中方法和市集中其他元件方法，屬於同一類功能的平均次數，亦即元件功能通用指標愈高，元件功能愈通用化和一般化。本研究中市集為多個市集，並且為了間隔取值方便性，將元件功能通用指標(介於 1 和 ∞ 之間)的倒數，定義為元件功能特殊性(介於 0 和 1 之間)。

表 4：軟體元件電子市集分類之七項屬性

7 同註 3

8 同註 3

9 同註 6

大類	屬性
交易對象	交易主導權在中立第三者
	買賣雙方的數量是多對多
	彼此關係的緊密性較低
	是屬於同一產業
交易標的	直接物料(軟體元件)
	複雜度高
市場競爭者	分散程度高

[資料來源：本文整理]

由 Forrester Research 對美國前 1000 大企業，包含半導體、電子、石化和汽車等產業和電子市集相關業者的調查顯示：在 2002 年願意透過電子市集來採購間接原料佔 67%，標準產品佔 46%，直接原料佔 39%¹⁰。從調查報告可知，願意透過電子市集來進行臨行時的採購間接原料較多，而對於計劃性採購直接原料，由於牽涉更多層面考慮，需要交易夥伴更緊密的信任關係，願意透過電子市集來進行採購較少。因此，如何建立品質保證機制，以增加對交易對象彼此間的信任，是經營電子市集的一大課題。

對軟體元件而言，標準化的軟體元件具有正向網路外部性(其效用和價值會因使用人愈多而增加)，可以減少買賣雙方壟斷力量。同時，易複製性使得軟體元件規模經濟特別明顯，使用密集性(intensity in use)(將軟體元件進行多次再用，其效用可能遞增)使得軟體元件具有學習效用(learning efficiency)，但是，不易描述性(屬於經驗性商品，若未經過用戶親自使用過，很難具體清楚地加以描述其產品內容)使得軟體元件的交易具有不確定性(Whiston et al., 1997)，更需要交易對象彼此間的信任。

二、交易成本理論

Williamson(1975)綜合 Coase 交易成本的觀念和法律上契約方式提出統治機制的理論，發展成交易成本理論(Transaction Cost Economics, TCE)。認為在交易的過程中，由於人性因素、交易環境的動態影響而導致市場失靈，造成市場交易的困難並產生交易成本。同時將「有限理性(boundary rationality)」與「不確定性、複雜性(uncertainty、complexity)」、「投機主義(opportunism)」與「少數交易(small numbers)」以配對方式提出。用意是，人為因素與環境因素必須同時發生作用，才會引起市場失靈的情形，兩者之間存在著互動的關係，而提高了交易成本。其中「有限理性」與「投機主義」均是屬於人的因素；而「不確定性、複雜性」與「少數交易」均是屬於環境因素。

Nooteboom(1999)指出傳統的 TCE 忽略信任關係的發展和適應性學習，而實際上信任

¹⁰ 同註 3

關係會隨著雙方交易時間逐漸適應學習而達到一個臨界值。並且將信任分為基本信任和特定交易夥伴的信任兩部份。同時，如同學習效率(learning efficiency)和規模效率(scale efficiency/economic of scale)，信任可以進一步表示成為遞增函數但其報酬會遞減(斜率漸小)(Gulati,1995)(Klos and Nooteboom, 2001)。

Williamson(1979)指出在產業、市場中影響交易成本的一些交易特性的關係，認為透過適當契約的訂定可以發展出最適當的統治結構，以使企業資源統治成本降低。然後，又以交易的次數與投資的異質性為構面，將商業交易分成六種型態對應到單邊(內部組織)、雙邊(合作網路)、三邊(中介者)和市場四種統治結構。

組織在有限理性下是效率的追尋者，降低交易成本和效率的追尋是一致的(Williamson, 1992)。電子市場相較於電子層級有更低的交易成本(包含搜尋成本、談判與決策成本、契約成本和監督成本)，Malone 等人(1987)認為由於電子網路相連，造成通訊、經紀和整合三種的效益下，電子層級的垂直整合將會被電子市場所取代。此外 Wigand 和 Benjamin(1995)和 Smith(2001)也認為網際網路促成交易成本降低，導致電子市集成形。

Malone 等人(1987)認為電子市場將會從主導權在買方或賣方的偏袒市場到主導權在第三者的不偏袒市場(from Biased to Unbiased Market)或稱中立市集。然後，從不偏袒市場到個人化市場(from Unbiased Market to Personalize Market)，共三階段。經濟學人則以經營者角度認為電子市場發展可分三階段，前兩階段和 Malone 等人(1987)提出的看法相同。亦即從電子層級到電子市集，從單方主導的電子市集到中立電子市集，但是第三階段則是產業聯盟電子市集(consortia)亦即電子市集和電子市集的聯盟。

本研究認為在軟體元件的供需互動將從電子層級到電子市集。而市集發展中，將從中立市集的 Exchange Hub(交易關係緊密度低)到 Catalog Hub(交易關係緊密度高)。表 5 列出交易成本理論的四種統治結構(Williamson, 1979)、相關學者和本研究提出的資訊系統形式間關係。

表 5 交易成本理論的統治結構和資訊系統形式

學者	統治結構和資訊系統形式		
Williamson(1979)	單邊	雙邊	三邊或市場
Malone 等人(1987,1989)	電子層級	電子市場：從偏袒市場到不偏袒市場，再到個人化市場	
Bakos(1991)	N/A	跨組織資訊鏈結	電子市場
Konsynski(1993)	N/A	行銷或後勤跨組織資訊系統	產業內平台、虛擬系統、電子市場
Rindfleisch & Heide(1997)	垂直整合	垂直跨組織關係或水平跨組織關係	
本研究	電子層級	電子市場：從交換型市場(Exchange)到目錄型市場(Catalog)	

