

金融衍生品定价与实物 期权下的风险投资分析研究

JINRONG YANSHENGPIN DINGJIA YU SHIWU
QIQUAN XIA DE FENGXIAN TOUZI FENXI YANJIU

徐龙华 © 著



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

陕西省教育厅科学计划研究项目：基于陕南不确定环境下的
实物期权分析研究（16JK1010）

校地合作科研项目：2015AYXDZX01、2017AYXD01

金融衍生品定价与实物期权下的 风险投资分析研究

徐龙华 著

常州大学图书馆
藏书章



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

金融衍生品定价与实物期权下的风险投资分析研究/
徐龙华著. —天津: 天津大学出版社, 2018.3
ISBN 978-7-5618-5995-7

I. ①金… II. ①徐… III. ①金融衍生产品—定价 ②
期权交易—风险投资—投资分析 IV. ①F830.9

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第310609号

出版发行 天津大学出版社
地 址 天津市卫津路92号天津大学内 (邮编: 300072)
电 话 发行部: 022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 北京虎彩文化传播有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 12.5
字 数 312千
版 次 2018年3月第1版
印 次 2018年3月第1次
定 价 31.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究



前言

PREFACE

作为风险衡量和交易的载体,金融衍生品不仅与当代资本市场理论的内涵相契合,也为当代资本市场带来了深刻的变化。在新自由主义经济理论体系中,竞争是企业追求利润最大化的核心。而金融衍生品的交易深化了这种竞争。衍生品的交易使一般的商业竞争升格为资本的竞争,即各种资本,不论体现为哪种形式,都被投入衍生品市场的竞争中来体现其存在的价值。而这种竞争可以在这些企业资本的所有权无须改变的情况下得以更便捷和迅速的进行。

在成熟的金融市场体系中,衍生品的种类和数量往往应该远超过股票、债券等金融产品,而我国在这方面还有很长的路要走,不仅品种较少,而且产品同质化比较严重,这样就更限制了产品应用领域的拓展。而金融衍生品的本质是为了分散风险,为投资者服务,由此可见,只有对金融衍生品不断地深入研究与创新拓展,才能逐步满足广大投资者的投资需求。

实物期权首先体现为一种投资理念,即企业进行项目投资不仅要考虑项目的净现值,更要考虑投资带来的机会价值与管理的柔性。它最适用于战略性投资的评估,也适用于一般投资的评估和风险管理。实物期权方法是一种新兴的项目评价方法,是一个灵活、简单却十分有用的决策框架。它在概念上能够模拟与评价类似的商业决策,在某种程度上容易合理地模拟与评价复杂的投资机会;特别适用于模拟柔性,能够解释并评价动态的项目管理、时间的依赖性、项目的相互作用等;通过使用无风险利率和风险中性概率避免了风险偏好和风险折现率问题。因此,它特别适用于项目投资的评价。可以说,实物期权的出现与发展为投资决策提供了一种革命性的工具。

风险投资活动已经成为一些行业发展的决定因素,特别是高技术领域,如航空、生物技术、制药技术、软件开发、计算机、电子与电信等。评价一个风险投资项目的投资是风险管理中的一个极其重要的议题。较高的不确定性和巨大的压力迫使管理者寻求更加合适的方法评价一个风险投资项目的机会与风险。

本书为陕西省教育厅科学计划研究项目“基于陕南不确定环境下的实物期权分析研究”(16JK1010)与校地合作科研项目(2015AYXDZX01、2017AYXD01)的研究成果。

限于笔者水平,本书中难免存在不足,恳请读者提出宝贵意见,以使其日臻完善。

徐龙华

目 录

CONTENTS

第1章	导论	1
1.1	本研究的目的和意义	1
1.2	本研究的主要内容与方法	4
第2章	信用风险下的权证期权定价分析研究	6
2.1	权证期权定价	6
2.2	预备知识	8
2.3	信用风险模型	15
2.4	含有信用风险的变化类型权证期权定价	24
第3章	有关金融中利率衍生产品定价分析研究	39
3.1	利率衍生产品定价	39
3.2	预备知识	42
3.3	利率期权	54
3.4	利率期限结构理论与模型	60
3.5	建立在随机债券价格下的欧式看涨外汇期权定价	63
3.6	利率模型下的外汇期权定价	67

