文章编号: 1000-6788(2001)01-0014-07

现代金融理论的进展综述

刘海龙[1], 郑立辉[2], 吴冲锋[1]
(1. 上海交通大学现代金融研究中心, 上海 200030; 2. 同济大学经济管理学院, 上海 200092)

摘要: 对现代金融理论大量应用金融数学取得的进展进行了较详细的综述, 并就现代金融理论未来的发展趋势和国内现代金融理论研究现状进行了分析.

关键词: 现代金融理论; 金融数学; 鞅理论; 最优停时理论; 脉冲控制
中图分类号: F224; F831

Review on the Progress for the Modern Finance Theory

LIU Hai-long[1], ZHENG Li-hui[2], WU Chong-feng[1]
(1. Institute of Contemporary Finance, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030; 2. Faculty of Economics & Management, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract In this paper, we firstly summarized the progress for wide application of the mathematical finance to the modern finance theory. Then the analysis of the development tendency for the modern finance theory is made, and the present research situation within the country for modern finance theory is discussed.

Keywords modern finance theory; mathematical finance; martingale theory; optimal stopping theory; impulse control

1 引言

现代金融理论是指在金融经济学中大量应用金融数学研究金融风险的防范与控制、资本市场的运营、资本资产的结构和定价等理论取得的成果. 金融数学是指以概率统计和泛函分析为基础, 以随机分析和鞅理论为核心的数学理论. 现代金融理论是伴随着金融市场的发展而不断成熟起来的. 金融市场是指债券、基金、股票、期货和期权等金融证券市场. 证券的起源是从中世纪后期意大利的威尼斯、热那亚等城市发行军事公债开始的. 二次世界大战以后, 由于美国经济的迅速发展, 要求金融市场不断完善, 以防范、控制和化解金融风险, 由此而来的各种金融衍生产品层出不穷. 这样就要解决金融衍生产品定价问题及证券投资决策问题. 马克维茨(Markowitz)的资产组合理论和布来克和斯科尔斯(Black and scholes)的期权定价方程的提出使现代金融理论进入了新的发展阶段. 在近几十年中, 现代金融理论的一项非常值得注意的进展是金融市场均衡模型的出现. 金融数学是支撑这种进展的主要基石, 可以说现代金融理论的每一步进展都与金融数学的应用密切相关. 近十几年现代金融理论有了突飞猛进的发展[1~6]. 为了更好地了解现代金融理论大量应用金融数学取得的成果和展望未来发展前景, 本文对此进行了较详细的叙述.

2 现代金融理论的进展

在现代金融理论中, 各种各样的金融经济学模型占据着中心地位. 其中, 至今仍有重大影响的成果主要有: 有效率的市场理论, 证券组合理论, 资本资产定价模型, 套利定价理论, 期权定价方程, 资产结构理论

收稿日期: 1999-05-11
资助项目: 国家自然科学基金(79970027); 教育部跨世纪优秀人才基金

等．现叙述如下．

2.1 有效率的市场理论

有效率的市场理论是由罗伯茨(Roberts, 1967)和法马(Fama, 1965)提出来的[7,8]．简单地说"有效率的市场"的真正含义是市场迅速准确地反映所有信息．但是,市场是有效还是无效,是高效还是低效,不是非此既彼的问题,而是程度问题．有效市场理论引入鞅过程从数学上研究信息与金融风险的关系．

有效率的市场理论最简单的数学描述为:

$$E[R(T)|X(t)] = r(t) \qquad T \geq t \tag{1}$$

其中, E 表示期望算子, $R(T)$ 表示某种资产在 t 到 T 持有期的收益率, $r(t)$ 表示在 t 时刻的机会成本率, $X(t)$ 表示可获得的信息集, 式(1) 表示在时期 t 可获得的信息集 $X(t)$ 所做出的条件预期等于机会成本,即投资者所预期的从某种资产投资中获得的收益将等于所有资金的机会成本．有效率市场假说方程式的另一些表述见文献[8, 9]．

