

資訊科技與股票市場*

詹益慶

國立勤益技術學院流通科技管理研究所

摘要

本研究主要探討資訊科技與股票市場的關係，主要有：1. 資訊科技的資本投入對股票市場的報酬率與股市價值之影響。2. 資訊科技的發展與企業盈餘的相關研究。研究結果證實資本投入對股市報酬率與股市價值有正面之影響，亦即藉由資訊科技之資本投入，有助於提高股市報酬率與股市價值；對個別上市公司而言，則資訊科技之資本投入最多的公司，其每股盈餘顯著大於其他同產業之公司，換言之，資訊科技之資本投入必須達到某一規模，始能發揮功能。

*本論文係勤益技術學院財務工程研究群九十一年研究計畫。

資訊科技與股票市場

一、導論

各國廠商對資訊科技 (Information Technology) 的投資年年持續增加¹，使得資訊科技的發展是否能增進生產力成為學者們的研究重點，例如 Brynjolfsson and Hitt (1993, 1995)、Hitt and Brynjolfsson (1996)、及 Lichtenberg (1995) 的研究，結果皆證實資訊科技的發展對生產力的提升有顯著的影響。Hanna et al. (1996) 甚至指出，亞洲中的日本與新工業化國家 (韓國、新加坡、台灣、及香港) 的經濟之所以能趕上 (Catch-up) 歐美已開發國家，主要來自於資訊科技的投資與發展。但另有其他學者提出不同的看法，例如 Roach (1987) 及 Loveman (1994) 的研究發現，資訊科技並不能顯著提升生產力。由此可知，資訊科技的發展與生產力的提升並未得到一致的結論，而且上述研究的樣本大多集中在美國，資訊科技對亞洲各國及中華民國的影響仍有待學者加以認定。

除了總體經濟與生產力的影響外，資訊科技的投資是否能提升企業的競爭優勢 (Competitive Advantage) 亦引起學者們的重視，例如 Bharadwaj (2000) 及 Mata et al. (1995) 從資源應用 (Resource-based) 的角度分析資訊科技投資對企業競爭力的衝擊，結果顯示企業應該投資資訊科技，以增進企業競爭力，Weil (1992) 及 Lichtenberg (1996) 的實證研究亦證實此一論點。但 Ahituv and Giladi (1993)、Clemons (1991)、Dos Santos, et al. (1993)、及 Hitt and Brynjolfsson (1996) 的研究卻得到相反的結果，因為資訊科技的競爭優勢，會因其他企業

¹ 學者們對資訊科技的定義並不一致，目前較廣泛的定義是所有有關電腦、通訊科技及其運用，如 Cohen (1995)。所包括的項目有區域網路 (Local Area Networks, LANS)、資料庫及其運用 (如資料倉儲, Data Warehouse, 查詢及線上分析, Query and On Line Analytical Processing)、伺服器 (Client/Server)、企業資源規畫 (Enterprise Resource Planning, ERP)、內部網路 (Intranets)、網際網路 (Internet)、及電子郵件 (E-mail)。

的投資而無法長期維持。

資本市場，尤其股權市場，一向是經濟發展的一重要指標，藉由資本市場，得以使資金分配至成長及報酬較高的產業，使資源得以充分應用。除此之外，資本市場亦反應決策者及投資者對未來經濟的預期，若預期未來經濟成長快速，資本市場將率先快速成長，因此若資訊科技投資將增強經濟成長，此一影響亦將衝擊資本市場。目前對資訊科技與資本市場的研究主要有：1. 資訊科技發展對企業經營情況的改變，由 Beede and Montes (1997)的研究得知，資訊科技的發展已顯著改變企業的經營規模、後勤單位及管理部門的配置。2. 資訊科技資產的評價²，目前主要有財務會計資訊的評價模式，例如 Hand (2000)及 Trueman et al. (2000)，但兩者的研究結果卻南轅北轍，Hand的研究發現資訊科技企業的股價與財務會計資訊有高度關連，但 Trueman et al. 則否。另外則有使用實質選擇權 (Real Option)來評價資訊科技的資產及分析資訊科技投資的決策，如 Huisman and Kort (2000)及 Panayi and Trigeorgis (1998)。3. 資訊科技的發展對整體股票市場的影響，在 Greenwood and Jovanovic (1999)及 Hobijn and Jovanovic (2000)的研究中，明確指出美國股票市場在 1960 年代的不振及 1980 年代起的高漲，與資訊科技在 1970 年代的興起有絕對的關連。