[資料來源：本文整理]

參、代理人基礎計算經濟學和遺傳規劃法

代理人基礎計算經濟學(Agent-based Computational Economics, ACE)是結合演化經濟學(Evolutionary Economics)、認知科學(Cognitive Science)和電腦科學(Computer Science)的觀念和工具的一種方法論(Methodology)。主要目的是用來了解：儘管未有事先規劃和控制，為何全球性的規律會從分散的市場經濟中演化而且持續進行，例如貿易網路的形成、市場的協定等。其次是規範使用此架構，作為計算實驗室，可以研究在不同社會經濟結構下對個人行為和社會福利的影響(Tesfatsion, 2001a)。

Holland(1992)認為 ACE 是屬於複雜適應系統(Complex Adaptive Systems, CAS)典範下的經濟學。揚棄物理力學為基礎的均衡原理，採用生物學為基礎的最適者生存原理，將經濟體系視為是一種不斷改變，不斷演化的非均衡動態系統。適應代理人模式可以鏈結市場力量和適應機制，以探討最適化行為在何種條件下產生。此外，可以分析突現現象以提供經濟系統中對適應性 agent 理論的啟發和建議(Holland & Miller, 1991)。

代理人基礎計算經濟學和傳統解析模式，兩者具有互補關係而非取代關係。本研究整理代理人基礎計算經濟學和傳統解析模式性質比較(表 6)。

儘管 ACE 方法有這些特性，但也有一些限制：1. 參數甚多且對於結果敏感：很多參數難以解釋其代表的人類行為和經濟意義，僅能藉由不斷調整其參數的重複模擬，來了解參數的影響和意義，這部份有賴校正技術(calibration techniques)的進步(Chen & Yeh, 2001)才能得到解決；2. ACE 方法是否真能代表人類的學習適應(Brenner, 1998)。

儘管有這些限制和批評，仍然有許多利用 ACE 方法來從事市場經濟的研究，如股票市場(Arthur et al., 1997; Chen & Yen, 2001)，人力市場(Tesfatsion, 2001b)，消費品市場(Albin & Foley, 1992 ; Vriend, 1995)，中間產品市場(Peli & Nooteboom, 1997; Klos & Nooteboom, 2001)，貨幣市場(Arifovic, 1996 ; 2001)。

Koza(1989)將遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)擴充成遺傳規劃法(Genetic Program, GP)，將演化單位從固定長度的二元字串擴充成可以變動大小和形狀的分析樹，用以代表電腦程式、函數或交易策略。在應用上，比起遺傳演算法和加強學習法(Reinforcement Learning, RL)，只需更少的先驗知識(prior knowledge)。在 GA 中，由於是二元字串的演化，必須事先指定交易策略和某字串的對應關係，造成事先必須定義可能結果的情形，也就是交易策略演化的母群體，有研究者須一定程度的先驗知識以事先設定的限制。而 GP 中，可以放鬆先驗知識的限制，不需事先定義，讓交易雙方更有彈性地發展交易策略。Chen and Yen (1996; 1997; 2001) 曾用 GP 來模擬競局理論和人工股票市場中個人行為和突現整體現象之間關係。

表 6 代理人基礎計算經濟學和傳統解析模式性質比較

	代理人基礎計算經濟學學 (非主流經濟學)	傳統解析模式(主流經濟學)
假 設	有限理性、局部資訊、有限計算能力、異質性個人	理性預期理論：完全理性、完全資訊、完美計算能力，代表性個人
核心原理	最適者生存	供需均衡分析的數學函數
原理來源	生物學	物理力學
目 標	假說檢定、擴充理論、建立理論	假說檢定、擴充理論、建立理論
方 法	歸納法	演繹法
進行方式	異質性個人由下而上	代表性個人由上而下
特 性	兼具彈性和嚴謹性 可模擬突現現象：由底層異質性代理人互動適應下，突現上層整體現象和過程	具嚴謹性但缺乏彈性。不過當問題複雜化時，參數增加函數變複雜，需透過嚴格假設才能化約成適用目前數學工程具來求解，嚴格假設可能和現實世界不符。
觀察的資訊	質(認知、行為、互動)和量(數值)	量(數值)

(資料來源：本研究整理)

加強學習法曾用於組織市場中，供需雙方在追求最低交易成本下，最適統治關係變化過程(Klos & Nooteboom, 2001)。本研究用遺傳規劃法來代表交易雙方的效用函數，彌補了加強學習法以連續個別交易學習(individual learning)來分析交易成本理論的限制。而是以一連串交易過程中，交易者間彼此進行社會學習(social learning)的方式，經過模仿學習、溝通學習和嘗試學習，動態演化出最適當的統治結構。這種方式將更接近真實世界情況。遺傳規劃法和加強學習法的比較見表 7。

表 7：遺傳規劃法和加強學習法的比較

	遺傳規劃法	加強學習法
Prior knowledge	less	More(set functions before evolution)
Evolution	functions	Parameter(fix functions)
learning	Social	individual
Search	A number of trials	Greedy hill climbing
transformation	A set of population points to a set of population points	A point to point

(資料來源：本研究整理)

