

出國報告（出國類別：其它）

印尼央行與英國央行共同舉辦之
總體金融模型建構與分析訓練課程

服務機關：中央銀行

姓名職稱：鍾秉諺 經濟研究處辦事員

派赴國家：印尼

出國期間：2016年8月21日至8月27日

報告日期：2016年11月15日

目 次

一、 前言.....	1
二、 訓練課程重點.....	2
(一) 選擇權隱含之機率密度函數.....	2
1. 藉選擇權建構履約價格之機率分配.....	2
2. 買權評價公式與隱含波動度.....	2
3. 自買權價格函數得到 PDF.....	3
4. PDF 之形狀可反映出市場觀點.....	4
(二) 狀態空間模型與卡爾曼過濾法.....	6
1. 可解決特殊資料問題，惟兩者須搭配使用.....	6
2. 狀態空間表示法.....	6
3. 卡爾曼過濾法之運作方式簡介.....	7
(三) 殖利率曲線模型.....	8
1. 殖利率曲線之功能.....	8
2. 須以模型配置連續型殖利率曲線.....	8
3. Nelson-Siegel 模型.....	9
4. Svensson 模型.....	10
5. 動態 Nelson-Siegel 模型.....	11
(四) GARCH 模型.....	12
1. 條件異質變異與波動度.....	12
2. ARCH 模型.....	12
3. 擴充條件平均數方程式.....	13
4. 檢定誤差項是否具 ARCH 效應.....	13
5. GARCH 模型.....	14
(五) 實務演講.....	16
1. 印尼央行外匯存底管理局.....	16
2. 印尼央行經濟與貨幣政策局.....	17
3. 英國央行.....	19
三、 心得及建議.....	23
參考資料.....	26
本次訓練課程講義資料.....	28

一、前言

本次「總體金融模型建構與分析」(Macrofinancial Modelling and Analysis) 訓練課程由 Bank Indonesia Institute (BI Institute) 與英國央行共同舉辦。BI Institute 為印尼央行理事會成立之教育與研究機構，協助印尼央行達成願景，培育經濟金融人才，並舉辦研討會與訓練課程等。

課程目標為加強對金融實證分析之瞭解，並建構總體金融模型，萃取出有用之市場資訊，俾供研析當前經濟情勢與金融市場，以及制定貨幣政策之參考。

課程講師為英國央行之 Ole Jens Rummel 博士，為期五天，於印尼龍目島 Senggigi 舉辦。參與學員 40 名，約七成來自印尼政府機構，其他學員來自菲律賓、斯里蘭卡、馬來西亞、香港、東帝汶、柬埔寨、孟加拉、臺灣、印度、土耳其、巴布亞紐幾內亞等 11 國央行。

課程搭配 Excel 與 EViews 操作，主題涵蓋：(一) 選擇權隱含之機率密度函數 (probability density function, PDF)；(二) 狀態空間 (state-space) 模型與卡爾曼過濾法 (Kalman filter)；(三) 殖利率曲線 (yield curve) 模型；(四) 一般化自我迴歸條件異質變異數 (generalized autoregressive conditional heteroskedasticity, GARCH) 模型；(五) 實務演講。

二、訓練課程重點

(一) 選擇權隱含之機率密度函數

1. 藉選擇權建構履約價格之機率分配

資產之價格能顯示出期望價值，然選擇權價格更進一步包含大量且有用之市場評估期望風險資訊，因此可藉該資產之（價外）選擇權價格建構出未來所有可能履約價格之機率分配（probability distribution）與基本統計量（summary statistics），有助於以量化方式瞭解市場，提供市場觀點之另一面相。對研究者、政策決策者及投資者而言，機率亦係較簡單、直觀、易溝通之衡量。

2. 買權評價公式與隱含波動度

Black-Scholes 歐式買權評價公式如下：

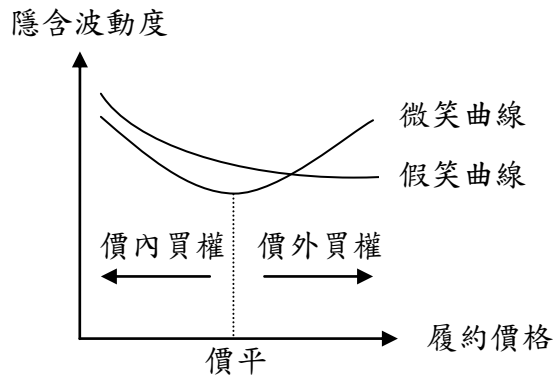
$$C_{BS} = SN(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2)$$
$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (1)$$

其中， S ：目前標的資產市價， X ：履約價格， T ：距到期日之時間（年）， $N(\cdot)$ ：累積標準常態分配機率值， r ：無風險利率， σ ：標的資產報酬率之年化波動度（以標準差衡量）。

(1)式中僅 σ 無法觀測，然買權之市場價格卻可觀測，因此若假設理論價格即為市場價格，則可倒推出 σ ，稱為隱含波動度（implied volatility）。根據 Black-Scholes 假設下之隱含波動度為常數，然實務上，若將到期日固定之各履約價格下隱含波動度連線，可能形狀有二：微笑（smile）與假笑（smirk）曲線。前者於價內與價外之隱含波動

