

財務演算法

Financial Algorithms

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

dongmy@ms5.hinet.net

目 錄

Part I : Black-Scholes(73)與 Black(76)解析解

一、交易室工作的介紹與開源工具的使用.....	4
二、Visual Studio IDE 與 C#程式語言.....	10
三、BS 模型的程式設計分析.....	17
四、Greeks 與隱含波動性.....	32
五、利率期限結構的理論與實作.....	40
六、利率交換程式實作.....	63
七、利率選擇權與交換選擇權程式實作.....	63

Part II : Tree 、 Simulation & Finite Difference

一、 Binomial Tree	1
二、 Trinomial Tree	1
三、 MC Simulation	1
四、 LSMC Simulation	1
五、 Finite Difference	1

Part III : Stochastic Volatility Model

一、Heston Model	1
二、SABR Model	1

Part IV : Application

- 一、Index Option Arbitrage Trading(HFT)1
- 二、FX/Equity Structured Products(HPC)1
- 三、Basel III Market Risk Capital: Sensitivity Based Method(SBM)1

昀騰金融科技股份有限公司

技術長
金融博士、證券分析師

董夢雲 Andy Dong



ID:50917111

Line/WeChat:andydong3137

E:andydong1209@gmail.com

<https://github.com/andydong1209>

M:(T)0988-065-751 (C)1508-919-2872

10647 台北市大安區辛亥路一段 50 號 4 樓

現職：國立台灣大學財務金融研究所兼任教授級專家
國立台灣科技大學財務金融研究所兼任助理教授
台灣金融研訓院 2021 年菁英講座

經歷：中國信託商業銀行交易室研發科主管
凱基證券風險管理部主管兼亞洲區風險管理主管
中華開發金控、工業銀行風險管理處處長
永豐金控、商業銀行風險管理處處長
永豐商業銀行結構商品開發部副總經理

學歷：國立台灣大學電機工程學系學士
國立中央大學財務管理學研究所博士

專業：證券暨投資分析人員合格(1996)

專長：風險管理理論與實務，資本配置與額度規劃、資產負債管理實務
外匯與利率結構商品評價實務，股權與債權及衍生商品評價實務
GPU 平行運算與結構商品系統開發，CUDA、OpenCL
CPU 平行運算與 ALM 系統開發，C#/C++/C、.Net Framework、SQL
人工智慧(Deep Learning)交易策略開發，Python、Keras、TensorFlow

一、參考資料

甲、入門

- ◆ **Financial Numerical Recipes in C++, 2014, Bernt Odegaard 。
 - <http://www1.uis.no/ansatt/odegaard/> 。
- ◆ Numerical Methods in Finance with C++, Maciej J. Capinski, Cambridge 。
- ◆ Financial Modeling, 4th Ed., Simon Benniga, MIT 。
- ◆ *The Complete Guide to Option Pricing Formulas, 2nd Ed., Espen Haug, McGraw-Hill 。
- ◆ A Course in Derivative Securities, Kerry Back, Springer 。
- ◆ Derivatives Analytics with Python, Yves Hilpisch, Wiley 。
- ◆ *財務工程與 Excel VBA 的應用：選擇權評價理論之實作，董夢雲，證基會 。
- ◆ C++財務程式設計，戴天時，證期會 。

乙、中級

- ◆ *Implementing Derivatives Models, Les Clewlow & Chris Strickland, John Wiley ◦
- ◆ *Practical C++ Financial Programming, Carlos Oliveira, Apress ◦
- ◆ Options and Derivatives Programming in C++, Carlos Oliveira, Apress ◦
- ◆ Derivatives Algorithms, Tom Hyer, World Scientific ◦
- ◆ C++ for Financial Mathematics, John Armstrong, Chapman & Hall/CRC ◦
- ◆ *Quantitative Finance : An Object-Oriented Approach in C++, Erik Schlogl, Chapman & Hall/CRC ◦
- ◆ *QuantLib Python Cookbook, Goutham Balaraman & Luigi Ballabio ◦

丙、高級

- ◆ *C# for Financial Markets, Daniel J. Duffy & Andrea Germani, Wiley ◦
- ◆ Financial Instrument Pricing Using C++, 2nd Ed., Daniel J. Duffy, Wiley ◦
- ◆ *Monte Carlo Frameworks: Building Customizable High-performance C++ Applications, Daniel J. Duffy & Joerg Kienitz, Wiley ◦
- ◆ *C++ Design Patterns and Derivatives Pricing, Mark Joshi, Cambridge ◦
- ◆ *Implementing QuantLib, Luigi Ballabio ◦
- ◆ *10 Best FE Books, 董夢雲選書 ◦