第4章 多厂商定产量对策模型及政府对企业最优控制分析策略研究	73
4.1 多厂商定产量的微分对策模型研究	73
4.2 政府对污染型垄断企业的最优策略研究	81
4.3 政府对企业最优控制分析策略研究	94
第5章 安康市在“双创”中满意度调查分析研究	102
5.1 安康市创建国家森林城市满意度调查研究	102
5.2 安康市创建国家卫生城市满意度调查研究	111
5.3 安康市“双创”工作满意度调查研究	121
第6章 实物期权下风险投资分析研究	132
6.1 不确定投资项目研究概述	132
6.2 实物期权的基本概念和分类	133
6.3 实物期权下风险投资模型研究	145
6.4 风险投资下的期货最优套期保值策略研究	149
6.5 实物期权在项目投资决策中风险分析研究	173
参考文献	184
后记	194

第 1 章 导论

1.1 本研究的目的是和意义

为提高竞争力,必须发展金融衍生产品,推动金融创新。对于我国这样一个金融市场只有几十年历史的发展中国家来讲,市场的完备性很低,从我国的国情出发,大力发展利率衍生品更加合适。利率衍生品是全球交易量最大的金融衍生品,对已有利率衍生品引入国内的发行准备和对新型利率衍生品进行设计开发并准确定价是活跃并发展金融市场的重要研究课题。

期权定价的经典理论 B-S(Black-Scholes)公式假设市场是完全的及完美的,但现实金融市场环境及交易方式却往往不是如此,这影响了定价公式的实用性及真实性。在不完美的市场情况下,投资者交易避险策略、期权的定价方式都要做相应的调整。股价含有信用风险即是对完美市场的一种调整。大多数场外期权都含有信用风险,交易对手发生违约的可能性即为信用风险。发展一个量化信用风险对衍生产品的影响模型极有意义,本学术专著考虑了在信用风险下衍生品的金融模型。本学术专著主要利用公司价值模型将信用风险引入期权定价中。首先,考虑在不完全市场条件下,得到不完全市场下有违约风险的欧式期权定价公式;其次,借鉴 Black-Scholes 的风险中性期权定价思想,应用鞅和概率的方法,推导出含有信用风险的权证期权定价公式,该公式推广了 Amman 在期权定价中的相应结果。本学术专著的研究工作将有助于丰富含有信用风险下金融衍生品的定价研究。

市场参与者长期以来就认识到信用风险对期权价格存在影响,但直到最近才发展出量化这一影响的信用风险模型。1987 年,Johnson 和 Stulz 首先引入风险来给期权定价;1996 年,Klein 假设期权出售的信用风险与基础资产价值相关,得到脆弱期权的定价公式,发展了 Black-Scholes 期权定价的闭解。现有的信用风险模型可以分成三种不同的类型:公司价值模型、首越边界模型与密度模型。这三种类型主要利用公司价值模型来研究含信用风险的期权定价问题。考虑违约风险市场价格的期权定价是当今金融研究的一个重要领域,违约风险的相关性是期权的关键要素。本学术专著通过鞅和概率的方法推导出了在信用风险下的变化类型权证期权和上限型权证的定价公式。把信用风险考虑到期权定价中的重要意义在于,更能真实地反映期权价值,为投资者开发出更好的衍生产品,使期权定价更具合理性。

目前利率市场化改革正在稳步进行,国内利率波动的不确定性增加,国有银行的债券持有量和交易量都很大,利率频繁波动必将对债券保值产生不利影响,因此必须加强研究债券型利率衍生品定价问题,以保证银行债券类自营资产安全。

随着经济的发展和社会的进步,在现代化的进程中,很多国家,尤其是一些发展中国

家,面临着一个严重的问题——环境污染。以往,一些国家急于求成,在发展经济的过程中只追求经济的高速增长,而忽视了对环境的保护,虽然获得了短期的经济利益,但是给人们赖以生存的环境带来了严重的破坏,致使后来的经济发展长期受阻,当然还有人们生活效用的降低。因此,在经济发展的长河中,如何既能使经济不断增长又能较好地保护环境,就成为许多国家面临的一个重大课题。很多经济学家都对这个问题进行了大量的研究,Baumol 对税收与环境外部性的控制进行了研究,d'Arge 对经济增长和环境进行了深入的研究,Keeler 对环境最优控制进行了研究,Nordhaus、Pindyck、Nancy 等都对环境控制与生产进行了大量的研究。“外部性”理论是由著名经济学家马歇尔(Marshall)于 1910 年提出的,并由经济学家庇古(Pigou)于 20 世纪 20 年代加以丰富和发展。它指的是生产者或消费者在自己的活动中会产生一种有利影响或不利影响,这种有利影响带来的利益(“正外部性”)或有害影响带来的损失(“负外部性”)都不是消费者和生产者本人所获得或承担的。而环境污染则属于市场体系之外的“负外部性”问题,即某个人或企业的活动对他人或企业产生了不利影响。既然环境污染不属于市场体系,就不能通过市场机制去解决。这是因为市场主体通常只从自身的角度考虑所面临的各种选择的成本与收益,而将经济过程中由于其“负外部性”所造成的大于其私人成本的那部分社会成本即环境成本转嫁给他人、社会及未来。于是由环境污染造成的社会成本就无法在市场经济发展过程中得以自行弥补和有效转移。