度較大，主要出現於短天期股票選擇權與外匯選擇權；後者低履約價格之隱含波動度較大，主要出現於長天期股票選擇權與指數選擇權，如圖 1。

圖 1 隱含波動度微笑與假笑曲線示意圖



資料來源：作者參考資料繪成

3. 自買權價格函數得到 PDF

Breeden 與 Litzenberger (1978) 證明將買權價格函數 $C_{BS}(X)$ 對履約價格 (X) 二次偏微分，並調整貨幣之時間價值後，可得到風險中立之機率密度函數 (probability density function, PDF) 如下：

$$f(X) = e^{rT} \frac{\partial^2 C_{BS}(X)}{\partial X^2}$$

$$= N(d_2) \left\{ \frac{1}{\sigma X \sqrt{T}} + \frac{2d_1}{\sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial X} + \frac{d_1 d_2 X \sqrt{T}}{\sigma} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial X} \right)^2 + X \sqrt{T} \frac{\partial^2 \sigma}{\partial X^2} \right\} \quad (2)$$

然必須估計隱含波動度函數 $\sigma(X)$ ，亦即將微笑曲線參數化，方能計算 $\frac{\partial \sigma}{\partial X}$ 與 $\frac{\partial^2 \sigma}{\partial X^2}$ 。因此 Shimko (1993) 提出以下之二次函數配置微笑曲線，並以最小平方法估計參數：

$$\sigma(X|\theta_1, \theta_2, \theta_3) = \theta_1 + \theta_2 \frac{X}{d} + \theta_3 \left(\frac{X}{d} \right)^2 \quad (3)$$

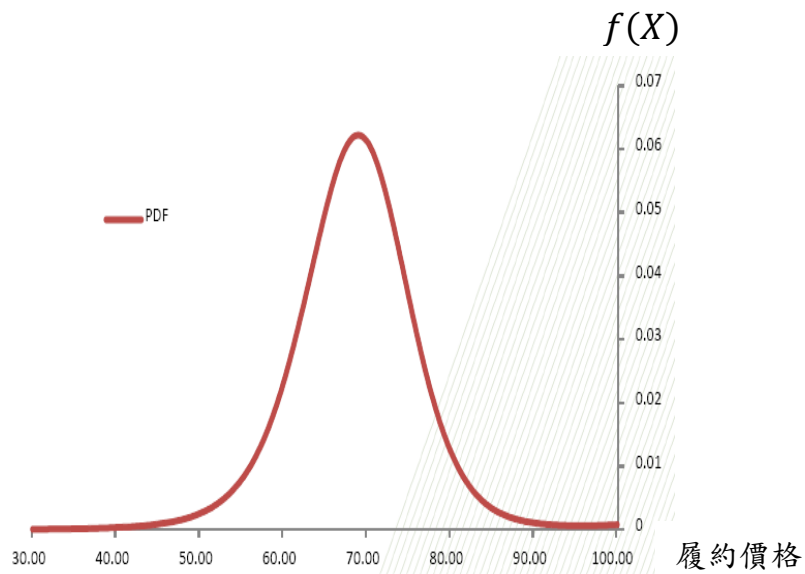
其中， d 為幫助配置之任意尺度參數 (arbitrary scale parameter)。將(3)式偏微分後得

$$\frac{\partial \sigma}{\partial X} = \frac{\theta_2}{d} + 2 \frac{\theta_3 X}{d^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma}{\partial X^2} = 2 \frac{\theta_3}{d^2} \quad (5)$$

將(4)、(5)兩式代入(2)式，可得 PDF 如圖 2。惟因假設 X 為連續，單點並不存在機率， X 介於區間時，例如 X 為 60 至 70 或者 X 大於 60，PDF 下之面積方為機率。

圖 2 PDF 示意圖



資料來源：本次訓練課程講義資料

4. PDF 之形狀可反映出市場參與者觀點

PDF 之形狀可反映出市場參與者對標的資產未來價格之觀點，例如 PDF 分布愈寬，即標準差愈大，代表市場參與者感到愈不確定；PDF 左偏或右偏，表示實際履約價可能發生之方向，亦即市場參與者

對履約價之觀點偏該方向；PDF 愈厚尾，表示較極端狀況可能發生，亦即市場參與者感到大幅波動風險之機率愈高。

前述機率為假設市場參與者為風險中立（亦即其不要求風險溢酬）下所估計，若其為風險趨避，風險中立之假設則傾向高估不利結果之機率。於當前市場參與者較趨避風險之前提下，可調整所估計之機率，例如將預期報酬以實際機率折現。惟各市場參與者風險趨避程度不同，適用之調整方式互異，其風險趨避程度亦較難量化，因此風險中立機率仍具參考價值。

(二) 狀態空間模型與卡爾曼過濾法

1. 可解決特殊資料問題，惟兩者須搭配使用

分析貨幣政策時，模型中許多變數為無法觀測 (unobservable)，例如景氣循環、產出缺口、生產力衝擊等，亦可能遭遇資料遺漏、混頻資料 (mixed-frequency data) 等問題，惟仍可利用卡爾曼過濾法估計。狀態空間模型與卡爾曼過濾法必須搭配使用，亦即模型必須能寫成狀態空間表示法 (state-space representation)，方能使用卡爾曼過濾法估計。

2. 狀態空間表示法

線性狀態空間表示法包含兩方程式：(1) 線性訊號方程式 (linear signal equation)，描述可觀測與無法觀測變數 (即狀態變數) 之關係；(2) 狀態方程式 (state equation)，描述無法觀測變數隨時間經過之一階 (first-order) 動態過程，即僅能包含落後一期項。