有效率市场假设一直是激烈争论的问题之一,学者们进行了无数次的理论研究和实证考察．80 年代初, Grossman 和 Stiglitz 两位学者对有效率市场理论的逻辑基础提出疑义[10]．认为: 一方面,市场的有效率性是投机和套利的产物,而投机和套利都是有成本的活动; 另一方面,因为市场是有效率的,所以投机和套利是得不到回报的．如果投机和套利得不到回报,这些活动就会停止．而一旦停止了投机和套利活动,市场又怎么能继续有效呢? 无疑,投机和套利活动使得价格变得更为有效率,同样无疑的是,人们不断地以创新活动来利用市场的无效率,这些创新活动又会使市场变得更加有效率．事实上, 正是这一矛盾统一体的不断变化, 才使金融市场呈现出统计上的周期性变化．

2.2 证券组合理论

马克维茨(Markowitz)发展了资产组合理论[11,12],这使得金融理论发生了一场革命,从而导制现代资本市场理论的发展,他运用概率论和规划论的方法, 提出的组合证券最优化模型被视为现代证券理论的基石．现将马克维茨提出的组合证券最优化问题及其他学者的研究成果统一表示为如下二次规划模型:

$$\min_X [X^T \Sigma X] \tag{2}$$

$$\text{s.t.} \quad X^T \mu \geq r \tag{3}$$

$$H^T X = 1 \tag{4}$$

$$L \leq X \leq U \tag{5}$$

其中, $X = [x_1, \cdots, x_n]^T$ 表示资产组合系数向量; x_j 表示投资在第 j 种证券的金额占总投资额的比例; $\mu = [\mu_1, \cdots, \mu_n]^T$ 表示收益的均值向量; $\Sigma = (\sigma_{jk})_{n\times n}$ 表示收益的协方差矩阵; r 表示投资者所期望的最低收益率; $L = [L_1, \cdots, L_n]^T$, $U = [U_1, \cdots, U_n]^T$ 分别表示买空卖空限制, 比如, 当 $L_i = 0, U_i = 1$ 时, 表示不允许买空卖空第 i 种证券; $H = [1, 1, \cdots, 1]^T$; 式(2) 表示投资者的目标是使投资风险 $X^T\Sigma X$ 最小; 式(3) 表示投资者的收益率不小于预期的最低收益率 r; 式(4) 表示投资者投资在各部分证券的资金比例之和是 1; 式(5) 表示对投资者的买空卖空限制．

该模型与任何其他经济模型一样,是建立在一系列严格的假设条件上的．马可维茨的真知灼见是: 风险为整个投资过程的重心,不能把所有资金购进一种股票．这确实能规避了一定的风险, 但是由于许多假设条件无法满足,使模型在现实中失效．即使基本满足这些条件, 当 n 较大时,模型的计算也十分困难,不仅需要计算 n 个方差和 $n(n+1)/2$ 个协方差,而且当 σ_{ij} 计算完后,还要解决由方差矩阵产生的大型二次规划．为了克服这一困难,后来发展了基于神经网络的证券组合优化算法[47]．

2.3 资本资产定价模型(CAPM)

所谓资本资产定价模型大体上是由夏普(Sharpe, 1964)、林特纳(Lintner, 1965)和莫辛(Mossin, 1966)独立提出的[13~15]．这个模型是在一系列理想假设条件下建立的: 其数学模型可描述为

$$E(r_i) - r_f = \frac{E(r_M) - r_f}{\sigma_M^2}\sigma_M \quad \text{或} \quad E(r_i) = r_f + [E(r_M) - r_f]\beta_i \tag{6}$$

其中, r_f 表示无风险利率, $E(r_M)$ 和 σ_M^2 分别表示证券市场所有证券的平均预期收益率及其方差, $E(r_i)$ 和

σ_M 分别表示证券 i 的预期收益率及其与平均收益率 r_M 之间的协方差. $\beta_i = \sigma_M / \sigma_M^2$.