一个简单的环境污染模型发展后,环境污染具有外部性,在这个内生增长模型中,考虑了通过税收提供的资本来保护环境的两条途径。在政府不参与环境控制时,经济增长率最高,但污染也最严重,社会福利要比政府采取补贴情形时低。当环境外部性较小时,环境保护采取政府补贴社会福利要比完全由政府控制时的福利高,而当环境外部性较大时,环境保护应当以完全由政府控制为宜。

从 2008 年 5 月“双创”工作启动开始,截至 2011 年 5 月已经进行了三年。在“双创”工作过程中,有显著成效,但也存在很多问题。从总体来说,成效是多于问题的。通过面访式问卷调查、安康市统计局社情民意中心电话调查、安康市“双创”办公室的政府公告和数据及调查问卷等多种渠道得到数据,从而收集了本次调查研究所需要的材料。此次研究的目的是,丰富实践调查研究方法,同时也让安康市民参与到“双创”工作中,贡献出广大市民的一份力量。希望此次调查研究能给相关部门进一步做好“双创”工作提供一些借鉴。

实物期权首先体现为一种投资理念,即企业进行项目投资不仅要考虑项目的净现值,更要考虑投资带来的机会价值与管理的柔性。它更适用于战略性投资的评估,也适用于一般投资的评估和风险管理。实物期权方法是一种新兴的项目评价方法,是一个灵活、简单却十分有用的决策框架。它在概念上能够模拟与评价类似的商业决策,在某种程度上容易合理地模拟与评价复杂的投资机会;特别适用于模拟柔性,能够解释并评价动态的项目管理、时间的依赖性、项目的相互作用等;通过使用无风险利率和风险中性概率避免了风险偏好和风险折现率问题。因此,它特别适用于项目投资的评价。可以说,实物期权的出现与发展为投资决策提供了一种革命性的工具。

风险投资活动已经成为一些行业发展的决定因素,特别是在高技术领域,如航空、生物技术、制药技术、软件开发、计算机、电子与电信等。评价一个风险投资项目的投资是风险管理中的一个极其重要的议题。较高的不确定性和巨大的压力迫使管理者寻求更加合适的方法评价一个风险投资项目的机会和风险。

在现代经济中,研究与发展(R&D)项目投资的评价是一个挑战性问题。R&D投资具有多个不确定性源,并且只有在多个研究阶段之后才会产生现金流。如果考虑到R&D过程中存在竞争的可能性,它的评价将会更加复杂。

R&D投资受到几种不同的风险支配。一种风险是技术研发风险,“技术不确定性”与研究本身相关联,即与研究的时间与成本相关。如一种新药的临床试验、油井的勘探等。另一种风险是外部风险,如竞争者的行动、外部环境的变化、项目的过时作废等。如发现一种更好的治疗方法时,开发的一种新药就没用了;如果硬件技术发展了,以前的软件可能就没用了。最后一种风险与产品的需求有关,即市场风险。

实物期权方法适用于评价不确定性条件下的投资项目,R&D投资决策是其一个重要的应用。

当只存在少数企业时,第一个进入者具有优势,每个企业延迟投资的能力就被这种先入优势削弱了。如果有两个企业有能力执行期权,先成功者拥有全部标的资产,而后来者将什么也没有。这样,企业延迟的价值就不存在了,每个企业都在能获得最低正的收益时执行期权。在这种情况下实物期权方法就不再具有优势,传统的NPV法完全适合它。

为了详细研究实物期权与战略竞争之间的关系,Fudenberg and Tirole(1995)建立了连续时间框架模型,它适用于R&D的竞争投资。利润函数包括两种不同的不确定性:经济不确定性和R&D投资本身能否成功的技术不确定性。经济不确定性将增加期权的价值,有延迟投资的趋势。技术不确定性将产生先入者优势,从而抵消投资的作用。但是,先入者的优势并不是固有的:如果在跟随者进入之前先入者还没有取得成功,那么两者仍然站在同一个起点上。