雖然上述研究已獲致初步的成果，但並未得到一致的結論，而且不同研究者所用的資料、所驗證的期間及方法亦不相同，因此亦難以直接做比較，由此可看出資訊科技的發展與股票市場的相關研究並不充分。因此本研究計畫探討資訊科技與股票市場的關係，主要有：1. 資訊科技的資本投入對股票市場的報酬率與股市價值之影響，亦即資訊科技公司對資本投入之程度，是否影響未來的股票市場的報酬率與股市價值。2. 資訊科技的發展與企業盈餘的相關研究，如果資訊科技的投資能幫助企業占取競爭優勢，此一優勢應反應在企業的盈餘或銷售成長上。

研究結果證實資本投入對股市報酬率與股市價值有正面之影響，亦即藉由資訊科技之資本投入，有助於提高股市報酬率與股市價值；對個別上市公司而言，則資訊科技之資本投入最多的

² 另有許多學者研究無形資產投資與股價的關係，如 Hall (1993, 1998)、Megna and Klock (1993)、及 Szewczyk, et al. (1996)，其中無形資產包括資訊科技的發展與研究。

公司,其每股盈餘顯著大於其他同產業之公司,換言之,資訊科技之資本投入必須達到某一規模,始能發揮功能。

本研究第二部份將討論研究方法與資料;第三部份呈現研究結果;最後則是結論。

二、研究方法與資料

為探討資訊產業投資對股票市場之影響,本研究擬使用向量自我迴歸(Vector AutoRegression, VAR)檢定其間的關係³。在動態經濟模型中,很難直接推論經濟變數間的因果關係,因為本期的因,在下期即可能變成其他變數的果,例如整體消費額度將影響國民所得,但國民所得亦將影響下期的整體消費。因此使用一般迴歸方法將無法得到正確的因果關係。

向量自我迴歸係 Sims(1980)首先提出,其最大優點在於使用動態觀念,把所有可能的經濟變數均納入模型中,再經由參數估計以推論變數間的彼此關係,也因此避開了主觀的認定。亦即

$$y_t = m + \Gamma_1 y_{t-1} + \dots + \Gamma_p y_{t-p} + e_t \quad (1)$$

其中 y_t 是在 t 期的經濟變數,包括有:股市報酬率、資本投入、上市公司資產、上市公司營業收入、上市公司每股盈餘、國內生產毛額、股市價值、與股市增資總額; m 是常數項; Γ_i 是 8×8 的估計參數矩陣; e_t 是殘差項。在方程式(1)中,可看出所有相關之前期經濟變數與股票市場變數均出現在模型中的解釋變數,因此可規避人為主觀之意見。

其中參數矩陣 Γ_i 係使用最大概似估計法(Maximum Likelihood Estimation)加以估計,個別變數對其他變數影響之顯著程度,可用 t 檢定或 Wald 檢定來推論。

在方程式(1)中,部份變數並未完全滿足 White Noise 的特徵,因為有某些變數呈單根型態,因此可能使所估計之參數發生偏誤。在變數呈單根型態下,為驗證變數間之關係, Johansen(1991)提出 Cointegration Analysis⁴,若方方程式(1)中,部份變數呈單根型態,經差分運算後得

³ 有關向量自我迴歸之詳細推導過程與估計,請參閱 Sims (1980)。

⁴ 有關 Cointegration Analysis 之詳細推導過程與估計,請參閱 Johansen (1991)。

$$\Delta y_t = \mathbf{m} + \Pi_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \Pi_p \Delta y_{t-p} + \Phi y_{t-1} + \mathbf{e}_t \quad (2)$$