CAPM 的意义之一是, 它建立了证券收益与风险的关系, 揭示了证券风险报酬的内部结构, 即风险报酬是影响证券收益的各相关因素的风险贴水的线性组合. 而各相关因素的风险贴水是证券市场对风险的报酬, 它们只与各个影响因素有关, 与单个证券无关. CAPM 建立了单个证券的收益与市场资产组合收益之间的数量关系, 而式(6)中的系数 β_i 反映了这种相关程度的大小. 证券市场中不同证券所具有的不同系数 β_i 正反映了各种证券的收益结构. CAPM 的另一个重要意义在于它把证券的风险分成了系统风险与非系统风险, 比如根据式(6)可建立如下线性回归模型

$$r_i = \alpha_i + \beta_i r_M + \epsilon_i \tag{7}$$

并假设 $E[\epsilon_i] = 0$, $\mathrm{cov}(\epsilon_i, r_M) = 0$. 这时, 收益 r_i 的风险为系统风险与非系统风险之和

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_M^2 + \sigma_{\epsilon_i}^2 \tag{8}$$

资本资产定价模型一直是大量的实证研究的基础. 总的说来, 这些实证研究表明, 资本资产定价模型可为金融市场的收益结构提供相当好的初步近似.

2 4 套利定价理论(APT)

由于CAPM 应用研究有很大局限性, 所以由罗斯(Ross)于 1976 年提出了套利定价理论[16]. 这个理论假定, 证券收益是一个线性的多指数模型生成的, 所有证券的风险残差, 对每一种证券是独立的, 因此, 大数定律是可适用的. 套利定价理论假定, 每个投资者相信第 j 种证券的资产收益具有如下结构

$$r_j = \sum_{i=0}^{p} \alpha_{ji} f_i + \epsilon_j, \qquad j = 1, 2, \cdots, n \tag{9}$$

其中 $f_0 = 1$, $f_k (k = 1, 2, \cdots, p)$ 表示第 k 个影响证券收益的因素, α_{ji} 表示第 j 个证券的收益与第 i 个影响因素之间的协方差, ϵ_j 为拟合误差. 假定式(9)中各因素相互独立, 即 $E(f_k) = 0$; 误差 ϵ_j 与各影响因素 f_k 也是不相关的, 且 $E(\epsilon_j) = 0$.

APT 的核心是假设不存在套利机会. 套利机会是指在无风险又无资本的情况下就可以从投资中获取利益的机会. 在这种情况下, 证券的预期收益为 $E(r_j) = \alpha_{j0} = \sum_{i=1}^{p} \alpha_{ji} \lambda_i$, 其中 λ_i 是风险因素 i 的风险贴水. 因此, 可以说 APT 在更加广泛的意义上建立了证券收益与宏观经济中其它因素的联系, APT 比 CAPM 为证券走势分析提供更好的拟合.

2 5 期权定价方程(Black and scholes, 1973)

布来克和斯科尔斯(Black and scholes)于 1973 年发表了一篇关于期权定价的开创性论文[17], 运用随机微分方程理论推出了期权定价模型. 该模型的推导建立在 6 个假设基础上: 1) 没有交易成本、税收或卖空限制; 2) 无风险收益率是常量; 3) 股票不付股息; 4) 标的资产的随机价格服从几何布朗运动; 5) 对于贸易市场是连续开放的; 6) 期权是欧式的. 自从布来克和斯科尔斯的论文发表以后, 由默顿、考克斯、鲁宾斯坦等一些学者相继对这一理论进行了重要的推广并得到了广泛的应用[18~21]. 布莱克—斯科尔斯的期权定价方程为

$$\begin{cases} \dfrac{\partial P(x,t)}{\partial t} - rP(x,t) + rx\dfrac{\partial P(x,t)}{\partial x} + \dfrac{1}{2}\sigma^2 x^2 \dfrac{\partial^2 P(x,t)}{\partial x^2} = 0 \\ P(x,T) = \max\{0, x - K\}, \qquad x > 0 \end{cases} \tag{10}$$

其中, $P(x,t)$ 表示 t 时刻股票价格为 x 时看涨期权的价值, T 表示期权的有效期限, r 表示无风险利率, σ^2 表示股票收益率变化速度的方差, 描述的是股票价格的易变性. K 表示期权的执行价格. 通过求解偏微分方程(10)可得欧式看涨期权的定价公式

$$P(x,t) = x\Phi(d_1) - K\Phi(d_2)\exp[-r(T-t)] \tag{11}$$

其中, $\Phi(\cdot)$ 是标准累积正态分布函数.

$$d_1 = \frac{\ln(x/K) + (r + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(x/K) + (r - \sigma^2/2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}}$$

同理, 可以得到欧式看跌期权的定价公式为

$$P(x, t) = - x\Phi(- d_1) + K\Phi(- d_2)\exp[- r(T - t)] \quad (12)$$

期权定价方程可以用来制定各种金融衍生产品的价格, 是各种金融衍生产品估价的有效工具. 期权定价方程为西方国家金融创新提供了有力的指导, 是现代金融理论的主要内容之一.