線性訊號方程式如下：

$$y_t = H_t \beta_t + A_t Z_t + e_t \quad (6)$$

其中， y_t 為 $n \times 1$ 之可觀測值向量， β_t 為 $m \times 1$ 之無法觀測之狀態變數向量， Z_t 為 $n \times k$ 之外生解釋變數矩陣， $e_t \stackrel{iid}{\sim} N(0, R_t)$ 為 $n \times 1$ 之誤差向量，表示雜訊 (noise)， R_t 為已知之 $n \times n$ 矩陣； H_t 為 $n \times m$ ， A_t 為 $n \times n$ 之參數矩陣。線性訊號方程式須由經濟理論建構。

狀態方程式如下：

$$\beta_t = \mu_t + F_t \beta_{t-1} + v_t \quad (7)$$

其中， F_t 為 $m \times m$ 之系統矩陣 (system matrix)， μ_t 為 $m \times 1$ 之向量， $v_t \stackrel{iid}{\sim} N(0, Q_t)$ 為 $m \times 1$ 之誤差向量，表示新訊息， Q_t 為已知之 $m \times m$ 矩陣。(7)式以一階動態過程描述 β_t 隨時間經過之演進。狀態方程式由自我迴歸模型或隨機漫步模型建構。

3. 卡爾曼過濾法之運作方式簡介

卡爾曼過濾法為於狀態空間模型中，生成最小均方誤差預測 (minimum mean squared error forecast) 之遞迴演算法 (recursive algorithm)，其於已知新資訊下更新 β_t 之平均數與變異數估計。

首先估計該模型之參數： H_t 、 A_t 、 μ_t 、 F_t 、 R_t 、 Q_t ，再自 y_t 與該模型推論 (infer) β_t 之性質。若該模型 (包含所有參數) 為已知，令 $Y_t = \{y_0, y_1, \dots, y_t\}$ 為於時點 t 可得之資訊，則當得到新資料 y_t 時，卡爾曼過濾法以遞迴方式更新 β_t 。遞迴方式即，若已知於 Y_{t-1} 條件下之參數條件分配與 y_t ，則可得到於 Y_t 條件下之參數條件分配。

三類型之統計推論方式如下：

- (1) 過濾 (filtering)：當 y_t 加入時，亦即已知 Y_t 下，更新 β_t 。
- (2) 預測 (prediction)：已知 Y_t 下，預測 β_{t+h} 或 y_{t+h} ， $h > 0$ 。
- (3) 平滑化 (smoothing)：已知所有樣本 Y_T 下，估計 β_t ， $T > t$ 。

惟所估計之 β_t 係依照資料，經卡爾曼過濾法以機械性之遞迴方式得到，僅具統計性質，因此於更新、預測、估計時仍須檢視其走勢是否符合經濟理論與現況，以確保其合理性。

(三) 殖利率曲線模型

1. 殖利率曲線之重要性

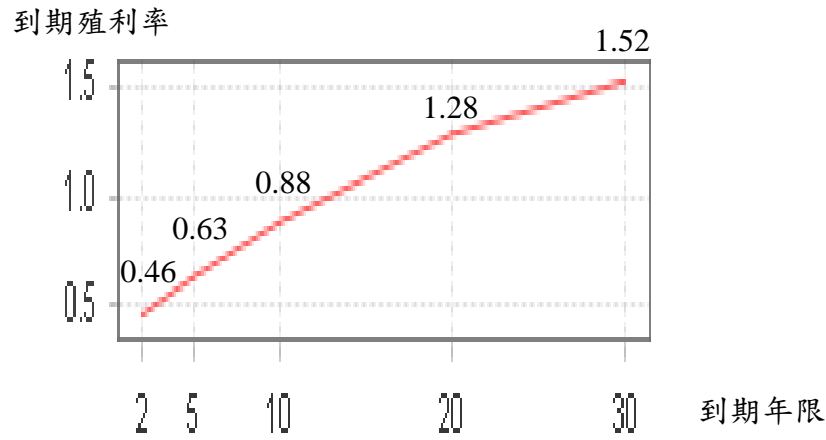
殖利率曲線描述債券之到期殖利率 (yield to maturity) 與到期年限 (time to maturity) 之關係，亦稱為利率期間結構 (term structure of interest rates)，包含非常大量之重要資訊，例如經濟活動演進、通膨、貨幣政策等，可提供未來不同時點之資訊予央行，例如市場對未來政策利率預期、市場對風險與不確定性之態度、經濟中隱含衝擊等。央行決定之政策利率亦影響市場利率走向與殖利率曲線。

2011 年 9 月 21 日美國實施出售短期公債，買進長期公債之扭轉操作 (operation twist)，即係殖利率曲線操作。歐洲與日本於近年相繼實施負利率政策，本 (2016) 年 9 月 21 日之日本央行貨幣政策會議亦宣布實施殖利率曲線控制 (yield curve control)，讓 10 年期公債殖利率約維持於零。且伴隨美國經濟逐漸復甦，市場亦重視聯準會升息之時間、幅度、次數。因此，殖利率曲線之重要性至為明顯。殖利率曲線兼具理論與實務，業已廣泛利用，利率決策者與債券投資者均須觀察殖利率曲線變動以提出策略等。

2. 須以模型配置連續型殖利率曲線

因公債之發行年期類型有限，例如臺灣中央公債發行年期為 2 年、3 年、5 年、10 年、20 年、30 年，故僅能繪出離散型殖利率曲線，若欲得到連續型曲線則須以模型用曲線配置 (fit)。臺灣公債殖利率曲線如圖 3。

圖 3 臺灣公債殖利率曲線
(2016 年 10 月 19 日)