其中 Δ 表一階差分, Π 與 Φ 皆是 9×9 的估計參數矩陣, 若變數呈單根型態, 經差分後將呈 White Noise, 因此若 Φ 可表現呈

$$\Phi = \mathbf{a}\mathbf{b}' \quad (3)$$

其中 \mathbf{a} 與 \mathbf{b} 皆是 $9 \times r$ 之矩陣, 若 $\mathbf{b}'y_t$ 呈 White Noise, 則有 r 個變數間必存有長期關係, 一般 \mathbf{b} 被稱為 Cointegration Vector。亦即變數雖呈單根型態, 但變數間經線性組合後, 有 r 個線性組合呈 White Noise。

\mathbf{a} 與 \mathbf{b} 的估計, 一樣使用最大概似估計法, 對長期關係之檢定, Johansen (1991) 建議使用 Trace 與 I_{Max} 統計量, 即

$$Trace = -T \sum_{i=q+1}^n \ln(1 - \hat{I}_i) \quad (4)$$

$$I_{Max} = -T \ln(1 - \hat{I}_{q+1}) \quad (5)$$

其中 T 是樣本數, \hat{I}_j 是第 j 個 Eigenvalue, 共有 n 個 Eigenvalue, 而 q 是所要驗證是否存有長期關係之變數個數。

本研究所使用的資料, 總體經濟變數來自於教育部電子計算機中心的 AREMOS 經濟統計資料庫中的 NIAA 資料庫, 股票市場之資料來自於台灣經濟新報文化事業股份有限公司之上市上櫃資料庫, 資料期間從 1981 至 1998 的年資料, 使用年資料的原因在於該資料庫的某些資料, 如每股盈餘與營業收入只有年資料。其中台灣經濟新報文化事業股份有限公司之上市上櫃資料庫選取了所有電子公司的資料, 共有 1027 家上市公司, 由於本研究係探討整體資訊科技投資對股票市

場之影響，因此對所有電子公司使用簡單平均，以取得資本投入、上市公司資產、上市公司營業收入、上市公司每股盈餘、與股市增資總額之年資料。

其中資本投入資料，由於缺少直接之數據，只能使用估計方法，本研究使用一般經濟生產函數之要素投入方法，以機器設備資產額度之遞延加以估計，亦即

$$I_t = 0.4A_{t-1} + 0.3A_{t-2} + 0.2A_{t-3} + 0.1A_{t-4} \quad (6)$$

其中 I_t 係資本投入在 t 期之額度， A_{t-1} 係機器設備資產在 $t-1$ 期之額度。此種方法與一般折舊方法並不一樣，方程式(6)重視的是機器設備資產對生產的貢獻程度，其中僅選擇遞延 4 期主要在於反應資訊科技產品之較短的生命週期。

圖一可看出各變數在資料期間之變化情形，在甲部份可看出，股市報酬率與每股盈餘之長期關係。在乙部份則顯示了資本投入、上市公司資產、上市公司營業收入、國內生產毛額、股市價值的長期趨勢，其中資本投入在 1990 年代開始大幅增加，但資產總額增加且有限，其他變數包括上市公司營業收入與國內生產毛額也都在 1990 年代有顯著的增加，而股市價值則呈穩定成長。表一則顯示各變數的基本統計量，包括平均值、標準差、偏態係數、峰態係數 Kolmogorov-Smirnov 常態分配檢定、與 Dickey-Fuller 單根(Unit root)檢定，由於變數間的 Scale 差異過大，本研究對資本投入、上市公司資產、上市公司營業收入、國內生產毛額、股市價值、與股市增資總額使用自然對數。在 Kolmogorov-Smirnov 常態分配檢定中，上市公司營業收入與增資總額顯著拒絕常態分配；而 Dickey-Fuller 單根(Unit root)檢定則顯示上市公司資產、上市公司營業收入、與國內生產毛額無法拒絕單根的存在。