2.6　资产结构理论

在现代金融理论中, 公司的资产结构理论与有效市场理论和资产组合理论几乎是在同一时期发展起来的具有同等重要地位的成果. 由于这一理论是由莫迪利亚尼(Modigliani)和米勒(Miller)于 1956 年提出来的[22], 人们用两人各自姓名的第一个字母 M 命名这一理论为 MM 定理. 在这个定理中, 假设公司的投资政策和金融政策是相互独立的, 银行利率等于债券利率, 个人借贷和企业借贷是充分替代的; 没有企业和个人所得税及破产风险; 企业和投资者具有同等的投资机会及边际成本和机会成本; 资本市场充分有效运行. 则公司的资本结构与公司的市场价值无关, 亦即企业的资本结构选择不影响公司的市场价值.

现以一个公司在本期限末要将全部资产变现为例, 来说明这一理论. 令 x 代表资产的随机变现值, 假定这个公司有未清偿的债务, 面值为 P, 公司余下的资产值归股票持有者所有, 他们在债券持有者之后拥有剩余债权. 到期末时, 如果 x 的值大于 P, 股票持有者就会得到 $x - P$; 如果 x 少于 P, 股票持有者就什么也得不到. 规范言之, 对股票持有者的最终支付为 $\max(x - P, 0)$, 此式可被认为是一种买方期权的最终支付. 换言之, 从对期权定价理论的普遍性质的贡献来说, 股票持有者对公司的终值 x 有一种买方期权, 其预购股票价格等于债务的票面价值 P. 如果 x 不够用来支付所许诺的 P 的话, 债券持有者能够要求全部资产的债权, 他们至少会得到 $\min(x, P)$, 公司的现值 V 定义为公司的自有资本价值 S 和公司的债务价值 B 之和. 运用没有套利的分析, 可以发现有 V 不依赖债券的票面价值 P, 因而也不依赖于债务和股本的相对数量. 即

$$\begin{aligned} V &= B + S \\ &= E[\min(x, P)] + E[\max(x - P, 0)] \\ &= E[\min(x, P) + \max(x - P, 0)] \\ &= E(x) \end{aligned} \quad (13)$$

这就是资产结构理论中的最本质的东西.

MM 定理的假设条件是非常苛刻的, 正是因为这些假定抽象掉了大量的现实东西, 从而揭示了企业金融决策中最本质的关系——企业经营者和投资者行为及其相互作用. 该理论公开发表以后, 一些经济学家又对这一定理用不同的方法从不同的角度作了进一步证明. 其中最著名的有哈玛达(Hamada, 1969)用资本定价模型(CAPM)进行了再证明[23], 还有施蒂格利茨(Stiglitz, 1969)用一般均衡理论作了再证明[24], 结论都与 MM 定理是相一致的.

3　现代金融理论的发展趋势

现代金融理论大量应用金融数学取得的丰硕成果不过是近几十年的事. 然而, 由于许多专家和学者的努力及实际发展的需要, 现代金融理论大有蓬勃发展之势. 下面仅就现代金融理论的发展趋势和国内专家与学者对现代金融理论的贡献简述如下:

3.1　随机最优控制理论

现代金融理论一个更值得重视的应用领域是解决带有随机性的问题, 而解决这个问题的重要手段是随机最优控制理论. 随机最优控制是控制理论中在相当晚时期得到发展的. 应用贝尔曼最优化原理, 并用测度理论和泛函分析方法, 是数学家们在本世纪 60 年代末和 70 年代初对于这一新的数学研究领域作出的重要贡献. 金融学家们对于随机最优控制的理论方法的吸收是十分迅速的. 70 年代初开始出现了几篇经济学论文, 其中有默顿(Merton)使用连续时间方法论述消费和资产组合的问题[25], 有布罗克(Brock)和米

尔曼(M irman)在不确定情况下使用离散时间方法进行的经济最优增长问题[26]. 从此以后, 随机最优控制方法应用到大多数的金融领域. 在国内以彭实戈为代表的中青年学者对此也做出了卓越贡献[27~30].

