1. 此壓縮檔包含Extra Bonus 1, Extra Bonus 2, Extra Bonus 3。
2. Extra Bonus 1在Extra bonus 1的py檔。裡面有五個function。
   * Black Scholes計算option value的BS。
   * 利用CRR計算的CRR\_one\_vector
   * 用bisection method 計算implied volatility的Bisection，其參數中除了教授給的還有pricing\_model(輸入”BS”代表用black scholes model，”CRR”代表用CRR method)，call(‘c’代表call, ‘p’代表put)，otype(‘E’代表European，’A’代表American)，sigma\_upper\_bond(sigma\_lower\_bond)為初始猜測上界(下界)，預設為1(0.0001)和covergence為收斂區間，預設為0.0001。
   * BS\_differenciate為計算BS model 對波動度作微分後的公式。
   * Newton為利用牛頓法求implied volatility的function，其參數中包含pricing model，call，otype，initial\_sigma為初始波動度猜測值，預設為0.8，convergence。

以下附上計算出來的隱含波動度，分別代表:

* + Option price: 2.5, Black Scholes model, Bisection method, European call
  + Option price: 2.5, CRR model, Bisection method, European call
  + Option price: 6.5, CRR model, Bisection method, American put
  + Option price: 2.5, Black Scholes model, Newton’s method, European call
  + Option price: 2.5, CRR model, Newton’s method, European call
  + Option price: 6.5, CRR model, Newton’s method, American put

A picture containing text

Description automatically generated

可以看到牛頓法和教授解答有差一點點，大概在小數第六位，猜測和起始波動猜測值有關。

1. Extra Bonus 2在Extra bonus 2的py檔。裡面Finite\_Difference\_Method的參數有包含教授給的參數外，多加了mtype(‘E’代表explicit，’I’代表implicit)。以下附上程式結果，分別對應
   * European call, Implicit
   * European call, Explicit
   * European put, Implicit
   * European put, Explicit
   * American call, Implicit
   * American call, Explicit
   * American put, Implicit
   * American put, Explicit

Text

Description automatically generated

1. Extra Bonus 3在Extra bonus 3的py檔中。其中包含Monte\_Carlo\_vanilla\_american\_option

Monte\_Carlo\_lookback\_american\_option

Monte\_Carlo\_arithmetic\_american\_option

三個function，輸入參數皆為教授所給，學生在此程式中使用scikit-learn的回歸套件。三者中只有vanilla option的區間包含教授給的解答，其於兩者皆有一位小數點的誤差，不知道是否和回歸使用的獨立變數較簡單(一樣只使用S和)有關，以下附上依序的結果。

A picture containing text, outdoor

Description automatically generated