肆、研究設計

一、研究架構和假設

由軟體特性和交易成本理論的假設和所涵蓋的維度，可以導出本研究構念(表 8 和表 9)。其中交易成本理論假設交易雙方存在有限理性和投機主義，涵蓋的維度包括環境不確定性、資產(交易商品)專屬性，和交易頻率。

表 8 交易成本理論假設、維度和本研究構念之間關係

交易成本理論		特性	研究構念
假設	有限理性	受限生理因素	有限理性(ACE 假設)
	投機主義	需要交易者間信任關係	信任程度
維度	環境不確定性	需要不斷適應	適應性(ACE 假設)
	資產(交易商品)專屬性	依賴人力和知識資產以規劃、開發和使用軟體元件	軟體元件標準化程度，軟體元件功能特殊性程度，學習效率
		依賴品牌資產	信任程度
交易頻率	學習適應	學習效率，信任程度	

(資料來源：本研究整理)

表 9 軟體特性、交易成本理論和本研究構念之間關係

軟體特性	交易成本理論	研究構念
易複製性	交易頻率	學習效率、規模經濟(規模效率)
密集度	人力和知識資產	學習效率
不易描述性	品牌資產	信任程度
網路外部性	依賴人力和知識資產以規劃、開發和使用軟體元件	軟體元件標準化程度，軟體元件功能特殊性程度、學習效率

(資料來源：本研究整理)

在市場環境不確定性下，買賣雙方存在有限理性和投機主義，雙方信任程度、規模經濟和學習效率以及軟體元件標準化程度、軟體元件功能特殊性程度、將會影響交易成本，導致資源統治方式的改變。供需雙方彼此追求最大交易效用(maximum U)，同時在交易者互相學習下，使得最適當的軟體元件統治結構會逐漸浮現出來(圖 1)。本研究中標準元件指公開市場元件，亦即符合四大工業標準之一的元件為範圍。其中電子階層統治是指在組織內取得元件，電子市集統治是在組織外進行元件交易¹¹。而交換型電子市集是指買方和

¹¹為簡化模式，本研究假設在電子市集交易的最小臨界效用=Tb，亦即交易效用大於 Tb 時，才會向市集尋找適當元件。

市集僅有臨時性 1 次交易，目錄型電子市集是指買方和市集持續性交易次數大於 1 次。同時以交易效用最大化，來代替交易成本最低化，交易效用函數表示如下：

$$U(s, p, t_0, t_1, es_1, el_0, el_1),$$

構念的操作型定義如下：

1. 軟體元件標準化程度(s)：指軟體元件是否具備.NET/COM、J2EE/Java、VCL/CLX、CORBA 四大元件標準之一， $s=1$ ，具備； $s=0$ ，不具備；
2. 軟體元件功能特殊性程度(p)：取功能通用指標的倒數， $0 < p \leq 1$ ，p 值愈低特殊性程度愈低，亦即功能通用指標愈高；
3. 信任程度(t0)：買方對賣方信任程度，會隨著買賣雙方持續性交易次數增加而增加； $t_0 = \max(b_{t_0}, b_{t_0} + (1 - b_{t_0}) * (1 - (1 / (t_{f_0} * n_{m_0} + 1 - t_{f_0}))))$
4. 信任程度(t1)：賣方對買方信任程度，會隨著買賣雙方持續性交易次數增加而增加； $t_1 = \max(b_{t_1}, b_{t_1} + (1 - b_{t_1}) * (1 - (1 / (t_{f_1} * n_{m_0} + 1 - t_{f_1}))))$
5. 規模效率(es1)：指賣方交易規模效率，會隨著買方數量增加而增加¹²； $es_1 = \max(0, 1 - (1 / (s_{f_1} * n_{b_1} + 1 - s_{f_1})))$ ；
6. 學習效率(el1)：指賣方交易學習效率，會隨著買賣雙方持續性交易次數增加而增加； $el_1 = \max(0, 1 - (1 / (l_{f_1} * n_{m_0} + 1 - l_{f_1})))$
7. 學習效率(el0)：指買方對於軟體元件採購、組裝和維護學習效率，會隨著買賣雙方持續性交易次數增加而增加； $el_0 = \max(0, 1 - (1 / (l_{f_0} * n_{m_0} + 1 - l_{f_0})))$