資料來源：證券櫃檯買賣中心

以函數形式建構殖利率曲線時，Nelson 與 Siegel (1987) 以及 Svensson (1994, 1995) 提出之模型最常被使用。

3. Nelson-Siegel 模型

Nelson-Siegel 殖利率曲線模型如下：

$$y_t(\tau) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) \quad (8)$$

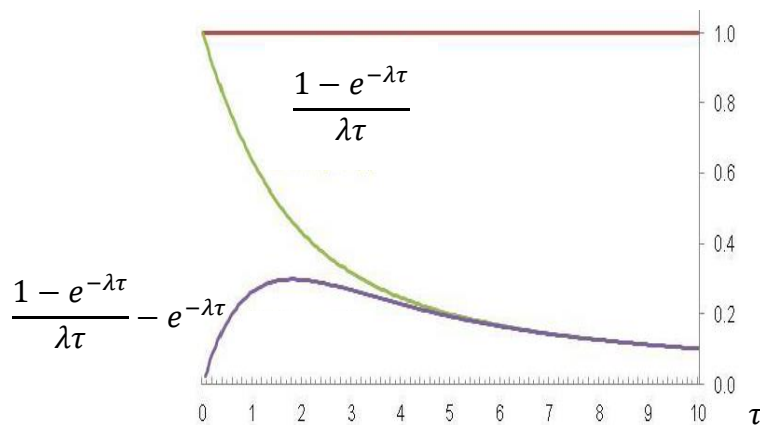
其中， $y_t(\tau)$ 為到期年限 τ 之債券於某固定時點 t 之殖利率， β_1 、 β_2 、 β_3 、 λ 為待估計之參數。

(8) 式之右式第一項描述長期殖利率，即殖利率曲線長期趨近之值，該項增加將均等推升所有殖利率，改變殖利率曲線之水準值 (level)；第二項之 $\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau}$ 隨 τ 增加而遞減如圖 4，對短期殖利率影響較大，且 β_2 將影響殖利率曲線之斜率 (slope)；第三項之 $\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau}$

短期隨 τ 從微小值遞增，至中期後遞減如圖 4，對短、長期殖利率影

響極微，對中期殖利率影響較大，由此 β_3 決定駝峰（hump）形成並影響殖利率曲線之曲度（curvature）。建構殖利率曲線模型須掌握其三項組成要素，亦即水準值、斜率與曲度，及以何種遞增遞減形式影響短、中、長期殖利率。

圖 4 Nelson-Siegel 模型對各期殖利率之影響



資料來源：本次訓練課程講義資料

Nelson-Siegel 模型之優點如下：

- (1) 使用少量之參數即可逼近殖利率曲線。
- (2) 實證上，可良好配置資料，且於樣本內、外(in- and out-of-sample)之預測表現良好。
- (3) 三項組成要素具清楚且合乎直覺之解釋，即長、短、中期組成要素及其對殖利率曲線之貢獻。

4. Svensson 模型

Svensson 殖利率曲線模型如下：

$$y_t(\tau) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_1 \tau} \right) + \beta_4 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_2 \tau}}{\lambda_2 \tau} - e^{-\lambda_2 \tau} \right) \quad (9)$$

其中， τ 為到期年限， $y_t(\tau)$ 為剩餘到期年限 τ 之債券於某固定時點 t 之殖利率， β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 λ_1 、 λ_2 為參數。(9)式之右式第一至三項性質與(8)式同，惟第四項亦描述中期駝峰。

Svensson 認為，Nelson-Siegel 模型雖於大部分情況下之配置令人滿意，惟加入第四項可增加彈性與配置能力，且於殖利率曲線結構複雜時，可相當程度提升配置能力；然 λ_1 近似於 λ_2 時，可能具多重共線性 (multicollinearity) 問題，因此其建議微調第四項，成為如下形式：

$$y_t(\tau) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_1 \tau} \right) + \beta_4 \left(\frac{1 - e^{-\lambda_2 \tau}}{\lambda_2 \tau} - e^{-2\lambda_2 \tau} \right) \quad (10)$$

5. 動態 Nelson-Siegel 模型

前述之 Nelson-Siegel 模型為靜態 (static)，亦即參數不隨時間而改變，惟若欲瞭解殖利率曲線隨時間經過之演進，則須建構動態 (dynamic) Nelson-Siegel 模型。Diebold 與 Li(2006) 逐期估計(8)式，得到參數之時間序列 β_{1t} 、 β_{2t} 、 β_{3t} (估計前固定 λ 值)，並提出動態 Nelson-Siegel 模型如下：

$$y_t(\tau) = \beta_{1t} + \beta_{2t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda \tau}}{\lambda \tau} \right) + \beta_{3t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda \tau}}{\lambda \tau} - e^{-\lambda \tau} \right) \quad (11)$$

(四) GARCH 模型

1. 條件異質變異與波動度

條件異質變異 (conditional heteroskedasticity) 係經濟與財金時間序列常見之特徵，亦即於給定過去資訊之條件下，波動度 (以變異數衡量) 隨時間改變。Bollerslev 等人 (1994) 歸納出該波動度之典型事實 (stylized facts) 如下：

- (1) 波動度群聚 (volatility clustering)：大波動伴隨大波動，小波動伴隨小波動。
- (2) 厚尾 (fat tail)：於分配尾端之機率較常態分配大，表示包含較多極端值。
- (3) 波動度均值回歸 (volatility mean reversion)：波動度可能過高或過低，惟終究將回歸至長期平均值。
- (4) 波動度不對稱 (volatility asymmetry)：相同規模之正面與負面新聞對波動度所造成之衝擊不同。