丁、入門電腦書

- ◆ 最新 C 程式語言，施威銘研究室，旗標。有 BCB 免費編譯器 IDE。
- ◆ C 程序設計語言，第二版，Brian Kernigham & Dennis Ritchie，徐寶文譯，人民郵電。
- ◆ C Primer Plus：中文精華版，第五版，Stephen Prata 著，蔡明志譯，碁峯。
- ◆ C++程式設計，第三版，張耀仁，碁峯。
- ◆ 深度學習 C++，第三版，子由，藍海文化。
- ◆ C++ Primer Plus，第六版，Stephen Prata，蔡明志譯，碁峯。
- ◆ C++程序設計語言，第四版，Bjarne Stroustrup，裘宗燕譯，人民郵電。
- ◆ C++編程思想，Bruce Eckel，刁成嘉譯，人民郵電。
- ◆ Visual C++ 2012 教學手冊，Ivor Horton 著，蔡明志譯，碁峯。

- ◆ Visual C# 2017 程式設計經典，蔡文龍，碁峯。
- ◆ C#本質論，第四版，Mark Michaelis & Eric Lippert，周靖譯，人民郵電。
- ◆ C#編程思想，Anders Hejlsberg，第四版，陳國寶譯，人民郵電。

戊、程式庫

- ◆ John Burkardt , <https://people.math.sc.edu/Burkardt/> , 內容廣泛的源碼 , C/C++ 、 Fortran 、 Python 、 Matlab 。
- ◆ GNU Scientific Library(GSL) , <https://www.gnu.org/software/gsl/> , 內容廣泛的源碼 , C/C++ 。
- ◆ Numerical Recipes , <http://www.numerical.recipes/> , 經典演算法教材 , 內容廣泛的源碼 , C/C++ , 有中文翻譯。
- ◆ Math.Net , <https://www.mathdotnet.com/> , 內容廣泛的源碼 , 其中 Math.Net Numerical 為 C# 與 F# 數值運算庫。

二、進行方式

◆ 老師提供上課教材(投影片講義)

- Odengaard 講義、證基會講義、與老師著作
- 以 C++、Excel VBA 環境說明演算邏輯
- 有改寫好的 C#程式庫可以使用。

◆ 學生使用程式語言實作交成品

- 可以接受各類的語言，但要有 GUI。
- 包括 C/C++、C#(.Net)、Java、Python、VBA。
- 期末交一個程式來展示。

◆ 主要理論與演算法參考書籍

- John Hull
- Les Clewlow & Chris Strickland
- Espen Gaarder Haug
- 10 Best FE Books

三、評分方式

- ◆ 上課參與討論(30%)
- ◆ 作業(30%)：一次，每人自己做
- ◆ 期末程式(40%)：2 人一組

四、Odegaard 教書心得

◆ 現代財務數學化的起源，

- Black-Scholes-Merton 選擇權定價理論
- 高度實用性與可操作性，背後涉及大規模資本的移動
- Derivatives 與 Fixed Income Instruments 是財務計算的主要對象

◆ 此書的起源，

- Derivatives Course at Univ. of British Columbia, Canada。
- 實作增進理解。

◆ 為何要用 C++寫財務程式？

- 只用 Excel + VBA、Matlab、Python 不行嗎？
- 使用其他“高階”語言，最後總會“力有未逮”。
- 只有正統的程式語言，才能做到氣隨意走。

◆ C++是財工人員的母語，最強大的語言。

- Fortran, C#(.Net), Java 都可考慮。
- GPU 高能運算，CUDA、OpenCL 都是用 C/C++。
- C#, Java 是可接受的替代產品

◆ 為誰而寫，

- 財務學生==>學公式的實作
- 財務學生==>學 C++
- 資訊學生==>學財務演算法

五、我的工作心得

◆ 財務演算是一門綜合的應用課題。

➤ 涉及理論與實務兩個範疇。

➤ 理論面涵蓋：

- ✓ 財務模型：評價理論、風險理論、投資組合理論
- ✓ 隨機微積分：I'to Lemma
- ✓ 演算法：尋根、內插、非線性最適化、矩陣運算、線性代數、模擬

➤ 實務面涵蓋：

- ✓ 程式語言、物件導向(OO)
- ✓ 泛型(GP)、設計樣式(DP)、平行運算(Parallel Computing)、高性能運算(HPC、GPU、FPGA)
- ✓ GUI、資料庫、通訊協定(TCP/IP)