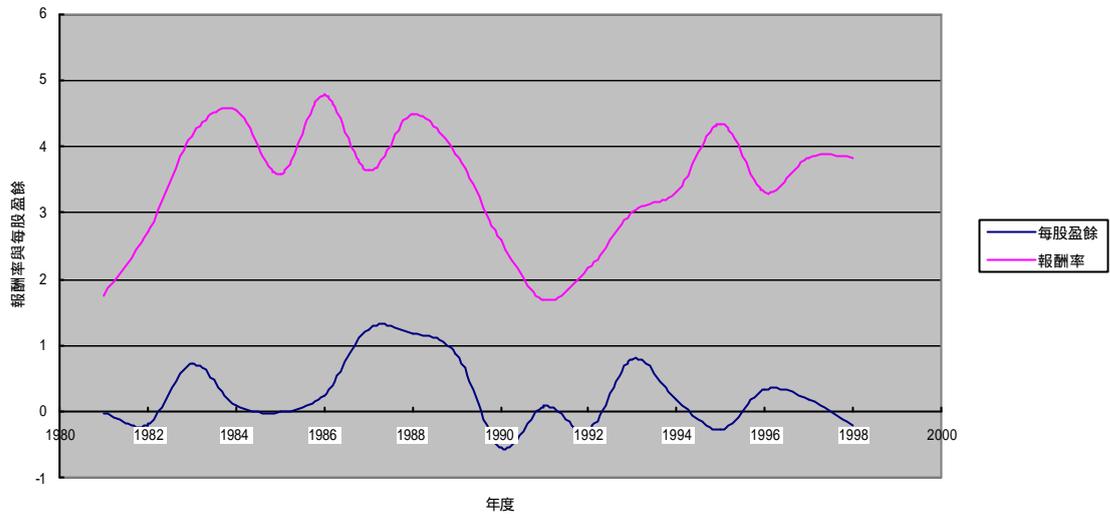
三、實證結果

3.1 向量自我迴歸

表二呈現了向量自我迴歸的估計結果，其中小括號表 t 統計量，而中括號表示 Wald 統計量。就影響股市報酬率而言，達 5%顯著水準的變數有：資本投入量、上市公司營業收入、上市公司