2. ARCH 模型

Engle (1982) 提出自我迴歸條件異質變異數 (autoregressive conditional heteroskedasticity, ARCH) 模型。ARCH (p) 如下：

$$\text{條件平均數方程式：} Y_t = X_t' \beta + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (12)$$

$$\text{條件變異數方程式：} \sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \gamma_p \varepsilon_{t-p}^2 \quad (13)$$

(12)式與(13)式必須聯合估計。其中， β 與 γ 為待估計之參數，通常以最大概似法 (maximum likelihood estimators, MLE) 估計； ε_t 為第 t 期誤差項，其條件變異數 σ_t^2 ，和其落後 p 期項之平方 $\varepsilon_{t-1}^2, \dots, \varepsilon_{t-p}^2$ 相關，於給定第 $t-1$ 期資訊之條件下，可以決定 σ_t^2 。為確保 σ_t^2 恆正，必須 $\gamma_0 > 0$ 且 $\gamma_1, \dots, \gamma_p \geq 0$ 。為確保 ε_t^2 為共變異數恆定 (covariance-stationary)，亦必須 $\gamma_1 + \dots + \gamma_p < 1$ 。

3. 擴充條件平均數方程式

根據資料頻率與變數型態，條件平均數方程式通常設為常數，或低階 (low-order) 之自我迴歸移動平均 (autoregressive-moving average, ARMA) 模型。於(12)式加入常數與 ARMA (r, s) 之條件平均數方程式如下：

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^r \varphi_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^s \theta_j \varepsilon_{t-j} + X' \beta + \varepsilon_t \quad (14)$$

其中， c 為常數， φ 與 θ 為參數；AR (r) 指變數與其落後 r 期項相關，亦即 Y_t 與 Y_{t-1}, \dots, Y_{t-r} 相關；MA (s) 指變數與前 s 期誤差項相關，亦即 Y_t 與 $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-s}$ 相關；若同時具備兩者，則稱為 ARMA (r, s)。

4. 檢定誤差項是否具 ARCH 效應

檢定誤差項是否具 ARCH 效應之方式為，估計出條件平均數方程式後，估計之 $\hat{\varepsilon}_t^2$ 對其落後 p 期項進行迴歸如下：

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \hat{\varepsilon}_{t-p}^2 + e_t \quad (15)$$

其中， e_t 為第 t 期誤差項。再進行假設檢定 $\begin{cases} H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_p = 0, \\ H_1 : \text{至少有一個 } \alpha \neq 0 \end{cases}$ ，

虛無假設 (null hypothesis) H_0 表示無 ARCH 效應。基於 Lagrange 乘數 (Lagrange multiplier, LM) 原理，可用判定係數 (coefficient of determination) R^2 表示 LM 檢定統計量為 $nR^2 \sim \chi^2_{(p)}$ ， n 為觀測個數。若無 ARCH 效應，因 R^2 之值低，則傾向接受 H_0 ；若具 ARCH 效應，因 R^2 之值高，則傾向拒絕 H_0 。

5. GARCH 模型

對於許多序列， p 值必須相當大，方能捕捉條件變異數之動態過程並合理配置，且亦無一最佳方法決定 p 值，因此促成 ARCH 之改良。Bollerslev(1986) 將 ARCH 之條件變異數方程式一般化 (generalize)，稱作 GARCH 模型。

GARCH (p, q) 之條件變異數方程式如下：

$$\sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \gamma_p \varepsilon_{t-p}^2 + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \delta_q \sigma_{t-q}^2 \quad (16)$$

即於(13)式之右式加上條件變異數落後 q 期項 $\sigma_{t-1}^2, \dots, \sigma_{t-q}^2$ ，代表本期與前期之 σ^2 相關。為確保 σ_t^2 恆正，必須 $\gamma_0 > 0$ 且 $\gamma_1, \dots, \gamma_p, \delta_1, \dots, \delta_p \geq 0$ 。GARCH 之估計仍遵循 ARCH 之 MLE 估計法。

GARCH (1, 1) 雖為最簡單之形式，惟於描述財金市場資料方面運作非常良好，其條件變異數方程式如下：

$$\sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (17)$$

其中， $\gamma_0 > 0$ ， $\gamma_1, \delta_1 \geq 0$ 且 $\gamma_1 + \delta_1 < 1$ 。

波動度模型首推 GARCH，因其具備精簡性，能適切衡量與預測金融資產報酬之波動度，且得到許多實證研究支持，係財金時間序列中最为廣泛運用模型之一。估計出波動度後，應用領域亦廣泛，包含風險值（value at risk, VaR）、選擇權評價與策略等。

GARCH 尚有眾多進階形式，例如 Engle、Lilien、Robins (1987) 提出之內嵌平均數 GARCH (GARCH-in-mean, GARCH-M)；Nelson (1991) 提出之指數 GARCH (exponential GARCH, EGARCH)；Engle 與 Ng (1993) 提出之非線性不對稱 GARCH (nonlinear asymmetric GARCH, NAGARCH)；Glosten、Jagannathan、Runkle (1993) 提出之 GJR-GARCH；Zakoïan (1994) 提出之門檻 GARCH (threshold GARCH, TGARCH)；Hentschel (1995) 提出網狀 GARCH (nesting GARCH) 以網絡所有 GARCH 家族成員模型等。