¹² 假設買方數量和購買元件數量成正比

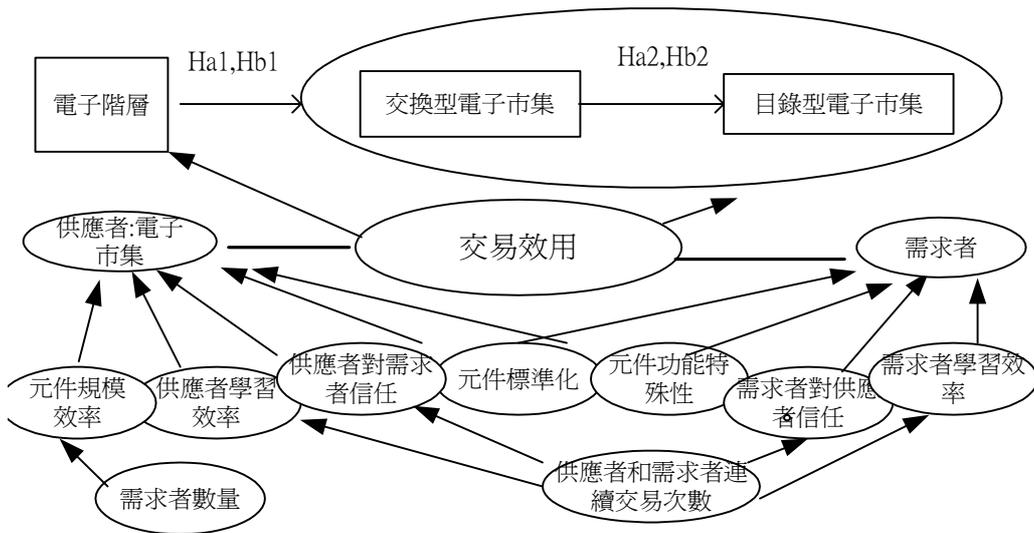


圖 1 軟體元件供需統治結構浮現

本研究提出假說如下：

Ha1：在市場力量下，具標準化軟體元件，軟體元件統治結構會逐漸從電子階層到電子市集；

Ha2：在市場力量下，具標準化軟體元件，電子市集統治結構會逐漸從交換型（exchange hub）電子市集到目錄型(catalog hub)電子市集；

Hb1：在市場力量下，具標準化軟體元件，其功能特殊性愈低，軟體元件統治結構從電子階層到電子市集的變化趨勢將更為明顯；

Hb2：在市場力量下，具標準化軟體元件，其功能特殊性愈低，電子市集統治結構從交換型電子市集到目錄型電子市集變化趨勢將更為明顯；

供需雙方相關參數如表 10，GP 實驗參數如表 11。

表 10：供需雙方參數

Parameter/variable	Value range	Value used
number of consecutive match, n_m	[0, gMax]	Depend on
Functional particularity, p	$0 < p \leq 1$	(0.15, 0.35, 0.55, 0.75, 0.95)
Buyer(demander) base trust, b_t0	(0,1)	0.3
trust factor, t_f0	[0,1]	0.5
Learning factor, l_f0	[0,1]	0.5
Minimum tolerance utility, T_b	(0, ∞)	10
Maximum offer quota, Q_b	[1, ∞]	1 ¹³
Seller(market) base trust, b_t1	(0,1)	0.3
trust factor, t_f1	[0,1]	0.5
Learning factor, l_f1	[0,1]	0.5
Scale factor, s_f1	[0,1]	0.5
Minimum tolerance utility, T_s	(0, ∞)	1
Maximum acceptance quota, Q_s	[1, ∞]	75 ¹⁴
Transact with n_b1 buyers	[0, Q_s]	Depend on

表 11：GP 實驗參數

Parameters/Variable	Value/element/method
Population size, m*n (markets *buyers)	3*100
numbers of generation, gMax	150
Probability of creating a tree by reproduction, P_r	0.1
Probability of creating a tree by crossover, P_c	0.8
Probability of creating a tree by mutation, P_m	0.1
Probability of internal points selection under crossover, P_ip	0.5
Maximum depth size for crossover, D_c	17
Maximum depth size for initial random functions, D_i	6
Tournament size, S_t	2
Function set	+, -, *, /
Terminal set	s, p, t0, t1 es1, el0, es0
Criterion of fitness	U(s, p, t0, t1, es1, el0, es0)
Generative method for initial random population	Ramped half-and-half
Basic selection method	Tournament selection

¹³ 假設買方僅能下一個訂單，包含一個 component

¹⁴ 由於市集供應元件種類和數量有限，線上服務限制僅能接受有限的訂單

用 ACE 方法的研究在參數的選擇有很大的空間，表 10 和 11 內的參數代表一個典型的情境，用以說明軟體元件統治關係的動態變化。其中部份參數值是任意指定，有賴進一步做參數的敏感度分析，以了解其他參數對結果的影響。

二、模擬模式

本研究用 GP based ACE 進行模擬計算，其模擬演算法如表 12 到表 14。

表 12 Pseudo Code of Two Side Market Simulation Cycles

```

Begin
  //Initialize SimulationWorld – Initialize populations of GP randomly with 4 functional sets and 7
  terminal sets , set quota to traders, set parameters like table 10 and 11
  For (g=1 to gMax) // generation run
    /* for all 2 x m x n agents gp , m markets and n buyers */
    Calculate markets' and buyers' ExpectedUtility(GP); // preferenceScore
    MatchTrader(); // DCR match, see Table 13
    If Not match then
      MakeByItself();
    Else Trade();
    UpdateUtilityTrader(); // update all traders' utilities after assembly then sell
    UpdateMakeProp(); // update proportion of unified governance
    UpdateMarketProp(); // update proportion of market governance
    UpdateCataMarketProp(); // update proportion of catalog market governance
    RealUtility(GP); // fitness function: RealUtility(not match gpij) =0,
      //RealUtility(match gpij) = ExpectedUtility(match gpij)
    EvolveGen();// see table 14
  Endfor // gMax
End;

```

表 13 Pseudo code of MatchTrader();

```

// DCR match(Klos & Nootboom, 2001)
STEP 0: initialized  $T_b, T_s, Q_b, Q_s$ 
      rank utility score for buyers and markets ( two  $m*n$  matrix)
STEP 1: Everyone buyers request maximum  $Q_b$  to markets.
STEP 2: markets provisionally accepts a max of  $Q_s$  requests from its most preferred acceptable buyers
      and rejects the rest.
STEP 3: each buyer that was rejected in any step fills its quota  $Q_b$  in the next step by sending request to
      next-most-preferred, acceptable markets that it has not yet send a request to.

```

STEP 4: each market provisionally accepts the requests from a max Q_s most preferred acceptable buyers from among newly received and previously provisionally accepts request and rejects the rest. As long as one or more buyers have been rejected, go back to STEP 3.