在非合作博弈均衡中,先投资企业降低了第二投资企业的投资价值,创造了先入者优势,从而导致先入行动。然而,先投资者的行动降低了其对手延迟投资的期权价值,从而导致对其行动的竞争性反应。这样,先入行动是一把双刃剑:领导者一时获得特有的优势,但也加剧了竞争对手的行动。预料到对手的这种反应,企业将选择延迟投资。事实上,一个企业开始投资的时机,只有在到这合作投资点时才对双方有利。这好比长跑选手的行为,他们在绝大部分时间里保持一种适中的步伐,只有快到终点时才进行冲刺。

一些投资决策暴露在实施阶段的不确定性下,其部分来源于潜在的经济不确定性。人们处理的主体源于这个事实,即实施的不确定性允许影响项目可获利水平的高低和时机的掌握。在一个明确界定的情形中,可以得到公司最优的投资时机和项目价值。通过对照的静态分析,实施不确定性不会造成更早的投资。

从2008年下半年开始,国际金融危机日益加剧,国际金融市场急剧恶化,各国股票指数均大幅下跌,沪深指数跌幅也已高达70%,此时,投资者的风险规避意识更加强烈。而规避股票市场系统性风险最好的手段之一就是利用股指期货市场进行套期保值。

利用股指期货市场进行套期保值,成败的关键因素就在于如何确定最优套期保值策略,以达到最好的套期保值效果。正是基于这一问题展开讨论,在总结前人研究的基础上,提出新的模型以改进套期保值效果。借鉴资产组合理论与风险管理技术并加以改进,将时间序列理论应用于金融市场的研究,探索股指期货套期保值策略的最优化技术,创建符合我国金融市场现状的最优化策略,以促进股指期货理论体系的完善。提高人们对股指期货的认识,以便正确对待股指期货市场,合理应用股指期货市场进行投资;提高人们的风险管

理意识,提倡理性化投资,从而提高我国投资者的素质及观念;为我国推出股指期货做理论探索与讨论,以使将来股指期货的推出更加顺利,从而拓展投资渠道,完善我国资本市场体系。

现阶段我国机构投资者逐渐增加,开放式基金得到快速发展,这些机构投资者规避风险的要求更加强烈。可以应用套期保值操作提高机构投资者风险管理水平,这对我国将来制定金融期货套期保值政策有一定的借鉴意义,并对今后股指期货的深入研究有一定的参考价值。

1.2 本研究的主要内容与方法

本学术专著研究的主要内容与方法包括以下几部分:

(1)信用风险下的权证期权定价。在假设期权空头方的债务 $D_t = D(0 \leq t \leq T)$ 和无风险利率 r 为常数的情况下推导出了含信用风险的欧式期权定价公式。首先介绍了信用风险模型,其次利用结构性(公司价值)模型,通过鞅的方法推导出脆弱期权的定价公式。然后构造出一个变化类型权证期权的金融衍生品,通过鞅的方法求出了其定价公式,分析了在特殊情况下,这种期权可以转化为一般欧式看涨期权定价公式;其次利用鞅的方法求出期权空头方的债务 $D_t = D(0 \leq t \leq T)$ 为常数的情况下信用风险下的变化类型权证的定价公式,然后进一步求出公司资产和负债都是随机情况下含信用风险的变化类型权证定价公式;最后给出了上限型权证的有关定价,并对推导出来的结论进行分析。

(2)利率衍生品定价。该类金融产品的定价与利率有着密切的联系,它是对目前的金融产品的一个创新。因为它假定利率是随机的,而不是常数,这点更加符合现实,在充分讨论利率的动态模型后,得到单因素均衡模型下某几类利率衍生品的定价方程。首先,介绍利率期限结构理论以及利率的动态模型,重点说明利率的单因素均衡模型;其次,根据利率的单因素模型,推导得到零息票债券以及债券类衍生品所满足的模型,根据利率的不同形式,归纳出三种不同类型的定价方程,给出了相应零息票债券的解析解;最后,讨论了欧式外汇期权的定价,它的数学模型涉及很多变量,相应求解也很困难。在各种假设条件下,利用 PDE 法、鞅的方法得到了建立在债券价格下的欧式外汇期权的定价;另外,利用变量代换得到了建立在利率模型下欧式外汇期权的定价模型,给出了 Vasicek 利率模型下欧式外汇期权的解析解。这对外汇期权定价的研究具有一定的普遍性,为当前的利率化改革和利率衍生品的定价提供了一个参考。