3.2 鞅理论

现代金融理论最新的研究成果是鞅理论的引入. 在金融市场是有效的假定下, 证券的价格可以等价于一个鞅随机过程. 由 Karatzas 和 Shreve 等人倡导的鞅方法直接把鞅理论引入到现代金融理论中[31,32], 利用等价鞅测度的概念研究衍生证券的定价问题, 得到的结果不仅能深刻揭示金融市场的运行规律, 而且可以提供一套有效的算法, 求解复杂的衍生金融产品的定价与风险管理问题. 利用鞅理论研究金融理论的另一个好处是它能够较好地解决金融市场不完备时的衍生证券定价问题[33], 从而使现代金融理论取得了突破性的进展. 目前基于鞅方法的衍生证券定价理论在现代金融理论中占主导地位, 但在国内还是一个空白.

3.3 脉冲最优控制理论

在证券投资决策问题中, 大部分的研究假设交易速率是有界的和连续变化的. 而实际上投资者的交易速率不是有界的, 又不是频繁改变的. 因此, 用连续时间随机控制理论来研究, 仅仅是一种近似, 使得问题变得更容易处理, 但是事实上往往与实际问题有较大的距离. 因此, 若用脉冲最优控制方法研究证券投资决策问题似更为合适[34~36].

3.4 微分对策理论

现代金融理论的另一个值得注意的研究动向是运用微分对策方法研究期权定价问题和投资决策问题, 目前取得了一定的成果[37~39]. 当金融市场不满足稳态假定或出现异常波动时, 证券价格往往不服从几何布朗运动, 这时用随机动态模型研究证券投资决策问题的方法无论从理论上, 还是从实际上都存在着较大偏差. 用微分对策方法研究金融决策问题可以放松这一假设, 把不确定扰动假想成敌对的一方, 针对最差情况加以优化, 可以得到"鲁棒性"很强的投资策略. 另外, 求解微分对策的贝尔曼方程是一阶偏微分方程, 比求解随机控制问题的二阶偏微分方程要简单得多. 因此, 运用微分对策方法研究金融问题具有广阔的应用前景. 对重复对策、随机对策、多人对策理论在证券投资决策问题中的应用研究更是值得重视的研究课题.

3.5 最优停时理论

最优停时理论是概率论中一个具有很强应用背景的领域, 他的蓬勃发展是 60 年代以后的事. 近几年, 在国内也有一些学者开始热心这一领域的研究, 而且取得了可喜的成果[40,43]. 文[41,42]运用最优停时理论研究了具有固定交易费用的证券投资决策问题, 给出了具有二个风险证券的投资决策问题一种简化算法. 在国内有关这方面的研究尚不多见[43]. 相信运用最优停时理论来研究投资决策问题和风险最小化问题会有更大的进展.

3.6 智能优化

把智能优化方法(遗传算法、模拟退火算法、人工神经网络)和传统方法结合起来, 应用于风险控制和投资决策问题中是另一个具有更为广阔的研究领域, 给我们提供了广泛的研究课题. 国际上有关这方面的研究已经有了初步的成果[44~47], 在国内也有一大批学者致力于这方面的研究[48~53]. 相信金融学家、控制专家和智能专家们通力合作, 在这一领域一定能取得突破性的进展.

另外, 以我国也有一大批专家学者对现代金融理论及其应用有突出贡献[48~62], 这里就不诸一列举了.

4 结束语

本文对现代金融理论的基本内容进行概括性综述, 并指出现代金融理论的发展与金融数学的大量应用是分不开的, 同时简单介绍了我国学者在这方面所做的工作和国际上对现代金融理论研究的发展趋势, 以期能够对我国大量应用金融数学方法研究现代金融理论起到一定推动作用.

参考文献:

[1] Elke U W, Richard A M. Perceived risk attitudes: relating risk perception to risky choice[J].

Management Science 1997, 43(2): 123～144.
[2] Whittle P. A risk sensitive maximum principle: The case of imperfect state information[J]. IEEE Trans Auto. Control, 1991, 36: 793～801.
[3] Philippe J. Risk: Measuring the risk in value at risk[J]. Financial Analysis Journal, 1996, 18(6): 47～56.
[4] Cook D, Spellman L. Firm and guarantor risk, risk contagion, and the interfirm spread among insured deposits[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 1996, 31(2): 265～281.
[5] Jacklin C. Bank capital requirements and incentives for lending. Risk Management: Problems and Solutions[M]. New York: McGraw-Hill, 1994.
[6] Orszag J, Yang H. Portfolio choice with Knightian uncertainy[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 1995, 19(5～7): 873～900.
[7] Roberts H. Statistical versus clinical prediction of the stock market. Unpublished Manuscript[D], CRSP, Chicago: University of Chicago, May, 1967.
[8] Fama E. The behavior of stock market prices[J]. Journal of Business, 1965, 38(1): 34～105.
[9] Fama E. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work[J]. Journal of Financial, May, 1970, 25(2): 384～417.
[10] Grossman S, Stiglitz J. On the impossibility of informationally efficient markets[H]. American Economic Review, 1980, 70(3): 368～382.
[11] Markowitz M H. Portfolio selection[J]. Journal of Finance, 1952, 7(1): 77～91.
[12] Markowitz M H. Portfolio selection, efficient diversification of investment[M]. Yale University Press, 1959.
[13] Sharpe W. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk[J]. Journal of Finance, 1964, 19: 425～442.
[14] Lintner J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets Review of Economics and Statistics, 1965, 47(2): 13～37.
[15] Mossin, J. Equilibrium in a capital asset market[J]. Econometrica, 1966, 34(4): 768～783.
[16] Ross S. The arbitrage theory of capital asset pricing[J]. Journal of Economic Theory 1976, 13(3): 341～360.
[17] Black F, Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities[J]. Journal of Political Economy, 1973, 81(3): 637～654.
[18] Merton R. Theory of rational option pricing[J]. Bell Journal of Economics and Management Science. 1973, 4(1): 141～183.
[19] Cox J, Ross S. The valuation of options for alternation stochastic processes[J]. Journal of Financial Economics, 1976, 3(1): 145～166.
[20] Cox J, Ross S. A survey of some new results in financial option pricing theory[J]. Journal of Financial, 1976, 31(2): 383～402.
[21] Rubinstein M. The valuation of uncertain income streams and the pricing of options[J]. Bell Journal of Economics and Management Science. 1976, 7(2): 407～425.
[22] Modigliani F, Miller M. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment[J]. American Economic Review, 1956, 48(1): 261～297.
[23] Hamada R. Portfolio analysis market equilibrium and corporate finance[J]. Journal of Finance, 1969, 24(1): 86～98.
[24] Stiglitz J. A re-examination of the Modigliani-Miller theorem[J]. American Economic Review,

1969, 59(5): 1182～1199.

[25] Merton R. Optimal consumption and portfolio rules in a continuous-time model[J]. Journal of Economic Theory, 1971, 8(3): 373～413.

[26] Brock W, Mirman L. Optimal economic growth and uncertainty the discounted case[J]. Journal of Economic Theory, 1972, 4: 479～513.

[27] Pardoux E, Peng S. Adapted solution of a backward stochastic differential equation[J]. Systems and Control Letters, 1990, 14: 55～61.

[28] 彭实戈. 倒向随机微分方程及其应用[J]. 数学进展. 1997, 26(2): 97～112.

[29] 许世蒙. 金融市场建模原则与财富过程的最优增长[J]. 应用数学学报, 1998, 21(2): 171～178.

[30] Peng S. A general stochastic maximum principle for optimal control[J]. SIAM J Control. 1978, 14: 62～78.

[31] Karatzas I, Shreve S E. Brownian Motion and Stochastic Calculus[M]. New York: Springer-Verlag, 1991.

[32] Karatzas I, Shreve S E. Methods of Mathematical Finance[M]. New York: Springer-Verlag, 1998.

[33] Krarnkov D. On the closure of a family of martingale measures and an optimal decomposition of a supermartingale[J]. Probabilicty & Application. 1996 41(4): 82～89.

[34] Korn R. Generalized impulse control and value preserving control of continuous time stochastic processes with applications to finance[M], Habilitationss Chrift. Johaunes Gutenberg-University Mainz. 1997.

[35] Korn R. Optimal Portfolios: Stochastic Models for Optimal Investment and Risk Management in Continuous Time[M]. World Scientific Publishing, 1997.

[36] Eastham J, Hastings K. Optimal impulse control of portfolios[J]. Math Oper Res, 1988, 13: 588～605.

[37] Barron E N, Jensen R. Total risk aversion, stochastic optimal control and differential game[J]. Appl Math and Optimization 1989, 19: 313～327.

[38] 刘海龙, 郑立辉, 樊治平, 潘德惠. 证券投资决策的微分对策方法研究[J]. 系统工程学报, 1999, 18(1): 69～72.

[39] 郑立辉. 基于鲁棒控制的期权定价理论与方法研究[R]. 华中理工大学博士后研究工作报告. 1998: 23～65.

[40] 任建方, 王石. 最优停止定理离散化方法的应用[J]. 国防科技大学学报, 1998, 20(2): 114～116.

[41] Morton A, Pliska S. Optimal portfolio management with fixed transaction costs[J]. Math Finance, 1995, 5(4): 337～356.

[42] Pliska S R, Selby M J. On a free boundary problem that arises in portfolio management[A]. Howison S D et al eds. Mathematical Models in Finance[C], London: Chapman & Hall, 1995, 105～111.

[43] 金治明. 最优停止理论及其应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995: 382～396.

[44] Hawley D, Johnson D, Raina D. Artificial Neural Systems: A new Tool for Financial Decision Making[J], Financial Analysis Journal, 1990: 46(1): 63～72. (下转第 40 页)

参考文献:

[1] 马克·波拉特. 信息经济论[M]. 李必祥等译. 长沙: 湖南人民出版社, 1987.

[2] 张守一. 信息经济学[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1991.

[3] 贺铿. 关于信息产业和信息产业投入-产出表的编制方法[J]. 数量经济技术经济研究, 1989, (2): 32～40.

(上接第 20 页)

[45] Wong F S et al. Fuzzy Neural Systems for Stock Selection, Financial Analysis Journal[J], 1992, 48 (1): 47～52.

[46] Krgzanowski L et al. Using Artificial Neural Network to pick Stocks[J], Financial Analysis Journal, 1993, 49(4): 21～27.

[47] Hung S, Liang T. Integrating arbitrage pricing theory and artificial neural networks to support portfolio management[J]. Decision Support System. 1996, 18(2): 301～316.

[48] 黄小原. 证券组合快车道问题的研究[J]. 信息与控制, 1994, 23(2): 71～75.

[49] 赵宏, 邹雯, 汪浩. 证券市场预测的神经网络方法[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 17(6): 127～131.

[50] 邵良杉, 高树林. 基于人工神经网络的投资预测[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 17(2): 67～71.

[51] 陈朝阳, 胡乐群, 万鹤群. 基于遗传算法的神经网络经济预测模型的建立[J]. 预测, 1997(1): 68～70.

[52] 李敏强, 张俊峰, 寇纪淞. 遗传算法在股市投资策略(战略)研究中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(8): 19～25.

[53] 闫冀楠, 张维. 利用遗传算法对上海股市收益ARCH 模型族的实证研究[J]. 系统工程学报, 1999, 14(1): 23～28.

[54] 唐小我. 组合证券投资决策的计算方法[J]. 管理工程学报, 1990, 4(3): 45～48.

[55] 荣喜民, 张世英. 组合证券资产选择模糊最优化模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(8): 26～32.

[56] 黄开先, 邓述慧. 货币供给效用与最优货币供应规则[J]. 管理科学学报, 1999, 2(1): 16～24.

[57] 约翰·马歇尔, 维普尔·班赛尔. 金融工程[M]. 宋逢明, 朱宝宪, 张陶伟译. 北京: 清华大学出版社, 1998.

[58] 周赤非, 邓述慧. 中国金融可计算一般均衡模型[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(4): 8～17.

[59] 马永开, 唐小我. 线性组合预测模型优化问题研究[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(9): 110～114.

[60] 朱玉旭, 黄洁纲, 吴冲锋. 有交易成本的期权定价模型组合证券法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(5): 12～17.

[61] 陈伟中, 金以萍, 汪应洛. 证券资产动态定价模型与机制研究[J]. 西安交通大学学报, 1997, 31(10): 105～111.

[62] 何声武, 李建军, 夏建明. 有限离散时间金融市场模型[J]. 数学进展, 1999, 28(1): 1～28.