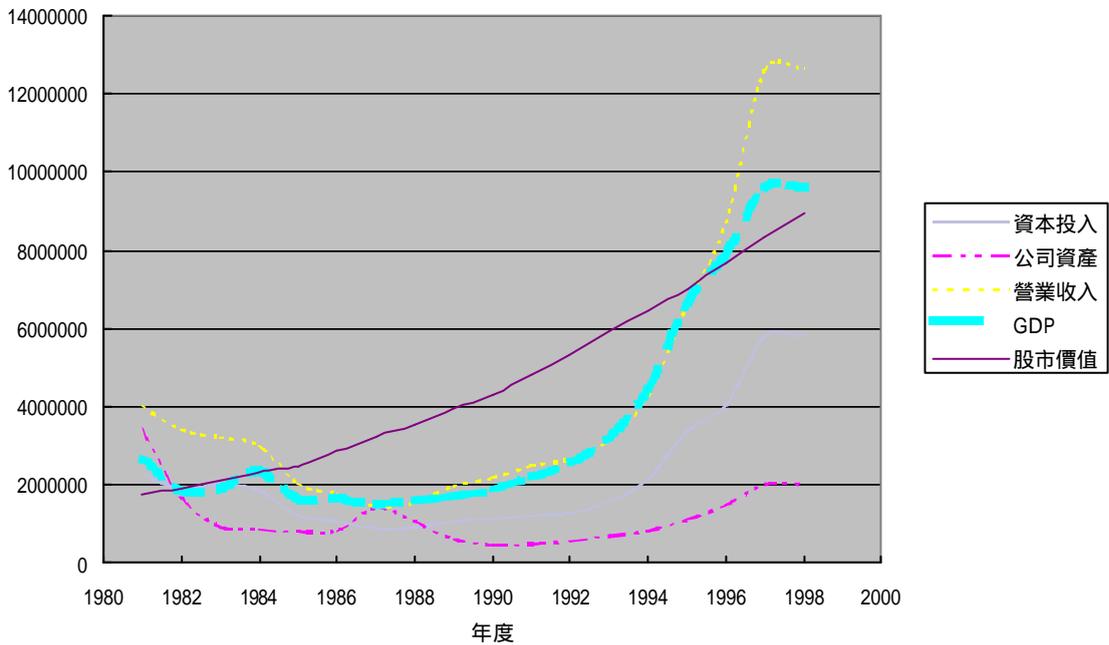
圖一、變數在資料期間之變動趨勢

甲、股市報酬率與每股盈餘



乙、其他變數

數列一是資本投入，數列二是上市公司資產，數列三上市公司營業收入，數列四是國內生產毛額，數列五是股市價值。



每股盈餘、與國內生產毛額，由此可見資本投入量對整體股票市場之報酬有顯著影響，而資產總額、股市價值與增資總額則對整體股票市場之報酬沒有顯著影響。而影響資本投入量的僅有其本

身過去之額度，顯示資本投資的自發性。對資產總額、營業收入、與每股盈餘而言，則沒有任何變數可解釋其變動情形。

表一、基本統計量

統計量	股市報酬率	資本投入	資產	營業收入	每股盈餘	國內生產毛額	股市價值	增資總額
平均	0.2470	13.833	15.040	14.874	3.422	15.216	16.454	11.291
標準差	0.5192	0.541	0.668	0.649	0.943	0.529	2.440	5.179
偏態	0.6531	0.558	0.845	0.965	-0.510	-0.075	-0.808	0.734
峰態	-0.4686	-0.120	-0.153	-0.562	-0.663	-1.312	0.011	-1.698
Kolmogorov-Smirnov	0.1687	0.130	0.163	0.210*	0.122	0.103	0.159	0.398*
Dickey-Fuller	-20.323*	-7.830*	-3.061	-2.016	-11.801*	-2.016	-10.345*	-11.236*

*達 5%顯著水準。

從表二可看出股市價值對國內生產毛額有顯著之影響，股市價值反應出一經濟地區資本市場之成長情形，因此理所當然對國內生產毛額有顯著之影響。但另一方面，國內生產毛額對股市價值也有顯著之影響，對股市價值有顯著之影響之另一變數是資本投入。而對股市增資總額之影響因素有：股市報酬率、資本投入、國內生產毛額、股市價值、與前期之股市增資總額，股市報酬對整體股市增資之正面影響在此又得到印證。

整體而言，電子上市公司之資本投入對股市報酬率、股市價值、與增資總額有顯著之影響。

3.2 Cointegration 分析

Cointegration 的分析結果列於表三，從表中之 Trace 與 I_{Max} 統計量可知，實證結果無法拒絕 $r \leq 2$ 之虛無假設，亦即至少有二個變數存有長期關係。當然由上述分析無法直接推論那二個變數存有長期關係，但從表二之向量自我迴歸結果推論，最可能之變數應該是資本投入與股市

報酬率，在資訊科技的投資下，造成股市之成長，也間接助長股市報酬。但本研究之研究期間僅至 1998 年，因此並未納入 1999 年起的股市泡沫破滅之影響，使本研究之推論效率受限。