(五) 實務演講

1. 印尼央行外匯存底管理局

(1) 印尼央行外匯存底管理概況

印尼央行外匯存底管理局說明其外匯存底呈現增加趨勢，於本年7月底達到1,114.1億美元，相當於8.2個月之進口與政府外債償還額。其外匯存底之投資標的為貨幣市場、票券、固定收益商品(例如公債、MBS)，管理目標為資本保存 (capital preservation) 與適足之外匯存底，以執行貨幣政策與履行外匯義務，管理原則為安全性 (security)、流動性 (liquidity)、獲利性 (profitability)，該原則與本行一致。

(2) 印尼央行之債券投資重視殖利率曲線

債券為印尼央行投資組合之基本組成，其投資管理與策略重視殖利率曲線之形狀與移動。移動可分解為水準值、斜率與曲度之變化，藉由預測移動方式可提出對應之投資策略。

(3) Kuberek 模型

印尼央行介紹 Kuberek (1990) 提出之水準值、斜率與曲度線性組合如下：

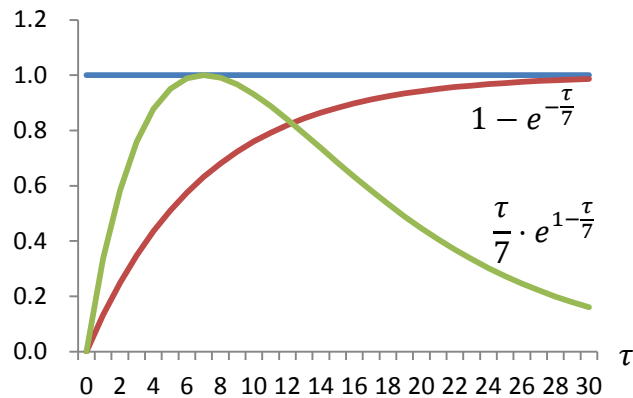
$$\Delta y(\tau) = \delta_{d1} + \delta_{d2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{7}}\right) + \delta_{d3} \cdot \frac{\tau}{7} \cdot e^{1-\frac{\tau}{7}} \quad (18)$$

其中， $\Delta y(\tau)$ 為殖利率曲線移動， δ_{d1} 、 δ_{d2} 、 δ_{d3} 為待估計之參數， τ 為到期年限。

(18)式之右式第一項描述短期殖利率，該項增加將均等推升所有殖利率，致殖利率曲線平行移動，改變殖利率曲線之水準值；第二項之 $1 - e^{-\frac{\tau}{7}}$ 隨 τ 增加而遞增如圖5，對長期殖利率影響較大， δ_{d2} 大小將

影響殖利率曲線之斜率；第三項之 $\frac{\tau}{7} \cdot e^{1-\frac{\tau}{7}}$ 隨 τ 增加而於短期遞增，至中期（第 7 年）後遞減如圖 5，對中期殖利率影響較大， δ_{d3} 大小將影響殖利率曲線之曲度。

圖 5 Kuberek 模型對各期殖利率之影響



資料來源：作者參考本次訓練課程演講資料繪成

2. 印尼央行經濟與貨幣政策局

印尼央行經濟與貨幣政策局說明印尼先前實施管理浮動匯率，至 1997 年亞洲金融危機後採行浮動匯率，經歷數次強烈升、貶值壓力與較大波動度。

印尼央行於通膨目標（inflation targeting）架構下，利率為主要操作工具，匯率則自由浮動以吸收衝擊。印尼央行官員表示，印尼為小型開放經濟體，盧比（Rupiah）匯率過度波動將不利於總體經濟與金融體系穩定，因此印尼央行實施貨幣與總體審慎政策搭配（monetary and macroprudential policy mix），由五大政策工具組成：（1）利率政策—達成通膨目標之主要操作工具；（2）外匯干預—減少匯率過度波動；（3）資本流量管理—於維持自由外匯體系下，管

理短期與投機性資本流量，以減低因匯率以及整體貨幣與金融體系不穩定所致資本流量短期波動與反轉之負面衝擊；(4) 總體審慎政策—追求金融體系穩定，特別是以模型評估銀行之最適貸放成長，藉比較最適與實際值判斷銀行是否過度貸放與累積系統風險，決定總體審慎措施之時機與工具；(5) 政策協調—持續加強與中央和地方政府間之政策協調，以錨定 (anchor) 通膨預期與致力於金融體系穩定。實施成效如下：

- (1) 印尼央行預期控制通膨於本年之目標區間 $4\pm 1\%$ 。
- (2) 印尼央行於盧比匯率之 GARCH 應用為：主要東協國家於不同匯率體制下，是否有從國際金融市場傳遞至國內匯率之波動度外溢效果 (volatility spillover)？結論為美國短期利率波動度對盧比匯率波動度帶來統計顯著之外溢效果。
- (3) 另一應用為：印尼央行高層官員以宣告 (statement) 方式對未來盧比將走強、走弱或不變所為之口頭干預 (oral intervention)，是否對美元兌盧比匯率及其波動度帶來影響，且是否為官員所欲之方向？結論為該等宣告無法降低盧比匯率之波動度。
- (4) 於美國聯準會購債規模縮減恐慌 (taper tantrum) 時，印尼央行對央行票券交易持有期間，與銀行短期境外借款之資本計提實施管制，並認為有助於減輕短期資本流量波動大之影響。
- (5) 印尼央行實施貸款成數 (loan-to-value) 限制，與對過度貸放之銀行採取監管行動，並認為總體審慎措施與監管行動有助於強化貨幣傳遞機制有效性與金融體系穩定。2015 年底起，印尼央行實施逆循環資本緩衝 (countercyclical capital buffer) 規範，