STOP : buyer has no more requests or rejects

表 14 Pseudo code of EvolveGen()

```

Let individualAgent = 0;
While individualAgent <= m*n do
Switch Random(Reproduction, Crossover , Mutation)
Case R:
gpij,g+1 = TournamentSelect from random choice one pair of RealUtility(GPg)
individualAgent = individualAgent + 1;
break;
Case C:
gpij,g = TournamentSelect from random choice one pair of RealUtility (GPg)
gpij+1,g = TournamentSelect from random choice one pair of RealUtility (GPg)
(gpij,g+1, gpij+1,g+1) = crossover(gpij,g , gpij+1,g)
individualAgent = individualAgent + 2;
break;
Case M:
gpij,g = TournamentSelect from random choice one pair of RealUtility (GPg)
gpij,g+1 = mutation(gpij,g)
individualAgent = individualAgent + 1;
endswitch;
enddo;
Return;

```

伍、結果與討論

根據表 10 和表 11 的參數分別在元件功能特殊性為(0.15, 0.35, 0.55, 0.75, 0.95)，進行 150 世代的模擬實驗。對於標準化元件的統治關係，可以從市集購買率、目錄型市集購買率來分析。

一、市集購買率(Bm_p)

市集購買率為：經市集完成交易的需求者佔整體需求者比例。從實驗可知，整體市集購買率有逐漸增加趨勢(圖 2 和圖 3)，亦即統治結構會逐漸從電子階層到電子市集，因此假說 Hal 成立。

若考慮到不同功能特殊性(p)時，市集購買率高低依序為 $Bm_{0.15} > Bm_{0.35} > Bm_{0.55}$ 且 $Bm_{0.95} > Bm_{0.75} > Bm_{0.55}$ ， $Bm_{0.55}$ 有最低的市集購買率，當 $p < 0.55$ 時，隨著功能特殊性愈低，市集購買率愈高(圖 2)。當 $p > 0.55$ 隨著特殊性愈高，市集購買率又呈現增高趨勢(圖 3)。也就是說，具標準化且功能共通性愈高的元件(如壓縮/解壓縮、拼字檢查、使用者介面等元件，其功能共通性高)，其市集購買率會愈高。具標準化且功能特殊性很高的元件(如醫療影像辨別元件)，其市集購買率亦偏高。因此假說 Hb1 不成立。功能特殊性很高的元件，當市集無適當元件時，若經由市集找到適當供應商，仍然可以比單邊電子階層統治具有交易成本的優勢。

二、目錄型市集購買率(Bcp)

目錄型市集購買率(連續重複購買率)為：經目錄型市集完成的交易，佔整體市集交易比例。由實驗得之，整體目錄型市集購買率，有逐漸增加趨勢(圖 4 和圖 5)。亦即電子市集統治結構會逐漸從交換型(exchange hub)電子市集到目錄型(catalog hub)電子市集，因此假說 Ha2 成立。

若考慮到不同功能特殊性(p)時，目錄型市集購買率高低依序為 $Bc_{0.15} > Bc_{0.35} > Bc_{0.55}$ 且 $Bc_{0.95} > Bc_{0.75} > Bc_{0.55}$ ， $Bc_{0.55}$ 有最低的目錄型市集購買率，當 $p < 0.55$ 時，隨著功能特殊性愈低，目錄型市集購買率愈高(圖 4)。當 $p > 0.55$ 隨著特殊性愈高，目錄型市集購買率又呈現增高趨勢(圖 5)。亦即，具標準化且功能共通性愈高的元件，經由市集採購，屬於連續重複性市集採購的比例會逐漸增加；具標準化且功能特殊性很高的元件，經由市集採購，屬於連續重複性市集採購的比例亦會逐漸增加。因此假說 Hb2 不成立。功能特殊性很高的元件，當市集無適當元件時，若經由市集找到適當供應商，乃至於建立經常性採購關係仍然可以比單邊電子階層有較低交易成本。

市集購買率和目錄型市集購買率，在不同元件功能特殊性下的敏感度分析(圖 6)，顯示：功能特殊性愈靠近臨界點($p=0.55$)兩端，其市集購買率和目錄型市集購買率愈低；愈遠離臨界點($p=0.55$)兩端，其市集購買率和目錄型市集購買率愈高。亦即對於功能特殊性愈靠近臨界值的元件，愈傾向於採用電子階層統治；而對於功能特殊性愈遠離臨界值兩端的元件，愈傾向於採用電子市集統治。

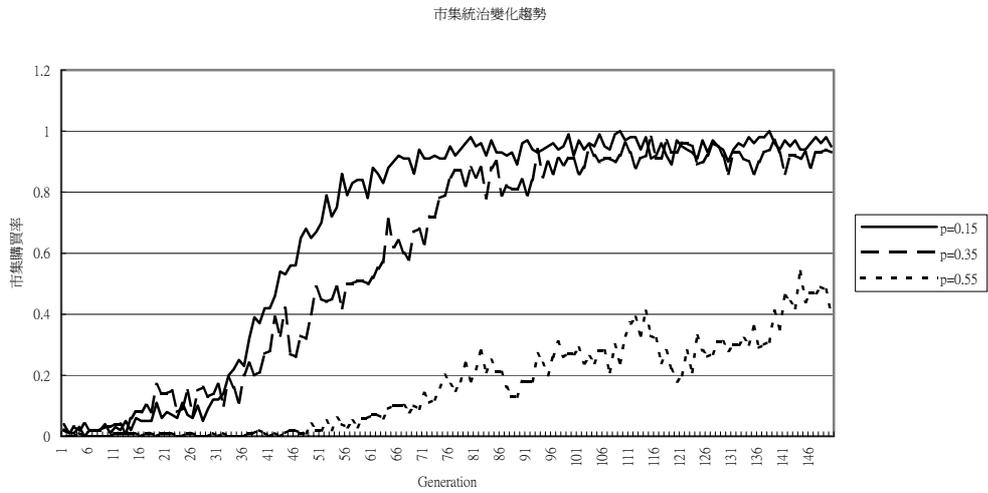


圖 2：市集統治變化($p=0.15,0.35,0.55$)

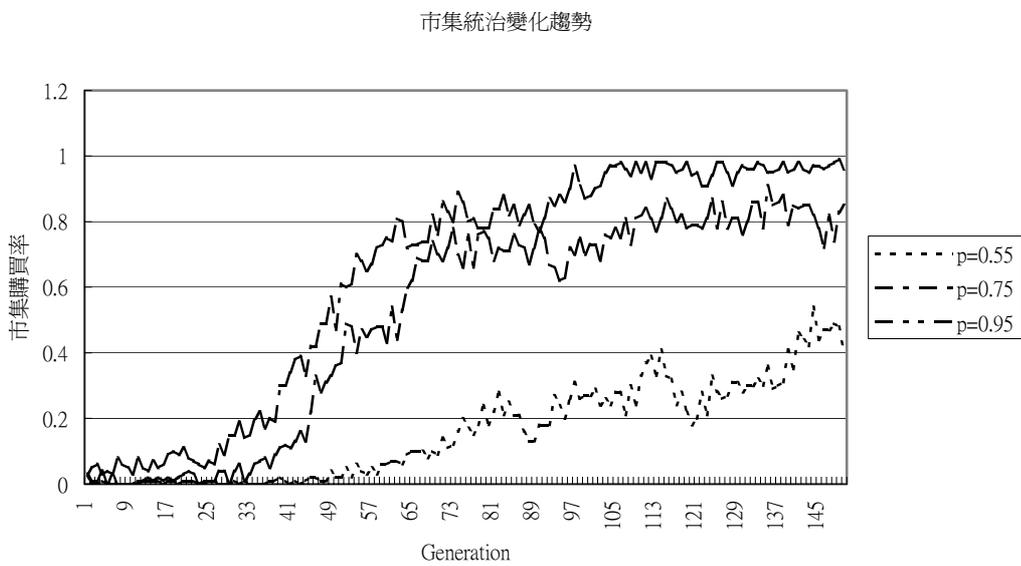


圖 3：市集統治變化($p=0.55,0.75,0.95$)

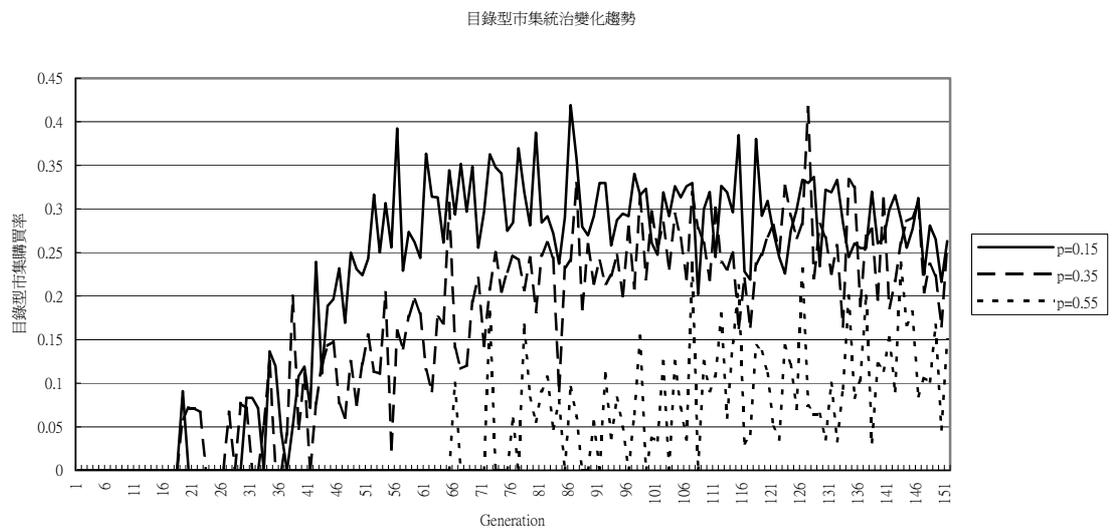


圖 4：目錄型市集統治變化(p=0.15,0.35,0.55)

