

軟體開發之成本影響因素研究

林信惠

國立中山大學資訊管理研究所

李坤清

國立中山大學企業管理研究所

李明憲

財團法人資訊工業策進會

摘要

目前國內軟體專案開發者多以經驗性方法來預估軟體開發成本，但影響成本的因素繁多，一般專案開發人員常缺乏足夠經驗來判斷各因素與成本間之關係。本文旨在對重要成本因素之影響程度進行探討，本研究以具規模（資本一千萬以上）與歷史（成立三年以上）且從事訂製型軟體開發之軟體公司為母體，從20家樣本訪談結果發現：1）國外估計模式常使用之十四項成本因子，在國內開發環境中亦顯現重要影響；2）由國內專家另外提出的十三項成本因素中，除“專案人員的兩性人數比例”及“專案人員年齡結構”兩項外，其餘亦皆呈顯重要影響程度。

關鍵字：軟體開發成本估計、成本影響因素、專案管理

壹、前言

如何準確估計軟體開發成本一直是軟體專案開發成本估計與管理者所面臨的一項重要難題。目前國外提出的衆多軟體開發成本估計模式中，一般而言效度均不理想，且適用範圍常受限於其發展的時空背景與基本條件假設，因此並不完全適合在國內軟體開發環境中使用，以致現今國內軟體開發成本估計與專案管理者通常都以經驗猜測(Educated guess)方法來預估軟體開發成本。由於估計者個人經驗背景不同，即使是一個相同軟體開發專案，常會因個人對成本影響認知程度上的差異，造成估計結果極大的差異。就使用者而言，亦因對成本影響因素缺乏瞭解，而無法對不同的估計值作正確評估，以致必須擔負高成本甚至軟體開發計畫失敗的風險。

不論是要做到較準確的經驗法則估計，或是要建立一套適合國內的軟體開發成本估計模式，首先須了解那些是國內環境的軟體開發成本影響因素，以及它的重要性影響程度為何？本研究針對這項問題設計一套問卷，內容除了歸類國外成本估計模式中常使用的十四項成本因素外，再加上國內軟體開發專家之意見，羅列了十三項有關軟體專案管理上的可能影響因素共廿七項成本因素來加以探討。本研究由樣本資料統計結果發現，以國內軟體開發環境而言，一直為國外模式所刻意略去的“專案經理管理能力”因素，竟為一項極重要的影響因素，而國外模式所重視的硬體設備水準，其相對重要性反而較低。

本研究首先探討有關文獻及訪談國內專家意見，歸納出廿七項軟體開發成本的主要影響因素，其次進行問卷設計及正式訪問，並採符號檢定法、平均數及次數分配法進行訪談資料的統計，再依據統計結果，將廿七項成本因素分產品、人員、專案、環境、管理等五大屬性，逐一分析各因素的重要性程度，同時歸納各因素重要指標排名，最後提出本研究之結論及後續研究建議。

貳、文獻探討

一、參數式軟體開發成本估計模式

預估軟體發展時間及人力的模式衆多，Conte 等人根據其建構方式的不同將它分為以下四類[5]：

- (1) 歷史性—經驗性模式(Historical-Experiential Models)
- (2) 以統計為基礎之模式(Statistically-Based Models)
- (3) 以理論為基礎之模式(Theoretically-Based Models)
- (4) 綜合式之模式(Composite Models)

儘管由於每個模式建構的方式不盡相似，而各自擁有的特性也不相同，以至估計結果會有差異的發生，但其有各自存在的價值。本文摘述四種參數式成本預估模式如下：

(一) SDC模式

SDC模式為 System Development Corporation (SDC)在1960年代中期所發展出來的[10]。此模式先列舉出104個成本影響因素，再根據169個已完成之專案資料，進行統計迴歸分析，最後產生出一包括14個成本影響因素的線性統計模式：

E= - 33.3

- + 9.15 (缺乏明確需求, 0-2)
- + 10.73 (設計的穩定性, 0-3)
- + 0.51 (數學指令的百分比)
- + 0.46 (輸入 / 輸出指令的百分比)
- + 0.40 (副程式個數, 0-1)
- + 7.28 (所使用的程式語言, 0-1)
- 21.45 (商用應用軟體, 0-1)
- + 13.53 (未曾設計的程式, 0-1)
- + 12.35 (全新電腦設備開發環境, 0-1)
- + 55.82 (同時發展硬體, 0-1)
- + 0.61 (隨機存取設備的使用, 0-1)
- + 29.55 (開發機器與目標機器不同, 0-1)
- + 0.54 (人員出差的次數, 0-1)
- 25.20 (以軍隊式組織發展軟體, 0-1)

其中E的單位為人-月, 代表所預估的人力成本。

(二) Doty 模式

Doty 模式為赫德 (Herd) 等人在1977 年所發展出來的非線性統計模式[8]。一般非線性統計模式皆可表成這種型式：

$$E=(a+bSc^c)m(x)$$

其中 E (Effort) 代表成本, 單位通常為人一月或人一年。S代表軟體的規模(Size), 單位通常是千行程式碼(KLOC)。a, b, c 為常數, 其值由迴歸分析決定。m (x) 則是調整估計值的乘數, 其中 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 由 n 個成本影響因素所組成的向量。

Doty 模式即為上述非線性模式的一種, 其估計式如下：

$$E = 5.288(KLOC)^{1.047}, \text{ for } KLOC \geq 10$$

$$E = 2.060(KLOC)^{1.047} \left(\prod_{j=1}^{14} X_j \right), \text{ for } KLOC < 10$$

上式中之 $\left(\prod_{j=1}^{14} X_j \right)$ 成本影響因素包括是否需

要特別的螢幕輸出, 是否具備詳細的操作需求

定義, 是否採及時運作方式, 是否有中央處理機之記憶體限制與可用時間限制, 目標機器是否為全新電腦設備, 是否同時發展硬體, 是否在分時作業系統上開發, 開發地點是否超過一個以上, 程式設計師對電腦的存取是否有限度等。

(三) IBM-FSD 模式

IBM-FSD 模式為由Walston-Felix 於1977 年所提出之人員生產力估計模式[12], 其主要在預估特定專案之平均人員生產力, (單位為原始程式行數 / 人-月), 與前二模式所估計之人力成本略有不同 (事實上 Walston-Felix 另提出一以多元迴歸方式推導出之非線性統計人力成本預估模式)。在此模式中Walston 與Felix 將68個因素, 以多元線性迴歸方式分析出與人員生產力有重要相關的 29 個成本因子 (cost driver)。包括：

1) 客戶介面複雜度, 2) 使用者參與需求定義, 3) 客戶導致程式設計變更, 4) 客戶具有該專案應用領域的經驗, 5) 全部人員的經驗與素質, 6) 程式師參與功能規格設計的百分比, 7) 具有操作該型電腦的經驗, 8) 具有使用該程式語言的經驗, 9) 具有類似或更大而複雜應用系統的經驗, 10) 開發期間平均專案組織的規模(人/月), 11) 同時發展硬體, 12) 特別需求下, 發展電腦存取與開機, 13) 發展電腦存取與關機, 14) 電腦與25% 程式、資料的安全環境分級, 15) 結構化程式設計, 16) 設計與檢查程式碼, 17) 由上而下的發展, 18) 採用主程式設計師小組, 19) 所發展程式的總複雜度, 20) 應用程式處理的複雜度, 21) 程式流程的複雜度, 22) 程式設計的總限制, 23) 程式設計的主記憶體限制, 24) 程式設計的時間限制, 25) 及時或交談式或有執行時間限制的程式編碼, 26) 程式交付的百分比, 27) 程式中為非數學應用程式與輸出入格程式的比例, 28) 每千行程式中, 平均所需使用的資料項類別數, 29) 每千行程式中, 平均所需交付的文件頁數。

(四) COCOMO 模式

COCOMO 模式(Constructive Cost Model) 模式為 Boehm 在 1981 年提出之綜合式模式 [4]。一般綜合式模式為由解析方程式、線性或非線性模式的統計資料與專家判斷等組合而得模式估計值。COCOMO 模式依據軟體屬性分成三種預估人力成本解析方程式：

1. 基本型(Organic Mode)^{°X}指需求明確穩定, 專案小組對該類型軟體已有相當的熟悉程度, 而且發展環境少受限制的條件下, 其方程式如下：

$$E_{nom} = 3.2(KLOC)^{1.05}$$

2. 內嵌型(Embedded Mode)一指需求不明確, 專案小組對該類型軟體特性不瞭解, 且必須在硬體與軟體緊密結合及嚴格績效限制的環境下發展, 其方程式如下：

$$E_{nom} = 2.8(KLOC)^{1.20}$$

3. 半隔離型(Semi-detached Mode)一介於上二型軟體開發環境特性者, 歸類為半隔離型, 其方程式如下：

$$E_{nom} = 3.0(KLOC)^{1.12}$$

其中 E_{nom} 表人力成本預估值, 單位為人-月。

此三種預估方程式, 須再乘以調整乘數後, 才得出實際的人力成本估計值, 其估計式型式如下：

$$E = \alpha(KLOC)^\beta \left(\prod_{j=1}^{15} X_j \right)$$

上式中調整乘數 $\left(\prod_{j=1}^{15} X_j \right)$ 的求法為由多位

專家針對個別成本因子, 透過腦力激盪的方式, 決定出各個成本因子的級距所在, 而對照成本因子乘數表(表一) 得出各個成本因子的適當乘數, 再將這些成本因子乘數累乘即得調整乘數值。

Boehm [4] 除將上述之成本因子分類成規模、程式、電腦、人員、專案五大屬性, 並比較四種成本估計模式所考慮之成本因子如表二。

表一：COCOMO 成本因子乘數表

	屬性因素	非常低	低	正常	高	非常高	異常高
產 品 屬 性	所需軟體可靠度	0.75	0.88	1.00	1.15	1.40	--
	資料庫的規模	--	0.94	1.00	1.08	1.16	--
	產品的複雜度	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30	1.65
電 腦 屬 性	執行時間的限制	--	--	1.00	1.11	1.30	1.66
	主儲存體的限制	--	--	1.00	1.06	1.21	1.56
	開發環境的變動性	--	0.87	1.00	1.15	1.30	--
	電腦反應時間	--	0.87	1.00	1.07	1.15	--
人 員 屬 性	分析師能力	1.46	1.19	1.00	0.86	0.71	--
	開發同類軟體經驗	1.29	1.13	1.00	0.91	0.82	
	同類開發環境經驗	1.42	1.17	1.00	0.86	0.79	
	程式設計師能力	1.21	1.10	1.00	0.90	--	--
	程式語言使用經驗	1.14	1.07	1.00	0.95	--	--
專 案	所使用的設計方法	1.24	1.10	1.00	0.91	0.82	--
屬	所使用的軟體工具	1.24	1.10	1.00	0.91	0.83	--
性	所需開發時程	1.23	1.08	1.00	1.04	1.10	--

(五) 雛型發展模式

除上述適用於傳統SDLC之軟體開發方法之成本估計模式外Balda和Gustafson [3]也提出適用於雛型開發法之改良模式如下：

$$E = aP^b + aI^b + aT^b$$

上式中P為初期雛型之程式規模，I為反覆過程(iterative process)中所新增與修改之程式規模，T則為轉換到交貨軟體之程式規模，a與b則為COCOMO模式中程式規模轉換至人力規模公式中之參數。

(六) 高階語言估計模式

由於使用之電腦語言會影響開發成本，不同語言間之轉換比例Gaffney [7]及Jones [9]均有研究之報導，然均止於第二代語言與第三代

語言。由於第四代語言仍無標準，且應用之領域較為狹窄，難以找出通則。

二、專案管理課題

Thayer等人[11]在1981年根據對過去文獻的探討，整理出20項軟體專案管理進行時的重要課題，並依規劃、組織、任用、領導、控制等五類管理問題加以分類，此五類專案管理課題所包含的項目如下：

(一) 規劃課題

- 需求規劃 (Plan Requirement)
- 成功產品的規劃 (Plan Success)
- 專案規劃 (Plan Project)
- 軟體成本規劃 (Plan Cost)

- 開發時程規劃(Plan Schedule)
- 軟體設計規劃(Plan Design)
- 軟體測試規劃(Plan Test)
- 可維護軟體的規劃(Plan Maintainable Software)
- 品質保證規劃(Plan Warranty)
- 專案控制的規劃(Plan Control)

表二：BOEHM 成本因素分類表

屬性因素	SDC	Doty	IBM-STD	COCOMO	
規模屬性	原始碼指令數		√	√	
	目的碼指令數	√	√		
	子程式數目	√			
	資料項數目			√	
	文件規模		√	√	
程式屬性	人員數目		√		
	軟體型式	√	√	√	
	複雜度			√	
	所使用的程式語言	√			
	重覆使用性				√
所需的可靠度				√	
電腦屬性	執行時間的限制		√	√	
	儲存體的限制		√	√	
	硬體架構	√			
	同時發展硬體	√	√	√	
人員屬性	個人能力		√	√	
	人員參與的持續性		√		
	曾在同類硬體上開發的經驗	√	√	√	
	曾開發過同類軟體的經驗			√	
	程式語言使用的經驗			√	
專案屬性	所使用的工具與技術		√	√	
	與顧客的介面	√		√	
	需求定義的程度	√	√	√	
	需求更動的程度	√	√	√	
	開發時程				√
	所需保密程度			√	
	對電腦與週邊設備的存取需求		√	√	√
產品需重新安裝予實際工作機器上	√	√			

(二) 組織課題

- 專案組織的型式(Organization Type)
- 專案組織的責任劃分(Organization Accountability)

(三) 任用課題

- 專案經理的任用 (Staffing Project Managers)

(四) 領導課題

- 管理者的領導技術(Direct Techniques)

(五) 控制課題

- 專案進度的控制(Control Visibility)
- 可靠度的控制(Control Reliability)
- 維護性的控制(Control Maintainability)
- 品質的控制(Control Goodness)
- 開發人員生產力的控制(Control Programmers)
- 專案追蹤複核的控制(Control Tracing)

參、研究方法

一、概念架構

本文建立的研究架構包含成本影響因素分類架構及專案管理環境架構兩部份。茲分述如下：

(一) 成本影響因素分類架構

本研究在綜合 Boehm [4]與 Ferens [6]的分類架構，現今的開發環境，以及實地訪問專家的意見後，提出一包括產品、人員、專案、環境與管理五屬性的分類架構，各屬性所包含的成本影響因素如下：

1. 產品屬性

- 軟體的規模
- 專案的複雜度

- 產品品質的要求

2. 人員屬性

- 專案人員經驗
- 專案人員個人能力
- 專案人員離職程度
- 專案人員學習能力

3. 專案屬性

- 專案開發時程
- 專案預算水準
- 硬體設備水準
- 軟體設備水準
- 專案組織的規模
- 專案人員中兩性人數的比例
- 專案人員年齡結構

4. 環境屬性

- 使用單位的行政複雜度
- 使用者參與程度
- 使用者需求更改的程度
- 所牽涉開發新技術的成熟度
- 專案人員的待遇水準

5. 管理屬性

- 各開發階段人力的分配
- 各開發階段時程的分配
- 專案人員的合作關係
- 專案人員的技術訓練
- 專案管理者的領導統御
- 專案人員的工作激勵
- 專案的建構管理
- 專案的品質保證

本架構屬性分類原則如下：

1. 在Boehm的分類架構中，規模屬性部份（表2），除人員數目外，其餘5項皆與最終產品（包括程式與文件）的數量規模有關，故本研究將之歸類至“軟體開發專案的規模”一項。而在程式屬性上由於本研究的軟體對象為訂製型應用軟體，所以將軟體型式一項予以剔除，並將可重複使用性與所需的可靠度予以歸入“產品品質的要求”一項，所使用的程式語言則歸併入“專案的複雜度”一項中，最後將規模屬性與程式屬性合併而成架構中的產品屬性。
2. 架構以人員、專案與環境三屬性對應於Boehm之人員與專案二屬性。而人員、專案與環境三屬性的區隔原則為有關專案人員個人特質之成本影響因素歸類於人員屬性下，有關於專案特徵與專案內部特性之成本影響因素歸類於專案屬性下，其餘專案外部環境之成本影響因素則皆歸類至環境屬性中。
3. 在Boehm因素歸類表（表二）中，四種模式最晚提出的COCOMO模式距今也已有十年之久，是以當時列為必要考慮的硬體因素之重要性程度已相形降低，由於本研究所針對的軟體對象為訂製型應用軟體，經實地訪問專家的意見後，決定刪除硬體屬性因素。
4. 專案管理成效的差異將影響到實際開發成本，但各參數式成本估計模式卻皆未將管理性因素列入其中，原因在於參數定義難以界定及量化，本研究由於不牽涉到量化問題，將管理屬性列入本架構中，並經由訪談資料分析結果來驗證其重要性。至於

管理屬性下所包含的項目，由於缺乏文獻資料提供，本文遂根據管理功能理論之規劃、組織、領導與控制四大功能，每一功能參照專家意見列舉二項，總計八項管理屬性成本影響因素。

（二）專案管理環境架構

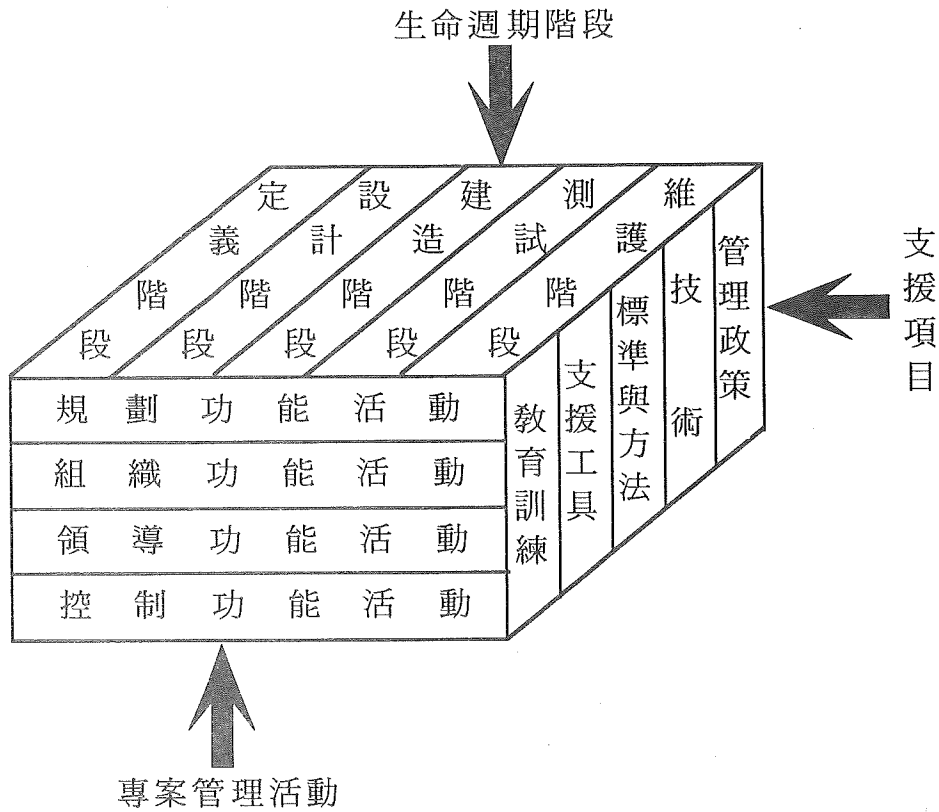
根據在成本影響因素分類架構中管理屬性因素對軟體開發成本有顯著影響性的假設，本研究認為有必要對目前軟體公司進行的專案管理活動做一番現況調查，在此前提下，本研究乃提出一專案管理環境架構以為探討專案管理活動時之理論基礎。此架構導源於文獻探討中的軟體開發環境模式，在該模式中由三個維度：生命週期階段、工作活動及支援項目所組成，其中工作活動維度又區分成專案管理活動與專案發展活動二部分。本架構主要集中於專案管理活動部分（圖一）。

二、研究步驟與流程

為驗證成本影響因素分類架構中對各成本影響因素重要性的假設，及調查專案管理活動進行時所遭遇的困難與其原由，本研究設計了一份半結構型問卷用以收集資料。樣本的選取，資料的收集方法與問卷回收狀況及資料的分析方法敘述如下：

（一）抽樣設計

本研究母體定位於具相當規模（資本額壹仟萬元以上）與歷史（成立三年以上）並且從事訂製型應用軟體開發的軟體公司，而從每一軟體公司樣本中擇取一位主持過具相當規模，且以傳統生命週期開發方式來從事訂製型應用軟體開發的資深專案經理為調查對象。



圖一：軟體專案管理環境模式

資料來源由中華民國資訊軟體協會會員名錄[1]中篩選出合乎本研究母體條件的軟體公司共48家，做為本研究的抽樣對象。所以本文中所提“軟體公司”一詞，若無特別說明，即是指合乎本研究母體條件的軟體公司。

(二) 資料收集方法

由於本研究重點之一在於收集每個樣本包括態度經驗與看法的資料。而且因母體樣本數少，故採調查訪問法。又因調查訪問法需耗費相當人力與時間，所以抽樣方法採立意抽樣，取母體公司設籍在台北市的24家公司為研究樣本。

(三) 樣本狀況

本研究訪談進行期間自80年1月28日，80年至年2月8日止，總共電話連絡24家，實際有效樣本數為20份，佔母體樣本數的41.7%。

(四) 資料分析方法

在測量成本影響因素被認知程度時使用序列尺度 (Ordinal Scale)，所以本研究採用無母數統計法 (Nonparametric Statistics) 中之符號檢定法來檢定樣本中對各項成本影響因素的重要性認知程度有無一致的趨向。此外平均數及次數分配也用於資料分析，以輔助符號檢定之不足。

開放問卷部份則從訪談錄音帶所記錄的內容中，歸納整理出各成本影響因素影響開發成本的層面與執行各專案管理活動遭遇困難的背後原因。

肆、成本影響因素重要性分析

本節依成本影響因素五大屬性分別探討每一屬性下各項成本影響因素的重要性程度，並歸納受訪者對該類屬性因素影響開發成本層面的意見。

一、產品屬性

產品屬性包括軟體開發專案的規模、專案的複雜度與產品品質的要求三項因素，各項因素的重要性程度在5%的顯著水準下，其符號檢定為一致性顯著，如表3第1-3項，表示各項因素對軟體開發成本的影響皆有顯著的重要程度。

產生屬性各項因素的樣本資料與分析結果，說明如下：

(一) 軟體開發專案的規模

軟體開發專案的規模包括原始碼、目的碼的長度，資料庫的大小，子程式、輸出格式與文件的數量等。此因素傾向非常重要。

(二) 專案的複雜度

專案的複雜度包括軟體的邏輯、資料結構，演算法的因難度及輸入／輸出的介面等。此因素傾向重要。

(三) 產品品質的要求

產品品質的要求意指使用者對諸如正確性、可靠性、效率、完整性、維護性、適應性、可測性、可攜性、可用性、重用性與交互作用

性等軟體品質特性的需求程度。此因素傾向重要。

產品屬性因素對軟體開發成本的影響除了程度的高低外也有一些可供參考者。首先，專案規模愈大與複雜時，使用者能完整定義其系統需求的機會則愈低，在無法窺出專案的大致範圍時，往往產生成本與時程的錯估，而此錯估往往是過於樂觀的低估。此外，軟體的控制邏輯、資料結構、模組間的耦合程度與輸出入介面愈趨複雜時，其測試與整合的成本將呈非線性的成長。而軟體品質要求愈高，建構管理程序控制、品質保證制度、測試資料與程序確認驗證活動等所需之人力時程，也將呈非線性增加。

二、人員屬性

人員屬性包括專案人員經驗、專案人員個人能力、專案人員學習能力與專案人員離職程度四項因素，各項因素的重要性程度在5%的顯著水準下，其符號檢定為一致性顯著，如表3第4-7項，此表示各項因素對軟體開發成本的影響皆有顯著的重要程度。各項因素之說明如下：

(一) 專案人員經驗

專案人員經驗包括專案人員有無開發過相類似系統與在相類似環境（包括硬體設備與支援工具等）上開發系統的經驗。此因素傾向重要。

(二) 專案人員個人能力

專案人員個人能力指專案人員在各別職務上所具備的專業素養。此因素傾向重要。

表三：受訪者對各屬性因素重要性程度看法之一致性檢定表

檢定參數 成本影響因素	"+"：普通 程度以上人次	"-"：普通 程度以下人次	N 值	S 值	符號檢定 值
1.軟體開發專案的規模	20	0	20	0	0.0000*
2.專案的複雜度	20	0	20	0	0.0000*
3.產品品質的要求	18	1	19	1	0.0000*
4.專案人員經驗	20	0	20	0	0.0000*
5.專案人員個人能力	19	0	19	0	0.0000*
6.專案人員離職程度	18	0	18	0	0.0000*
7.專案人員學習能力	20	0	20	0	0.0000*
8.專案開發時程	20	0	20	0	0.0000*
9.專案的預算水準	16	0	16	0	0.0000*
10.硬體設備水準	14	3	17	3	0.0064*
11.軟體設備水準	17	1	18	1	0.0001*
12.專案組織的規模	17	1	18	1	0.0001*
13.專案人員中兩性人數比例	2	15	17	2	0.0012*
14.專案人員的年齡結構	8	7	15	7	0.5
15.專案的行政複雜度	18	0	18	0	0.0000*
16.使用者參與程度	20	0	20	0	0.0000*
17.使用者需求更改程度	20	0	20	0	0.0000*
18.所牽涉開發新技術的成熟度	20	0	20	0	0.0000*
19.專案人員的待遇水準	16	2	18	2	0.0007*
20.各開發階段人力的分配	20	0	20	0	0.0000*
21.各開發階段時程的分配	20	0	20	0	0.0000*
22.專案人員的合作關係	20	0	20	0	0.0000*
23.專案人員的技術訓練	20	0	20	0	0.0000*
24.專案管理者的領導統御	20	0	20	0	0.0000*
25.專案人員的激勵方式	18	0	18	0	0.0000*
26.專案的建構管理控制	17	1	18	1	0.0001*
27.專案的品質保證施行	18	0	18	0	0.0000*

註：N值為正號加負號之和

S值為正號與負號中較小者

*表在5%水準下一致性顯著

檢定公式：
$$\sum_{n=0}^s \binom{N}{n} \left(\frac{1}{2}\right)^N$$

表四：受訪者對各成本影響因素重要程度之經驗看法統計表

	非常 重要	重要	稍重 要	普通	稍不 重要	不重 要	很不 重要	平均 得分
1.軟體開發專案的規模	15 75%	5 25%	0	0	0	0	0	6.75
2.專案的複雜度	7 35%	10 50%	3 15%	0	0	0	0	6.20
3.產品品質的要求	6 30%	7 35%	5 25%	1 5%	1 5%	0	0	5.80
4.專案人員經驗	6 30%	10 50%	4 20%	0	0	0	0	6.10
5.專案人員個人能力	4 20%	9 45%	6 30%	1 5%	0	0	0	5.80
6.專案人員離職程度	6 30%	6 30%	6 30%	2 10%	0	0	0	5.80
7.專案人員學習能力	4 20%	9 45%	7 35%	0	0	0	0	5.85
8.專案開發時程	6 30%	11 55%	3 15%	0	0	0	0	6.15
9.專案的預算水準	6 30%	5 25%	5 25%	4 20%	0	0	0	5.65
10.硬體設備水準	0	5 25%	9 45%	3 15%	2 10%	1 5%	0	4.75
11.軟體設備水準	6 30%	5 25%	6 30%	2 10%	1 5%	0	0	5.65
12.專案組織的規模	1 5%	8 40%	8 40%	2 10%	1 5%	0	0	5.30
13.專案人員中兩性人數比例	0	0	2 10%	3 15%	3 15%	11 55%	1 5%	2.70
14.專案人員的年齡結構	0	2 10%	6 30%	5 25%	1 5%	6 30%	0	3.85
15.專案的行政複雜度	4 20%	9 45%	5 25%	2 10%	0	0	0	5.75
16.使用者參與程度	10 50%	7 35%	3 15%	0	0	0	0	6.35
17.使用者需求更改程度	14 70%	3 15%	3 15%	0	0	0	0	6.55
18.所牽涉開發新技術的成熟度	6 30%	9 45%	5 25%	0	0	0	0	6.05
19.專案人員的待遇水準	1 5%	7 35%	8 40%	2 10%	1 5%	1 5%	0	5.10
20.各開發階段人力的分配	6 30%	8 40%	6 30%	0	0	0	0	6.00
21.各開發階段時程的分配	3 15%	12 60%	5 25%	0	0	0	0	5.9
22.專案人員的合作關係	5 25%	12 60%	3 15%	0	0	0	0	6.10
23.專案人員的技術訓練	2 10%	10 50%	8 40%	0	0	0	0	5.70
24.專案管理者的領導統御	17 85%	3 15%	0	0	0	0	0	6.85
25.專案人員的激勵方式	4 20%	7 35%	7 35%	2 10%	0	0	0	5.65
26.專案的建構管理控制	4 20%	10 50%	3 15%	2 10%	0	0	0	5.65
27.專案的品質保證施行	6 30%	8 40%	4 20%	2 10%	0	0	0	5.90

(三) 專案人員離職程度

專案人員離職程度包括專案人員專案進行中離職與專案完成後才去職兩種。此因素傾向重要。

(四) 專案人員學習能力

專案人員學習能力指的是專案人員學習新技術、工具與吸收新觀念、方法的快慢程度。此因素傾向重要。

由於軟體產品完全依賴專案人員腦力來開發，所以開發成本受人員屬性因素的影響重大，專案人員經驗不足或缺乏時，由於對產品特性的不熟悉，導致須付出相當的學習訓練成本及較多產品修正所衍生的成本，所以開發一不熟悉的產品相較於一熟悉的產品，在其它屬性因素條件不變下，前者所需的開發成本將高於後者。而有經驗的專案人員可以協助建立與維持開發程序準則、品質保證規範，降低嘗試錯誤的摸索時間，引導專案步入正軌運作，並具提攜資淺人員厚植公司人力資源的正面作用。

在稍具規模訂製型應用軟體的專案開發中，採用團隊合作的專案組織並不期待太多專案人員同具高水準的個人開發能力，其乃因能力愈佳者通常主觀意識愈強烈，相對地溝通妥協則降低，但專案組織擁有一兩位技術能力強的資深人員則有助於作技術仲裁、方向掌握、品質稽核與人員訓練，促使專案進行順暢。

由於專案人員在投入一新專案的開發時，必有一段了解問題、學習技術與適應環境的前置時間，此時因實際投入產品開發的時間較少，其生產力也較低，隨著時間的增長，生產力也將跟著回升以達到高峰。所以專案人員學習

及適應能力之高低，將反應於前置時間的長短。當前置時間短，則有助於開發成本的降低與開發時程的縮短。

當人員在非專案進行時離職，將造成公司寶貴資源的流失，當專案人員在專案進行時離職將嚴重影響專案開發成本，其乃因人一離職首先面臨的為是否有適當人員來負責其未盡之工作。若其遺留的工作具可分割之性質，則雖可由其餘專案人員共同分擔，但新投入人員需有相當前置時間來學習適應此新環境與瞭解前人已完成的產品架構，因而往往離職一人時所須另行投入的人力將超過一人，不但增加成本，也將延遲開發進度。此問題在專案人員離職率高與建構管理制度不完善的情況將尤其嚴重。

不管是專案人員的開發經驗、個人能力、學習能力與離職流動，受訪樣本的意見皆傾向於專案組織中階層愈高者，所須具備的經驗與能力也就愈重要，而其離職對專案開發成本造成的影響，也比其餘人員的離職來得大。

三．專案屬性

專案屬性包括軟體開發時程、專案的預算水準、硬體設備水準、軟體設備水準、專案組織的規模、專案人員中兩性人數比例與專案人員的年齡結構七項因素，其中最後兩項因素在各參數式軟體開發成本估計模式中皆未被提出，本研究根據專家實際的開發經驗，將這二因素列入專案屬性中來做一探討。結果前五項因素的重要性程度在5%的顯著水準下，其符號檢定顯示此項因素對軟體開發成本的影響並不重要。而專案人員的年齡結構的重要性程度則在

5%的顯著水準下，也沒有通過檢定。各專案屬性之說明如下：

(一) 專案開發時程

專案開發時程表示實際可開發時間與合理開發時程的差距程度對開發成本的影響。此因素傾向重要。

(二) 專案的預算水準

專案的預算水準表是專案實際獲得預算與合理開發預算的差距程度對開發成本的影響。此因素傾向重要。

(三) 硬體設備水準

硬體設備水準表示專案開發環境中硬體設備的支援程度。此因素傾向稍重要

(四) 軟體設備水準

軟體設備水準表示專案開發環境中軟體工具的支援程度。此因素傾向重要。

(五) 專案組織規模

專案組織的規模意為投入開發專案的人員數目。此因素傾向稍重要。

(六) 專案人員中兩性人數的比例

專案人員中兩性人數的比例為一較具實驗性的題目，此因素本欲探討團隊合作時性別的調合是否有助於生產力的提升。此因素傾向稍不重要。

(七) 專案人員的年齡結構

專案人員的年齡結構為專案屬性中另一較具實驗性的題目，基於年齡不能完全由經驗、處事能力、學習能力與生產力來表示，且中國倫理社會普遍存在敬老尊賢的觀念，所以本研究在此體認下來探討專案組織年齡結構團隊運作的影響性。此因素的調查結果相當分歧，沒有一致傾向的意見。

除了以上關於專案特徵的七項影響因素外，仍須考慮背後的關係。當開發時程縮短時，若縮短的時程有限，而能在編碼與單元測試等較為固定與易於工作分解的開發階段上以投入較多人力來彌補被壓縮時程的話，對開發成本的影響性尚屬輕微。但當開發時程被壓縮相當程度後，由於需求分析與系統整合的困難性與複雜性，反使專案開發無法按照正常計劃來執行而使得開發成本大幅增加。相反的，開發時程拉長時，人員士氣、意願與流動等不利因素會逐漸出現，反而將使生產力下降，因此合宜時程的掌握將有助於維持最佳平均生產力，有效地降低開發成本。

當工作量與品質需求的條件確定下，欲以偏低的預算來完成全部的工作，常會陷入與時程壓縮相似的困境。而軟體公司為避免因時程與預算的壓縮而導致之利益損失，常採縮減投入於品質保證的人力與時間方式，以求配合專案時程與預算限制，但如此犧牲品質將在往後產品維護階段上，付出極高代價。

專案開發環境中硬體設備的支援若能在使用者實際操作環境下開發，當可避免因在其它機器設備上開發之不便而導致的人員生產力降低，但近年硬體設備走向開放式系統架構，可以預見此因素的影響重要程度將日趨式微，此外，適當的軟體工具能有效提升人員生產力與產品品質，但目前夠水準的自動化工具售價皆相當昂貴，而高科技產品的生命週期短暫，在其投資報酬未達預期時即可能必須面臨工具汰舊換新的抉擇。另外新工具的引進所牽涉的人員訓練適應，與公司制度規範的修正等，皆降低了軟體公司購買自動化支援工具的意願。

專案人員的溝通方式呈網狀結構，所以當人員數增加時，其花費在溝通協調的時間將呈現非線性的增加，而導致專案組織的規模與開發成本呈現一非線性遞增關係。

四· 環境屬性

環境屬性包括專案的行政複雜度、使用者參與程度、使用者需求更改程度、所牽涉開發新技術的成熟度與專案人員的待遇水準五項因素，各項因素的重要性程度在5%的顯著水準下，其符號檢定為一致性顯著，（表3第15-20項），表示各項因素對軟體開發成本的影響皆有顯著的重要程度。各因素之說明如下：

（一）專案的行政複雜度

專案的行政複雜度意指根據專案的個別情況，使用者組織在電腦化或軟體開發的過程中所應配合之行政程序的複雜程度。此因素傾向重要。

（二）使用者參與程度

使用者參與程度指使用者在軟體開發期間必要人員的參與及配合程度。此因素傾向重要。

（三）使用者需求更改程度

使用者需求更改程度表示使用者在需求規格確定以後再予修改的次數與幅度。此因素傾向非常重要。

（四）所牽涉開發新技術的成熟度

所牽涉開發新技術的成熟度為指專案開發所須應用的新技術被使用的廣泛程度。此因素傾向重要。

（五）專案人員的待遇水準

專案人員的待遇水準表示各階層專案人員的薪資所得與同階層人員平均待遇水準的差距程度。此因素傾向稍重要。

以上關於專案開發外部環境五項影響因素的統計結果也顯示，專案開發過程中，若使用者組織的行政程序過於複雜與無效率，其所延遲的時間不僅造成此期間內人員閒置的成本浪費，更變相縮減了專案開發時程，如此將引發因時程壓縮而導致的開發成本影響狀況。若需求分析時沒有釐出完整的需求規格，爾後各開發階段常需面對來自使用者的新增或修正需求，而每次改變則必須透過建構管理處理過程來對產品文件進行一次翻修稽核，甚至重新進入需求分析階段，當使用者更改需求的幅度過大、次數過多與時間過晚時，都將嚴重影響到開發人力與時程進度的掌握。

使用者高階人員的參與及支持將大大影響其餘參與人員的配合程度，且可降低使用者行政程序之複雜性。終端使用者的參與則有助於基本功能需求的釐定，其參與配合程度愈高，需求規格的完整性愈佳，如此將有效遏止使用者需求更改的成本揚升。此外，當專案引進新技術的成熟度不高時，產品開發的風險則相對增高，所可能衍生的各類問題將對開發成本形成負擔，就品質控制方面而言，因對新技術瞭解不足，檢查稽核的有效性將降低，使得產品品質無法有效掌握，以致可能對維護成本產生負面影響。最後，專案人員間適當、公平、合理的待遇差距有助於人員生產力的良性提升，加薪常為專案管理者的激勵手段，但加薪的效

果一般認為只在一短暫時間內有助於生產力的提升。

五·管理屬性

管理屬性包括各開發階段人力的分配、各開發階段時程的分配、專案人員的合作關係、專案人員的技術訓練、專案管理者的領導統御、專案人員的激勵方式、專案的建構管理控制與專案的品質保證施行等八項因素，各項因素的重要性程度在5%的顯著水準下，其符號檢定為一致性顯著，如表4第20-27項，表示各項因素對軟體開發成本的影響皆有顯著的重要程度。各管理屬性之說明如下：

(一) 各開發階段人力的分配

各開發階段人力的分配意指軟體開發生命週期各階段人力需求分配的規劃。此因素傾向重要。

(二) 各開發階段時程分配

各開發階段時程的分配意指軟體開發生命週期各階段所需時程分配的規劃。此因素傾向重要。

(三) 專案人員的合作關係

專案人員的合作關係指開發進行時團隊合作的程度對其生產力的影響。此因素傾向重要。

(四) 專案人員的技術訓練

專案人員的技術訓練意指軟體公司在平時或專案進行時所給予專案人員技術上的訓練課程。此因素傾向重要。

(五) 專案管理者的領導統御

專案管理者的領導統御意指專案管理者領導統御整個專案組織的運作，而其成效對整體生產力的影響性。此因素傾向非常重要。

(六) 專案人員的激勵方式

專案人員的激勵方式意指專案管理者以實質或精神上的方式，對專案人員施以激勵的成效。此因素傾向重要。

(七) 專案的建構管理控制

專案的建構管理控制意指為了在軟體生命週期一些個特定階段點上，能有系統的控制與維護軟體架構上的改變，使其具有完整性、可追蹤性與一致性。此因素傾向重要。

(八) 專案的品質保證施行

專案的品質保證施行在此意指開發過程中為確保產品的品質，專案組織必須引進軟體工程的一些程序、方法和工具來協助開發，並以正規的審核技術來確保產品為遵循上述方法有系統地開發。此因素傾向重要。

以上關於專案管理的八項影響因素，其對專案開發成本的影響值得進一步分析。對人力分配而言，每一開發階段所需人力，必須配合公司的人力資源狀況做最有效的分配，分配過多不僅會造成人員閒置，且易衍生其餘專案人員情緒與意願的困擾，同一階段投入的人員愈多，其溝通協調的複雜度愈高，並不一定有助於整體生產力的提升。當分配過少時，將造成專案人員負荷過重，其衍生的不僅是情緒意願降低而導致生產力與品質的損失及成本已低估的事實，更將波及到往後各階段進度的控制。由於人員有投入新工作的學習適應前置時間，開發時程過長將引發人員士氣，意願與流動的問題。當開發時程高估工作量而顯得過長時，會造成人員工作效率不佳。當低估工作量而分配時程過短時，若能增加人力以趕上，則多付出的是這些額外人力成本，若不能以投入額外

人力來解決則會影響整個專案時程進度，所以專案經理要掌握合理之時程分配。

一具相當規模的專案，其工作的分解、整合與技術、方法、標準、工具的應用選擇，皆有賴於專案人員間良好的合作協調以使專案順利進行。所以組成專案組織時，人員的協調性

應有通盤的考量。專案人員進入工作前的及時技術訓練，可有效減低其前置時間的長度。而平時的技術訓練除有效提高專案人員的素質外，並兼具滿足人員學習慾望與激勵員工的效果，所以事前適當的技術訓練，有助於專案開發成本的節省。

表五：重要成本影響因素排名表

排名	重要性指標成本影響因素	百分比(%)	平均得分	屬性類別
1	專案管理者的領導統御	100	6.85	管理
2	軟體開發專案的規模	100	6.75	產品
3	使用者需求更改的次數	100	6.55	環境
4	使用者參與程度	100	6.35	環境
5	專案的複雜度	100	6.20	產品
6	專案開發時程	100	6.15	專案
7	專案人員經驗	100	6.10	人員
8	專案人員的合作關係	100	6.10	管理
9	所牽涉開發新技術的成熟度	100	6.05	環境
10	各開發階段人力的分配	100	6.00	管理
11	各開發階段時程的分配	100	5.90	管理
12	專案人員學習能力	100	5.85	人員
13	專案人員的技術訓練	100	5.70	管理
14	專案人員個人能力	95	5.80	人員
15	專案的品質保證施行	90	5.90	管理
16	專案人員離職程度	90	5.80	人員
17	產品品質的要求	90	5.80	產品
18	專案的行政複雜度	90	5.75	環境
19	專案人員的激勵方式	90	5.65	管理
20	軟體設備水準	85	5.65	專案
21	專案的建構管理控制	85	5.65	管理
22	專案組織的規模	85	5.30	專案
23	專案的預算水準	80	5.65	專案
24	專案人員的待遇水準	80	5.10	環境
25	硬體設備水準	70	4.75	專案

專案管理者對整個專案組織的領導統御成效卓著時，可促進專案組織的和諧，改善專案人員的合作關係，激發專案人員的開發意願與工作潛能，間接促成專案的順暢進行，有利開發成本的節省。而給予專案人員適時物質上的激勵雖直接且有效，但有效期間短暫，其在暫時加班趕工的情形下收效較大，若欲維持專案人員一定工作績效於不墜的話，設法滿足其工作上與精神上的需要當更為有效。

專案建構管理的實施有助於因應來自各方面修改的程序控制與內容稽核，其對專案的品質有一定的幫助，相當程度地減低維護上的成本。而且良好的產品文件管理能適度縮減由於人員半途離職而產生新人力所需前置時間的長度。但目前軟體公司因使用者方面不重視，又進行建構管理工作須投入一些人力成本且見不到實質的回收，再者專案人員從事建構管理工作的意願不強，皆促成雖瞭解其重要性卻無法嚴格來加以執行的困境。而施行專案品質保證制度，對開發產品品質的控制極為重要，但如同前所述，軟體公司雖不懷疑品質的重要性，卻因為一些因素而裹足不前，使得維護成本並不因而獲得有效減低。

綜合上述五大屬性成本因素重要程度統計資料，各因素之重要性指標歸納如表5。此結果與一般業者所反應之軟體開發問題非常吻合。

伍·結論與建議

本研究共列出27項軟體開發之成本影響因素，並將其區隔成產品、人員、專案、環境與管理五大屬性，根據調查結果發現其中有25項因素對軟體開發成本的影響具顯著重要程度，

兩項不具顯著重要程度的因素為專案人員中兩性人數的比例與專案人員的年齡結構。由於過去之軟體成本估計模式均未將案管理因素列入，經徵詢國內專家後我們納入8項專案管理因素。根據資料分析結果顯示，自傳統估計模式整理而得之影響因素，在國內環境下依然對開發成本具有重要影響程度，且同時隸屬管理屬性的因素亦皆顯示對開發成本有重要影響程度，其在表5的排名分居第1、8、10、11、13、15、19與21位，顯示專案管理因素確會對軟體開發成本形成重要的影響性。

本研究在整個研究過程中，已儘量注意研究方法的科學性及資料收集的客觀性，但限於人力，時間及資料難得之現實情狀，其結果僅能代表資本額一仟萬元與成立三年以上，並且以傳統生命週期開發方式來從事訂製型應用軟體開發的公司。而且訪談對象為資深專案經理，由於個人主觀上或作法上不同，無法保證所衡量的結果能完全反應所屬軟體公司的實際狀況。至於成本影響因素之完整性，雖力求完整且冀望透過訪談方式來彌補，但由於訪談時間上的限制也未免有所遺漏。

往後研究可朝向非訂製型軟體或規模較小之公司，以了解不同類型公司之差異。此外，本研究雖發現管理屬性因素對國內環境下之軟體開發成本有重要影響程度，但有關管理屬性因素影響開發成本的衡量方法則尚待研究。

第四代語言、CASE工具、雛型發展法(Prototyping)與物件導向等開發技術的相繼出現，對開發人員生產力與專案管理活動都產生一定的影響，由於這些新工具與技術的應用將日益普遍，其對軟體開發成本與專案管理活動的

影響性值得加以探討。這些方法在國內環境雖仍不普遍，但現存的成本估計方法與專案管理方式面對此項變化應如何調適，亦值得專家學者進一步研究。

軟體壽命週期成本可大略分為開發成本及維護成本，而維護成本會因開發時所使用之工具、方法、系統規劃及系統分析之徹底完備與否而有所差則。本研究之對項為開發訂製型軟體之公司，此類公司往往無法掌握使用者因需求消失，需求增加，錯誤修改，系統整合等多種因素所引發之維護成本。因此本研究無法涵蓋長期使用之維護成本。然維護亦可視為重新之開發，特性雖不同，背後之原理仍可互通，此部份也有待更多之研究投入。

參考文獻

- [1] 中華民國資訊軟體協會，「中華民國資訊軟體協會90'會員名錄」。
- [2] 顏月珠，商用統計學，三民書局。
- [3] Balda D. M. and D. A. Gustafson "Cost Estimation Models for the Reuse and Prototype Software Development Life-Cycles," *ACM Sigsoft Software Engineering Notes*.
- [4] Boehm B. W., *Software Engineering Economics*, Prentice-Hall, 1981.
- [5] Conte S. D., H. E. Dunsmore and V. Y. Shen, *Software Engineering Metrics and Models*, Benjamin/Cummings, 1986.
- [6] Ferens D. V., "Software Parametric Cost Dstimation : Wave of the Future," *Engineering Costs and Production Dconomics*, Vol. 14, 1988, PP. 157-164.
- [7] Graffney J. E. Jr., "The Impact on Software Development Costs of Using Hiks," *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 12, No. 3, PP. 496-499.
- [8] Herd J. R., J. N. Postak, W. E. Russell and K. R. Stewart, *Software Cost Estimation Study-Study Results*, Final Technical Report, RADC-TR-77-220, Vol. 1, Doty Associates Inc., Rockville, MD, June 1977.
- [9] Jones J. C., *Programming Productivity*, McGraw-Hill, New York, 1986.
- [10] Nelson E. A., *Management Handbook for the Estimation of Computer Programming Costs*, AD-A648750, System Development Corp., Oct. 31, 1966.
- [11] Thayer R. H., A. B. Pyster and R. C. Wood, "Major Issues in Software Engineering Project Management," *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. SE-7, No. 4, July 1981, PP. 333-342.
- [12] Walston C. E. and C. P. Felix, "A method of Progammig Measurement and Estimation," *IBM Sustum Journal*, Vol.16, No.1, PP.54-73, 1977.