表二、向量自我迴歸參數估計

變數	股市報酬率	資本投入	資產	營業收入	每股盈餘	國內生產毛額	股市價值	增資總額
股市報酬率	-0.364 (-1.179) [1.390]	152.6 (3.846) [14.79]*	69.47 (0.852) [0.725]	-293.7 (-2.739) [7.501]*	22.207 (2.601) [6.764]*	614.2 (4.261) [18.15]*	-59.876 (-1.474) [2.174]	-117.2 (-1.302) [1.695]
資本投入	0.000 (0.132) [0.018]	0.647 (2.451) [6.008]*	-0.247 (-0.455) [0.207]	0.413 (0.578) [0.335]	0.066 (1.165) [1.358]	1.561 (1.628) [2.651]	-0.388 (-1.438) [2.067]	-0.215 (-0.359) [0.129]
資產	0.002 (0.960) [0.922]	-0.139 (-0.526) [0.276]	0.560 (1.032) [1.065]	0.414 (0.581) [0.338]	-0.044 (-0.774) [0.600]	-0.454 (-0.474) [0.225]	-0.454 (-0.487) [0.237]	0.496 (0.828) [0.686]
營業收入	0.003 (1.800) [3.238]	-0.322 (-1.326) [1.758]	0.069 (0.137) [0.019]	0.696 (1.061) [1.125]	-0.008 (-0.145) [0.021]	0.068 (0.077) [0.006]	-0.406 (-1.633) [2.665]	0.677 (1.230) [2.665]
每股盈餘	0.016 (1.850) [3.425]	-0.303 (-0.274) [0.075]	-0.363 (-0.160) [0.026]	-0.292 (-0.098) [0.010]	0.425 (1.786) [3.189]	1.067 (0.266) [0.071]	-2.207 (-1.952) [3.810]	2.325 (0.928) [0.861]
國內生產毛額	0.001 (0.863) [0.746]	-0.023 (-0.839) [0.705]	-0.015 (-0.265) [0.070]	-0.058 (-0.784) [0.614]	0.010 (1.718) [2.951]	0.988 (9.973) [9.476]*	-0.062 (-2.222) [4.939]*	0.105 (1.711) [2.928]
股市價值	-0.001 (-0.132) [0.017]	0.853 (2.142) [4.591]*	-0.200 (-0.244) [0.060]	-1.280 (-1.189) [1.412]	0.145 (1.690) [2.857]	4.156 (2.872) [8.248]*	0.085 (0.209) [0.044]	-0.272 (-0.302) [0.091]
增資總額	-0.003 (-3.973) [15.78]*	0.465 (5.747) [33.03]*	0.326 (1.955) [3.822]	-0.130 (-0.592) [0.351]	0.007 (0.377) [0.143]	2.165 (7.358) [54.14]*	0.540 (6.512) [42.41]*	-0.644 (-3.508) [12.30]*

*達 5%顯著水準。

3.3 變異數分析

儘管總體資料證實資本投入對股市報酬率、股市價值、與增資總額有顯著之影響，但由於資訊科技公司眾多，資訊科技的資本投入，對上市公司之每股盈餘是否有直接幫助並未得到證實，因此本研究使用變異數分析，以分析上市公司的資本投入是否會對其每股盈餘產生正面影響。

表三、Cointegration 分析結果

Eigenvalue	I_{Max}	Trace	$H_0 : r$	I_{Max} 95%	Trace 95%
1.0000	NA	NA	7	32.26	149.99
0.9988	107.70*	258.56*	6	28.36	117.73
0.9622	52.42*	150.87*	5	24.63	89.37
0.9291	42.34*	98.44*	4	20.90	64.74
0.8757	33.36*	56.10*	3	17.15	43.84
0.4933	10.88	22.74	2	13.39	26.70
0.3466	6.81	11.87	1	10.60	13.31
0.2710	5.06	5.06	0	2.71	2.71

*達 5%顯著水準。

表四呈現變異數分析的結果，在 1027 家上市公司中，有 12 家之資料並不齊全 (Missing value)，因此並未被納入驗證。本研究所使用之變異數分析模型，其中因變數是每股盈餘，解釋變數有：資本投入、資產總額、與營業收入。從表三可看出此三種解釋變數對每股盈餘有顯著影響，其 p 值達 0.14%。但若從表三乙部份之迴歸結果看來，可明顯看出僅資本投入對每股盈餘有顯著之影響，而資產總額與營業收入並未達 5%顯著水準。

由於上市之電子公司達 1027 家，上述分析可能會受到極端值之影響，且家數過多，難以做多重比較，也很難斷定資本投入之影對每股盈餘之影響是正面還是反面。因此本研究先對 1027 家上市電子公司依資本投入由大排到小，依家數分成 5 個投資組合，再使用變異數分析資本投入是否會對其每股盈餘產生正面影響。

表四、變異數分析結果 --- 以個股為分析對象

甲、總表

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	3	122599.985	40833.662	5.25	0.0014
Error	1012	7877089.548	7783.685		
Corrected Total	1015	7999590.533			

乙、迴歸分析表

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
資本投入	1	30895.289	30895.289	3.97	0.0466
資產	1	5992.260	5992.260	0.77	0.3805
營業收入	1	6201.934	6201.934	0.80	0.3723

其結果顯示在表五，整體來講，資本投入、資產總額、與營業收入對每股盈餘影響並未達顯著水準，其 p 值僅達 14.5%。若以表五乙部份之迴歸結果看來，可明顯看出僅資本投入對每股盈餘之影響達 10%顯著水準，而資產總額與營業收入並未達任何顯著水準。

由丙部份之多重比較看來，僅有資本投入最多的投資組合之每股盈餘與其餘投資組合有顯著差異，因此對電子公司而言，資本投入對每股盈餘確有正面影響，但也必須達某一水準，此一投資始能發揮效果，因為資本投入第二的投資組合之每股盈餘，雖然與其他投資組合沒有顯著差異，但其平均每股盈餘最少。

從變異數分析的結果，可推論對資訊科技之資本投入額度，對電子公司之每股盈餘確有顯著影響，因為從個股的分析看來，資本投入額度對電子公司每股盈餘之影響非常顯著，但其影響方向尚無法斷定。從投資組合的分析可知，資本投入額度對電子公司每股盈餘之影響效果降低，這是因為並不是資本投入額度越大，其每股盈餘將越高，只有資本投入額度最大的投資組合有顯著較大之每股盈餘，其餘投資組合並沒有顯著差異。由此可知，資本投入額度必須大到某一程度，其效果始能顯現。

表五、變異數分析結果 --- 以投資組合為分析對象

甲、總表

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	6	20.925	3.488	1.68	0.145
Error	50	103.626	2.073		
Corrected Total	56	124.551			

乙、迴歸分析表

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
資本投入	4	20.229	5.057	2.44	0.059
資產	1	0.096	0.096	0.05	0.830
營業收入	1	0.601	0.601	0.29	0.593

丙、Duncan 多重比較表

Duncan 組群	每股盈餘平均	樣本數	投資組合
A	4.719%	8	第一
B B	3.268%	11	第三
B B	3.159%	17	第五
B B	3.059%	13	第四
B B	2.685%	8	第二

四、結論

本研究主要探討資訊科技與股票市場的關係，主要有：1. 資訊科技的資本投入對股票市場的報酬率與股市價值之影響，亦即資訊科技公司對資本投入之程度，是否影響未來的股票市場的報酬率與股市價值。2. 資訊科技的發展與企業盈餘的相關研究，如果資訊科技的投資能幫助企業占取競爭優勢，此一優勢應反應在企業的盈餘或銷售成長上。

研究結果證實資本投入對股市報酬率與股市價值有正面之影響，亦即藉由資訊科技之資本

投入，有助於提高股市報酬率與股市價值；對個別上市公司而言，則資訊科技之資本投入最多的公司，其每股盈餘顯著大於其他同產業之公司，換言之，資訊科技之資本投入必須達到某一規模，始能發揮功能。

參考文獻

- Ahituv, N. and R. Giladi (1993), "Business success and information technology: Are they really related," Proceeding of the 7th Annual Conference of Management IS, Tel Aviv University, Israel.
- Beede, D. and S. Montes (1997), "Information technology's impact on firm structure: A cross-industry analysis," Working Paper.
- Bharadwaj, A. (2000), "A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation," *MIS Quarterly*, Vol.24, No.1, pp.169-196.
- Bharadwaj, A., S. Bharadwaj, and B. Konsynski (1999), "Information technology effects on firm performances as measured by Tobin's q," *Management Science*, Vol.45, No.7, pp.1008-1024.
- Brynjolfsson, E. and L. Hitt (1993), "Is information systems spending productive? New evidence and new results," Proceedings of the 14th International Conference on Information Systems, Orlando.
- Brynjolfsson, E. and L. Hitt (1993), "Information technology as a factor of production: The role of differences among firms," *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.3, No.4, pp.183-200.
- Clemons, E. "Evaluation of strategic investments in information technology," *Communications of the ACM*, Vol.34, No.1, pp.22-36.
- Cohen, Robert (1995), "The economic impact of information technology," *Business Economics*, Vol.30, No.4, pp.21-25.
- Dos Santos, B., K. Peffer, and D. Mauer (1993), "The impact of information technology investment announcements on the market value of the firms," *Information Systems Research*, Vol.4, No.1, pp.1-23.
- Lichtenberg, F. (1996), "The output contributions of computer equipment and personal: A firm-level analysis," *Nation Bureau of Economic Research*, Working paper No.4540.
- Greenwood, J. and B. Jovanovic (1999), "The information-technology revolution and the stock market," *American Economic Review*, Vol.89, No.2, pp.116-122.
- Hall, B. (1993), "The stock market's valuation of R&D investment during the 1980's," *American Economic Review*, Vol.83, No.2, pp.259-264.
- Hall, B. (1998), "Innovation and market value," NIESR Conference on Productivity and Competitiveness, London.
- Hand, J. (2000), "Profits, losses and the non-linear pricing of internet stocks," Working Paper,

- Kenan-Flagler Business School, University of North Carolina, Chapel Hill.
- Hanna, N., S. Boyson, and S. Gunaratne (1996), "The east asian miracle and information technology," World Bank Discussion Paper.
- Hitt, L. and E. Brynjolfsson (1996), "Productivity, business profitability, and consumer surplus: Three different measures of information technology value," *MIS Quarterly*, Vol.20, pp.121-142.
- Hobijn, B. and B. Jovanovic (2000), "The information technology revolution and the stock market: Evidence," Nation Bureau Economic Research Working Paper, No.7684.
- Huisman, K. and P. Kort (2000), "Strategic technology adoption taking into account future technological improvements: A real options approach," Center for Economic Research Working Paper, No.2000-52, Tilburg University.
- Johansen, S (1991), "Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models," *Econometrica*, 59, 1551-1580.
- Lichtenberg, F. (1995), "The output contributions of computer equipment and personnel: A firm level analysis," *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.3, No.4, pp.34-46.
- Loveman, G. (1994), "An assessment of the productivity impact on information technologies," in *Information Technology and the Corporation of the 1990s: Research Studies*, T. Allen and M. Scott Morton (eds.), MIT Press, Cambridge, MA., pp.84-110.
- Mata, F., W. Fuerst, and J. Barney (1995), "Information technology and sustained competitive advantage: A resource-based analysis," *MIS Quarterly*, Vol.19, pp.487-505.
- Megna, P. and M. Klock (1993), "The impact of intangible capital on Tobin's q in the semiconductor industry," *American Economic Review*, Vol.83, No.2, pp.265-269.
- Panayi, S. and L. Trigeorgis (1998), "Multi-stage real options: The cases of information technology infrastructure and international bank expansion," *Quarterly Review of Economics and Finance*, Special Issue III, Issues in Application.
- Roach, S. (1987), "American's technology dilemma: A profile of the information economy," Special economic study, Morgan Stanley and Co.
- Szewczyk, S., G. Tsetsekos, and Z. Zantout (1996), "The valuation of corporation R&D expenditures: Evidence from investment opportunities and free cash flow," *Financial Management*, Vol.25, No.1, pp.105-110.
- Trueman, B., M. Wong, and X. Zhang (2000), "The eyeballs have it: Searching for the value in internet stocks," Working Paper, Haas School of Business, University of California, Berkeley.
- Sims, C., (1980), "Macroeconomics and reality," *Econometrica*, 48, 1-48.
- Weil, P. (1992), "The relationship between investment in information technology and firm performance: A study of the valve manufacturing sector," *Information Systems Research*, Vol.3, No.4, pp.307-333.