**摘要**

本文針對IT項目投資的特點，探討基於層次分析法（analytical hierarchy process AHP）和實物期權相結合的IT項目投資評估方法，提出適用于IT項目投資的層次分析模型及實物期權定價模型。

文章首先闡述了論文的研究背景及意義、研究方法、研究內容和框架，並對國內外IT項目投資理論以及實物期權理論進行了深入的文獻綜述和評價。

第二部分，論文對國內外IT項目投資評估方法和實物期權的經濟評價方法進行了回顧。特別是對國內外IT項目投資價值評價理論的演化進行了概述和回顧，對實物期權的基本原理、模型、參數確定方法進行了回顧。

第三部分，論述了一個一個良好IT項目投資決策方法的特征刻畫，作為本文構建IT項目決策模型的指導依據，并以此出發指明了本文的研究方法是結合層次分析法和實物期權評估方法，來解決IT項目投資的選擇和評估問題。

第四部分，使用Java程式構建了IT項目投資評價模型，結合了傳統的淨現值法和實物期權方法得出相關參數，并比較了實際應用參數和金融期權參數的差別，評價了整個模型的建立過程和結果。

第五部分，案例分析和對實物期權方法的進一步探討，總結了本文構建的IT項目決策模型在實際IT項目投資應用中的局限，指出在分析IT項目評估中要防止過高估計期權的價值及決策層在價值實現中的重要作用，為決策者的實踐提供可行的指導意見。

**關鍵詞**：IT項目投資;層次分析法;實物期權;Black-Scholes model;二叉樹模型（Binomial tree model）;蒙特卡羅模擬（Monte-Carlo simulation）;净现值（NPV）

**Abstract**

According to the characteristics of IT project investment, this paper explores IT project investment evaluation method based on AHP (analytical hierarchy process AHP) and real options method, and gives the proper analysis model and real option pricing model which are suitable for IT project investment.

First of all, the article describes the background and the significance of the research, the research methods, content and framework, and also includes literature review and evaluation of domestic and foreign IT investment theory and real options theory.

The second part of the thesis review the IT investment evaluation methods and real options models in and abroad. Especially we reviews the evolution of the domestic and foreign IT project investment theory the basic principles of real options,and the methods for determining the parameters of real option model.

The third part discusses the characters of a good IT investment project. As the guidance of constructing an IT investment project, the paper points that combining AHP and real option assessment methods is to solve the problem of the selection and evaluation of IT investment projects.

The fourth part, we use the Java programming to construct IT project investment evaluation model. The model combines the traditional NPV and the real options method to give the relevant parameters, and compares the difference between the actual application parameters and parameters of financial options, and evaluates the entire model building process and results.

The fifth part further explores the case analysis and the real option model. This part sums up the decision-making model for IT projects and points out the limitations in real application. We should prevent overestimate about real option value and should realize the importance of managers. This part provides practical guidance for the decision-makers.

**KeyWords:** IT project investment; analytical hierarchy process; real option; Black-Scholes model; Binomial tree model; Monte-Carlo simulation; Net present value,NPV

**目錄**

[第一章 緒論 5](#_Toc394256414)

[1.1問題背景 5](#_Toc394256415)

[1.1.1 IT投资决策面临的问题 5](#_Toc394256416)

[1.1.2 IT管理控制面臨的問題 6](#_Toc394256417)

[1.1.3 IT投資評價標準面臨的問題 7](#_Toc394256418)

[1.2 研究目的和意義 8](#_Toc394256419)

[1.2.1 研究目的 8](#_Toc394256420)

[1.2.2 研究意義 8](#_Toc394256421)

[第二章 文獻評論 9](#_Toc394256422)

[2.1 主要參閱文獻 9](#_Toc394256423)

[2.1.1 金融財務方法 9](#_Toc394256424)

[2.1.2 非金融財務方法 13](#_Toc394256425)

[2.2層次分析法 18](#_Toc394256426)

[2.3實物期權模型 20](#_Toc394256427)

[2.3.1 Black-Scholes 期權定價模型 21](#_Toc394256428)

[2.3.2 Cox Ross Rubinstein(CRR)二叉樹模型 22](#_Toc394256429)

[2.3.3 蒙特卡羅模擬方法（Monte Carlo simulation） 26](#_Toc394256430)

[2.4本章小結 27](#_Toc394256431)

[第三章 研究方法與設計 28](#_Toc394256432)

[3.1 良好IT項目投資決策方法的特徵刻畫 28](#_Toc394256433)

[3.1.1 合理的項目選擇模型 28](#_Toc394256434)

[3.1.2 具有科學的IT項目投資價值評估功能 31](#_Toc394256435)

[3.1.3 決策方法的實踐性 32](#_Toc394256436)

[3.1.4 研究方法設計綱要 33](#_Toc394256437)

[3.2 基於層次分析法的項目選擇模型 34](#_Toc394256438)

[3.3 IT項目投資評估模型 38](#_Toc394256439)

[3.3.1 淨現值法（net present value，NPV） 38](#_Toc394256440)

[3.3.2 實物期權方法（Real Option） 39](#_Toc394256441)

[3.4 IT項目投資價值評估思路 49](#_Toc394256442)

[3.5 研究方法局限說明 50](#_Toc394256443)

[3.5.1 層次分析模型 50](#_Toc394256444)

[3.5.2 基于实物期权的財務評估模型 50](#_Toc394256445)

[3.6 方法應用路線圖 52](#_Toc394256446)

[第四章 研究結果與分析 53](#_Toc394256447)

[4.1 項目背景介紹 53](#_Toc394256448)

[4.2 應用層次分析法（AHP）評估項目選擇 53](#_Toc394256449)

[4.3 應用實物期權模型評估項目價值 56](#_Toc394256450)

[4.3.1 傳統NPV值分析 56](#_Toc394256451)

[4.3.2 實物期權價值分析 57](#_Toc394256452)

[4.4 IT投資評估模型在實際應用中的分析和總結 61](#_Toc394256453)

[4.4.1 層次分析法的指標制定有一定難度 61](#_Toc394256454)

[4.4.2 在分析IT項目投資中謹慎運用實物期權方法 61](#_Toc394256455)

[4.5 本章小結 62](#_Toc394256456)

[第五章 結論與建議 62](#_Toc394256457)

[參考文獻 65](#_Toc394256459)

# 緒論

## 1.1問題背景

* + 1. **IT投资决策面临的问题**

IT項目普遍具有高風險性和高失敗率，大量的失敗案例表明，IT項目投資的決策決定著IT項目的成敗。但是投資回報率作為IT項目投資決策最為重要的依據，卻往往缺乏較為準確的衡量手段。投資銀行Morgan Stanley前首席經濟學家Steven Roach（1987）第一次提出了”IT的生產率悖論”問題，指出20世紀80年代美國企業在IT應用上投資1萬億美元，但是其生產效率卻沒有發生變化。從20世紀80年代至今，隨著IT技術的發展，不僅”IT生產率悖論”現象沒有消失，反而愈加嚴重，不斷有企業認為他們在IT方面的投資陷入”黑洞”。大量的學者對此進行了廣泛的實證研究和分析，給出了各種理論解釋。其中MIT的Brynjolfsson（1993）在對287個企業進行實證研究後，認為產生”IT生產率悖論”問題的主要原因是四種：

* 1. 對IT的投入和產出測度不當。這表現為對IT投入測度值偏大，同時對產出的測度值偏小，因為IT引起的服務水平、產品性能更優良和使用更方便等特性在實際產出測度中很難得到反應；
  2. 效用滯後。IT是一種通用技術，類似於人類歷史上出現的其他通用技術，其對生產率產生顯著的作用必須經過一個長期的過程，同時這個過程還必須進行對企業的業務過程、組織機構以及文化環境等因素進行改造。
  3. 效用轉移和再分配。一方面，企業投資IT的主要目標是通過提高工作效率和降低成本以增加競爭能力，但企業投資規模和實施效果的非均衡性必然導致部分企業獲得競爭優勢，而另外的企業在競爭中處於劣勢，甚至被淘汰。另一方面，IT如其他先進技術一樣，對社會產生的貢獻最終會逐步轉移到消費者，消費者才是最終的受益者。
  4. 管理失誤。很多企業在開發信息系統，實施企業信息化的過程中，在管理上存在很多錯誤的決策和行為。

Standish Group的Dennis(2004)在對IT項目進行了長期而全面的研究後發現：

1. 40%的IT應用開發項目在完工前被取消。
2. 在幸存下來的項目中，有33%出現成本超支、進度拖延或範圍變更的情況。
3. 所有IT項目每年耗費美國企業和政府機構約1,450億美元。

我國學者張慶武(2006)認為之所以產生”IT生產率悖論”，主要是以下兩個原因：首先是企業對IT投資的成本估計不足。很多企業以為信息化只要一次性完成軟硬件的投資(即顯性成本)即可，卻沒有考慮到投資後所產生的系統整合成本、系統的二次開發成本等一系列的隱形成本。IT投資是一個持續的動態的過程，而且又是一個高投入、高收益、高風險的項目，這種特性要求企業對信息化投資要有一個戰略性的認識，即前期的高投入與後期的持續投資和維護是一個相關聯的過程，是不能分開獨立的。而正是這種商業投資高收益後面隱藏的高風險和較高的不確定性造成了前期IT投資決策的盲目性，這是信息悖論形成的一個重要原因。其次，很多IT系統的應用沒有真正的IT規劃指導，對信息化投資不是建立在企業架構為核心的基礎上，而是把”信息化”當作若干”信息化建設項目”的總和。但這種”項目導向”的信息化建設方法，總是在日趨複雜的技術變化和業務需求面前落入尷尬的境地。一旦需要整合新的業務種類、擴展系統功能的時候，解決問題的出路似乎只有一條：堆積新的開發項目，其結果是系統越來越龐大，IT部門運行維護工作艱巨，仍然無法滿足業務發展需要。因此，如果沒有對IT戰略投資的科學規劃，企業的信息化投資只能是產出的遞減函數，形成”信息悖論”。

* + 1. **IT管理控制面臨的問題**

由於IT技術的迅速發展，在眾多企業管理者眼中，進行大量的IT建設項目投資，是增強企業競爭能力、提升企業價值的唯一出路，但是不少企業管理者只是將IT系統看作一個魔術師的”黑箱”，在不了解其內部結構和功能的情況下，只是將大量資金投入，然後期盼著好的東西會奇蹟般地出現。因此，企業管理者沒有對IT形成正確地認識是導致IT管控體系缺失的重要原因之一。不少企業的管理者認為IT是技術部門或信息中心的事，離自己很遠。而信息中心充當的僅僅是維護中心，只有技術支持職能，而沒有信息管理職能；信息中心引進的人才是單純的計算機專業人才，缺乏技術管理人才和信息經濟人才。IT系統的運營缺乏規劃，使得IT運營往往脫離企業實際需要的正確軌道，不是以企業為主，以業務為本，而是被IT廠商牽著走。  
 IT與業務應用的脫節也是信息化管控缺失的症狀表現。IT管理部門有很大的權限購買和開發他們認為重要的系統，而不考慮IT投資的效率和效果。由於IT部門和業務部門的信息一致性與共享機制難以形成，往往造成原有業務處理流程與計算機信息處理流程間的矛盾難以解決，信息化應用達不到預期想像的效果。  
 «哈佛商業評論»曾經邀請六位企業高級行政主管探討IT投資授權和管控問題，受邀專家包括Wal-Mart的倉儲國際部總裁Bob L.Martin、GPM天然氣公司的高級副總裁Gene Batchelder等公司高層，其對CEO們的一致建議是：企業的IT職能應由總經理而不是由傳統的技術經理負責運行。沒有一家公司能夠忽視信息技術對組織變革和核心業務調整的能力，不能將IT管控交給單一的技術保障部門，而需要將它視為業務中最重要的部分，並由具有商業背景、知道如何在持續競爭和變換莫測的環境中果斷作出決策的人或組織負責。因此，要想真正讓IT發揮價值增值的作用，要求CEO們需要了解技術是如何對業務產生影響的，企業信息主管(CIO)必須對公司前景與CEO有著共識，並且與公司的業務緊密相連，能夠幫助CEO理解新技術的商業風險和組織風險，這樣才能夠使得管理者深刻理解技術對商業和組織的推動作用。

* + 1. **IT投資評價標準面臨的問題**

由於企業對於IT項目的投資大部份都是基於戰略考量，為了企業明天的生存、由於客戶的需求而不得不提供的服務、來自競爭對手的強大壓力等，同時IT技術往往出現效用滯後現象，其對生產力產生的顯著作用往往經過一個長期的過程。因此IT項目投資具有以下特點：第一，項目的價值並不取決於其本身所產生的現金流大小、而是表現在其為企業所提供的未來成長機會；第二，IT項目的建設無論從其投資的方式、建設的方法上都給予管理者極大的靈活性，這種管理的靈活性應當被考慮到項目的價值中。可以說，當企業的管理者準備接受一項新技術投資的建議時，不僅要了解公司目前所承擔的財務責任，也要預計公司日後將承擔何種責任。信息技術的日新月異，為企業提供了在業務中發揮優勢的能力，管理者需要知道如何從這一代技術的投資到下一代技術的投資中取得回報。

## 1.2 研究目的和意義

**1.2.1 研究目的**

在以上三大IT投資和管控問題背景下，可以發現IT項目投資巨大、伴隨較高風險，同時缺乏可供參照的評價體系。就信息化項目相對與企業的戰略地位而言，其價值並非簡單地回答“要不要”這樣較為概括的問題，而是明確地回答“值不值”的問題。這就需要建立IT項目投資評價體系，對信息化建設的投資實施持續的過程管理和評價。本文就是在這樣的背景下，以企業IT投資的第一手資料，結合國內外IT投資理論、實物期權理論和企業管理理論，對企業IT項目投資的實施效果的評價進行深入研究。

本論文的研究目的，就是要回答企業IT投資的兩個問題，即使用層次分析模型（analytical hierarchy process,AHP）評價IT項目“要不要”，使用實物期權模型評價IT項目“值不值”。

本論文首先引入IT項目選擇的概念，以有效的IT項目選擇應符合的標準作為IT項目審查的基本要素，然後討論各類IT項目投資的價值評價模型，並重點研究使用實物期權理論評估IT項目投資價值，最終形成一個較為完整的IT項目評估體系，並以此模型評價一個實際的IT投資項目。

**1.2.2研究意義**

從理論與實際兩個角度，本文的研究意義有兩點：第一，作為銀行IT領域從業者，本文作者已經感到，由於IT投資缺乏科學性依據，導致投資具有隨意性與盲目性，從而導致投資失誤率高，影響到企業長期發展戰略的案例不在少數，因此想要探索出一個較為完整的IT投資評估模型，力求使IT項目投資決策更加科學合理，對自己的工作具有指導意義；第二，由於IT項目投資的不確定性和決策者靈活性，使用實物期權定價理論評估IT項目價值，是對傳統項目決策方法的擴充和完善，具有重要的理論研究意義。

# 文獻評論

## 2.1 主要參閱文獻

文獻探討是理論推導與演繹的基礎，主要目的是結構化研究問題並為研究定位。本文的中心任務是構建IT項目投資決策的模型與方法，因此將主要圍繞IT項目投資決策理論以及實物期權應用兩方面查閱文獻。

在IT項目投資評價領域，國內外主流的方法均假設企業的目標是清晰和一致的，而不同的IT項目投資可以幫助企業實現不同的目標（Bacon CJ. 1992）[[1]](#endnote-1)，強調在IT項目投資決策過程中使用理性模型，這些模型以數學的相關知識為基礎，又大致劃分為財務方法和非財務方法。

**2.1.1金融財務方法**

2.1.1.1傳統的費用效益方法及其衍生形式的評價方法

傳統的費用效益方法建立在資金的時間價值理論基礎之上，它以一定折現率對IT項目在整個生命週期內的投資、維護費用和收益等現金流進行折現，計算其淨現值（Net Present Value，NPV）或內部收益率（Internal Rate of Return）、投資回報率（Return On Investment，ROI）等，然後根據相應的評價準則，對其進行衡量判斷以揭示IT項目投資價值的大小。

傳統的費用效益法在IT投資決策中的使用非常廣泛，但也有許多不足，Dos Santos(1994)[[2]](#endnote-2)指出傳統的費用效益法假設所有的IT支出和收益可以準確地用金融的方法表示，但忽略了IT產生的無形價值和給企業帶來的競爭優勢；McGrath（1997）[[3]](#endnote-3)認為由於IT的飛速變化，傳統的工具不足以應對IT項目的高風險和高不確定性；Willcocks（2001）[[4]](#endnote-4)指出傳統的IT項目投資評估實踐局限於拷問IT的”價格”，而不是IT對企業的”價值”；Ryan等人（Ryan，Harrison & Schkade 2002）[[5]](#endnote-5)還認為傳統的方法未考慮到企業在IT方面學習、培訓的費用，也未考慮到IT產生的社會效應。

Ryan等人（Sherry D Ryan, David A Harrison 2000）在傳統費用效益方法的基礎上提供了一種決策樹法。這種方法建立在以下兩個假設條件之上：基於IT項目未來的成本與收益是確定的，IT功能發揮的時間也是確定的；有IT投資價值的社會成本與效益存在或不重要。由於這些假設條件與現實之中的IT價值產生的特點不甚相符，如項目投資是不可逆的，而依賴於未來不確定因素的當前判斷，忽視IT的發展給企業造成機會選擇等方面的不足，因而該方法在IT投資價值評估過程中的應用受到一定的限制。

2.1.1.2實物期權（Real Option，RO）方法

由於傳統費用效益法的不足，許多研究改進了傳統的費用效益法，其中最重要的成果是實物期權方法。實物期權理論脫胎於金融期權定價理論，期權是投資者支付一定費用獲得不必強制執行的選擇權。實物期權如同金融業中的期權，企業面對不確定作出的初始資源投資不僅給企業直接帶來現金流，而且賦予企業對有價值的”增長機會”進一步投資的權利。因為初始投資帶來的增長機會是不確定的，傳統淨現值理論在計算投資價值時忽略了這部分價值。不確定條件下的初始投資可以視同購買了一個看漲期權，期權擁有者因此擁有了等待未來增長機會的權利。這樣，企業就可以在控制下屆風險的前提下，利用不確定獲得上屆收益。如果”增長機會”沒有出現，企業的下屆風險為初始投資，這部分可以視為沉默成本，可以視為期權的購買成本；如果”增長機會”來臨，企業進一步投資，新的投資可以視為期權的執行，期權的執行價格就是企業進一步投資的金額。這樣，企業內存在兩種不同資產：一是實物資產，其市場價值獨立於企業投資戰略；而是實物期權，實物期權指在合適時機購買實物資產的機會。

Black、Scholes和Merton（Black,F., Scholes,M. 1973）[[6]](#endnote-6)發表了第一篇相關論文。在這篇論文中，作者構建了一個期權定價的公式，稱為Black-Scholes期權定價公式。在Black-Scholes定價模型中，期權由標的資產與無風險資產動態複製而得，它的價值波動能夠完全”映射”在標的資產的價格波動上。該模型暗含這樣的推論，即期權價值不依賴於標的資產的期望收益，也不依賴於投資者的風險偏好，僅僅取決於給定的外生變量。受此啓發，Cox和Ross（Cox,J., S.Ross. 1976）[[7]](#endnote-7)提出風險中性原理並建立了著名的二叉樹期權定價模型。

實物期權也可以仿照類似金融期權的方法使用期權定價模型。Stewart Myers（1977）[[8]](#endnote-8)首次把期權的概念拓展到企業資產的投資並稱之為實物期權，他指出當投資對象是高度不確定的項目時，傳統淨現值理論低估了實際投資。企業面對不確定作出的初始資源投資不僅給企業直接帶來現金流，而且賦予企業對有價值的”增長機會”進一步投資的權利。因為初始投資帶來的增長機會是不確定的，傳統淨現值理論在計算投資價值時忽略了這部分價值。

實物期權被首先引入到自然資源的投資研究中。Tourhinho(1979)[[9]](#endnote-9)第一次指出自然資源可以作為期權來理解和評價。

在將實物期權方法引入到IT項目投資評價的研究中，Kumar(1995)[[10]](#endnote-10)對IT項目投資的實物期權價值的變化情況進行了理論分析，指出與金融期權不同，隨著投資風險的加大，IT項目投資的實物期權價值可能增加或減少。

Trigerogis（1998）[[11]](#endnote-11)運用實物期權評估了一個IT通訊基礎設施項目，這個項目被分為兩個階段：信息系統建設階段和網絡擴充階段，並在評估第二階段價值時運用了歐式看漲期權。

Benaroch和Kauffman（1999）[[12]](#endnote-12)運用Black-Scholes期權定價公式分析了一個為銀行提供借貸服務的IT項目，在他們的模型中，期權機會被刻畫成美式期權，且計算出了資產在每一個特別時期的期權價值。

Amram和Kulatilaka（1999）[[13]](#endnote-13)把實物期權與企業核心能力和競爭能力結合起來，視為一種投資的戰略。文中提出的一個綜合模型較好地刻畫了IT項目投資的不確定性帶來的影響和IT如何與企業規劃的適配。

Schwartz和Zozaya（2000）[[14]](#endnote-14)利用實物期權提出了評估IT項目投資的兩種模型，一種針對那些開發的IT產品即可賣給第三方，也可自己運用的企業；一種針對那些開發IT能力、獲得IT資產只為自己所用的企業。

Balasubramanian等（2000）[[15]](#endnote-15)提出了一個評價IT基礎設施投資的方法論，開闢了管理IT項目投資的新思路，即”基於能力的實物期權研究”。

Jeffery等（2003）[[16]](#endnote-16)利用實物期權研究為數據挖掘系統建設15個數據中心的最佳策略問題。在此研究中，決策者面臨三種策略：一次性建設15個資料中心、分兩個階段建設（第一年5個，第二年10個）和分三個階段建設（每年5個，分三年建成）。在這篇論文裡，作者揭示了不是在任何情況都應該使用實物期權方法來進行IT項目投資決策，此案例中，由於項目的波動性（Volatility）較小（11%）。利用實物期權決策得到的好處不足以抵消決策及工程延誤帶來的損失（指決策者必須等到第一批5個數據中心建好以後才能決定是否建設剩下的10個造成的決策成本和工期延誤損失）。作者指出，如果項目的波動性大於26%，建議項目分階段建設。

一些公司也根據實物期權思想開發了相應的工具和模型以指導IT投資。如Intel公司就將實物期權法簡化為一個模型，指導企業對IT投資項目進行判斷和優先級排序，如圖1.所示:

|  |
| --- |
| business-value-index-visualization.jpg |
| **图 1.** Intel用於評估IT技術投資評估的模型  圖表來源：Martin Curley. Managing Information Technology for Business Value (2006) |

該模型從IT的商業價值和IT自身的效率兩個維度出發構建矩陣，將IT投資的價值分為九個部分，在IT投資決策時從商業價值和IT價值入手，分析出該項目處於矩陣中的哪個區間，並根據所處的區間決定取捨和優先級，以此來確定IT投資與否和先後順序。

**2.1.2非金融財務方法**

由於IT投資帶給企業的不僅有財務上的收益，還有非財務形式的收益，因此又衍生出了多目標方法、組合方法以及比率方法。

2.1.2.1多目標法

由於多目標法可以為每一項IT項目投資提供一個共同的評估標準和平台，因而受到了廣泛的關注。事實上，多目標法是IT項目投資決策中非財務方法中使用最廣泛的方法。

在“信息經濟”方法中，Parker等（Parker，Benson 1988，1989）[[17]](#endnote-17)把對IT項目投資的評估分為三個大的指標域：廣義的投資回報率(Enhanced ROI)、業務域(Business domain)以及技術域(Technology domain)，每一個域裡又分別含有若干個指標，囊括了現金流收入、附加現金流收入（由於成本、時間的節約及效率提高帶來的收入）、競爭優勢、戰略適配、IT架構、技術不確定性及風險（包括技術風險和企業風險）等要素。

對於多目標法的研究主要集中在兩個方面，一方面是對評估指標即評估標準的研究，另一方面，對指標分析方法的研究。對於評估標準的研究雖無本質的不同，但各有強調，有些強調戰略競爭優勢，有些強調風險，有的強調IT與企業目標的戰略對應，指標數量則從十個到數十個不等。

Bacon（1992）和Escobar-Perez（1998）[[18]](#endnote-18)使用同樣的15個評估指標，並研究了這些指標在美國、英國及澳大利亞等國公司的評估情況。

Jones和Beatty（1998）[[19]](#endnote-19)總結了前人的研究，得到了16個指標評估了電子數據交換系統（Electronic Data Interachange,EDI）的投資，並構建了一個線性結構聯繫（Linear Structural Relation,LISREL）模型從16個指標裡挑選出一個包含13個指標的更優指標集。

Mirani和Lederer（1998）[[20]](#endnote-20)用三個LISREL模型挑選評估模型，這些指標包括提高競爭優勢、戰略對應、顧客關係、信息質量、信息柔性、溝通效率及業務效率等。

另外，來自不同行業的企業也根據多目標法，開發了相當複雜的項目選擇方法，以保證所投資的項目能夠成功，而這些方法都是以技術問題、可獲取數據、共同文化和偏好為基礎的。這些實例包括（引自Jeffrey K. Pinto:Project Management：Achieving Competitive Adavantage）：

* 德國赫斯特製藥公司（Hoechst AG）在對IT項目機會進行評估的時候，採用了一種由五個主要類別共19個問題構成的評分組合模型。這五個主要類別包括：技術成功的可能性、商業成功的可能性、給公司帶來的回報、是否符合商業戰略以及戰略層次（使用和提升企業資源與技能的項目能力）。在每一類下又提出了一些有針對性的問題，這些問題採用十分制，由管理人員進行打分。
* 加拿大皇家銀行（The Royal Bank of Canada）開發了一種用來評價IT項目機會的評分模型。其組合評分的標準包括項目重要性（戰略重要性、影響的大小以及經濟利益）和操作的簡易性（開發成本、項目複雜度以及資源是否可獲得）。每年預期的花費以及整個項目的支出也是對項目進行優先級排序的標準。此外，其他的一些評判標準也被採納進來，如將重要性很低同時又難以實施的項目劃分到不執行的等級中。
* 維爾豪澤公司（The Weyerhaeuser）為研發IT項目的選定和排序過程設計了共同的流程。這個流程包括三個類型活動：技術評估（外部環境的變化以及對企業的影響），研究（建立知識數據庫以及在核心技術領域的資質），開發（利用特殊的商業機會）。在進行優先級排序時有四個關鍵的輸入因素需要考慮：外界環境的顯著變化、主要客戶未來的長期需求、商業戰略、優先順序、技術要求以及共同的戰略方向。

另一方面，對指標分析方法的研究。在評估指標建立以後，針對每一個指標，或直接打分，或兩兩比較，最後把每一個指標的評價合成起來，使得每一個投資項目得到相應的評估結果可以區分優劣。比較典型的有以下方法或這些方法的擴展方法以及綜合起來的方法：德爾菲（Delphi）法、層次分析（Analytic Hierarchy Process，AHP）法、模糊集（Fuzzy Set）法等。

AHP法是實際評估IT項目投資使用最廣泛的方法之一，是由T.L.Saaty（1977）[[21]](#endnote-21)提出的一種定性與定量分析相結合的多目標決策分析方法，其通過構建多目標決策框架和兩兩比較矩陣來確定目標的重要程度。Borenstein Denis等(2005)[[22]](#endnote-22)在多目標決策的框架下，用一個有效的最小指標集構建AHP法模型，用以進行IT項目投資決策。

2.1.2.2組合方法

組合方法是投資決策的重要工具，如著名的Boston矩陣分析。在IT項目投資決策中，組合的方法被用來評估所有待投資的IT項目構成的組合，從本質上看組合方法是一種基於矩陣權衡的分析方法，但不同的模型使用不同的分析標準，下面列舉的是幾個常用的模型。

“戰略格（Strategic Grid）”模型。McFarlan（1981）[[23]](#endnote-23)撰文指出，在選擇IT項目時，不僅要考慮項目的風險，還要考慮項目組合的風險，首先提出管理IT項目投資的組合思想。McFarlan（1984）[[24]](#endnote-24)又提出”戰略格”模型，模型分析了IT應用對企業現狀和未來的影響，把IT應用分為四種類型（圖2）：

|  |
| --- |
| McFarlan_Strategic_Grid.jpg |
| **图 2.** McFarlan's strategic grid model  引自McFarlan,Harvard Business Review,1981 |

* 支持型： IT應用對企業現在和未來的戰略影響較小；
* 工廠型：IT的應用對企業運作非常重要，但對企業未來沒有戰略性的IT應用計劃；
* 競爭潛力型：企業的運作不完全依靠現有的IT應用，但已開始發展為實現企業未來目標關鍵的IT能力；
* 戰略型：IT企業應用對企業業務戰略非常重要，並且新的IT應用將使企業保持競爭優勢。

Vitale等（1986）[[25]](#endnote-25)在”戰略格”模型的基礎進行了更深入的研究，並給出了一系列投資建議：競爭潛力型IT項目投資應該先進行階段性投資。看投資效果決定是否再追加投資；戰略型IT項目投資應該從團隊選擇和資源配置上多加支持；工廠型IT項目投資應該注重質量且與業務收益緊密聯繫起來；支持性IT項目只在絕對需要和沒有爭議的情況下投資。

“投資組合”(Investment Portfolio)模型。“投資組合”模型同時從三個維度評估IT項目投資：對業務的貢獻度、對IT能力建設的貢獻度以及財務回報，以圖3所示,一個圓圈代表一個IT項目，圓圈所在位置的橫坐標和縱坐標分別表示IT項目支持IT和支持業務，圓圈的大小代表項目風險的大小，項目的收益也在表中有所體現。”投資組合”模型借鑑了著名的Boston矩陣分析，提供了一個直觀的方法同時刻畫若干個項目，並可以加以組合比較。另外通過改變圖中圓圈的大小和位置，還可以支持風險和假設分析。

|  |
| --- |
| gongxiandu.PNG |
| **图 3. 投資組合模型**  (Berghout and Meertens,1992) |

以上兩個組合模型主要以定性的分析方法為主，直觀形象，但缺乏定量化的分析，基於此，一些研究運用金融學中組合分析的思想，運用定量組合分析的方法幫助IT項目投資決策。Verhoef（2002）[[26]](#endnote-26)從統計學的角度，提出了定量的IT項目組合管理。給出了具體評估IT項目成本、收益的方法以及如何在此基礎上選擇IT項目組合。Bardhan等（Bardhan,Bagchi and Sougstad,2004;Bardhan,Kanffman 2006）[[27]](#endnote-27)研究了考慮時間的優化IT項目組合方法及從嵌套實物期權的角度研究了有關聯的IT項目組合。

2.1.2.3比率方法

在一些常用的IT項目投資決策方法中，比率方法也常被使用。在經濟學的研究中，各種比率的計算被用來比較企業運作、管理的效率，爾其中的一些方法被用於IT項目投資決策的評估。狹義上的，從金融財務角度，如用IT花費除以營業額、在IT上所有的投入除以總收益；廣義上的，IT花費可以被刻畫為投入的人力、時間，收益可以被刻畫為得到的產品或服務。在比率法中，有管理回報方法影響較大。

管理回報法（Return on Management）。其管理回報的定義為：

ROM方法需要計算“管理增加的價值”和“管理總的成本”，其分析需要有較多的數據支持。

Van der Zee等（1989）等設計了一個稱為”IT評估”的方法，從戰略的角度分析各種財務和非財務的比率以評估IT項目投資效益，這些比率將與數據庫中的標桿數據比較，設計者試圖通過這種比較，用歷史的IT項目投資數據來指導新的IT項目投資。

## 2.2層次分析法

在上一節我們已經描述了多種項目選擇方法，可以說項目審查和選擇的方法多種多樣，比如較為普遍的檢查表（checklist）方法，或者簡化評分模型（simplified scoring model），對每個指標按其重要性程度進行排列，而最終選擇的項目就能反映某些重要指標對決策的影響。但是由於以上模型的固有缺陷，比如檢查表模型不能為每個指標賦予權重，從而將較為重要的指標從其他指標中區分開來。而簡化評分模型雖然可以為指標賦予權重，但是卻不能說明其分值的差異性，比如不能假設3和2之間的區別同2和1之間的差別是一樣的，同時評分模型也不能保證所選擇並賦予權重的指標與原先發起項目的商業目標之間的聯繫是準確合理的。

由於使用評分模型進行決策容易產生技術和管理上的問題，而層次分析法（analytical hierarchy process，AHP）就是由美國著名運籌學家Thomas Saaty(1996)[[28]](#endnote-28)針對這些問題提出的一種方法。層次分析法主要包括4個步驟。

* 構造層次結構模型

第一步是建立指標和子指標的層次結構模型。根據企業業務和IT投資決策的戰略對應，我們可以為IT項目評價提出3項指標：1）財務收益；2）戰略貢獻；3）對IT基礎設施的貢獻。財務收益指標主要關注的是項目的有形收益，可以再細分為長期收益和短期收益。戰略貢獻是無形的，又分為三個子指標：（a）提高市場占有率；（b）保持現有消費者；（c）改進成本管理。

* 確定每個指標的權重

層次分析法的第二步包括對第一步中建立的指標指定權重，並在必要的情況下在子指標中分攤所有指標的權重。Mian和Dai（1999）[[29]](#endnote-29)推薦的是一種被稱作兩兩比較法（pairwise comparison approch）的方法，該方法通過對所有指標的兩兩比較來確定指標的權重。研究者證明，這種方法每次只讓管理者對兩個指標進行區分和比較，因而能更精確地確定權重。

* 為不同的評估等級指定分值

層級建好以後，就可以使用兩兩比較法對各種不同的評估等級指定分值。下圖列出了一個有五個等級的評價比例尺度：差、中、好、很好、非常好，同時它也顯示了為這五個不同的比例尺度賦予的分值：0.0、0.10、0.30、0.60、1.00。當然，這些分值也可以根據實際情況進行調整，比如，如果希望擴大”差”和”中”之間的差異，那麼管理者也可以將這兩個等級的分值差拉大。通過對數值的調整來滿足不同的評估需要，管理者也避免了對分值間差異的錯誤假定，比如在1～5的比例尺度中，假定4與5間的差異與3和4間差異是一樣的。在層次分析法中，最好的結果得到最好的分值–1分，而其他的結果都是根據與該結果的比較得到相應的分值。當然，在必要的情況下，管理者需要對指標使用不同的評價比例尺度。通過比較來賦予權重，能加深對目標以及對為達成這些目標而採用的方法的理解。

* 評估項目提議

將項目在每個指標上的得分與該指標的權重相乘，最好加總就得到了最好的總分。

和典型的評分模型的結果不同，層次分析法的得分更為顯著。層級分析法對更優備選項目的量化能力使管理者可以將該計算結果作為其他計算過程的輸入數據。

層次分析法同樣也可以顯著改進指定項目提議的過程。在使用層次分析法的企業中，新項目提議中必然包含作為核心信息的一個層次分析分解結構，而該分解結構列出了提議項目、備選方案以及相應的產出。建立層級結構有一點優於傳統評分模型，它減少了因為使用這種方法而可能帶來的技術問題和管理問題。

層次分析法也有一些缺陷。首先，最近的研究表明，該模型不能充分考慮負效應，也就是說，有些選項非但不能為決策帶來積極的影響，反而導致負面的結果。例如，假設某企業對項目選擇有一個很關鍵的指標，如成本不能太高，那麼就不能選擇投資較大的項目。但是如果選擇層次分析法，首先需要確定積極因素的權重，建立評分體系，然後再將這些分值與負面因素進行比較，比如成本，因此計算結果可能會存在偏差（Millet，Schoner，2005）[[30]](#endnote-30)。層次分析法的第二個缺陷是在開始選擇時就要考慮所有的指標，而組織中那些能影響組織政策或青睞某些項目的人員可能會強烈抵制這種開放的過程。

## 2.3實物期權模型

綜合2.1已有的理論研究文獻[[31]](#endnote-31)[[32]](#endnote-32)[[33]](#endnote-33)[[34]](#endnote-34)由於傳統財務方法如NPV法以及其他傳統投資評價方法在分析投資項目時，存在其自身無法克服的缺陷：

其一，它在考慮項目風險時，假設風險因素對項目的影響是單維的（Anedirectional），其結果是低估了項目的價值，也就是說NPV方法忽略了項目在實施過程中管理柔性的價值，因為隨著IT項目的實施過程，管理者能夠獲得更多的項目有關信息，因而可以隨機應變，採取相應的管理決策與行動，從而增加投資項目的價值。

其二，NPV等傳統方法忽略了時間序列與不間斷投資的交互作用，以及後續與延遲投資可能產生的收益，所以在評價前一個項目時，應考慮它可能帶來的投資機會的價值，而傳統財務模型方法卻忽略了這一點。

最後，IT投資項目經常是不可逆的投資活動，這意味著項目投資成本是沉沒成本（Sunk cost），當它發生后，幾乎不可能回復。NPV方法在分析投資項目時，決策只有兩種：投資或不投資。這就意味著，在項目決策時，若沒有抓住項目，就可能永遠失去該項目。然而，對於IT項目來說，“等待”或者說推遲項目的投資，是有價值的行為，因為無論從軟件還是硬件來看，其價格（成本）隨時間下降的幅度是很大的，而其開發週期和穩定性，又是隨著時間而不斷提高，因此推遲投資往往能夠能使投資成本和項目風險同時降低。實物期權定價理論為克服上述傳統財務方法缺陷提供了科學的新方法。

2.3.1 **Black-Scholes 期權定價模型**

1973年Black、Scholes和Merton發表了第一篇相關論文，在這片論文中，作者構建了一個期權定價公式，稱為Black-Scholes期權定價公式。在Black-Scholes期權定價模型中，期權由標的資產與無風險資產動態複製而得，它的價值波動能夠完全”映射”在標的資產的價格波動上。該模型暗含這樣的推論，即期權價值不依賴於標的資產的期望收益，也不依賴於投資者的風險偏好，僅僅取決於給定的外生變量。該模型對期權定價與對衝都產生了重大影響，1997年，Scholes和Merton榮獲諾貝爾經濟學獎（Black已於1995年去世），充分說明了這一模型的重要性。

由於Black-Scholes模型的推導較為複雜，不是項目投資決策者所需要關心的內容，我們需要關心的是模型的依賴條件和如何運用模型的最終形式。

Black-Scholes公式的最終表達形式：

*(1)*

*(2)*

其中

式中：*c*與*p*分別是歐式看漲和看跌期權的價格，為股票價格,*K*為期權行使價格，*r*為無風險利率（連續復利），*T*為期權的期限，σ為股票價格的波動率，函數 *N ( x )*為標準正態分布*(μ = 0,σ = 1)*的累計分布函數。

Black-Scholes模型有以下假設條件：

* 假設無股息股票在短時間內的收益為正態分布，並且在兩個不交錯的時間段內收益相互獨立。定義*μ*為股票的預期收益率，*σ*為股票價格的波動率，在*Δt*時間段股票收益的預期值為*μΔt*，股票收益的標準差為。因此，Black-Scholes模型假設：

其中*ΔS*為股票價格在*Δt*時間段的變化，*ϕ(m,v)*代表正態分布，分布的預期值為*m*，標準差為*v*。注意收益的方差，而不是標準差，同*Δt*成正比。

* 無交易費用及稅收，所有證券可無限分割。
* 在期權期限內，股票不支付任何股息。
* 證券交易為連續進行。
* 投資者能夠以同樣的無風險利率借入和借出資金。
* 短期無風險利率*r*為常數。

### 2.3.2 Cox Ross Rubinstein(CRR)二叉樹模型

考克斯、羅斯及魯賓斯坦首先提出了由二叉樹來對美式期權定價（可以提前行權），首先將期權的期限分成許多很小的時間區間，每個*Δt*。假定在每一個時間段裡股票價格從開始的*S0*變為兩個新價格*S0u*及*S0d*中的一個。這個模型如下圖所示：

|  |
| --- |
| *p* |
| **图 4.** 在二叉樹模型中*Δt*時間內股票價格的變化 |

二叉樹模型的一個重要假設是風險中性定價，即*p*為風險中性世界股票價格上漲的概率，而非個人的風險偏好。因此對於期權定價，我們可以假定：

* 所有交易證券的期望收益率均為無風險利率(*r*)。
* 對將來現金流的定價可以通過以無風險利率來對將來預期的現金流進行貼現而實現。

在上圖中，參數*p、u、d*的選擇應保證在風險中性世界中的任意時間內股票價格變化的期望值與方差都給出正確值。股票的期望收益率為無風險利率*r*，因此在每個時間間隔*Δt*末，股票額期望值為*SerΔt*，其中*S*為股票在時間段開始時的價格。為了保證二叉樹與股票期望值吻合，我們有

即

由於股票價格收益率*R*在一個微小的時間段*Δt*的標準差為*σ2Δt*，其中*σ*為波動率。因為一個變量加上一個常數後，方差不會改變，因此*σ2Δt*也是*1 + R*的方差。由於*var(Q) = E[Q2] - [E(Q)]2*,因此：

上兩式給出了決定*p、u、d*的兩個條件，考克斯，羅斯和魯賓斯坦選取的第三個條件為*ud = 1*，因此解以下方程組：

當*Δt*很小時，上式的解為：

其中

二叉樹的期權計算分兩個步驟：

* 正推在時間*T*（即樹的末端）的期權價格。下圖展示了股票價格的二叉樹樹形結構。

|  |
| --- |
| binomialtrees.PNG |
| * **图 5.** 用於期權定價的二叉樹 |

* 在時間0，股票價格*S0*為已知；在時刻*Δt*，股票價格有兩種可能值：*S0u,S0d*;在時刻*2Δt*，股票價格有三種可能值：*S0u2,S0(S0 = S0u d),S0d2*;以此類推，在一般情形，在時刻Δt，股票價格有*i + 1*種可能值，它們是*S0ujdi - j,j = 0,1,…,i*。需要注意，樹中節點是重合的，也就是說股票價格先上漲後下跌與先下跌再上漲所得出的值是一致的。
* 從時間*T* （即樹的末端）的期權價格倒推得出*T0*時刻的期權價格，稱之為倒推歸納（backwards induction）。期權在時刻*T*價格是已知的，看跌期權的價格為*max(K - St,0)*，看漲期權的價格為*max(St - K,0)*，其中*ST*為股票在時刻T的價格（即為*T*時刻IT項目現金流量的現值），*K*為行使價格（即IT項目投資成本）。在*T - Δt*時刻每一個節點上的期權價值可以將*T*時刻期權價值的期望值以無風險利率進行貼現求得，類似的，在*T - 2Δt*時刻上，每一個節點上的期權價值可以將*T - Δt*時刻期權價值的期望值以無風險利率進行貼現求得，以此類推。如果考慮提前行權的情況，在二叉樹的每一個節點上我們需要驗證在這一節點行使期權是否比在下一個時間段後持有期權更有利。最後，以倒推的形式走過所有的節點，我們可以得出期權在0時刻的價格。

### 2.3.3蒙特卡羅模擬方法（Monte Carlo simulation）

1977年，Boyel首先將蒙特卡羅模擬方法運用到以定期支付股利的股票為標的資產的歐式期權評價上。隨著計算成本的下降和算法的改進，應用蒙特卡羅方法模擬進行金融產品定價正逐漸成為一種流行趨勢。

由概率定義知，某事件的概率可以用大量實驗中該事件發生的頻率來估算，當樣本容量足夠大時，可以認為該事件的發生頻率即為其概率。蒙特卡羅模擬方法正是在此基礎上進行分析的。它的基本思想是，為了求解某個問題，先建立一個同所求解問題有關的概率模型，使得所需要求解的值或者它的函數可以表示為所建模型的數學期望：然後通過對模型或過程進行大量的抽樣實驗來計算所求解的統計特征；最後用上述抽樣生成的隨機變量的算術平均數作為求解的近似估計值，而解的精度可用估計值的標準誤差來表示。

同樣，我們可以使用蒙特卡羅方法來對股票期權價值進行計算：

其中*dz*是維納過程（Wiener process），*r*為無風險利率，*σ*為波動率，因此

*S(t + Δt) - S(t) = r S(t)Δt + σS(t)sqrt (Δt)*

其中是一個服從標準正態分佈（0,1）的隨機樣本。由於實際使用中，對*lnS*進行蒙特卡羅模擬往往比對*S*更準確，因此根據伊藤引理*（Ito’s lemma）[[35]](#endnote-35)*

即

在*r*和為常數的情況下，可以得到：

因此根據上式多次進行蒙特卡羅模擬，將會得到一個較為準確的置信區間。

## 2.4本章小結

本章為文獻綜述部分，分別介紹了兩個方面：即包括層次分析法等多目標法在內的IT項目投資決策理論方法以及基於實物期權的IT項目投資價值評估方法及其理論背景，包含了金融期權中的Black-Scholes模型、二叉樹模型以及蒙特卡羅模擬方法。討論理論方法及其背景對本文的研究有直接的意義，將會在第三章通過對本章理論知識的應用和結合實際，建立基於AHP和實物期權的IT項目投資評估方法，因此，本章是本文研究思路形成過程中理論基礎的一個重要來源。

# 研究方法與設計

## 良好IT項目投資決策方法的特徵刻畫

在構建新的IT項目投資決策方法之前，我們必須深入地刻畫和認識IT項目投資決策這一管理活動，並且總結良好IT項目投資決策方法的特徵，為接下來的研究提供方向和目標。

**3.1.1 合理的項目選擇模型**

企業會碰到各種各樣的機會，但是任何企業都不能擁有無限的資源來把握每次機會，因此就需要企業做出選擇，同時還要確保所選擇的項目是可行的。可以說項目選擇模型就是對每種選擇帶來的機會和成本進行權衡，其目標就是對時間和優勢的競爭需求進行平衡。但如何確保模型的有效性，桑德（Sounder 1983）[[36]](#endnote-36)提出了模型評估的基本要素，即

* 實用性：首先一個有效的模型必須反映組織的目標，主要包括企業的戰略目標和任務；其次模型的決策標準必須要考慮資源上的限制，如財力和人力；最後，模型必須要考慮商業和技術上的風險，包括效率、成本和時間。概括的說就是：這個項目是否在計劃內？能否保證初始的預算？將來成本會不會增加？隨著進度的推移是否有明顯的風險？
* 功能性：模型要能夠應用與不同的環境，比如，模型要能讓企業對不同類型的項目（長期和短期的項目，不同技術或性能的項目，不同商業目標的項目）進行比較。模型要能夠接納新的標準和限制，這意味著企業能更廣泛地使用該模型對多種類型的項目進行選擇。
* 靈活性：如果在應用過程中需要改變，那麼模型要便於修改，比如在利率、稅法等外在經濟環境發生變化的情況下，模型可以針對這些變化進行調整。
* 易用性：模型要簡單，要能讓企業所有部門的人員都可以使用，這些人員包括專業的項目組成員和處於相關職能部門的人員。另外，在使用選擇模型時，它的選擇結果，以及得出這樣結論的原因應該很容易被所有組織成員所理解。最後，模型還要具有及時性：能夠迅速篩選出的信息，使人們在沒有任何專業知識和技能訓練的情況下能夠理解這些信息的含義。
* 成本：選擇模型的成本不能太高。一個方法如果需要耗費較多的時間或財力，組織成員就會拒絕使用該方法。模型獲得選擇信息和產生最優結果的成本要足夠低，以便於被廣泛使用。
* 可比較性：選擇模型應該能適用與不同類型項目的選擇。如果一個模型的適用範圍非常狹窄，那麼它就不能用來對潛在的項目進行比較並為今後其他的項目選擇收集信息。一個有用的選擇模型應該能夠支持項目選擇的一般性。

項目選擇模型一般分為兩類數學模型和非數學模型（Meredith，Mantel 2003）[[37]](#endnote-37)。數學模型中輸入的一般是數值，這些數值可能是主觀獲得的，也可能是客觀獲得的，比如，客觀的外在的數值，或者是主觀的內在的數值。這兩種數據沒有必然的對錯之分：比如專家對問題的看法是主觀的，但很大程度上是準確的，反過來說，一個錯誤測量得來的數值是客觀的，但卻是錯誤的。因而，在項目選擇的大部分過程中都要不斷對這兩種數據進行評估，然後做出決策。下面列出了在進行項目評估時需要考慮的因素（Pinto 2010）[[38]](#endnote-38)。這樣的因素很多，表中將這些因素分為四大類：風險因素、商業因素、內部操作因素和其他因素：

|  |
| --- |
| shencha.PNG |
| **图 6.** 項目審查和選擇過程中需要考慮的因素（圖表來源：Pinto，2010） |

雖然這裡列出的僅僅是企業進行項目選擇時所考慮因素的一部分，但是按照帕累托（Pareto）的80/20原則來看，也即20%的因素是重要的，而另外80%是不重要的，那麼就可以認為對許多項目來說，少於20%的項目選擇標準最後決定了是否要實施該項目。而這20%的決定因素裏，IT項目與企業戰略對應的原則又佔了極其重要的部分。在合理的IT項目選擇模型中時刻關注戰略對應，有幾個重要的原因：

（1）戰略對應與企業績效。很多的研究得出的結論顯示企業業務與IT的戰略對應對企業績效有積極的影響。在Davenport等（Harvard Business Review on the business value of IT）對多名企業高級管理者的訪談，被訪者把他們對IT目標的認知看的比IT的商業價值重要，即他們看重IT與業務目標的戰略對應，反過來，他們認為IT與企業目標戰略對應程度越高，IT帶來的商業價值就越高。

（2）戰略對應與IT項目投資管理。戰略對應反映了一種基本的認識，即現代企業的成功依賴與企業戰略、IT戰略、企業業務架構和流程、信息技術基礎設施四個因素之間的對應。在IT項目投資管理的角度上，戰略對應通過直接和間接的影響和提高企業的績效，直接的影響即戰略對應為IT的應用滿足企業目標提供了可能；間接的影響，戰略對應作為IT資源分配、IT風險管理、IT績效評估等活動的媒介，有效地融合可這些活動乃至提高企業績效。因此，在信息化過程中，實現企業目標與IT應用目標的戰略性對應是IT應用成功的基礎。研究並應用戰略對應，有利於正確分析和認識IT決策過程中的各種影響因素，對IT應用做出合理的決策。

因此基於多目標的組合分析方法，特別是應用層次分析法（analytical hierarchy process， AHP）構建IT項目選擇模型，從企業業務戰略和IT戰略對應的高度，分析選擇指標的層次結構，定義和建立好評估項目的指標體系，將這樣一個對組織戰略進行一次更為一致和連貫的描述過程，作為IT項目投資決策的基礎。

### 3.1.2具有科學的IT項目投資價值評估功能

一個好的投資決策模型必須具有合理的投資價值評估功能，特別是投資收益分析。大部分IT項目投資決策具有以下幾個重要特徵：

（1）投資是部分或全部不可逆的。意即投資的初始成本至少部分是沉沒的。投資不可逆的性質主要是由於：第一，資產的專用型。例如，投資的ERP（Enterprise Resource Planning）是用於提高企業信息化決策與管理的項目，那麼ERP的投資就是不可收回的，而且，除非是有另一個公司收購，該系統無法通過轉讓收回投資；第二，信息不對稱。即使投資不是特定資產或特定企業，它們往往也是部分不可逆的。因此，大多數大型IT資本投資的大部份是不可逆的。

（2）投資的未來回報是不確定的。理論上，確定性是指投資者知道其投資在將來的回報或收益的概率為1的情況。因此，在嚴格確定的概率意義上，不確定性是至少有兩個不同的可能發生的情況的聯合。一般地，不確定性有兩個方面：”好”的一面和”不好”的一面。就不確定性變量的性質角度而言，可把不確定性分為經濟上的和技術上的不確定性，經濟上的不確定性與經濟的總體運行相互關聯。技術上的不確定性在於引入新技術的風險性。因此，只要在投資決策時，對投資回報的任何估計總是不精確的。投資的這種不確定性與實物期權有著密切的相關性。一般來講，投資的不確定性越大，實物期權的價值就越大。

（3）投資時機是可以選擇的。多數投資選擇（或投資機會）並不是那種零和機會（要麼現在投資，要麼永遠不投資），也就說說投資者在投資時機有一定的回旋餘地。投資者可以推遲行動以獲得有關未來的更多信息。因此，逐步地投資會提供一些有價值的信息，減少不確定性的差異並修正預期價值。如果實際價值是關於不確定性的”好”的一面，那就繼續投資；如果是關於不確定性的”不好”的一面，那就停止投資。通常，投資者選擇的自由度越高，投資選擇的價值就越大。由於IT技術的升級、創新和應用的成本高，風險也大，因此IT技術的投資和應用往往可以透過推遲行動而獲得後發優勢，這也是IT投資靈活性的體現。

（4）只有擁有戰略思想的企業才會真正考慮IT項目投資。因為IT項目對企業的整體貢獻無法直接看清楚，它的價值潛力，必須在企業資源整合、組織機構優化之後，才能顯現出來；其次，企業的發展是一個動態的過程，IT系統只有不斷的去適應這個變化才能體現出IT在幫助企業提高管理水平上所帶來的效果；最後，企業本身對IT系統包含的管理思想的認識和接受也需要一個過程。

（5）收益的無形性。IT項目投資產生的收益具有無形性的特點。IT項目投資的潛在效益常常是巨大的，包括經濟效益和社會效益。但是由於效益分可量化和不可量化，所以企業往往對不可量化的社會效益和經濟效益視而不見。

總之，大多數IT項目投資決策的這幾個特徵之間的相互作用決定了投資者的最優決策，同時，這種相互作用正是實物期權的核心。

由於實物期權的三個主要特徵是：靈活性、不確定性、不可逆性，即面對預先不能準確預測的環境（不確定性），只要期權價值對持有者不是最優的，持有者就有權力不行使期權（靈活性），這種權力的實施要求期權持有者付出一定的成本（不可逆性）。IT項目同樣具有上述特徵。因此使用實物期權定價模型來評估IT項目期權是合理的。

### 3.1.3 決策方法的實踐性

一個有效合理的IT項目投資模型，必須具有實踐的驗證和修正，同時適用於不同類型的項目選擇，而且支持項目間一般性的比較。由於IT項目投資決策的過程及結果受企業中不同力量、不同因素以及不同個人或群體的影響，如果不考慮這些影響，決策模型即使設計地再精確，也只不過”精確地得到了錯誤的結果”，因此IT項目投資決策分析框架應當在實際案例的驗證中體現這些分析的影響，並給出引導它們向有利方向發展的方法。

其次，決策模型和方法的設計應建立在實際企業信息化建設的現狀上，避免兩個誤區：一個是盲目套用已有的理論和管理經驗，而不考慮企業的信息化基礎；另一個是把理性模型變得越來越晦澀難懂，執著於只對狹窄範圍的戰術問題的數學工具和技巧進行完善。

古人說”畫龍畫虎難畫骨”，對於美術而言，畫龍與虎都有一個外在的特徵，行外人可以判斷你畫的像不像，而”畫骨”是指內在的結構和內在的規律，只有掌握了內在的結構和規律，畫出的龍和虎才能更嚴謹更傳神。本文的研究思路是，在信息化演進的過程中，企業的IT投資決策都有一個內在的”合理內核”，而圍繞企業戰略對應的IT項目投資決策，其實是這個”合理內核”的逐步發展和不斷豐富，因此必須借鑑不同的研究思想和方法，最終形成一個擁有自己核心思想包含模型和方法的分析框架。同時應該認識到，”合理內核”往往是超技術層面的，一個模型合理性除了實踐驗證外，還必須有一個駕馭全局的指導方向，能夠為未來的持續發展奠定基礎。

必須指出，決策方法的實踐性可能仍然不能解決現實決策中很多企業不願使用規範的決策方法的問題。IT項目投資決策是較為複雜的工作，規範這一活動總是需要花費一定的時間和資源，這可能是很多企業抗拒使用規範決策流程的根本原因。本文提出的增強決策方法的實踐性是基於這樣的考慮：在完成本文提出決策方法功能的基礎上，不試圖提出一個沒有在實踐中得到廣泛應用的方法，而是融合和試圖拓展已經在以前的IT投資決策中得到普遍應用的方法，減少企業使用本文模型方法的抗拒性。另外，由於實物期權的定價公式理解晦澀、計算困難，但是其概念的重要性又無法在本文中回避，因此作者將財務模型內容製作成獨立的應用軟件，通過可視化的方法運用實物期權的概念來指導IT項目投資，提升實物期權的實用性，但是需要指出的是，本文決策方法在企業管理中的定位是輔助決策，即為決策者提供決策信息，而不是代替決策。

**3.1.4 研究方法設計綱要**

根據本文的研究目的和研究方法，本文擬採用如下方法：

1. 使用層次分析法（AHP）解決IT項目的評估選擇問題，即建立合理的項目選擇模型，從而滿足上一節所刻畫的具有良好IT項目投資決策方法之特征條件（1）：具備合理的項目選擇模型，從而回答IT項目投資“做不做”的問題。
2. 使用實物期權模型，即具有可以合理評估IT項目投資價值，從而滿足具有良好IT項目投資決策方法之特征條件（2）：具有科學的IT項目投資價值評估功能，從而判斷IT項目投資“值不值”的問題。
3. 以作者本人所親自參與的IT項目為案例，應用本文所構建的模型進行分析，對模型進行修正，增強其實際應用性。

**3.2 基於層次分析法的項目選擇模型**

應用第二章所述的層次分析法，我們按照以下步驟分析IT項目：

* 構造層次結構模型

第一步是建立指標和子指標的層次結構模型。

根據企業業務和IT投資決策的戰略對應，我們可以為IT項目評價提出3項指標：

1）財務收益；2）戰略貢獻；3）對IT基礎設施的貢獻。

財務收益指標主要關注的是項目的有形收益，可以再細分為長期收益和短期收益。戰略貢獻是無形的，又分為三個子指標：（a）提高市場占有率；（b）保持現有消費者；（c）改進成本管理。下表是對這些指標進行細分後的結果。

|  |
| --- |
| zhibiao.PNG |
| **图 7.** IT項目選擇指標的層次結構 |

這樣的細分實際上是讓管理者對指標進行分類和排序，從而得到一個容易理解的層級結構。高層的戰略如戰略貢獻，就可以被分解為一系列用來支持該指標的要求，包括市場佔有率、穀殼保持和成本管理，從而建立一個由抽象到具體的層級結構。由於該層級結構反映了組織戰略的結構以及關鍵的成功因素，因此為通過判斷項目與商業目標的一致性來進行項目證實和選擇提供了一種可行的辦法。該層級結構也說明了企業如何使用戰略及關鍵因素來確立項目的選擇指標及相關權重。需要指出的是，構造層次模型的難點在於，需要來自財務、營銷、管理信息系統以及操作層等不同部門的管理者花費相當的時間來在彼此相關的指標中選定能夠用來指導項目選擇的關鍵因素。實際上，定義和建立評估指標的過程也是對組織戰略進行一次更為一致和連貫的描述。

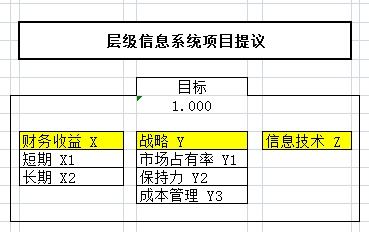
* 確定每個指標的權重

層次分析法的第二步包括對第一步中建立的指標指定權重，並在必要的情況下在子指標中分攤所有指標的權重。使用Mian和Dai（1999）推薦的兩兩比較法（pairwise comparison approch），該方法通過對所有指標的兩兩比較來確定指標的權重。研究者證明，這種方法每次只讓管理者對兩個指標進行區分和比較，因而能更精確地確定權重。因此我們將對指標涉及如下的成對比較打分表：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 短期財務收益 | 長期財務收益 | 市場佔有率 | 保持力 | 成本管理 | 資訊技術 | 總和 | 權重 |
| 短期財務收益 | x |  |  |  |  |  |  |  |
| 長期財務收益 |  | x |  |  |  |  |  |  |
| 市場佔有率 |  |  | x |  |  |  |  |  |
| 保持力 |  |  |  | x |  |  |  |  |
| 成本管理 |  |  |  |  | x |  |  |  |
| 資訊技術 |  |  |  |  |  | x |  |  |

**图 8.** 成對比較打分表

我們將每一個要素與其他要素依次比較，如果要素1的優先級比要素2的優先級高，我們就在（1,2）（行，列）處寫上“1”，然後在（2,1）處寫上“0”，依次類推，將每一個要素的所有橫行相加，就得到其要素的分值，再將其分值除以所有要素分值的總和，即為其權重。在計算出所有要素的權重后，我們將得到以下層次分析法模型：



**图 9.** 對主要選擇標準進行分級的層次分析法模型

上圖是簡化的層次結構，它給出了圖7中所示的三個主要指標的權重，如財務收益相對總目標來說權重為X，而相對財務收益的指標，短期收益的權重為X1，長期收益的權重為X2，因此長期收益相對於終目標的權重就為X×X2。

使用層級的方法來確定指標及相關權重避免了評分模型中可能存在的二次評分問題。在評分模型中，諸如服務、質量和客戶滿意度的指標是基於組織目標的獨立也可能是彼此交疊的因素，因此對某個指標的權重經常會被高估或者低估。而使用層級分析法，就避免了這樣的問題，因為每個指標都由不同的子指標組成，而同一指標下的子指標共同擁有其目指標的權重。

* 為不同的評估等級指定分值

層級建好以後，就可以使用兩兩比較法對各種不同的評估等級指定分值。下圖列出了一個有五個等級的評價比例尺度：差、中、好、很好、非常好，同時它也顯示了為這五個不同的比例尺度賦予的分值：0.0、0.10、0.30、0.60、1.00。當然，這些分值也可以根據實際情況進行調整，比如，如果希望擴大”差”和”中”之間的差異，那麼管理者也可以將這兩個等級的分值差拉大。

|  |
| --- |
| fenzhi.PNG |
| **图 10.** 為評價尺度賦予分值 |

通過對數值的調整來滿足不同的評估需要，管理者也避免了對分值間差異的錯誤假定，比如在1～5的比例尺度中，假定4與5間的差異與3和4間差異是一樣的。在層次分析法中，最好的結果得到最好的分值–1分，而其他的結果都是根據與該結果的比較得到相應的分值。當然，在必要的情況下，管理者需要對指標使用不同的評價比例尺度。通過比較來賦予權重，能加深對目標以及對為達成這些目標而採用的方法的理解。

* 評估項目提議

將項目在每個指標上的得分與該指標的權重相乘，最好加總就得到了最好的總分。下圖是使用層次分析法對5種項目進行評價的項目評級電子表格。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | 差 | 中 | 好 | 很好 | 非常好 |  |  |  | |  | 1（0.000） | 2（0.100） | 3（0.300) | 4（0.600） | 5（1.000） |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | 备选项目 | 合计 | 短期收益 X\*X1 | 长期收益 X\*X2 | 市场占有率 Y\*Y1 | 保持力 Y\*Y2 | 成本管理 Y\*Y3 | 信息技术 Z | | 1 | 最优项目 |  |  |  |  |  |  |  | | 2 | 调整后项目 |  |  |  |  |  |  |  | | 3 | 未调整项目 |  |  |  |  |  |  |  | | 4 | 较好项目 |  |  |  |  |  |  |  | | 5 | 混合项目 |  |  |  |  |  |  |  | | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| **图 11.** 項目評級電子表格 |

下面列出的是該表格幾個需要說明的地方：

1. 第二行指定了每個評價尺度的分值（從”差”=1=0.000到”非常好”=5=1.000）；
2. 從第四行開始是決策時要參照的指標以及相關的權重，注意三個主要的指標被分解 為6個子指標；
3. 第一列列出了5種備選項目（最優項目，相符項目等）；
4. 標注”合計”那一列給出了每個備選項目的得分。該得分是將項目在各個指標上的得分乘以權重，最後進行加總得到的。

和典型的評分模型的結果不同，層次分析法的得分更為顯著。層級分析法對更優備選項目的量化能力使管理者可以將該計算結果作為其他計算過程的輸入數據。比如可以通過層次分析法的得分比例來計算項目的開發成本，從而對項目進行排序。

## 3.3 IT項目投資評估模型

### 3.3.1淨現值法（net present value，NPV）

進行項目選擇時使用得最廣泛的財務模型就是淨現值法（NPV），簡化的淨現值公式如下：

*NPV = I0 + ∑Ft/(1 + r)t*

式中：

=第t年的現金流量

*r*=要求的收益率（無風險利率）

*I0*=初始現金投資額（第一年初的現金支出）

當NPV⩾0時，項目投資可以進行；當NPV<0時，則放棄項目。NPV法主要運用於確定性條件下，因為項目的收益、成本、計算期和收益率都是確定的。根據第二章所述，需要應用實物期權理論完善IT項目投資評估模型，但NPV法仍然是IT項目投資評估的基礎。

### 3.3.2 實物期權方法（Real Option）

針對折現現金流方法在評價項目時表現的不足，Myers（1977）和Ross（1979）指出，風險項目潛在的投資機會可視為另一種期權形式–實物期權（Real Options，RO），並由此引發了對實物期權股價理論的深入探討。

期權，是指投資者支付一定費用而獲得不必強制執行的選擇權。實物期權，就是對實物投資的選擇權，其標的資產不再是股票、債券、期貨和貨幣等金融資產，而是某個投資項目，它們可以理解為該項目所對應的設備、土地和廠房等實物資產。實物期權賦予企業對有價值的”增長機會”進一步投資的權利。因為初始投資帶來的增長機會是不確定的，傳統的NPV理論在計算投資價值時忽視了這部分價值。不確定條件下的初始投資可以視同購買一個看漲期權，期權擁有者因此擁有了等待未來增長機會的權利。這樣，企業就可以在控制下界風險的前提下，利用不確定獲得上界收益。如果”增長機會”沒有出現，企業的下界風險僅為初始投資，這部分可以視為沈沒成本，可以視為期權的購買成本；如果”增長機會”來臨，企業進一步投資，新的投資可以視為期權的執行，期權的執行價格就是企業進一步投資的金額。這樣，企業內存在兩種不同資產：一是實物資產，其市場價值獨立於企業投資戰略；二是實物期權，實物期權指在合適時機購買實物資產的機會，亦即對實物投資的選擇權。因此，IT項目的投資價值應該是IT項目的淨現值加上IT項目中的期權價值，亦即Lenos Trigeorsis提出的扩展净现值（Expanded Net Present Value）[[39]](#endnote-39)：

|  |
| --- |
| 淨現值（NPV）  IT項目投資價值  項目期權價值 |

**图 12.** IT項目價值評估模型框架

為了計算IT項目期權價值，我們將引入第二章文獻評論所述的三種期權定價模型，即Black-Scholes模型，Cox Ross Rubinstein(CRR)二叉樹模型以及Monte-Carlo模擬方法，並且結合IT項目的實際情況進行嚴格的參數比對和選取。

3.3.2.1 基本假設

由於模型的假設很重要，表明了模型的實用性，因此應用實物期權模型時有以下幾個基本假設：

1. 風險中性：期權價值的計算將假設一個風險中性的環境（risk-neutral world），即每個投資者都對風險持中性的態度，投資者對風險不要求任何補償，所有投資的預期收益率均等於無風險利率，對將來現金流的定價可以通過以無風險利率來對將來預期的現金流進行貼現而實現。根據第二章介紹的實物期權理論，期權由標的資產與無風險資產動態複製而得，它的價值波動不依賴于標的資產的期望收益，也不依賴于投資者的風險偏好，因此風險中性假設是必要的。
2. 數據收集：假設收集到的數據是正確的，沒有必要對數據進行特別處理，具體的參數設計會在後面各節中詳細說明。
3. 經濟不確定性：項目的經濟不確定性是經濟因素對企業現金流的影響。假設經濟因素影響已完成項目的總現值，并假設它服從一個幾何布朗運動。這意味著已完成項目現金流的價值將以一個成比例的隨機遊走連續變化,即以下列公式描述:

其中*dz*是維納過程（Wiener process），*r*為無風險利率，*σ*為波動率，這也是第二章敘述的Monte-Carlo模擬方法的基本公式。選擇幾何布朗運動的理由是，它是應用期權方法進行資本運算過程中估算現金流的最常用隨機過程，也是後續介紹的幾種實物期權模型的基礎。

1. 技術不確定性：項目中的技術不確定性假設是已知的，並且不與市場相關聯。各階段成功的概率假設是已知的原因，如果不是這樣，項目的總現值依賴於兩個隨機過程，一個是為了經濟不確定性，一個是為了技術不確定性，這將使得期權的計算更加複雜。
2. 假設IT項目投資屬於可以提前行使的增長期權，且其初始的投資成本是確定的。“提前行使“的含義是假設項目距離失去投資機會的時間*T*是可以事先確定的，而”提前行使“即指可以在這個*T*之前投資IT項目。實際上由於很難具體確定，因此這個*T*是一個較為主觀的估計，Dixit和Pindyck[[40]](#endnote-40)解釋了一個公司擁有一項專利時的一個例子。其到期時間被定義為專利的到期時間。一般來過，這個*T*可以理解為，過了這個時間，企業將失去該項目競爭優勢的機會，因此對於管理者來說，可以根據競爭對手利用相同機會的時間來做出衡量。根據假設，在後續的期權模型中，這個*T*即為失去投資機會的時間的最大值，因此計算方式更為靈活，也減少了由於*T*的不確定性而帶來的估算不準確性。