(3)一个地方的出口垄断型生产企业,在生产时会带来污染。当该企业为地方政府所有时,地方政府可以控制其生产的产量。地方政府依据生产利润和污染危害来考虑效用最大化,决定最优产量。而当该企业为个体私人所有时,地方政府只有通过税收来控制企业的生产,从而控制环境污染,达到社会效用最大化。其主要根据 Fershtman C. 和 M. I. Kamien 的方法,继续分析多家厂商定产量的情况。

(4)以安康市市民为调查对象,对安康市“双创”满意度采用网络问卷调查和面对面发放调查问卷的形式进行随机抽样调查,应用 SPSS 统计分析软件来处理问卷调查的数据;基于

安康市“双创”满意度的因子分析得出有效的结论，提出合理的建议。

(5)实物期权方法是金融期权理论在实物资产(非金融资产)上的扩展。持有某项目的期权的投资者有权利而没有义务投资该项目，从而增加了项目的价值，减小了风险。实物期权理论容易合理地模拟与评价复杂的投资机会；特别适用于模拟柔性，能够解释并评价动态的项目管理、时间的依赖性、项目的相互作用等；通过使用无风险利率和风险中性概率避免了风险偏好和风险折现率问题。因此，它特别适用于项目投资的评价。可以说，实物期权的出现与发展为投资决策提供了一种革命性的工具。

在风险投资下期货最优套期保值主要通过 ARIMA 模型预测现货价格和期货价格，利用 GARCH 模型预测现货、期货方差以及现货和期货之间的协方差，从而算出在一定置信水平下套期保值组合的资金需求量，以期望效用最大化为目标，建立基于资金限制的期望效用最大化的股指期货套期保值模型，解决基于资金限制的最优套期保值策略问题。然后以沪深 300 指数为期货价格，以基金价格为现货价格进行了实证研究，从而通过实证结果论证了该模型的适用性以及资金对套期保值的重要性。

第2章 信用风险下的权证期权定价分析研究

2.1 权证期权定价

2.1.1 权证期权定价的研究背景

在全球金融市场高速发展,金融产品日益丰富的今天,很多的投资者把目光投向了衍生品交易。衍生证券有很长的历史,而期权和期货是所有衍生证券里在交易所交易最为活跃的。17世纪晚期,在荷兰的Amsterdam股票交易所,就已经有了期权这种形式的证券交易。到了18世纪,看涨和看跌期权开始在伦敦有组织地进行交易,但这些交易在有些场合是被明令禁止的。自从Black and Scholes(1973)发表期权定价公式后,衍生品的定价得到迅速发展。1973年,建立的CBOE(Chicago Board Options Exchange)大大带动了期权的交易。1975年,看跌期权开始在CBOE挂牌交易。

期权是人们为了规避市场风险而创造出来的一种金融衍生工具,且具有一般衍生品所特有的灵活性和多样性等特点。自20世纪以来,期权已成为最有活力的衍生金融产品。除此之外,期权还具有良好的规避风险、风险投资和价值发现等功能,人们可以通过期权的理论来评估头寸所面临的风险,因此期权以及期权定价理论得到了迅速发展和广泛应用。外汇期货期权于1984年开始在芝加哥商品交易所(CME)国际货币市场(IMM)交易,随后期权得到了快速的发展。

由于许多衍生产品交易是在场外市场交易的,场外期权不存在像清算公司那样的第三方担保,交易的每一方都暴露在另一方的信用风险之下,故大多数场外期权实际上都是含有信用风险的。1973年,Black和Scholes在他们关于期权定价的开创性论文中为信用风险模型迈出了关键的第一步。1974年,Merton进一步完善了Black和Scholes的期权定价模型,将信用风险融入分析框架之中。Johnson和Stulz(1987)称含信用风险的期权为脆弱期权(Vulnerable Option),Ammann利用概率方法得出了信用风险下的欧式期权的解析解。

总之,只要期权中的支付没有无信用风险的第三方中介的担保都可视为含有信用风险的金融期权。因此,如何准确地评估在场外市场交易的含有信用风险的期权的定价对于正确进行风险投资就显得极为有意义。

对于我国只有几十年发展历史的金融市场来说,信用风险方面衍生品的定价有待进一步完善,需要从金融技术和方法上进行探索和研究。加速建立信用风险下的期权交易市场,提供更好的交易产品给投资者,构建投资组合,规避风险,实现保值增值,迫在眉睫。当标的资产公司违约风险较大时,必须把风险考虑进去,期权的定价才更具有合理性,因此