作為其總體審慎政策之一環。

- (6) 印尼央行與政府和其它相關機構保持密切協調關係，例如印尼央行與財政部於貨幣與財政政策密切協調，與金融穩定政策協調委員會（財政部長擔任主席，印尼央行為成員）、金融管理局、存款保險機構於金融體系穩定方面密切協調，就總體審慎政策與金融管理局之個體審慎規範與監管密切協調。

3. 英國央行

(1) 英國央行十分重視總體金融分析

總體金融分析對英國央行貨幣政策委員會（Monetary Policy Committee, MPC）與金融政策委員會（Financial Policy Committee, FPC）之政策決議扮演相當重要之角色。MPC 每次開會前，包含利率決策會議前一週之 MPC 會前會議（pre-MPC meeting），自英國央行獲得廣泛之經濟簡報，可瞭解所有最新經濟資料，並聽取近期趨勢解說與相關議題分析。FPC 負責降低系統風險，以保護與提升英國金融體系之韌性（resilience），並撰擬英國央行之金融穩定報告，均需總體金融分析。

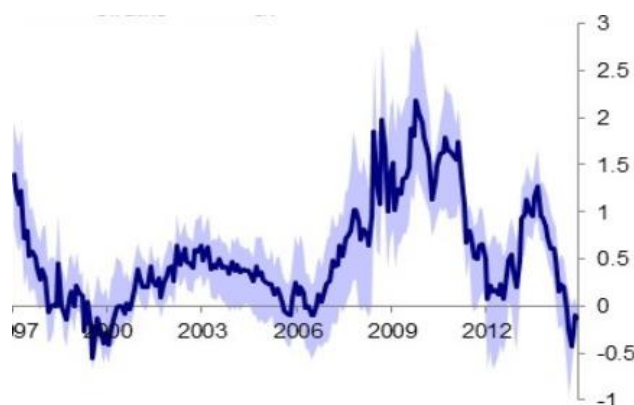
美國聯準會前主席柏南克曾表示，央行密切注意利率與資產價格，因渠等為貨幣政策藉以影響實質經濟活動與通膨之主要管道，亦為經濟與金融情勢及時資訊之潛在寶貴來源，常需以相當高深之理論與實證方式萃取。英國央行亦同意此論點，並輔以經濟理論為基礎之總體金融模型萃取與解讀市場之訊息，主要採用之工具為殖利率曲線模型、匯率模型、選擇權隱含之 PDF 等。

(2) 殖利率曲線模型

於殖利率曲線模型方面，每天總體金融分析部門（Macrofinancial Analysis Division, MFAD）會估計一套約 30 條殖利率曲線，涵蓋 9 個國家、不同類型利率與曲線配置方式，英國央行網站亦公布部分英國殖利率曲線。

央行於評估整體貨幣政策立場時須監控與瞭解長期利率變動，而期間溢酬（term premium）為長期利率變動之重要成分，亦包含有用資訊，例如市場參與者對未來利率之不確定性及其對風險之態度，所以 Kaminska 等人（2015）提出一套模型將殖利率拆解成市場參與者對未來短期平均政策利率預期，與期間溢酬，進一步探究驅動殖利率曲線之內含成分。該模型估計英國 1997 年至 2015 年之 10 年期公債期間溢酬，如圖 6。其中，實線為估計值平均，底色為估計值範圍。

圖 6 英國 10 年期公債期間溢酬之估計



資料來源：Kaminska 等人（2015）

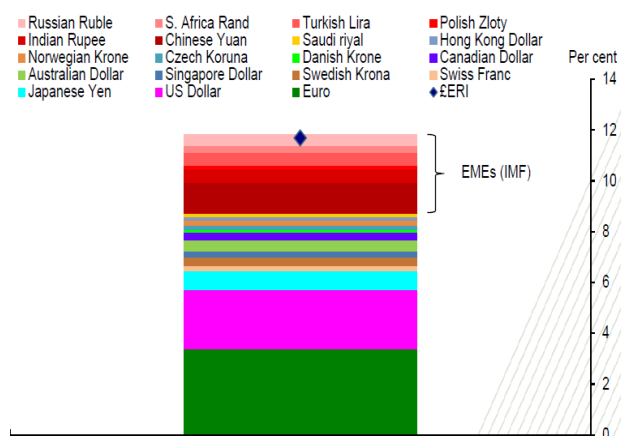
2008 年至 2009 年金融海嘯之高峰時，因市場參與者要求額外之利率風險補償，導致期間溢酬遽升。政策制訂者藉降低利率與實施量化寬鬆（quantitative easing, QE）回應，MPC 之 QE 中購買英國公債亦降低期間溢酬，惟 2013 年美國聯準會縮減其 QE 導致英國之期間

溢酬再度遽升。結論為全球金融市場漸趨整合，英國之期間溢酬相當程度取決於全球風險情緒與不確定性，以及美國貨幣政策發展。

(3) 匯率模型與選擇權隱含之 PDF

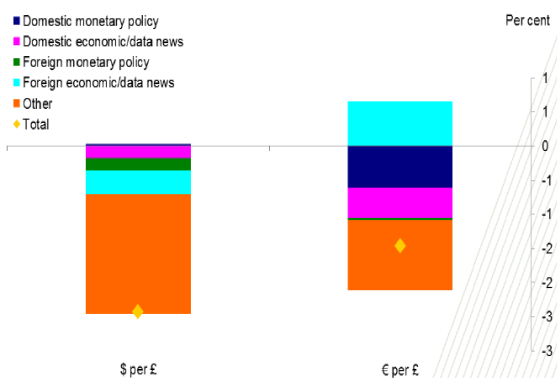
於匯率模型方面，MFAD 將英鎊匯率指數變動拆解為各幣別所致之貢獻，如圖 7；亦蒐集特定期間內各類型事件，例如國內外貨幣政策、經濟新聞發布前 10 分鐘與後 30 分鐘之日內 (intra-day) 資料，再將各類型事件對匯率之影響加總，如圖 8。二者均可得到總影響與個別影響資訊。