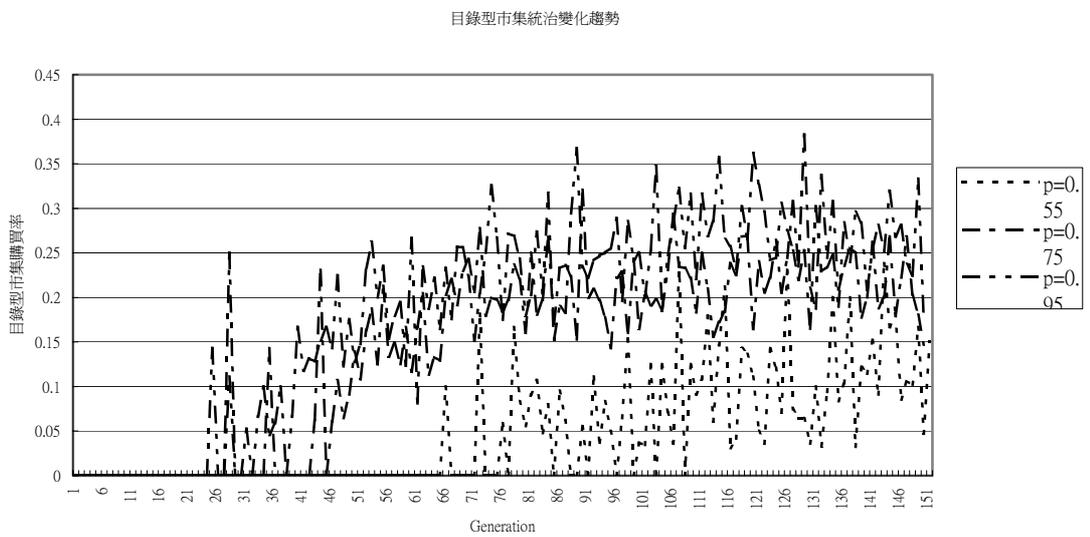


圖 5：目錄型市集統治變化(p=0.55,0.75,0.95)

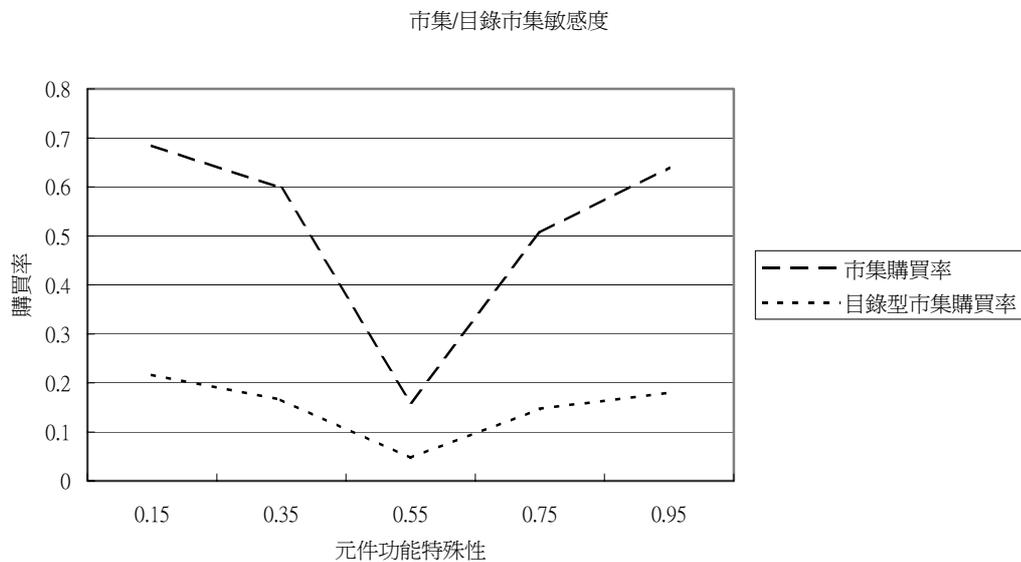


圖 6：市集和目錄型市集敏感度

陸、結論和建議

一、結論

本文嘗試將 GP based ACE 用在軟體元件統治關係的研究上，模擬顯示：軟體產業中對標準化元件統治關係，有逐漸從單邊的電子階層到交換型電子市集，再到目錄型電子市集的變化趨勢。當元件功能特殊性程度低於特定臨界值時，隨其功能特殊性程度愈低，採用電子市集統治的變化趨勢將更為明顯。然而，當元件功能特殊性高於特定臨界值時，隨其功能特殊性程度愈高，採用電子市集統治的變化趨勢仍然明顯。亦即，具標準化且功能共通性高的元件，傾向由市集購買可以降低交易成本，而且逐漸由臨時性採購到連續重複性採購；具標準化且功能特殊性很高的元件，如果不是屬於公司核心技術足以開發，經由市集找到適當供應商，乃至於建立經常性採購關係，仍然可以在交易成本上比電子階層具有優勢。

傳統上，交易成本理論忽略學習適應和信任關係的發展。而本研究將學習適應和信任融入交易成本理論，同時，彌補了 Klos & Nooteboom(2001)加強學習法以連續個別交易學

習來分析交易和僅演化參數的限制。而以一連串交易過程中，交易者間彼此進行社會學習的方式，經過模仿學習、溝通學習和嘗試學習，動態演化出最適當的軟體元件統治結構。這種方式將更接近真實世界情況。

在實務上，提供產官學研對元件統治關係形成原因和過程有更深入的了解。對於推動台灣軟體元件市集形成和經營將有助益。

二、建議

後續研究可以將市集的供應者加入研究範圍，此外，逐步放鬆一些假設，以更細緻的情境來考慮。例如市集可以接受訂單數量不盡相同；買方以可適應的門檻函數來決定是否進入市集購買。另外，針對各種不同的 GP 參數作敏感度分析。

建議軟體元件市集可以朝向提供功能共通性高的一般性元件，或是功能特殊高的專業元件兩個方向發展，甚至市集間形成聯盟以提供更完整的元件服務。

參考文獻

1. 朱文禎、楊建民，軟體再用效益在電子商務時代下的變化趨勢探討，第十三屆國際資訊管理學術研討會，台北，2002(已接受)。
2. Albin, P.S., and Foley, D.K.. "Decentralized, dispersed exchange without an auctioneer: a simulation study," *Journal of Economic Behavior and Organization* 18 (1), 1992, pp.27-51.
3. Arifovic, J. "Evolutionary dynamics of currency substitution," *Journal of Economic Dynamic and Control* 25(3-4), 2001, pp.503-526.
4. Arifovic, J. "The behavior of the exchange rate in the genetic algorithm experimental economies," *Journal of Political Economy* 104(3), 1996, pp.510-541.
5. Arthur, W.B., Holland, J.H., LeBaron, B., Palmer, R., Jayler, P. "Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market," in *The Economy as an Evolving Complex System, II*, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity Proceedings(Vol. XXVII), Arthur, W.B., Durlauf, S.N., Lane, D.A. (Eds.), Addison-Wesley, Reading, MA, 1997.
6. Bakos, J.Y. "Strategic Implications of Inter-organizational Systems," in *Business Strategy and Information Technology*, Sutherland, E. and Morieux, Y. (eds.), London: Routledge, 1990
7. Bakos, J.Y. "The emerging role of electronic marketplaces on the Internet," *Communication of the ACM*, 41(August), 1998, pp.35-42.
8. Bakos, J.Y. "A strategic analysis of electronic marketplaces," *MIS Quarterly*, 15(3), 1991, pp.295-310.

9. Brenner, T. "Can evolutionary algorithms describe learning process?" *Journal of Evolutionary Economics* 8, 1998, 271-283.
10. Chen, S.-H., and Yeh, C.-H.. "Modeling Speculators with Genetic Programming," in, *Evolutionary Programming VI, Lecture Notes in Computer Science(Vol 1213)*, Angeline, P., Reynolds, R. G., McDonnell, J. R. and Eberhart R. (Eds.) Berlin: Springer-Verlag. 1997.
11. Chen, S.-H., Duffy, J. and Yeh, C.-H.. "Genetic Programming in the Coordination Game with a Chaotic Best-Response Function," in *Evolutionary Programming V: Proceedings of the Fifth Annual Conference on Evolutionary Programming*, Angeline, P., Back, T. and Fogel, D. (Eds.) MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
12. Chen, S.-H. & Yen, C.-H.. "Evolving traders and the business school with genetic programming: A new architecture of the agent-based artificial stock market," *Journal of Economic Dynamic and Control*, 25(3-4), 2001, pp.363-393.
13. Gall, H., Jazayeri, M. M. & Klosch, R. "Research Directions in Software Reuse: Where to go from here?" *Proceedings of the International Conference on Software Engineering*, 1995, pp.225-228.
14. Gulati, R. "Does familiarity breed trust? The implications of repeater ties for contractual choice in alliances," *Academy of Management Journal*, 38(1), 1995, pp.85-112.
15. Holland, J. H. *Adaptation in natural and artificial systems: An introduction analysis with applications to biology, control and artificial intelligence*, (2nd ed.), MA: MIT Press/Bradford Books, 1992.
16. Kaplan, S. & Sawhney, M. "E-Hubs: The new B2B marketplace," *Harvard Business Review*, May/June, 2000, pp. 97-103.
17. Klos, T. B. & Nooteboom, B. "Agent-based computational transaction cost economics," *Journal of Economic Dynamic and Control*, 25(3-4), 2001, pp.503-526.
18. Koza, J. R.. "Hierarchical Genetic Algorithms Operating on Populations of Computer Programs," *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann 1989.
19. Lerch, F.J., Flor, N. V., Fishman, M. & Hong, S. "Software reuse and competition: Consumer preferences in a software component market," *Annals of Software Engineering*, 5(1998), pp.58-83.
20. Malone, T. W., Yates, J. & Benjamin, R. I.. "Electronic markets and electronic hierarchies," *Communications of the ACM*, 30(6), 1987, pp.484-497.
21. Malone, T.W., Yates, J. & Benjamin, R. I.. "The logic of electronic markets," *Harvard Business Review*, 67(3), 1989, pp.166-172.
22. Peli, G.L., Nooteboom, B. "Simulation of learning in supply partnerships," *Computational and Mathematical Organization Theory* 3 (1), 1997, pp.43-66.

23. Smith, H. J. "Information privacy and marketing: What the U.S. should (and shouldn't) learn from Europe," *California Management Review*, 43(2), 2001, pp.8-33.
24. Tesfatsion, L. "Introduction to the special issue on agent-based computational economies," *Journal of Economic Dynamic and Control*, 25(3-4), 2001, pp.419-457.
25. Tesfatsion, L. "Structure, behavior, and market power in an evolutionary labor market with adaptive search," *Journal of Economic Dynamic and Control*, 25(3-4), 2001, pp.419-457.
26. Vriend, N.J. "Self-organization of markets: an example of a computational approach," *Computational Economics*, 8 (3), 1995. pp.205-232.
27. Whinston, A. B., Stahl, D. O. & Choi, S. *The economics of electronic commerce*, Indiana: Macmillan Technical Publishing, 1997.
28. Wigand, R. T. and Benjamin, R. I. "Electronic commerce: Effects on electronic markets," *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1(3) 1995. Retrieved September 30, 2001 from the World Wide Web: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol1/issue3/wigand.html>
29. Williamson, O. E. *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*, NY: The Free Press, 1975
30. Williamson, O. E.. "Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations," *Journal of Law and Economics*, 22, 1979, pp.233-261.
31. Williamson, O.E. "Market, hierarchies, and the modern corporation: an unfolding perspective," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 17(3), 1992, pp.335-352.