研究信用风险下的期权定价的性质及风险的度量,在当代有重要的实际意义。

2.1.2 含信用风险期权定价理论的发展

国内外很多学者研究了含信用风险的期权定价问题,但风险中性定价的概念直到1973年才由Black、Scholes和Merton取得突破。信用风险的突破性进展始于1974年,Merton将期权定价理论应用于有风险的贷款,并将违约债务看作企业资产的或有权益,利用期权理论进行定价分析;Cox(1976)和Geske(1979)对其做了进一步的完善;1987年,Johnson和Stulz首先引入风险来给期权定价;Hull和White在1995年不仅给出脆弱期权的定价公式,而且用数值方法比较了脆弱欧式期权、美式期权与标准期权的定价,给出了另一个脆弱期权的模型;1995年,Jarrow和Turnbull在允许无风险期限结构和风险债券的期限为随机的情况下,应用无套利定价方法与对冲得到含有信用风险的衍生产品;1996年,Klein假设期权出售的信用风险与基础资产价值相关得到脆弱期权的定价公式,发展了Black-Scholes期权定价的闭解;2002年,Ammann运用公司价值模型,在允许随机利率和公司负债为常数的情况下,求出脆弱期权的表达式。

对于国外这些含信用风险期权的研究探索,我国学者也做了大量的跟踪研究,进一步丰富了信用风险下的期权定价公式,如付长青、张世斌(2002)和黄键柏、钟美瑞(2003)考虑了信用风险的可转换债券定价模型;张玲、张昕(2003)等研究了违约风险对期权定价的影响;王保合、李时银(2003)和魏正元、李时银(2003)等研究了允许含信用风险的定价问题;刘国买、邹捷中(2003)给出了双边障碍期权定价模型;李霞、金治明(2004)求出了几种障碍期权的定价;吴恒煌(2005,2006)也研究了信用风险下的衍生品定价问题;许永庆、李时银(2005)给出了含有信用风险的重设卖出期权的定价公式;丁灯、陈家良(2007)研究了关于有信用风险的期权定价的方法。

2.1.3 研究的方向和意义

市场参与者长期以来就认识到信用风险对期权价格存在影响,但直到最近才发展出量化这一影响的信用风险模型。1987年,Johnson和Stulz首先引入风险来给期权定价;1996年,Klein假设期权出售的信用风险与基础资产价值相关得到脆弱期权的定价公式,发展了Black-Scholes期权定价的闭解。现有的信用风险模型可以分成三种不同的类型:公司价值模型、首越边界模型与密度模型。这三种类型主要利用公司价值模型来研究含信用风险的期权定价问题。考虑违约风险市场价格的期权定价是当今金融研究的一个重要领域,违约风险的相关性是期权的关键要素。本学术专著通过鞅和概率的方法推导出了在信用风险下的变化类型权证期权和上限型权证的定价公式。

把信用风险考虑到期权定价中的重要意义在于,更能真实地反映期权价值,为投资者开发出更好的衍生产品,使期权定价更具合理性。

2.1.4 研究的主要内容

首先阐述了研究背景、含信用风险期权定价理论的发展,说明了本学术专著此部分研究的方法和现实意义。

其次给出了本学术专著此部分将要用到的预备知识,包括期权的基本概念、期权的数理基础——随机过程和随机分析。

在假设期权空头方的债务 $D_t = D (0 \leq t \leq T)$ 和无风险利率 r 为常数的情况下推导出了含信用风险的欧式期权定价公式。首先介绍了信用风险模型,其次利用结构性(公司价值)模型,通过鞅的方法推导出脆弱期权的定价公式。

然后构造出一个变化类型权证期权的金融衍生品,通过鞅的方法求出了其定价公式,分析了在特殊情况下,这种期权可以转化为一般欧式看涨期权定价公式;其次利用鞅的方法求出期权空头方的债务 $D_t = D (0 \leq t \leq T)$ 为常数的情况下信用风险下的变化类型权证的定价公式,然后进一步求出公司资产和负债都是随机情况下含信用风险的变化类型权证定价公式;最后给出了上限型权证的有关定价,并对推导出来的结论进行分析。

最后对金融衍生品定价及风险分析进行了总结并提出了进一步的研究方向。

2.2 预备知识

2.2.1 有关期权的基本概念

风险(Risk):结果的不确定性。风险可以使人们意外获益,也可以使人们意外受损,甚至带来灾难。在金融市场、商品市场上,风险无处不在,如资产(股票、债券等)风险、利率风险、货币风险、信用风险、商品风险等。