◆ P Measure & Q Measure

➤ 本課程是以 Q Measure 的應用為主。

➤ P Measure 應用可以考慮台科大財金所課程，『AI 金融交易應用』。

◆ 理論的知識當然是重要的，且須不斷精進

- 現在使用的模型，LSMC, Heston, Hull-White, G2++, HJM, LMM，都不是我在博士班時期學習的
- 然而，沒有電腦實作技能，產值也是零

◆ 電腦科技發展快速，需不斷學習了解新技能

- OO、GP、DP、Parallel Computing，GPU 都是畢業後學習
- 最好早點熟習這些新技術，工作才能盡快上手
- 現在工作很競爭，每個人要建立自己的核心優勢
- 不是每個人都要做財工，但須要有基礎涵養

◆ 畢業後個人的產值函數，

$$V = f(F, M, A, C) = \text{Min}(F, M, A, C)$$

- F : Finance
- M : Mathematics
- A : Algorithm
- C : Coding

◆ C++抽象化的能力很重要

- Object-Oriented 是大型系統必要的功能
- Generic Programming 是正式語言必要的功能
- Design Pattern 是另一個重要的技術
- STL、boost、平行運算、GPU 都需要
- QuantLib 等大型系統不可能沒有 OO & GP & DP 等功能

◆ 這門課的目的

- 有了這些基本知識，才能理解 QuantLib 等程式庫
 - ✓ 網路上有很多免費有用的程式庫，Numerical Recipe in C/C++/C#，math.net，GSL，...。
- 目標是去使用 QuantLib，不要自己寫另一個程式庫
- Tailor-made 的產品是未來財富管理的重頭戲
 - ✓ 台灣、大陸的市場變化
- 用 QuantLib 為基礎，開發銀行適用的專屬系統

◆ QuantLib 的多種用途

- QuantLibXL，Excel Spreadsheet 可以直接使用
- QuantLibXL，Excel VBA 可以 Call。
- QuantLib-Python，Python 可以 import 使用，Windows & Linux 皆可使用。
- QuantLib C#，.Net 語言可以使用，Windows & Linux 皆可使用。
- QuantLib C++，Windows & Linux 皆可使用。

◆ GUI 的選擇

- QuantLibXL，Excel Spreadsheet 當 IO 使用
- QuantLibXL，Excel VBA 可以用 Form。
- QuantLib-Python，可以使用 Tk/Tcl，PyQt(Qt)，wxPython(wxWidgets)。
- QuantLib C#，Windows & Linux 皆可使用 Windows Form。
- QuantLib Java，AWT 與 Swing 程式庫。
- QuantLib C++，Windows & Linux 皆可使用 Qt。

◆ 另一種選擇，Embarcadero RAD Studio，

- C++ Builder & Delphi(OO Pascal)。
- RAD IDE 易於使用，可開發 Android & iOS 應用。
- C++ Builder 6 Personal edition 可免費使用。
- 以前使用過 Borland 產品，不錯。

◆ Windows 與 Linux 的選擇

- 銀行的 Workstation 是 Windows 天下，Server 可能是 Linux 的地盤
- 跨平台工具的考慮
- 行動裝置的考慮
- 高運算量的考慮
- GUI & DB 的考慮
- 最後 Tools 的選擇

◆ 演算法學習 Road Maps

- Level 1 : BS Vanilla Option
- Level 2 : Exotic Option , Equity Tree , MC Simulation
- Level 3 : American MC , Local Volatility Model
- Level 4 : Stochastic Volatility Model(Heston) , Interest Rate Model(HW, G2++)
- Level 5 : Multi-Factors Forward Rates(LMM)

◆ 交易室(銀行)的工作情況

- 參考 NTUST 講義，Lec_01.pdf。
- 銀行、證券、保險體系的差異

◆ 程式、系統、軟體產品(The Mythical Man-Month，Frederick Brooks, Jr)

程式	軟體系統 (介面、資料庫、 系統整合)
軟體產品 (通用、測試完成、 文件齊全、可維護)	軟體系統產品

◆ 寫程式的樂趣

- 1、創造的趣味
- 2、這東西竟然對別人有用
- 3、打造精巧的機制，類似推理、解謎的過程
- 4、持續學習的樂趣
- 5、在易於操控的工具上(PC)工作的快樂
- 6、滿足內心創造事務的渴望，激發本能快樂的感受

◆ 寫程式的苦難

- 1、必須要表現完美
- 2、很少能由自己安排工作目標與細節
- 3、依賴別人的產出才能成事
- 4、除錯大不易，往往有非線性的變化
- 5、可能最後完成時，需求已經改變了