

# 实物期权理论评述

夏健明 陈元志

(上海财经大学,上海200433)

**摘要:**期权定价理论应用到实务投资领域之后,实物期权理论研究方兴未艾,但尚未形成严密的理论体系。本文追溯了期权理论的演进,综合了期权理论的核心思想和理论基础,总结了实物期权的基本假设、应用逻辑、特征、分类和建模方法,比较了实物期权分析与其他传统工具,回顾了国内外的研究现状,并指出未来研究的关注点。

**关键词:**实物期权;金融期权

## 一、引言

实物期权理论脱胎于金融期权定价理论。实物期权和金融期权尽管存在种种差异,但它们有共同的假设。我们有必要从金融期权的最初概念和评价模型出发,归纳二者共同的基础,提示二者重要的差异。本文的目的是在梳理实物期权有关文献的基础上总结实物期权的逻辑基础、基本假设和基本内涵,比较实物期权分析与其他决策技术的异同,指出实物期权理论的适用范围。

## 二、期权研究的理论回顾

期权是投资者支付一定费用获得不必强制执行的选择权。期权的英文单词是option,源于拉丁语optio,为拥有选择买卖的特权之意。记载期权思想的文献最早可以追溯到古希腊亚里士多德的《政治学》,理论研究则始于1900年法国人巴舍利耶(Bachelier)<sup>①</sup>的博士论文《论关于投机的数学理论(On the Theory of Speculation)》,这篇论文首次运用随机过程理论中的布朗运动和鞅(martingale)等工具来描述证券价格在连续时间域上的动态变化。日本人伊藤(Kiyoshi Ito)在20世纪40~50年代深入研究了随机积分学(stochastic calculus),提出了ITO定理,使得随机过程逐渐成为金融学研究的基本工具(默顿,1998)。斯普恩科(Sprengle,1961)修正了巴舍利耶对股票价格运动假设中的不合理因素,假设股票价格服从几何布朗分布,既考虑了货币的时间价值,又避免股票价格为负的理论尴尬。

20世纪50~60年代金融经济学出现一系列重要成果:莫迪利亚尼和米勒(Modigliani & Miller,1958)关于企业市场价值与其资本结构无关的MM定理,马科维茨(Markowitz,1952)、夏普(Sharpe,1964)、林特纳(Lintner,1965)和莫辛(Mosin,1969)的资本资产定价模型(Capital Asset Pricing Model, CAPM)以及法玛(Fama,1973)与萨缪尔森(Samuelson, P.A., 1965)所阐述的有效市场假说(Efficient Market Hypothesis)。这些成果共同孕育了布莱克和休斯(1973)的伟大突破,推动两位学者建立了令人满意的期权定价模型。默顿(Merton,1973)证明了“布莱克和休斯模型”中一处关键假设,并多方面发展了“布莱

收稿日期:2005-1-12

作者简介:夏健明(1951-),男,江苏镇江人,上海财经大学教授。

陈元志(1977-),男,江苏南通人,上海财经大学管理学院博士生。

克-休斯模型”,学术界又将该模型称之为“布莱克-默顿-休斯期权定价模型”。

### (一)期权理论的核心思想

期权的魅力在于让投资者付出少许代价,在控制或有损失的基础上扩大获利空间。期权的核心思想主要表现在以下四个方面:

#### 1.期权相关的权利和义务不对称

投资者获得期权后拥有的选择权,在有利的条件下可以行使权利,在不利的条件下可以选择放弃权利。因此,期权相关的权利和义务是不对称的。

#### 2.期权相关的成本和收益不对称

投资者付出一定成本可以获得期权,条件不利时不执行期权,损失的是购买期权的成本;条件有利时行使权利,获得差价收益。也就是说,期权所有者付出的成本是固定的,而获得的收益则有很多可能,既可能是零,也可能很大。因此,投资获得期权的成本与其持有期权的收益是不对称的。

#### 3.管理“不确定”以提高期权价值

投资者通过期权锁定了不确定的下界风险,这意味着不确定程度越高,标的资产的波动越大,投资者获得上界收益的可能性就越大,期权价值越高。

#### 4.运用复制组合对冲不确定

期权可通过标的资产与无风险资产动态复制而得,期权定价是通过标的资产动态反应的。决策者可以通过复制组合对冲不确定性,这使得决策者的效用函数不对期权定价产生影响。

### (二)期权定价的理论基础

金融理论的逻辑起点是一般均衡,即投资者在追求个人福利最大化的过程中通过市场相互作用从而实现的平衡状态。严格意义上的一般均衡很少在现实世界出现,但一般均衡原理是投资者行为决策的基准,也是金融理论的基本出发点。笔者将期权定价的理论基础总结为如下三个方面:

#### 1.无套利均衡原理

无套利均衡假设是由莫迪利亚尼和米勒首先提出的。戴布维格和罗斯(Dybvig, P.H.& Ross, S.A.)将套利界定为“保证在某些偶然情况下无需净投资即可获取正报酬而没有负报酬的可能性”。从定义上看,套利强调两点:第一,获得无风险收益,第二,采用“自融资策略”,即无需自有资本,完全通过贷款融资。无套利均衡是从单个经济行为者追求利益最大化的假定推导得出的。在“无套利均衡”状态下,金融资产的价格等于其价值。也就是说,一个有效的均衡市场中不存在无风险的套利机会。

#### 2.风险中性定理

风险中性是相对于风险偏好和风险厌恶的概念,风险中性的投资者对自己承担的风险并不要求风险补偿。我们把每个人都是风险中性的世界称之为风险中性世界(Risk-Neutral World),这样的世界里,投资者对风险不要补偿,所有证券的预期收益率都是无风险利率。需要强调的是,风险中性假设下得到的衍生品估值同样可以应用于非风险中性的世界。真实世界里的投资者尽管在风险偏好方面存在差异,但当套利机会出现时,投资者无论风险偏好如何都会采取套利行为,消除套利机会后的均衡价格与投资者的风险偏好无关,罗斯(Ross, 1976)严格证明了这一逻辑。

#### 3.市场完全性与有效性的假设

“市场是完全的”意味着每一种不确定性因素都存在对应市场,所有的不确定因素都可以在市场上交易,这样的市场就是完全市场。完全市场存在唯一的均衡点。金融市场如果是完全的,金融资产可以根据风险中性定价原理获得唯一的价值。有效市场是指资本市场确定的资本价格充分反映了全部信息。如果金融资产的价格不能充分反应所有信息,那么金融资产的基本价值与市场价格之间就出现差别,这意味着市场上出现套利机会。套利行为使得金融资产的价格与其基本价值相一致,达到“无套利均衡状态”即“有效市场状态”。

### (三)金融期权定价理论与模型

“布莱克-休斯模型”中,期权由标的资产与无风险资产动态复制而得,它的价值波动能够完全“映射”在标的资产的价格波动上。该模型暗含这样的推论,即期权价值不依赖于标的资产的期望收益,也不依赖于投资者的风险偏好,仅仅取决于给定的外生变量。受此启发,考克斯和罗斯(Cox & Ross,1976)提出风险中性原理并建立了著名的“二叉树期权定价模型”。这样,期权以及其他衍生证券分析可以在风险中性的世界内来分析,大大简化了分析的难度。此后,哈里森和克雷普斯(Harrison & Kreps,1979)建立了完整的风险中性定价的理论框架,严格证明了市场不存在套利机会的充分必要条件就是存在等价鞅测度(即风险中性测度),提出随机价格波动的鞅描述理论(Martingale Representation Theory),最终架起“均衡资产定价模型”与“无套利定价模型”之间的联系桥梁。

“布莱克-休斯模型”需要诸多严格假定,这些假定包括:短期利率是一个已知常数;股票价格的随机变化服从连续时间的几何布朗运动,满足对数正态分布,波动率 $\sigma$ 为常数,亦即价格动态波动具有一个连续的样本路径(Continuous-Sample-Path);股票不支付红利;金融市场不存在交易成本;没有卖空限制;市场中不存在套利机会。此后,众多经济学家在布莱克、休斯开辟的全新研究领域放宽了最初的严格假定,提出许多新模型和新方法。

“布莱克-休斯模型”尽管存在不少可以继续完善的地方,但它依靠简单的假设,精要地指出影响金融期权价值的主要变量。

布莱克-休斯对欧式看涨期权<sup>②</sup>的定价公式是:

欧式看涨期权的价值= $PN/(d_1)-EXe^{-N(d_2)}$

$$\text{其中 } d_1 = \frac{\log(P/EX) + rt + \sigma^2 t/2}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\log(P/EX) + rt - \sigma^2 t/2}{\sigma\sqrt{t}}$$

$N(d)$ =累计正态分布的密度函数;EX=期权的执行价格

P=目前的股票价格; $\sigma^2$ =每一时期股票收益率的方差

t=期权成熟期;r=无风险利率

该公式描述了影响看涨期权的重要变量。这些变量有期权的执行价格(EX),股票的当前价格(P),股票收益率的方差( $\sigma^2$ ),期权成熟期(t),无风险利率(r)。

首先,执行价格(EX)对期权价值有负面效应。因为期权到期时,看涨期权的持有者会在股票价格超过执行价格的情况下执行期权。因此,执行价格越低,期权价值越高。

第二,股票当前价格对期权价值有正面效应。因为看涨期权的持有者希望股票价格提高,股票价格越高,期权最后被执行的概率越高。

第三,股票收益率的方差对期权价值有正面效应。股票价格的下界风险并不影响期权持有者。若股票价格下降直到低于执行价格,期权持有者会放弃执行期权,期权持有者的损失仅为最初支付的期权价格,这就控制了股票价格的下界风险;若股票价格超过了执行价格,执行期权之后,超过执行价格的部分会直接转换为利润。也就是说,期权持有者在锁定标的资产下界风险的同时可以享受标的资产的所有上界收益。因此,股票价格的波动率越大,期权价值越高。

第四,期权成熟期(t)对期权价值有正面效应。若把期权成熟期分成t个时间间隔,而每个时间间隔的方差是 $\sigma^2$ ,期权价值的累计波动率则为 $\sigma^2 t$ (Brealey&Myers,1984)。所以,期权成熟期越长意味着期权价值越高。

第五,无风险利率( $\gamma$ )对期权价值有正面效应。期权赋予持有者未来获得一定股票的权利,期权持有者只需在执行期权的时候支付购买股票的价格。所以,无风险利率越高,期权成熟期越长,延迟支付就越有价值。

如果存在股票分红,红利支付会减少股票的未来价值,进而减少看涨期权的价值,红利支付可从股

票价格(P)中扣除,直接体现在定价公式之中。

影响期权价值的因素在表1进行了概括和比较。

表1 期权价值的影响因素比较

影响因素	对期权价值的影响			
	欧式看涨期权	欧式看跌期权	美式看涨期权	美式看跌期权
执行价格	负效应	正效应	负效应	正效应
股票当前价格	正效应	负效应	正效应	负效应
波动率	正效应	正效应	正效应	正效应
到期期限	正效应	正效应	正效应	正效应
无风险利率	正效应	负效应	正效应	负效应
有效期内的红利	负效应	正效应	负效应	正效应

### 三、实物期权理论的基本内容

#### (一)实物期权的基本思想

从直观上看,一个不可逆的投资机会类似于金融看涨期权。一个典型的金融看涨期权赋予期权投资者在特定的时间段内按照特定价格获得一定数量金融资产的权利。从实物期权的视角审视某投资行为(假定该投资完全不可逆,项目价值来自于它产生的现金流的净现值),根据投资目的的不同可能存在两种理解:第一,该投资行为可以视为是期权的购买,如果该投资是通过支付沉没成本获得进一步购买具有波动价值资产的权利,便可将该投资引起的沉没成本视为期权费用。第二,该投资行为可以视为是期权的执行,如果该投资发生以前已经存在初始投资,投资者现在的投资便可以视为是以预先设定的执行价格购买了一种价值波动的资产,这应该理解为期权的执行。

#### (二)实物期权的应用逻辑

期权定价理论的重大理论突破在于应用了市场均衡的概念,从而避免考虑投资者风险偏好问题。期权定价模型从金融市场应用到公司决策时,需要考虑决策行为带来的偏离。实物期权不应仅被当作是金融期权定价技术的“领域外延”(Domain Extension)。正确的做法是保留期权的基本思想和观点,在公司决策领域进行“领域转换(Domain Translation)”<sup>④</sup>。

期权理论的研究从金融领域拓展到战略管理等领域,需要面对新的挑战。应该正视应用实物期权可能引起的偏差,并使用组织制度纠正偏差。成功实现“领域转换”,不仅需要理解最初领域中的理论假设和逻辑,还需要理解目标领域中的假设和逻辑,寻求彼此之间的一致性。

#### (三)实物期权的基本特性

期权是一种衍生产品,其价值是以标的资产的价格为基础的。金融期权的标的资产是金融资产,如股票、债券、货币等。实物期权的标的资产是各种实物资产,如土地、设备、石油等。金融资产仅仅代表对实物资产的要求权,本身并不创造财富。金融资产具有流动性、可逆性、收益性和风险性,因此金融资产容易标准化,便于形成市场性、规模化的连续交易。实物资产是创造财富的资产,不是完全可逆的,时间维度对实物资产影响重大。

实物投资部分或者全部不可逆,也就是说投资的初始成本至少是部分沉没的。实物投资具有不可逆性是因为:第一,资产具有专用性。资产专用性意味着资产需求方对于该项资产的评价具有更高的一致性,资产所有者如果降低该项资产的评价,其他需求方可能同样也降低了对该项资产的评价。第二,信息存在不对称。买卖双方会因为信息不对称导致“柠檬问题”,使得转售价格低于购买成本。第三,政府管制。政府管制可能会使投资者难以变现。此外,实物投资具有不确定性。决策根据掌握的信息可以分为

确定性决策和不确定性决策。不确定性决策又可以分为“风险决策”和“纯不确定决策”<sup>⑤</sup>。确定性是指投资者明确知道未来收益的情形。风险决策是指投资者能够估计和预测未来事件发生概率的状态,进行最优选择作出的决策。“纯不确定决策”是指投资者在无法估计和预测未来事件发生概率时作出的决策。实物投资常常需要在不确定的条件下作出决策。为了应对不确定的决策环境,实物投资应该保持一定的战略灵活性。投资者在选择投资时机上具有一定灵活性,投资者拥有的灵活性越高,投资价值越大。投资者在项目运营期内可以根据经济环境的变化对项目作出调整,以提高项目价值。

鉴于实物投资的复杂性,实物期权相比金融期权更为复杂。

#### (1)不存在公开交易的期权价格

金融期权存在对应的期权市场,投资者可以在市场上以公平的市场价格自由买卖,投资者在期权到期前可以将金融期权出售给其他投资者。实物期权并不存在对应的积极交易的市场,企业并没有以公平的价格从市场上“购买”实物期权,而是通过初始投资“创造”了实物期权,初始投资并不与实物期权的完全市场价值对应,没有人在企业获得实物期权时向其收取合理的市场价格。

#### (2)实物期权面临多重的不确定性

史密斯和诺(Smith&Nau,1995)将风险分为私人风险和市场风险。私人风险是企业独特的风险,而市场风险则与经济环境紧密相关。根据金融组合理论,所有私人风险(即非系统风险)可以通过合适的差异化来减轻,而市场风险(即系统风险)则需企业通过期权的复制组合来消除,这样贴现率就是无风险利率。史密斯和诺认为企业不能减轻私人风险,但可以对冲市场风险。金融期权理论可能会高估项目价值,因为它假设所有风险都可以通过复制组合对冲。

#### (3)标的资产的市场特性限制风险的完美对冲

史密斯和诺将标的资产市场分为三类:第一类是完全市场(Complete Markets),完全市场是指每一种风险都可以通过可交易的证券完美对冲的市场。第二类是不完全市场(Incomplete Markets),不完全市场是指不是市场上的所有风险都可以通过可交易的证券完美对冲的市场。不完全市场不存在唯一的期权定价,取而代之的是一个定价范围。第三类是半完全市场(Partially Complete Markets),半完全市场中的风险有两类即私人风险和市场风险。效用函数理论适合解决私人风险,期权理论适合解决市场风险。金融期权的复制组合相对来说容易构造,而实物期权就困难许多。

#### (4)标的资产的当前价格很难确定

金融期权定价的一个核心假设是标的资产能够在金融市场以公平的市场价格自由交易,而实物资产常不具备自由交易的特征。特里杰奥吉斯(Trigeogis,1996)希望能够在市场上找到“类似证券”(Twin Security)来复制实物资产价值的变化。实际上,要确认与实物资产完全相关的类似证券是困难的。复制实物资产主要有如下三种方式:一,自然资源的投资决策可以在公开交易的商品期货市场上寻找。二,企业如果要评价内部某特定部门的价值,就要从市场上寻找一个独立企业的可交易股票作为类似证券来反映该部门价值。三,如果实物资产对企业市场价值的影响非常大,企业可以选择自己公司的股票作为类似证券。

#### (5)实物期权的成熟期并不固定

金融期权的执行时间一般通过合约详细规定,而实物期权的执行期限事先可能并不知晓,期权的执行可能会受到其他期权是否执行的影响,还受到不确定状况的影响。执行期限的不确定性是实物期权所不同于金融期权的。鲍曼和赫里(Bowman&Hurry,1993)认为有两种市场信号可以引发企业决定是否执行期权:机会到来的信号和机会丧失的信号。

#### (6)波动率的度量需要近似

金融期权的标的资产收益的波动率可以通过观察历史数据计算得到。但是,实物资产投资难以获得收益的历史分布信息。实物期权的相关文献中主要有三个方法获得标的资产的波动率:近似资产的收益分布、蒙特卡罗模拟以及解析式。如果可以找到合适的类似证券,类似证券的历史收益分布可以近似地

作为实物资产的波动率。例如,凯利(Kelly,1998)使用期货市场去估计自然资源项目的波动率,科普兰和安蒂卡罗夫(Copeland&Antikarov,2001)使用蒙特卡罗模拟了波动率,戴维斯(Davis,1998)提出计算企业产出价格波动率和项目价值价格弹性的解析式。

#### (7)期权执行价格并不固定

实物期权的执行价格需要考虑,一系列成本与收益常常会随着时间的延续而变化。执行价格具有的不确定性使得企业在执行实物期权时并不能确保获得超额利润。

#### (8)价值漏损的数量难以事先知晓

在实物期权的生命期内,标的资产价值的变化会很大程度影响项目价值。金融期权定价中,标的资产的红利支付减少了看涨期权的价值,提高了看跌期权的价值。金融期权的红利支付是事先知道的,可以直接在期权定价公式中调整。而实物期权“红利支付”表现为现金的支付、租金的收入、保险费用以及版税等多种形式,阿姆拉姆和库拉蒂拉卡(Amram&Kulatilaka,1999)称之为“价值漏损”(Value Leakage)。实物期权“红利支付”的数量和时间难以事先预知。

### (四)实物期权的分类

#### 1. 夏普(Sharp,1991)的分类

夏普将实物期权分为两类:递增期权(Incremental Option)与灵活期权(Flexibility Option)。第一种类型的期权与迈尔斯(Myers,1977)的观点一致。递增期权为企业提供“获得有利可图的逐渐增加投资的机会”(Sharp,1991)。面对不确定的环境,企业首先作出小额试探性投资,当不确定性消除且呈现增长潜力时,企业利用先动优势全面投资。第二种类型的期权,是指企业多阶段投资以后,根据不同情景选择不同行为的灵活性期权。夏普认为,递增期权需要额外投资,而灵活性期权可以充分利用已有投资。递增期权一般仅需要小额的初始投资,在获得信息之后决定是否进一步投资;而灵活性期权常需要比较大的初始投资以覆盖可能的或有情景。

#### 2. 特里杰奥吉斯(Trigeogis,1996)的分类

特里杰奥吉斯(Trigeogis,1996)把实物期权分为七类:延迟投资期权(option to defer investment)、改变运营规模期权(option to alter operating scale)、转换期权(option to switch to use)、放弃期权(option to abandon)、增长期权(corporate growth options)和分阶段投资期权(option to staged investment)、复合期权(multiple interacting options)。其中转换运营规模的期权包含了三种期权:扩张期权(option to expand)、收缩期权(option to contract)、停启期权(option to shut down and restart)。

特里杰奥吉斯总结了实物期权的分类及具有代表性的研究者。

## 四、实物期权分析与其他分析技术

实物期权分析有利于管理者在高度不确定下更睿智地作出投资决策。实物期权的框架允许管理者利用两个方面优势:首先,更大的波动性表现为更高的项目价值;其次,期权价值随着决策时间跨度的延长而提高。

处理不确定性的传统方法有敏感性分析、情景分析、贝叶斯分析、模拟分析、期望价值分析以及现金流贴现等。运用敏感性分析可以决定不确定性的最大来源;运用情景分析,通过对最佳及最差情景的分析去度量整个项目的不确定性水平;运用贝叶斯方法分析新信息并重新评价随机变量;运用模拟方法评价每一种潜在的可能结果或得到项目结果的分布概率;投资者根据期望效用最大化原则选择最优行为;计算每个时期现金流的确定性当量,并用无风险利率折现。该方法仍需要投资者的效用函数,常用的方法是使用风险调整贴现率考虑风险和货币的时间价值。

期权定价的基本思想是决策者利用标的资产与无风险资产构造期权的复制组合。投资者可以对冲不确定性,创造风险中性世界,在评价期权价值时不需决策者的效用函数。尽管实物期权的标的资产(实物资产)并不像金融资产那样自由交易,创造实物期权的复制组合比金融期权要更困难,但期权理论的

基本思想仍可应用到实物投资领域中。

现金流贴现技术是当前主流的评价技术，尽管净现值技术受到越来越多的批评，实物期权分析 (Real Option Analysis, ROA) 并不是替代传统技术的全新框架。现金流贴现技术 (Discounted Cash Flow, DCF) 与实物期权分析 (ROA) 应视为具有互补性质的决策工具。DCF 更适合分析确定决策环境中并不复杂的项目，其预测在相对稳定的环境中更为可靠。ROA 更适合分析不确定环境中的复杂项目，管理者可利用新信息积极管理项目。

林特和彭宁斯 (Lint&Pennings, 2001) 以 ROA 与 DCF 具有互补性为基础，提出了四象限分析法。他们根据收益和风险的不同将项目分为四个象限，如图 1 所示：

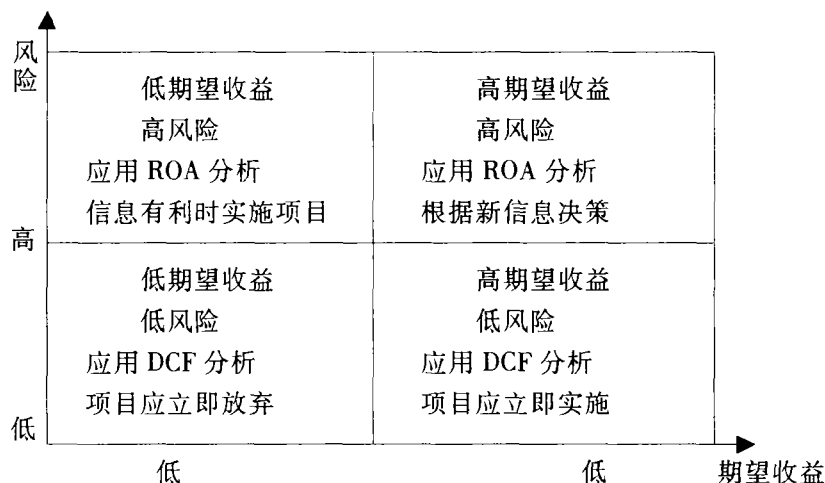


图 1 项目分类与适用技术

象限 1: 项目具有高期望收益与低波动率。可使用 DCF 分析，且项目应尽快进行。

象限 2: 项目具有低期望收益与低波动率。可运用 DCF 分析，且项目应尽快放弃。

象限 3: 项目具有高期望收益与高波动率。使用 ROA 量化风险，在新信息来临时决策。

象限 4: 项目具有低期望收益和高波动率。使用 ROA 分析，在有利信息来临时实施项目。

特里杰奥吉斯 (Trigeorgis, 1993) 试图结合 NPV 与 ROA，提出扩展 NPV 的概念，指出项目价值不仅包含传统静态 NPV，还包含实物期权的价值，扩展 NPV 的公式如下：

扩展(战略)NPV = 期望现金流的静态(消极)NPV + 来自积极管理的期权价值

ROA 与 DCF 不仅具有互补性，而且能够带来额外收益，实物期权的价值是通过决策者把握不确定带来的投资机会实现的。

## 五、实物期权的建模思想

实物期权利用客观的、基于市场的评价，从建模的角度来看，实物期权分析不再需要决策者的效用函数和风险调整折现率。主要的建模类型有四类：网格模型、期权定价解析解、随机微分方程和模拟。

### (一) 网格模型

网格模型假设标的资产服从离散的、多项式的随机过程。期权价值通过逆向求解得到。网格模型支持延迟、增长、收缩、美式、外生以及复合期权的估价。考克斯、罗斯和鲁宾斯坦 (Cox, Ross & Rubinstein, 1979) 发展了标准的二项式期权方法。伦德尔曼和巴特 (Rendleman & Bartter, 1979) 提出了二项式网格评价过程。特里杰奥吉斯 (Trigeorgis, 1991) 提出对数形式的二项式方法。博伊尔 (Boyle, 1986) 提出了三项式方法。马登、米尔内和谢夫林 (Madan, Milne & Shefrin, 1989) 将二项式模型一般化为多项式模型。

### (二) 期权定价解析解

期权定价解析解是在一系列严格假设下,运用ITO定理求解得到的。“布莱克-休斯公式”是最早、最著名、应用最广的解析解,可用于度量递延、放弃及增长期权。马格拉布(Margrabe,1978)得到将一项资产和另一项资产进行互换的期权定价公式,马格拉布公式与“布莱克-休斯公式”的主要区别在于期权执行价格被放宽为随机变量。马格拉布等式可以被用作评价递延、放弃及增长期权。格斯科(Geske,1979)得到具有确定性执行价格的复合期权定价解析解。卡(Carr,1988)得到拥有不确定执行价格的复合期权解析解。

### (三)随机微分方程

为了得到期权定价解析解,需要求解一系列有界的随机微分方程(SDE)。但是,许多SDE方程并没有解析解,需要用数值方法。SDE方法是比较复杂的方法,需要随机微积分学的基础,相关的应用还不多。

### (四)模拟

由于SDE的求解过程过于复杂,模拟技术尤其是蒙特卡罗模拟被广泛应用。格斯科和沙斯特里(Geske&Shastri,1985)就数值方法在实物期权方面的应用做了更为详细的比较和研究。

表2 不同建模思想之比较

模型特征	建模思路	模型优势	模型不足
离散	多项式网格模型	容易应用,后向求解	计算工作量大
连续	解析解	简化计算,前向求解	假设严格,应用局限
	随机差分方程	精确,建模灵活	复杂,近似求解
	模拟	应用领域广泛	研究尚不足

实物期权的定价模型可以分为离散模型和连续模型两大类。离散模型主要是多项式模型,连续模型主要由解析式、随机微分方程以及蒙特卡罗模拟构成。从决策制定的角度来看,标的资产是连续还是离散的假定并不对期权价值有显著影响。实物期权的研究文献主要采用如下三个随机过程:几何布朗运动、泊松跳跃过程以及中值回复过程。几何布朗运动适合描述标的资产随机游走的标准扩散过程。泊松跳跃过程更适合描述标的资产突然、急剧的变动,这是几何布朗运动所不能解释的。而中值回复过程更适合描述资产价值回复到长期平均水平的趋势。

## 六、未来研究的关注点

实物期权理论以金融期权定价模型为基石,在模型技术上逐渐走向成熟,已经具备应用到实物投资中的基本条件。随着风险投资以及新经济的兴起,决策者需要在高度不确定下进行决策,实务界有运用实物期权理论积极管理“不确定”的需求。当期权定价模型越来越多地被用于分析实物投资时,为了更好驾驭“手中的分析工具”,避免“精确的错误”,我们在未来的研究中应该关注实物期权分析的逻辑和目的,关注实物期权分析与组织管理之间的结合,关注实物期权分析与其他决策技术的比较与结合,关注实物期权的经验研究。

### (一)关注实物期权分析的逻辑和目的

实物期权分析的根本逻辑是金融期权定价技术在新领域的“转换”,而不是“外延”。实物期权研究容易陷入的陷阱是在尚未仔细分析实物投资特性的前提下直接将金融期权定价公式用于实物投资分析。

实物期权分析的目的是指引决策制定者选择最优的行为,而不像金融期权要在市场上交易。因此,实物期权本身并不一定需要“精确”的期权价格。期权定价技术的复杂性限制其思想在实物投资领域的普及和应用。研究者将大量的努力放在数学上的完美性上,而没有关注基于实物期权的整体决策制定过程上。如果一个期权定价模型获得的估值与实际理论价值的偏差仅为1%~2%,但变量在输入时已经存在10%以上的偏差,定价模型虽在数学上具有完美性,但其对投资决策并不实用。



正如默顿(Merton, 1998)所认为的:“金融模型在数学形式上可以精确,但模型应用到复杂的真实世界时本身并不精确,模型的应用是实验性,需要仔细评价应用时面临的每一个限制条件。”

因此,研究者应用期权定价技术到实物投资领域时,应关注实物期权分析的适用情景和限制条件,应该将实物期权思想结合到整体决策制定过程之中。

#### (二)关注实物期权分析与组织管理之间的结合

实物期权分析促使投资者实施积极的管理风险。投资者运用实物期权思想可能会接受短期看似非盈利的项目,如何在组织制度上防范道德风险、保证企业对风险的控制也是一个重要的研究方向。

#### (三)关注实物期权分析与其他决策技术的比较与结合

实物投资面临复杂的市场背景,投资者需要在不同市场结构上根据不完全信息作出决策。如何将实物期权分析与博弈论及贝叶斯分析等决策技术相结合,分析交互作用的竞争关系,是一个重要的具有挑战性的研究方向。

#### (四)关注实物期权的经验研究

关于实物期权的经验研究刚刚开始。平迪克(Pindyck, 1991)研究发现如果需求波动超过20%,增长长期权会超过企业价值的一半。奎格(Quigg, 1993)的经验研究认为基于期权的土地价值相比其他评价技术更接近市场价格。莫尔和图法诺(Moel&Tufano, 1999)用案例证明矿藏运营决策与实物期权思想的一致性。无论是证实还是证伪都有利于实物期权理论的构建和完善。

## 七、结束语

实物期权源于金融期权定价理论,目前尚未形成严密的理论体系,许多文章在应用实物期权进行分析时并没有充分理解模型的假设。本文试图较全面地总结实物期权的主要观点和相关文献。本文追溯了实物期权的起源,回顾了实物期权的理论基础和特征,列示了实物期权的应用状况,总结了实物期权分析的建模方法,提供了未来研究的关注点。实物期权分析的优势在于利用市场均衡指导高度不确定竞争环境内的战略决策。笔者认为实物期权分析的发展方向应是与其他决策方法整合在一起,共同探索不确定世界内的决策制定。

#### 注释:

①英语姓名的翻译主要参照《英语姓名译名手册》,1997,商务印书社。

②看涨期权(Call Option)指持有人有权在特定日期或此前以特定价格买入某一特定资产的权利。欧式期权相对于美式期权而言,是指执行期固定的期权,而美式期权的持有人在执行期以前均拥有执行期权的权利。

③梅耶斯在“资本融资的决定因素(Determinants of Capital Borrowing)”一文中这样定义“增长机会”：“什么是‘增长机会’的本质特征？它可以被视为是实物资产的看涨期权。期权的执行价格是获得资产的未来投资。期权在到期时候是否有价值取决于标的资产的未来价值，还取决于企业是否决定执行期权(Myers, 1977)……”

④科格特和库拉蒂拉卡(Bruce Kogut & Nalin Kulatilaka)在“实物期权与组织：理论领域拓展的或有风险(Real Option Pricing and Organizations: The Contingent Risks of Extended Theoretical Domains)”一文中首先提出这一观点。

⑤奈特(Knight, F.K.)于1921年在“风险、不确定和利润(Risk, Uncertainty and Profit)”一文中首先强调了风险和纯粹不确定的差别,指出风险是可以测量的不确定。本文不详细区分不确定和风险这两个概念。

⑥代表作品详见参考文献。

⑦表格4是根据特里杰奥吉斯(Lenos Trigeorgis, 1995)、兰德和平奇斯(Lander D.M&G.E.Pinches, 1998)以及米勒和帕克(Luke T.Miller&Chan S.Park, 2002)的观点提炼得到。

⑧文章数目是笔者在中国期刊全文数据库根据关键词搜索,除去多个期刊转载同一篇文章后统计而得。

#### 参考文献:

[1] Amram, M. and N. Kulatilaka, Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World [M], Harvard Business School Press, Boston, 1999

- [2] Black, F., and M. Scholes, The Pricing of Options and Corporate Liabilities [J], Journal of Political Economy, Vol. 81, May–Jun 1973, pp. 637–659
- [3] Carr, P., The Valuation of Sequential Exchange Opportunities [J], The Journal of Finance, Vol. 43, No. 5, Dec 1988, pp. 1235–1256
- [4] Davis, G., Estimating Volatility and Dividend Yield When Valuing Real Options to Invest or Abandon [J], The Quarterly Review of Economics and Finance, Vol. 38, Special Issue, 1998, pp. 725–754
- [5] Geske, R., The Valuation of Compound Options [J], Journal of Financial Economics, Vol. 7, No. 1, Mar 1979, pp. 63–88
- [6] Harrison, J. M. and D. Kreps, 1979, Martingales and Arbitrage in Multiperiod Securities Markets [J], Journal of Economic Theory, Vol. 20, pp. 381–408
- [7] Lander, D. M. and G. E. Pinches, Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options [J], Quarterly Review of Economics and Finance. Greenwich: 1998. Vol. 38; p. 537–568
- [8] Lint, O., and E. Pennings, An Option Approach to the New Product Development Process: A Case Study at Phillips Electronics [J], R&D Management, Vol. 31, No. 2, 2001, pp. 163–172
- [9] Lintner, J., 1965, The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets [J], Review of Economics and Statistics, Vol. 47, pp. 13–37
- [10] Markowitz, H., 1952, Portfolio Selection [J], Journal of Finance, Vol. 7, pp. 77–91
- [11] Merton, R., Applications of Option–Pricing Theory: Twenty–Five Years Later [J], The American Economic Review, Vol. 88, No. 3, Jun 1998, pp. 323–349
- [12] Rendleman, R., and B. Barter, Two–State Option Pricing [J], The Journal of Finance, Vol. 34, No. 5, 1979, pp. 1093–1110
- [13] Sprenkle, C. M. 1961, Warrant Prices as Indicators of Expectations and Preferences [J], Yale Economic Essays, Vol. 1, pp. 172–231
- [14] Trigeorgis, L. 1995, Real Options in Capital Investment [M], Praeger Press, pp. 1–31
- [15] 陈小悦, 杨潜林. 实物期权的分析与估值 [J], 系统工程理论方法应用, 1998(3).
- [16] 方曙, 武振业. 实物期权理论及其在企业决策中的应用 [J], 科学管理研究, 2001(2).
- [17] 冯邦彦, 徐枫. 实物期权理论及其应用评介 [J], 经济学动态, 2003(10).
- [18] 黄凯. 期权定价理论的基本思路、方法及其在企业战略投资领域的应用 [J], 中国管理科学, 1998(6).
- [19] 简志宏, 李楚霖. 公司债务重组的实物期权方法研究 [J], 管理科学学报, 2002(10).
- [20] 焦媛媛, 韩文秀, 杜军. 确定最优轮伐期的实物期权方法 [J], 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003(10).
- [21] 李洪江, 曲晓飞, 冯敬海. 阶段性投资最优比例问题的实物期权方法 [J], 管理科学学报, 2003(2).
- [22] 刘兵军, 欧阳令南. 实物期权在企业战略投资中的运用研究 [J], 工业工程与管理, 2003(3).
- [23] 杨春鹏, 伍海华. 实物期权在专利权价值评估中的应用 [J], 系统工程理论与实践, 2002(6).
- [24] 张坚, 陶树人. 基于遗传算法的R&D项目实物期权评价模型 [J], 科学学与科学技术管理, 2003(4).
- [25] 张维, 程功. 实物期权方法的信息经济学解释 [J], 现代财经, 2001(1).
- [26] 朱东辰, 余津津. 论风险投资中的风险企业价值评估 [J], 科研管理, 2003(4).
- [27] 朱其树, 赵喜仓. 论实物期权在人力资源价值评估中的应用 [J], 商业研究, 2003(1).

## Some Coments on the Theory of Real Option

**Abstract:** Since the option–pricing method is applied in the field of project investment, the studying of real option is in the ascendant. Until now, a rigor theory system is to be formed. This paper carries up the evolution of option theory, synthesizes the inner idea and theory foundation, summarizes the assumptions, modeling approaches and classification of real option. After identifying and systematizing the current literature, a roadmap for future studying is discussed.

**Key Words:** real option, financial option