信用风险(Credit Exposure):财务上的损失是由于金融交易的交易方没有能力完全履行其义务而导致的潜在可能性。在贷款或债券中,信用风险代表债券持有者蒙受损失的潜在可能性。在互换中,信用风险有两个构成部分:即期风险(代表头寸的即期逐日盯市价值)和潜在风险(代表头寸的逐日盯市价值的未来变化)。

金融衍生品(Financial Derivative):是一种风险管理工具,它的价值依赖于其他更基本的原生资产(或称标的资产, Underlying Securities)的价格变化。

期权(Option):又称选择权,实际上是一种权利买卖的合约,其持有者有权在将来某一时间或某一时期内以合约中确定的价格买卖某种资产。

套利(Arbitrage):投机者在某市场买进现货或期货商品,同时在另一个市场卖出相同或类似的商品,并希望两个交易产生价差而获利。

执行(Exercise):在到期日时,期权购买人行使自己“购”或“售”的权利。

期权买方(Option Buyer):是期权的购买者,拥有行使某一期权的权利,而不是义务,也称为期权持有者。

期权卖方(Option Seller):通过卖出期权合约赚取权利金,并在期权持有者要求行使权利时负有履约义务的人。

到期日(Expiration Date):期权多头一方有权履约的最后一天。如果期权多头一方在到期日还不做对冲交易,则其要么在规定的时间内执行期权,要么放弃期权。

权利金(Premium):购买或售出期权合约的价格,也是当在对买方出现最不利的情况

下所需承担的最高损失金额。

波动率(Volatility):通常用于描述期权价格在一定期间内的不确定性,以百分点表示,通常以每日价格变动百分点的年标准差来计算。

执行价格(Exercise Price):也称为敲定价格或履约价格,是指期权合约所规定,期权买方在行使期权时所实际执行的价格,即期权买方据以向期权出售者买进或卖出一定数量的某种商品或金融资产的价格。

标的资产(Underlying Securities):期权实施时应实际交割的商品或有价证券。

实值(In-the-money):对于看涨期权来说,如果标的资产的现在价格高于敲定价格,则此时的看涨期权处于实值状态;对于看跌期权来说,情况恰好相反。

虚值(Out-the-money):对于看涨期权来说,如果标的资产的现在价格低于敲定价格,则此时的看涨期权处于虚值状态;对于看跌期权来说,情况恰好相反。

平值(At-the-money):如果期权的敲定价格恰好等于标的资产的价格,则称期权处于平值状态。

按选择权利不同,期权可以分为看涨期权(Call Option)和看跌期权(Put Option)。看涨期权的购买人有权利在约定时间内按照约定价格向期权出售人购买特定数量的商品或有价证券,而不管届时这些物品价格发生何种变化;相反地,看跌期权的持有者有权利以敲定价格出售给期权卖方固定量资产,而不管届时这些物品价格发生何种变化。合约的持有者有决定合约是否生效的权利,但没有必须执行合约的义务;而合约的出售方则承担着潜在的义务,因为当合约的持有者选择买入或卖出标的资产时,出售方必须买入或卖出资产。

按期权的有效执行时间不同,期权通常可以分为美式期权和欧式期权。欧式期权(European Option)只能在位于期权有效期终点的一段有限的执行期之内执行的期权。美式期权(American Option)可以在期权有效期内任一天执行的期权。

它们的区别在于,美式期权的持有者在整个合约期限内都可自由地买、卖这份资产,而欧式期权的持有者只有在合约到期日才能执行他的期权。需要注意的是,欧式期权和美式期权并没有任何地理位置上的含义,只是对期权合约执行时间的不同规定而已。由于美式期权合约在执行日期上比欧式期权合约灵活性大,所以,目前在世界各主要的金融市场上,美式期权的交易量远远大于欧式期权的交易量。

按标的资产不同,期权可以划分为金融期权和商品期权。金融期权的标的资产为股票、股票指数、利率、汇率、债务工具、期货合约等基础性金融资产。

商品期权作为期货市场的一个重要组成部分,是当前资本市场最具活力的风险管理工具之一。商品期权指标的资产为实物的期权,如农产品中的小麦、大豆,金属中的铜等。

2.2.2 布朗运动

布朗(Brown)运动作为具有连续时间参数和连续状态空间的一个随机过程,是最基本、最简单、最重要的随机过程。其定义如下:

若一个随机过程 $\{W(t), t \geq 0\}$ 满足:

- (1) $W(t)$ 是独立增量过程;
- (2) $\forall s, t > 0, W(s+t) - W(s)$ 是期望为 0、方差为 t 的正态分布;
- (3) $W(t)$ 是关于 t 的连续函数;

则称 $\{W(t), t \geq 0\}$ 是标准 Brown 运动或 Wiener 过程。

标准 Wiener 过程 $\{Z(t); t \geq 0\}$ 的概率分布是:

$$\begin{aligned}\Pr[Z(t) \leq Z | Z(t_0) = Z_0] &= \Pr[Z(t) - Z(t_0) \leq Z - Z_0] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi(t-t_0)}} \int_{-\infty}^{Z-Z_0} \exp\left[-\frac{s^2}{2(t-t_0)}\right] ds\end{aligned}$$

进一步地, 对 $t_1 \leq t_2 \leq t_3$, 因为 $Z(t_2) - Z(t_1)$ 和 $Z(t_3) - Z(t_2)$ 是相互独立的随机变量(零均值及方差分别为 $t_2 - t_1$ 和 $t_3 - t_2$), 有 $Z(t_3) - Z(t_1) = [Z(t_3) - Z(t_2)] + [Z(t_2) - Z(t_1)]$ 。

设 $X(t)$ 是漂移参数 $\mu \geq 0$ 和方差参数 σ^2 的布朗运动, 有

$$Y(t) = e^{X(t)} \quad (t \geq 0) \quad (2.1)$$

定义的随机过程称为几何布朗运动。由上述布朗运动的性质(1)可知, $X(t+s) - X(s) \sim N(\mu t, \sigma^2 t)$ 。明显地, Y 的取值是非负的, 可以导出 $Y(t)$ 的均值为:

$$E[Y(t) | Y(0) = y_0] = y_0 \exp(\mu t + \frac{\sigma^2 t}{2})$$

同样地, 可以导出 $Y(t)$ 的方差为:

$$\text{Var}[Y(t) | Y(0) = y_0] = y_0^2 \exp(2\mu t + \sigma^2 t) [\exp(\sigma^2 t) - 1]$$

$Y(t)$ 服从对数正态分布, 其概率密度函数是:

$$g(y) = \frac{1}{y\sigma\sqrt{2\pi t}} \exp\left[-\frac{(\ln y - \mu t)^2}{2\sigma^2 t}\right], \quad y > 0$$

进一步地, 对任何 $t_1 < t_2 < \dots < t_n$, 相继的比 $Y(t_2)/Y(t_1), \dots, Y(t_n)/Y(t_{n-1})$ 是独立随机变量, 即在非重叠时间区间上的变动比是独立的。

2.2.3 Ito 引理

用 $Z(t)$ 表示无漂移的标准布朗运动, 即 $\mu = 0$ 和 $\sigma^2 = 1$ 。

设 ΔZ 表示时间改变 Δt 后 $Z(t)$ 的改变量, 由布朗运动的性质(2)可得, $\Delta Z(t) = Z(t + \Delta t) - Z(t) = \epsilon \sqrt{\Delta t}$, 其中 ϵ 是标准正态随机变量。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 这个关系式可表达为微分形式:

$$dZ(t) = \epsilon \sqrt{dt} \quad (2.2)$$

一般的带漂移的布朗运动(Wiener 过程) $X(t)$ 可以写成下面的随机微分形式:

$$dX(t) = \mu dt + \sigma dZ(t) \quad (2.3)$$

其中, μ 是过程的漂移率, σ^2 为方差。

设 $f(X, t)$ 是连续的、有连续偏导数的非随机函数, $X(t)$ 是由下式定义的随机过程:

$$dX(t) = a(X, t)dt + b(X, t)dZ(t)$$

其中 $dZ(t)$ 是标准 Wiener 过程, 随机过程 $f = f(X, t)$ 有下面形式的随机微分:

$$\begin{aligned}df &= \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial X} dX(t) + \frac{1}{2} b^2(X, t) \frac{\partial^2 f}{\partial X^2} dt \\ &= \left[\frac{\partial f}{\partial t} + a(X, t) \frac{\partial f}{\partial X} + \frac{1}{2} b^2(X, t) \frac{\partial^2 f}{\partial X^2} \right] dt + b(X, t) \frac{\partial f}{\partial X} dZ(t)\end{aligned} \quad (2.4)$$

证明:

两个变量的函数 $f = f(X, t)$ 的泰勒展开式为: