

项目公示信息

项目名称：多随机因素下复杂奇异期权定价的高效数值方法研究

完成单位：西安邮电大学

完成人：张素梅、张建科、赵俊、冯阳

完成人合作关系情况：

序号	合作方法	合作关系人及排名	合作时间	合作成果
1	合作发表论文	张素梅；张建科	2015-01-01 至 2022-12-31	1. Asymptotic expansion method for pricing and hedging American options with two-factor stochastic volatilities and stochastic interest rate; 2. A new homotopy transformation method for solving the fuzzy fractional Black-Scholes European option pricing equations under the concept of granular differentiability
2	合作发表论文	张素梅；冯阳	2015-01-01 至 2022-12-31	American option pricing under the double Heston model based on asymptotic expansion
3	合作申请专利	张素梅；赵俊	2019-01-01 至 2022-12-31	A method for analyzing American option pricing under the non-zero-correlation double stochastic volatility model

成果类别：基础研究、应用基础研究类

成果简介：

随着金融一体化和经济全球化的发展，金融风险管理的重要性愈加突出。奇异期权作为一种重要的衍生品以其特有的对冲和套期保值功能，能够有效规避传统风险管理工具如保险、证券投资基金等无法防范的系统性风险，对金融风险管理与防范具有重要影响。其高精度定价问题已成为风险管理领域里的一个核心问题。本项目在 2015 年国家自然科学基金数学天元基金“基于马氏链近似的随机波动 Lévy 模型下路径依赖型期权定价研究”(11426176)，2017 年国家自然科学基金青年基金“强路径依赖期权定价的偏积分-微分方程新型快速求解研究”(11601420)，2017

年陕西省自然科学基金“强路径依赖期权定价的高效数值方法研究”(2017JM1021), 2020 年陕西省自然科学基金“分数随机波动下基于摄动理论的奇异期权高效定价方法研究”(2020JM-577)的持续支持下取得主要成果如下:

(1) 针对欧式类型的奇异期权提出了一种余弦级数渐近展式定价方法。

① 分别结合随机波动、随机利率、跳因素等随机因素构建了一组金融市场模型, 提出了所构建模型的有效校准算法, 解决了市场模型参数值的最优估计问题; ② 基于构建的市场模型, 提出了远期开始期权定价的傅里叶余弦级数展式定价方法, 解决了一类具有欧式类型的奇异期权的高效高精度定价问题。

(2) 针对具有路径依赖特征的奇异期权提出了一种摄动级数展式定价方法。

① 在双随机波动因素影响下, 将障碍期权定价问题转化为一个奇异摄动和正则摄动的 Black - Scholes 方程, 基于摄动理论, 提出了求解定价方程的摄动级数展式方法, 解决了一类具有弱路径依赖特征的奇异期权高效高精度定价问题; ② 针对几何亚式期权收益函数特征, 分别提出了具有固定执行价格和浮动执行价格的几何亚式期权定价的摄动级数展式近似方法, 解决了一类具有强路径依赖特征的奇异期权高效高精度定价问题。

(3) 针对模糊因素和随机因素共同影响下的期权提出了一种同伦摄动分析近似定价方法。

基于实际金融市场存在不确定因素这一事实, 将模糊因素引入 Black - Scholes 金融市场模型, 构建了期权定价的模糊时间分数阶 Black - Scholes 方程, 基于粒度可微性, 提出了求解定价方程的 Elzaki 变换同伦摄动方法, 解决了模糊因素和随机因素共同影响下标准期权的高效高精度定价问题。

(4) 针对具有提前执行特征的奇异期权提出了一种短期渐近展式定价方法和风险对冲策略。

① 在随机波动、随机利率影响下, 将美式期权定价转化为一个高维 PDE 问题, 借助美式期权和障碍期权之间的关系, 提出了美式期权定价方程的短期渐近展式近似解, 解决了高维模型下一类具有提前执行特征的奇异期权的高效高精度定价问题; ② 基于提出的渐近展式定价方法, 构建了美式期权的有效动态对冲策略, 解决了高维模型下美式期权的风险对冲问题。

本项目共牵头国家自然科学基金 2 项, 省部级自然科学基金 6 项, 发表 SCI 论文 23 篇, 出版学术专著 2 部, 授权国际发明专利 1 件, 培养高质量硕士研究生 18 名。本项目研究成果对完善期权定价理论和方法, 为政府和有关金融部门的风险管理决策提供有力支撑。

主要论文专著目录（限 8 条）

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码（xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时间	通讯作者	第一作者
1	American option pricing under the double Heston model based on asymptotic expansion	Quantitative Finance	Zhang Sumei, Feng Yang	2019 年 19 卷 211-226 页	2018-07-27	Zhang Sumei	Zhang Sumei
2	A new homotopy transformation method for solving the fuzzy fractional Black-Scholes European option pricing equations under the concept of granular differentiability	Fractal and Fractional	Zhang Jianke, Wang Yueyue, Zhang Sumei	2022 年 6 卷 1-36 页	2022-05-26	Zhang Jianke	Zhang Jianke
3	Forward starting options pricing with double stochastic volatility, stochastic interest rates and double jumps	Journal of Computational and Applied	Zhang Sumei, Sun Yudong	2017 年 325 卷 34-41 页	2017-07-10	Zhang Sumei	Zhang Sumei
4	An asymptotic expansion method for geometric Asian options pricing under the double Heston model	Chaos, Solitons and Fractals	Zhang Sumei, Gao Xiong	2019 年 127 卷 1-9 页	2019-10-11	Zhang Sumei	Zhang Sumei
5	随机因素下基于傅里叶变换技术的期权定价研究	科学出版社	张素梅	2022 年	2017-07-10	张素梅	张素梅
6	Fourier-cosine method for pricing forward starting options with stochastic volatility and jumps.	Communications in Statistics-Theory and Methods	Zhang Sumei, Geng Junhao	2017 年 46 卷 9995-10004 页	2017-09-19	Zhang Sumei	Zhang Sumei
7	Asymptotic expansion method for pricing and hedging American options with two-factor stochastic volatilities and stochastic interest rate	International Journal of Computer Mathematics	Zhang Sumei, Zhang Jiangke	2020 年 97 卷 546-563 页	2019-03-01	Zhang Sumei	Zhang Sumei
8	An analytical approximation method for pricing barrier options under the double Heston model	Communications in Statistics-Theory and Methods	Zhang Sumei, Zhang Guangdong	2019 年 48 卷 5657-5671 页	2019-10-22	Zhang Sumei	Zhang Sumei