#### 3.3.2.2 Black-Scholes期權定價模型

將金融期權運用到IT項目實物期權的參數將有如下比較（相關公式和假設請見第二章）：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 模型參數 | IT項目投資實物期權 | 金融期權 |
| *S0* | IT項目未來報酬總現值 | 標的資產當前市場價格 |
| *K* | IT投資項目成本 | 執行價格 |
| *T* | 距離失去投資機會的時間 | 距離到期時間 |
| *σ* | IT項目價值的不確定性 | 標的資產價格的波動率 |
| *r* | 無風險利率 | 無風險利率 |

由於以上參數將會貫穿整個IT項目價值評估模型，所以參數的選取非常重要，因此有必要做以下幾點詳細說明：

* IT項目未來報酬總現值*(S0)*：

其中*Ft*為*t*年現金流量,*r*為項目要求收益率。

* IT項目投資成本*(K)*：其值等同於NPV法中的*I0*，即初始現金投資額。
* 無風險利率*(r)*：同金融期權的參數相一致，一般選擇與項目同期的無風險債券（國債）的利率作為無風險利率。需要說明的是曾經有學者認為這裡的*r*應該為NPV法則中的貼現率，這是因為將它等同於項目的預期收益率。但是經過國內外眾多學者的研究證明，已經認為，NPV法則用加權平均資本成本或由資本定價模型計算出的預期收益率，會隨著不確定性增加而調整貼現水平，具有相當的主觀性，因此應該使用與金融期權相一致的方法，使用無風險利率作為貼現率，將更為客觀和準確。[[41]](#endnote-41)[[42]](#endnote-42)
* 波動率*(σ)*：用於表示IT項目收益的不確定性，這是應用Black-Scholes定價公式中，唯一不能直接觀察到的參數。波動率有兩種計算方式，即屬於回望型（backword looking）的歷史波動率，以及屬於前瞻性（forward looking）的隱含波動率。

歷史波動率（由歷史數據計算波動率）計算方式如下：  
定義：

觀測次數 = *n + 1*

第*i*個時間段結束時變量的價格，*i = 0,1,…,n = Si*

單位時間間隔的長度，以年為單位 =*τ*

令

的標準差*s*可以估計為

*（1）*

由上式以及正態分佈性質，可以證明以上估計式的標準差大約,其中

*（2）*  
隱含波動率的計算方式較為複雜，其基本思路是從預期IT項目期權價值來反推隱含波動率。由於Black-Scholes公式是一個特殊的微分方程的單方程解析解，因此不能直接靠反解Black-Scholes公式將波動率表示成期權價格與其他變量*S0,K,r,T*的函數，由於期權價格為*σ*的遞增函數，所以可以由迭代的方式來逼近隱含值*σ*，較為簡單的逼近算法如下（算法1）：

|  |
| --- |
| *initialize σ1,σ2,threshold=1e-10 while (Black\_Scholes(σ1)-K)×(Black\_Schles(σ2)-K)⩾0)  Re-enter σ1 , σ2 σ = σ1 while (fabs((Black\_Scholes(σ) - K) > threshold)  σ =*  *if((Black\_Scholes(σ)-K) ×(Blask\_Scholes(σ1)-K) > 0)  σ1 = σ  else  σ2 = σ return(σ)* |

根據Fliglewski(1996)[[43]](#endnote-43)對兩種方法的測試結果顯示，IT項目的不確定性的歷史波動率計算結果比以隱含波動率計算結果稍微準確，而不同與金融期權的波動率以隱含波動率的計算結果稍準確于歷史波動率。[[44]](#endnote-44)

* 項目投資有效期*(T)*：由於IT項目的實物期權是參照歐式看漲期權，這裡的*T*是一個確定的值，即為IT項目距離失去投資機會的時間。

Black-Scholes期權定價模型可以用於標的資產的歐式看跌和看漲期權的定價，這是由於歐式期權中的*T*（距離期權到期時間）不考慮提前行權，因而是一個固定值。但是在IT項目投資中需要考慮各種期權的組合投資情況，因此*T*將是一個終值（最大值），而不是一個定值，因此假設*T*是一個最大IT投資有效期，那麼將不能從Blask-Scholes模型推導出準確的期權價值，我們將引人二叉樹(Binomial Tree)方法對這種情況給出期權定價。

#### 3.3.2.3 Cox Ross Rubinstein(CRR)二叉樹模型

假定將一個IT項目期權（視為一個看漲期權）的期限分成*N*個不同的時間區間，每一區間長度為*Δt*。令*fu*為期權在*(i,j)*節點上的價值，股票(即預期現金流量的現值)在*(i,j)*節點上的價格為*S0uidi - j*。因為看漲期權在到期時的價值為*max(K - ST,0)*，因此：

*fN,i = max(S0ujdN - j - K,0),(j = 0,1,⋯,N)*

*iΔt*時刻的節點從*(i,j)*移動到*(i + 1)Δt*時刻的*(i + 1,j + 1)*節點的概率為*p*；移動到*(i + 1)Δt*時刻的*(i + 1,j)*節點的概率為*1 - p*。假定期權沒有被提前行使，由風險中性定價原理，對於*0⩽i⩽N - 1*及*0⩽j⩽i*,我們有:

*fi,j = e - rΔt[p fi + 1,j + 1 + (1 - p)fi + 1,j]*

考慮提前行使期權時，式中的*fi*,j必須同期權的內涵價值進行比較，因此我們得

*fi,j = max{S0ujdi - j - K,e - rΔt[p fi + 1,j + 1, + (1 - p)fi + 1,j]}*

注意，由於定價計算從T時刻開始並以倒推行使進行，所以當*iΔt*時刻的期權價值不僅反映了在*iΔt*時刻提前行使期權的可能性對於期權價值的影響，而且這一價值也反映了將來時刻提前行使期權對於期權價值的影響，當*Δt→0*時，我們可以取得期權的真實價值。

普通的二叉樹展開往往使用遞歸方式，這樣展開的速度較慢，通過動態規劃算法，我們可以得到一個比較快速的二叉樹展開算法（算法2）：

|  |
| --- |
| *for (i = N; i >= 0; i--)  for (j = 0; j <= i; j++)  if (i == N)  fi,j = max(S0ujdi - j - K,0)  else  fi,j = max{S0ujdi - j - K,e - rΔt[p fi + 1,j + 1 + (1 - p)fi + 1,j]} return f0,0* |

下圖給出的是當

*S0*（未來報酬總現值）= 50,000美元

*K*（預計成本）= 50,000美元

*r* （貼現率）= 10%

*σ* （波動率）= 30%

*T*(距離是去投資機會的時間)=12個月

*steps*（二叉樹步數）= 50

的情況下，計算出IT項目期權價值的收斂曲線：

|  |
| --- |
| Binomial_Chart.png |
| **图 11.** 二叉樹計算IT項目期權價值收斂曲線（單位：千美元） |

可以發現曲線接近於收斂，其期權價值為8，337美元，通過Black-Scholes計算出的期權價值為8，367美元。

#### 3.3.2.4 蒙特卡羅模擬方法（Monte Carlo simulation）

應用第二章公式：

多次進行蒙特卡羅模擬，將會得到一個較為準確的置信區間（Confidence Interval），注意由於∈是一個服從標準正態分布函數*(0,1)*的隨機樣本，因此我們用一個*random()*函數生成一個服從平均分布的介於*(0,1)*之間的隨機數，然後求得這個隨機數的分位數 *(0,1)*即為滿足*∈*的隨機樣本，程序如下，其中*K*為IT項目投資預期成本,計算結果需要除以貼現率*er T*得到現值（算法3）：

|  |
| --- |
| *initialize OptionSum=0*    *for(i=0; i<n; i++)*  *OptionSum = OptionSum + max{StockValue()-K, 0}*  *Return* |

由於蒙特卡羅算法需要多次模擬，並且當模擬達到一定程度後，其值將會在一個微小的區間內震蕩，但卻不能無限精確，因此有必要計算其置信區間。假設置信度為*1 - a* ， M 次蒙特卡羅模擬樣本*( X 1 , X 2 ,⋯, X M )*的均值 *X*，標準差為*ω*,由中心極限定理知置信度為*1 – a*的置信區間為：

假設置信度為0.05，則 (0.975)=1.96，因此置信區間為：

同樣以以下參數進行蒙特卡羅模擬：

*S0*（未來報酬總現值）= 50,000美元

*K*（預計成本）= 50,000美元

*r* （貼現率）= 10%

*σ* （波動率）= 30%

*T*(距離是去投資機會的時間)=12個月

*steps*（二叉樹步數）= 50

蒙特卡羅模擬的值分布情況見下圖：

|  |
| --- |
| MC_OptionValue_Distribution.png |
| **图 12.** 蒙特卡羅模擬的值分布 |

其置信度為95%的區間為(單位：千美元)：

*8.356 < f < 8.377*

驗證50步二叉樹的計算結果為8.337，而Black-Scholes公式的計算結果為8.367，可以驗證Black-Scholes公式的正確性；繼續提高二叉樹的模擬步數到300步，計算期權值為8.362，同樣在95%置信區間之內，因此應用蒙特卡羅模擬可以和二叉樹模型和Black-Scholes模型相互驗證其正確性。

## 3.4 IT項目投資價值評估思路

通過以上對IT項目所蘊含的實物期權價值分析，我們可以總結以下IT項目投資價值評估的思路：

1. 估計項目的淨現值*NPV*，其中項目的初始現金投資額*I0*為已知，折現率*r*等於與項目同期的無風險債券的利率。
2. 使用Black-Scholes模型、CRR二叉樹模型以及Monte-Carlo模擬方法計算IT項目期權的價值，並進行相應的校準，其中

IT項目預期現金流*S0 = ∑Ft/(1 + r)t*

IT項目投資成本*K = I0*

*r* = 無風險利率

*T* = 距離失去項目投資機會的時間

1. 其他參數說明：

* 項目波動率*σ*，可以通過歷史波動率和隱含波動率兩種方式計算，由於IT項目的歷史波動率的計算結果更為準確，因此在具備歷史數據的情況下，應該使用歷史波動率的計算方法來估算，特別是，投資IT項目的上市企業，其IT項目的風險波動和該企業的股價息息相關，使用該企業的股票價格波動率來作為IT項目波動率近似估算，不失為一個較好的方法。
* 二叉樹步數 *N* 可以指定，由於*Δ t = →0*時較為準確，因此 *N* 越大越準確，一般在50步以上。
* 單次Monte-Carlo模擬次數，即為算法3中的*n*，在作者的程序中設為1000；而多次Monte-Carlo的模擬次數*M*用以估算期權的置信區間，在作者的程序中設為5000，這樣總共的Monte-Carlo模擬的次數為5,000,000次。

1. 整個IT項目的價值*(v)*，為NPV法計算的項目價值加上項目所蘊含的實物期權的價值*(f)*：

其中*Ft*是第*t*年現金流量，*r*為貼現率，即預期收益率。

**3.5 研究方法局限說明**

**3.5.1 層次分析模型**

雖然層次分析法可以較好地改進項目評估過程，但是層次分析法也有一些局限性。首先，最近的研究表明，層次模型不能充分考慮負效應，也就是說，有些選項非但不能為決策帶來積極的影響，反而導致負面的結果。例如，假設某企業對項目選擇有一個很關鍵的標準，如成本不能過高，那麼就不能選擇投資較大的項目。但是如果使用層次分析法，首先需要確定積極因素的權重，建立評分體系，然後再將這些分值與負面因素進行比較，比如成本，因此計算結果可能會存在偏差。[[45]](#endnote-45)

層次分析法的第二個缺陷是在開始選擇時就要考慮所有的指標，但是IT項目的彈性較大，決策者在決策過程中要面對大量不精確的信息，并從中篩選出相關的指標，有一定的成本和難度，另外，組織中那些能影響組織政策或青睞某些項目的人員可能會強烈抵制這種開放的選擇過程。

另外，還有文章指出，由於在現實環境中，各層次內部元素往往是依存的，底層元素對高層還有一定的反饋，此時用AHP解決這類決策問題有失偏頗，因而建議採用網絡分析法（Analytic Network Process,ANP）作為層次分析法的進一步發展[[46]](#endnote-46)，允許各個層次和層次內部之間存在依賴和反饋關係，可以描述成更為複雜的網絡式結構，可以作為本文的後續研究中使用。

**3.5.2 基于实物期权的財務評估模型**

由於傳統的财务模型具有种种局限，因此引入實物期權模型，但是以上三種實物期權在實際使用中仍然有其局限性，首先是其使用的假設條件滿足3.4.2.1節的假設條件，但其假設條件只是對現實情況的簡化，不能完全反應現實中IT項目的複雜性。另外實物期權的模型參數中有兩個較難準確預測的參數：

1. 距離失去投資機會的時間*T*，往往是管理者主管預測的時間，經常以競爭對手利用相同機會的時間來參照。在三種實物期權模型中，Black-Sholes模型和Monte-Carlo模擬方法中，*T*作為定值使用，Binomial Trees模型中，*T*作為最大值測算。但是關於實物期權的研究表明，無論是將*T*作為定值還是最大值計算，在無股息的實物看漲期權中，計算結果相差很小（見文獻35），因此實際的*T*就應該視作定值，這樣管理者對此的預測成分將會影響到期權價值的計算，這也體現了實物期權模型對決策者的主管能動性和管理能力的要求。
2. 評估IT項目不確定性的波動率，需要根據歷史波動率做出預測，但是由於IT項目種類繁多，同類項目的歷史波動率既必須有足夠的數據量，但又不能太過久遠，否則也會失去參考價值，因此本文參考較為科學的方法，以項目實施公司的一年期股價波動率作為IT項目波動率（見文獻27）。

由於實物期權方法強調決策層的主管能動性和管理能力，但在本文中，假設決策者是完全理性人，即對項目選擇和判斷沒有偏好，可以利用新的信息對投資項目作出改變，當未來趨勢看好時可以擴大投資，當趨勢不佳時可以放棄投資，可以不斷根據信息的變化及時作出投資的調整，這是因為實物期權並非是一個機械的價值評估工具，實物期權的價值並非被動得到的其價值需要一個有能力的決策層轉變思維方式，不斷根據環境變化調整決策才可以真正得到實現，因此實物期權對決策層的高要求，也會成為其實際應用中的局限。

**3.6 方法應用路線圖**

|  |
| --- |
| 項目需求收集  層次分析模型判斷  是  否  是否最優項目  調整和引進最優項目  NPV基本投資價值評估  Black-Sholes 模型估計  二叉樹模型做動態最大值估計  蒙特卡羅模擬對估計結果校正  投資價值=NPV+期權價值  是  IT投資回報是否合乎預期  否 |
| 準備項目投資  **图 12.** 方法應用路線圖 |

# 研究結果與分析

本章將根據本文作者親身參與的銀行證券系統升級項目，以第一手數據，分析本文所構建的IT決策模型的應用結果。

**4.1 項目背景介紹**

本文作者所在單位中國銀行澳門分行（以下簡稱“中銀澳門”）是澳門當地佔有相當市場份額的商業銀行股份有限公司，2014年中銀澳門考慮投資一個新的IT項目，其目的是替代原有的證券系統，使公司繼續處於市場領先地位，保持業務能力的持續增長。

由於證券交易系統的實時性和風險性較高，同時其替代原有證券系統后，并不能完全從后幾年中的現金流量中收回高額的投資成本。然而，新證券系統相比較舊證券系統，不僅使用的技術更為先進，使得客戶體驗更好，更重要的是，舊有的證券系統全部是由香港證券交易所代理，因此大部分客戶數據都在港交所，而新證券系統的客戶數據全部保留在中銀澳門本地，在大數據時代，數據的收集和保留將為中銀澳門提供分析的素材，并用於預測客戶行為和提供定制服務。另外，新證券系統由於是中銀澳門自主開發，將更加適應與公司業務發展戰略符合度以及IT戰略發展符合度。

由於新證券系統風險和利好共存，同時其財務收益又較難估算，因此，將使用本文所構建的基於AHP和實物期權的IT項目評估模型來進行測算，并以此來對模型進行修正。

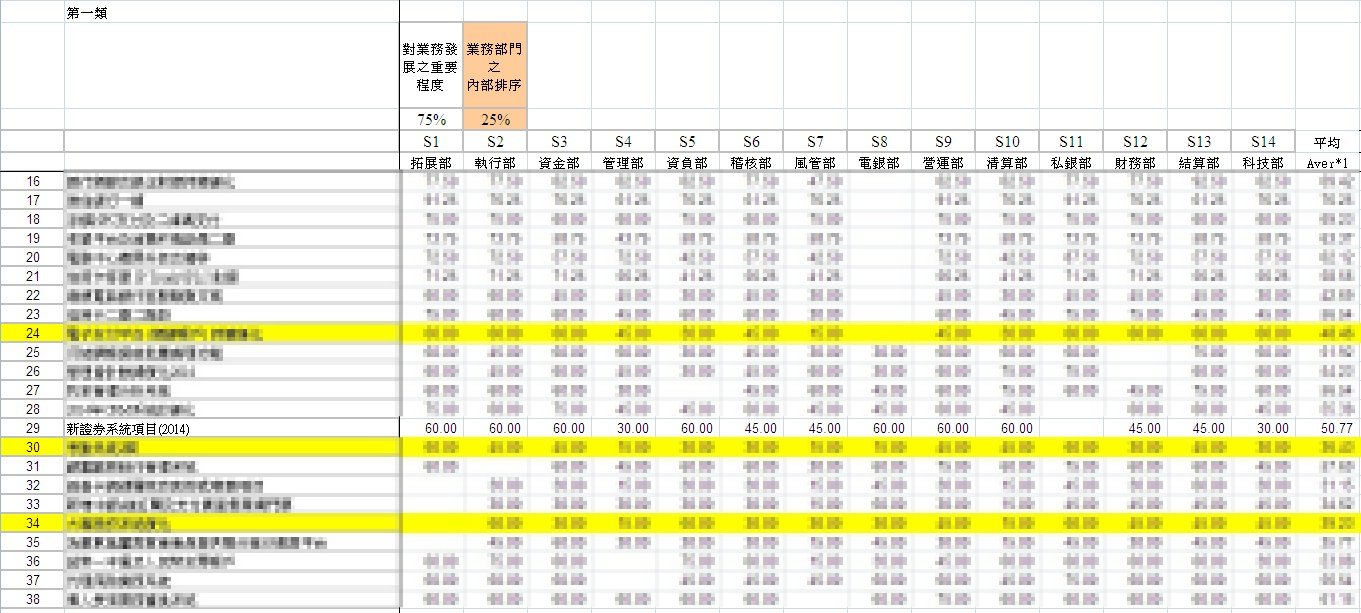
**4.2 應用層次分析法（AHP）評估項目選擇**

使用層次分析法來對中銀澳門2014年包括新證券項目在內的38個項目提議進行評估和選擇。首先要建立指標和子指標的層次結構模型，并確定每個指標的權重，從而得到下表：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **業務部門項目排序** | | **項目之價值評判** | | | | **項目實施之風險分析** | | | |
| *A1* | *A2* | *B1* | *B2* | *B3* | *B4* | *C1* | *C2* | *C3* | *C4* |
| 對業務發展之重要程度 | 業務部門之 內部排序 | 全行業務發展戰略符合度 | 項目回報 | 項目 必要程度 | IT發展戰略符合度 | 項目之 複雜度 低 | 項目之 不確定性低 | 項目材料之專業性強 | 項目與IT藍圖之 符合度 |
| 75% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 30% | 30% | 15% | 25% |

**图 13.** IT項目層次評估指標

將項目評估表交給中銀澳門14個部門進行打分評估，注意本次評估未給不同的評估等級制定分值，而是直接根據評分人的打分乘以指標的權值：

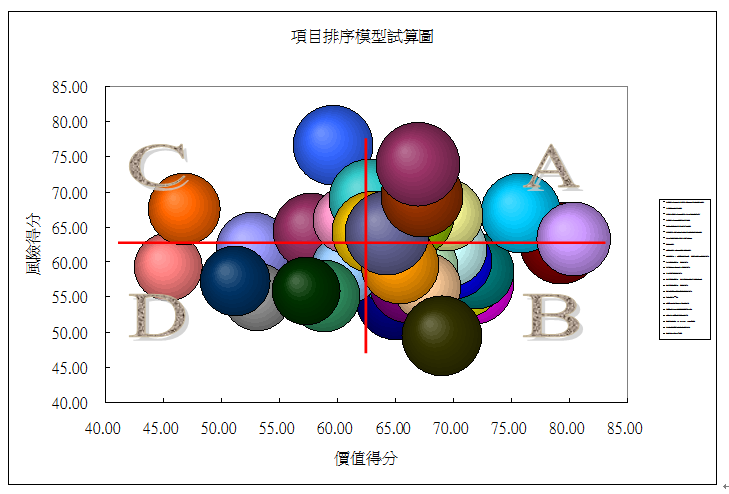


**图 14.** 各部門評分結果

由於項目的指標主要分為兩大類：項目價值評判和項目實施風險分析，因此將根據項目的價值高低和實施風險的大小，預設將項目分成四個象限：業務價值高，實施風險小的項目為A類項目；業務價值高，實施風險大的項目為B類項目；業務價值低、實施風險小的項目為C類項目；業務價值低、實施風險大的項目為D類項目。項目選擇順序為A->B->C->D。根據14個部門的打分結果表明，2014年的38個項目提議中，10個項目屬於A類，15個項目屬於B類，5個項目屬於C類，8個項目屬於D類；新證券系統排名在第21位，屬於有業務價值，但實施風險也較高的B類項目：



**图 15.** 項目綜合評分



**图 16.** 項目氣泡圖

根據以上層次分析過程，中銀澳門發現由於新證券項目屬於業務價值高，但投資風險也較高的項目，是否對其進行投資，需要使用財務模型估算其IT投資價值的大小來作為參考，因此我們將使用本文所提出的實物期權模型來估算新證券項目的投資價值。

**4.3 應用實物期權模型評估項目價值**

**4.3.1 傳統NPV值分析**

舊證券系統作為中銀澳門和港交所對接的代理系統于2004年正式投產使用了10年之久，新證券系統項目作為舊證券系統的延續，是對舊證券系統的一次巨大更新替代，根據新證券項目的預期成本投資和預期現金流如下表所示（為保護關鍵數據，以下數據有5%的浮動，單位：萬美元）：

**图 17.** 新證券項目現金流量圖

根據傳統的NPV現金流量計算，項目投資的首年成本為78萬美元，而5年的預期現金流量分別是(單位：萬美元)：*=5.3,=10.5,=16.2,=19.4,=25,*按無風險利率為美元一年期無風險國債利率（USA one-year bill）為0.11%計算，得到5年預期現金總流量為

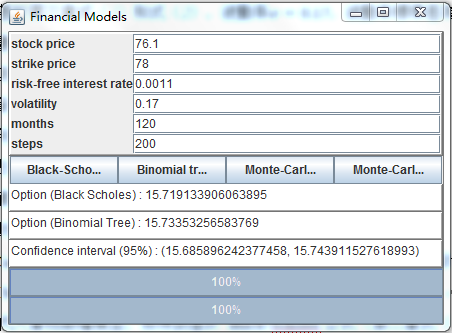
因此傳統NPV值為76.1-78=-1.9萬美元，也就是說項目的凈現流是負值，也就是說，從傳統的NPV方法計算，該項目沒有投資的價值。第二章文獻綜述已經告訴我們，傳統的NPV方法，往往低估了IT項目的實際價值，因此實際的計算結果是符合預期的。但是正如前述，由於高度不確定下的實物資源投資可以使用實物期權方法，因此我們將使用第三章所構建的實物期權模型，來計算新證券系統項目投資的期權價值。

**4.3.2 實物期權價值分析**

正如企業內部存在兩種不同資產：一是實物資產，其市場價值獨立於企業投資戰略；二是實物期權，即在合適的實際購買實物資產的機會，實物期權的價值是基於實物資產的，就像股票期權是基於標的股票一樣。雖然在新證券開發階段，其NPV價值是負值，但考慮到其增長期權的價值時，此項目將從最初的投資中獲益。考慮到此項目距離舊證券系統投產已經相隔10年，因此其投資的有效期是10年。而衡量項目不確定性的波動率是和中國銀行股份有限公司的股價波動一致的，因此我們以中銀澳門從2013年7月至2014年7月的股票歷史波動率來計算，基於第三章式（*1*）和式（*2*），波動率，波動率標準差為0.0077。因此將以下參數代入模型計算：

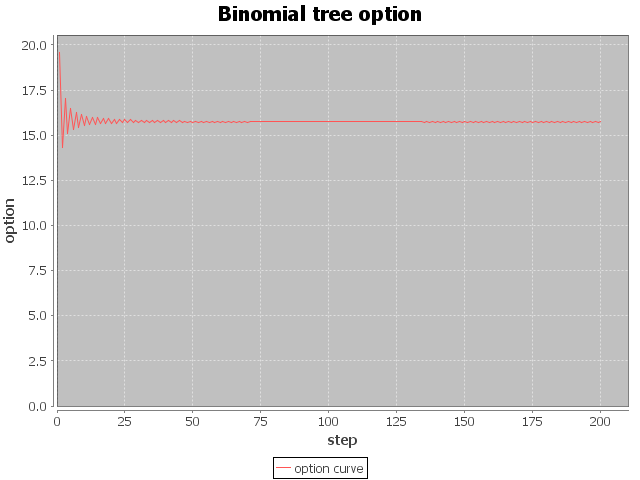
* 項目預期現金流萬美元
* 項目投資成本*K=78*萬美元
* 無風險利率*r=0.0011（USA One year bill）*
* 距離失去投資機會的時間*T=10*年
* 項目不確定性
* 二叉樹步數
* Monte-Carlo模擬參數：單次Monte-Carlo模擬做1000次隨機模擬估算均值，一共做5000次Monte-Carlo模擬（總次數5,000,000次）得到置信度95%區間。

將以上參數代入實物期權模型（Finacial Models軟件由本文作者開發）：



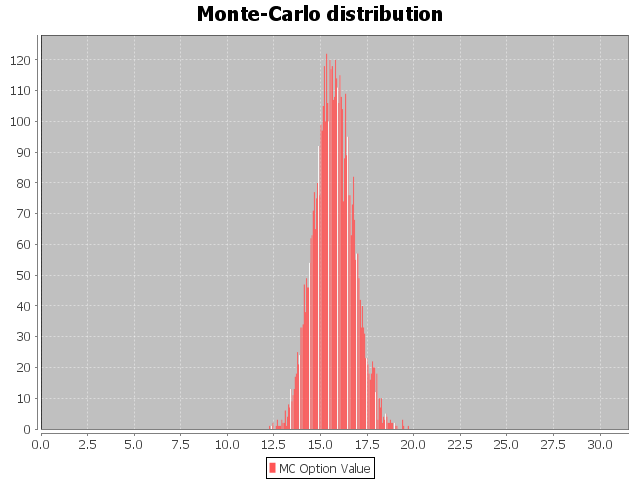
**图 18.** Financial Models軟件界面

將得到基於Black-Scholes公式（第二章式（1））的實物期權價值為15.72萬美元，基於二叉樹模型的期權價值為15.73萬美元（二叉樹步數為200步）：



**图 19.** 二叉樹模型的收斂性曲線

而基於Monte-Carlo模擬的置信區間為(15.69, 15.74)：



**图 20.** Monte-Carlo模擬的值分佈

在三種方式的計算結果相一致的情況下，可以確信新證券項目的實物期權價值大約為15.73萬美元左右，因此應用第三章IT項目價值評估方法，IT項目投資價值應該是NPV價值加上實物期權價值，即新證券項目的投資價值為15.73+(-1.9)=13.83萬美元，因此考慮到包含增長期權的IT項目投資價值表明，澳門中銀將從新證券項目中收益（+13.83萬美元）。

**4.4 IT投資評估模型在實際應用中的分析和總結**

**4.4.1 層次分析法的指標制定有一定難度**

應用層次分析法的局限性已經在第三章3.6節中詳細敘述過，在實際項目應用中，我們強烈的感覺到，要從大量不精確的信息中確定關鍵指標具有很大的難度，雖然整體的指標只有IT項目價值評判和項目實施風險評判，但是其是否具有合理性也要經過實際的檢驗，畢竟項目價值和項目風險往往伴隨著正相關的關係，而以項目價值高而風險低為A類項目的標準來評判，可能造成評估出的優先項目和實際有所偏差，高得分的選項未必能帶來積極的影響，比如集中注意于風險低的項目，未必會帶來競爭優勢，因為同業已經做了類似的大量工作。

另外，從14個部門打分結果看，雖然各部門迴避自家的項目建議，但評分仍然帶有強烈的傾向性，導致各評分指標出現較大分歧，說明了在實際應用層次分析法，其指標的層次結構未能取得各個部門的共識，說明需要進一步組織中銀澳門各部門從彼此相關的指標中選定能夠用來指導項目選擇的關鍵指標，制定更為科學的標準層次結構模型，從而也是對組織戰略進行一次更為一致和連貫的描述。

**4.4.2 在分析IT項目投資中謹慎運用實物期權方法**

應用實物期權方法評價IT項目是對NPV方法的完善。但要防止濫用實物期權方法可能對企業發展造成不利影響，因為期權價值的敏感性較高，對於某些價值因素的錯誤估計可能會導致對期權價值的高估，從而導致錯誤的決策。因此，在應用實物期權進行IT項目投資決策必須十分謹慎。

實物期權方法與NPV方法最基本的區別，是決策層可以利用新的信息對投資項目作出改變，儘管實物期權的價值在實際投資以前可以得到評估，但是該價值的最終實現需要決策層的不斷關注環境變化，并相應作出進一步的正確決策才可以得到。決策層的主觀能動性和管理能力是實物期權價值能否實現的關鍵。如果一些項目本身NPV是負值，在做投資決策時，決策層考慮到了項目的期權價值，決定予以投資。但在實際執行時，卻不能根據信息的變化，及時作出進一步決策，那麼該期權價值將無法得以實現，那麼開始看來是正確的決策，最後可能導致失敗。因此，實物期權並非是一個機械的價值評估工具，實物期權的價值並非是被動得到的，其價值需要一個有能力的決策層轉變思維方式，不斷根據環境變化調整決策才可以真正得到實現。

**4.5 本章小結**

本章以作者實際參與的中銀澳門新證券項目為例，進行了IT項目投資選擇和價值評估的案例研究，其中應用層次分析法評估了項目的優先級選擇；應用實物期權方法，包括Black-Scholes模型、二叉樹模型以及Monte-Carlo模擬方法對新證券項目的投資價值進行評估，并進一步分析了實物期權方法與傳統NPV方法在計算結果上的差異和對項目決策的影響。然後，文章指出了應用層次分析法做項目優先級評估中要注意指標要素選取的困難度和取得各個部門決策層共識的重要性，并分析了在IT項目評估中要防止高估期權價值以及決策層在價值實現中的重要作用。

# 結論與建議

在競爭激烈的信息化社會中，信息技術是提高企業生產和管理效率，增強企業核心競爭力，促進企業可持續發展的重要手段，IT項目投資因此顯得尤為關鍵。一個合理的IT項目投資決策模型將必須具有兩個基本特徵，即具備項目選擇評分機制和項目財務分析手段。使用層次分析法（AHP）是通過對項目指標的分層制定，驅使決策者確定決策標準，并為每個指標賦予符合實際的權重，從而使決策者作出更為精確的決策，回答對IT項目投資“做不做”的問題。而基於實物期權的財務評估模型，則是針對傳統的IT項目投資決策方法忽視投資成本、市場環境和IT技術所具有的高度不確定性等缺陷，考慮投資的時間價值和管理柔性價值以及減少不確定性信息帶來的價值，為管理者的投資戰略規劃提供了科學依據，從而回答一個IT項目投資“值不值”的問題。本文以層次分析法和實物期權理論為研究基礎，對IT項目投資價值評價進行了深入的研究，其創新點和結論可以歸納為：

1. 隨著信息技術的發展，IT技術幾乎在企業所有業務中都發揮作用，並且逐漸從對業務起輔助作用的處理系統轉向決策支持的信息系統，因此IT項目的投資已經不是企業IT部門單一的責任，而是關係到企業的整體利益，因此本文通過一個集中中銀澳門內部14個部門打分的層次選擇模型，試圖從企業戰略對應的層次上對IT項目進行選擇評估，雖然要從眾多複雜相關的指標中選定能夠用來指導項目選擇的關鍵指標有很大的難度，篩選出的評估指標亦值得進一步的實際檢驗，但是其對組織戰略所試圖進行的一次整體的更為一致和連貫描述的探索，將具有巨大的參考價值。
2. IT項目投資是企業的一種戰略投資：它是高度不確定環境下進行的，投資時機是可以選擇的，投資成本是部分或全部不可逆的，投資的未來回報是不確定的，且收益可量化和不可量化的經濟收益和社會收益。企業通過學習型投資常常能夠獲得其他方法無法獲得的信息，並且前期的投資能夠產生有價值的後續或有投資機會。
3. 實物期權是對實物投資的選擇權：其標的資產是某個項目，它面對預先不能準確預測的環境，只要期權價值對持有者不是最優，持有者就有權利但是沒有義務行駛期權，這種權利的實施要求期權持有者付出一定的成本。期權理論認為IT項目投資具有期權性質，項目在投資過程中可能蘊涵著多種類型的實物期權，其中增長期權是IT項目投資中最優價值的期權。
4. 結合NPV和實物期權方法是構建IT項目投資評價模型的基本模型：它包含傳統的淨現值和建設期項目柔性的價值以及初始項目成功后可以投資一個後續項目的戰略價值。模型由著名的Black-Scholes 模型和CRR二叉樹定價模型以及由伊藤積分推導的Monte-Carlo模型分別對IT項目投資評價實物期權模型，模型的假設包括風險中性，數據收集，經濟、技術不確定性等情況以表明模型的實用性，計算結果符合預期。
5. 在IT投資估價中考慮實物期權的估價模型：使用較為先進的伊藤積分所推導出的Monte-Carlo模型來對Black-Scholes模型、二叉樹定價模型進行期權價值的校正，是投資決策理論的重大飛躍，并強調要防止IT項目評估中因為高估期權價值而造成投資失誤，強調決策層的主管能動性和管理能力是實物期權價值能否實現的關鍵所在。

**參考文獻**

1. Bacon CJ.The use of decision criteria in selecting information systems techolohy investment.MIS.Quartery.1992,16(3):335-353 [↑](#endnote-ref-1)
2. Dos Santos,B.Justifying Investment in New Inforrmation System.Journal of Management Information System.1994,7(4):71-89 [↑](#endnote-ref-2)
3. McGrath,R.G. Real Option Logic for Initialing Techolohy Positioning Investments.Academy of Management Revies.1997,22:974 [↑](#endnote-ref-3)
4. Willcocks,L.and Graeser,V.Delivering IT and E-business Value.Butterworth and Heineman,2001:12-15 [↑](#endnote-ref-4)
5. Ryan,Harrison & Schade.Information Techology Investment Decision:When Do Costs and Benefits in the Social Subsystem Matter.Journal of Management of Information Systems.2002,19(2):85-127. [↑](#endnote-ref-5)
6. Black F.,and Scholes M.,The pricing of Options and Corpotate Liabilities,Jounal of Political Economy.1973,81(3):637-654 [↑](#endnote-ref-6)
7. Cox J. and S.Ross.The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes.Journal of Financial Economics.1976,3:229-263 [↑](#endnote-ref-7)
8. Myers S. Determinants of Captical Borrowing.Journal of Financial Economics. 1977,5(2):147-175 [↑](#endnote-ref-8)
9. Tournho,Octavio A. The Valuation of Research of Natural Resarch:An Option Pricing Approach.Ph.D.dissertation,University of California,Berkeley.1979(6):3-14 [↑](#endnote-ref-9)
10. R.L.Kumar,An options views of investments in expansion-flexible manufacturing systems,The International Journal of Production Economics.1995,38:281-291 [↑](#endnote-ref-10)
11. Trigeorgis L. Real Options:Managerial Flexibility and Strategy Resource Allocation.MIT Press.1998 [↑](#endnote-ref-11)
12. Benaroch M.and Kauffman R.A Case for using Real Options Pricing analysis to Evaluate Information Technology Project Investments.Information Systems Research 1999,10(1):70-87 [↑](#endnote-ref-12)
13. Amram M and Kulatilaka.The New Rules for Strategy.Journal of Business Strategy.1999 [↑](#endnote-ref-13)
14. Schwarts E. Zozaya-Gorostiza,C. Valuation of Information Technology Investment as Real Options.2000 [↑](#endnote-ref-14)
15. P.B.Managing information Technolohy incestment using a real-options approach.Journal of Strategic Information Systems.2000,9(1):39-62 [↑](#endnote-ref-15)
16. Jeffery M.,Shah S.,Sweeney, Real Options and Enterprise Technology Project Selection and Deployment Strategies.MIS Quarterly.2003,4 [↑](#endnote-ref-16)
17. M. M. Parker,R.J. Bension. Information Economics,linking business performance to information technology.New Jersy,Prentics-Hall,1988 [↑](#endnote-ref-17)
18. Ecobar-Perez B. Information systems investment decisions in business practice:The Spanish case.European Journal of Information Systems.1998,7(3):202-209 [↑](#endnote-ref-18)
19. Jones M.C.,Beatty R.C. Towards the development of measures of perceived benefits and compatibility of EDI: A comparative assessment of competing first order factor models.European Journal of Information Systems.1998,7(3):210-220. [↑](#endnote-ref-19)
20. Mirani,Ledererm An instrument for assessing the organizational benefits of IS projects.Decision Sciences.2002,40(1):11-24 [↑](#endnote-ref-20)
21. Satty T L.A scaling method for priorities in hierarchical structures.Journal of Mathematical Psychology,1977(15):234-281. [↑](#endnote-ref-21)
22. Borenstein Denis,Betencourt,Paulo Ricardo.A multi-criteria model for the technology.IEEE Transcations on Engineering Management.2001,48(2):209-222. [↑](#endnote-ref-22)
23. MacFarlan W F,Portfolio approach to information systems.Harvard Business Review,1981,59(5):142-150 [↑](#endnote-ref-23)
24. MacFarlan W F,Information technology changes the way you competed.Harvard Business Revies,1984,62(3):98-103. [↑](#endnote-ref-24)
25. M.R.Vitale.The growing risks of information systems success.MIS Quarterly.1986 [↑](#endnote-ref-25)
26. Verhoef.Quantitative IT Portfolio Management,Sciencew of Coomputer Programming 2002,45(1):1-96 [↑](#endnote-ref-26)
27. Bardan,Bagchi,Sougstad:Areal options approach for prioritizing a portfolio of information technology projects:A case study of a utility company.Proc.37th Hawaii Intl.Conf.Sys.Sci.,IEEE Comp 2004. [↑](#endnote-ref-27)
28. Satty,T.L.(1996),The analytical Hierarchy Process.Pittsburgh,PA:RWS Publications. [↑](#endnote-ref-28)
29. Mian,S.A. and Dai,C.X.(1999),Decision-making over the project life cycle:An analytical hierarchy approach,Project Management Journal,30(1),40-52. [↑](#endnote-ref-29)
30. Millet,I. and Schoner,B (2005),Incorporating negative values into the Analytical Hierachy Process,Computes and Operations Research,(12),3163-3173. [↑](#endnote-ref-30)
31. Myer S.C,Finance Theory and Finacial Strategy.Midland Corporate Finance Journal,Spring.1977,5(1):71~90 [↑](#endnote-ref-31)
32. Kester W C.Today’s Options for Tomorrow’s Growth.Harvard Business Review.March-April,1984,3-4:66~82. [↑](#endnote-ref-32)
33. Mason S P,Merton R C.The Rols of Contingent Claim Analysis in Corporate Finance.Recent Advance in Corporate Finance.1995,7~54 [↑](#endnote-ref-33)
34. Trigeorgis.A Conceptual Options Framework for Captical Budgeting.Advance in Futures and Options Research.1988,3:145~167. [↑](#endnote-ref-34)
35. John C. Hull,Options,Futures and Other Derivatives(2009) 7th editionChpter 19.6 Monte Carlo simulation 418-424. [↑](#endnote-ref-35)
36. Souder,W.E.(1983),Project selection and Economic Appraisal,New York:Van Nostrand Reinhold. [↑](#endnote-ref-36)
37. Meredith,J.R. and Mantel,S.J.(2003),Project management,5th ed.New York:Wiley. [↑](#endnote-ref-37)
38. Pinto K. Project management:Archiving Competitive Advatage,2nd Edition. [↑](#endnote-ref-38)
39. Lenos Trigeorsis,Panayi Sylvia,Multi-stage Real Options:Tha Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion,Quarterly Review of Economics&Finance,1998 Special Issue:675~679. [↑](#endnote-ref-39)
40. Dixit,A.,R.Pindyck.Investment under uncertainty.Princeton University Press.1994,6(1):107~132. [↑](#endnote-ref-40)
41. 田鵬遠.風險投資項目的實物期權評價方法研究[D].哈爾濱工業大學，2006 [↑](#endnote-ref-41)
42. 吳立文，鞏見剛。期權思想在電子商務投資決策中的應用[J].技術經濟與管理研究,2003,(02) [↑](#endnote-ref-42)
43. Figlewski,T.W.Applying option thinking to R&D valuation.Research Technology Management.1996,5-6:50-56. [↑](#endnote-ref-43)
44. John C. Hull,Fundamentals of Futures and Options Markets (2008) 6th ed.Chapter 12.9 Implied Volitilities 296-297. [↑](#endnote-ref-44)
45. Milet,I. and Schoner,B.(2005),”Incorporating negative values into the AHP”,Computers and Operations Rearch,(12),3163-3173. [↑](#endnote-ref-45)
46. Saaty,T.L. Deicision Making with Dependence and Feedback:The Analytic Networking Process,Pittsburgh,PA:RWS.1996 [↑](#endnote-ref-46)