圖 7 英鎊匯率指數變動之拆解
(2014 年 3 月 12 日至 5 月 12 日之變動)



資料來源：本次訓練課程講義資料

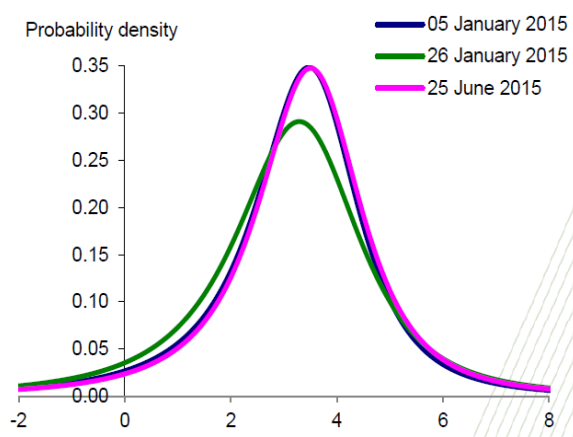
圖 8 各類型事件對英鎊匯率之影響



資料來源：本次訓練課程講義資料

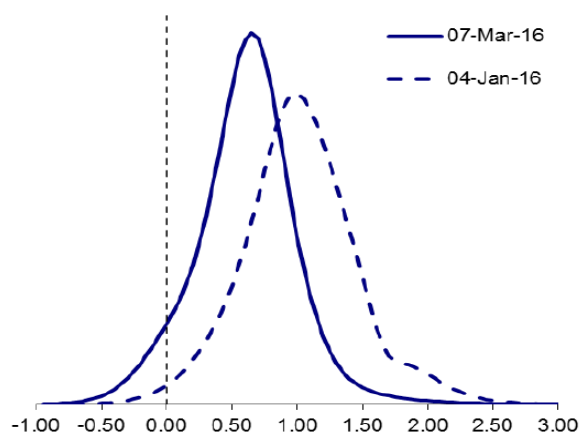
英國央行亦製作與分析不同區域、不同資產之選擇權隱含之 PDF，例如英、美、歐元區之利率、匯率、股價、商品價格、通膨、貨幣市場利率等為標的之選擇權，例如圖 9 與圖 10。

圖 9 英國零售物價指數 5 年期通膨選擇權隱含之 PDF



資料來源：本次訓練課程講義資料

圖 10 3 個月期英鎊 Libor 選擇權隱含之 PDF



資料來源：本次訓練課程講義資料

三、心得及建議

(一) 金融市場尾端風險增加，須萃取隱含資訊以深入瞭解市場觀點

金融市場瞬息萬變，加上國際間重大政、經事件頻傳，例如英國脫歐後續餘波、川普當選美國總統、聯準會升息時程等，均左右市場之判斷與預期。該等較極端事件之發生顯示尾端風險(tail risk)增加，原本發生機率較低之情形變得較常發生。不確定風險難以預測，並將導致金融市場動盪，不利於金融穩定。

股、匯、債、黃金等市場對訊息即時反映，因此如何自金融市場公開資訊中輔以模型，迅速萃取更多隱含之資訊，以更深入瞭解市場觀點便成為投資者與政策制訂者之重要課題。

(二) 總體金融模型可供政策制訂參考，相關人才訓練相當重要

所謂「工欲善其事，必先利其器」，欲萃取隱含之資訊必須具備優良之技術與工具，本次課程所介紹之總體金融模型結合理論與實務，均為通過驗證之優良分析工具，且均可利用統計軟體執行，可以提供金融市場研究與貨幣政策制訂之參考。

統計技術日新月異，統計軟體功能亦日趨強大，可迅速提供許多資訊，然尚需熟稔總體金融與計量分析之人才建構模型、輸入資料、操作指令、判讀結果、去蕪存菁萃取決策攸關之資訊，因此總體金融與計量分析人才之訓練相當重要。

(三) 對本次課程四大模型應用之建議

1. 選擇權隱含之 PDF

以 PDF 表示之未來所有可能履約價格之機率分配圖形與基本統計量，為重要參考工具，其不僅可反映出市場對未來價格走向之評估，亦有助於監管與研究機構瞭解市場觀點與態度。因此本行亦可仿效英國央行製作與分析不同區域、不同資產選擇權隱含之 PDF。

2. 狀態空間模型與卡爾曼過濾法

狀態空間模型與卡爾曼過濾法功能甚佳，可透過對無法觀測之總體經濟金融變數進行迴歸分析，找出隱含相關。然其模型之建構較為專業與複雜，需專業人員研究並以淺顯方式介紹模型與解釋結果。

3. 殖利率曲線模型

Nelson-Siegel 與 Svensson 模型概念與組成尚屬簡單，因此建議以 Nelson-Siegel 與 Svensson 模型當藍本，再按照使用需求客製化。本行亦可仿效英國央行之 MFAD 估計一套涵蓋不同國家、不同類型、不同時點之殖利率曲線，以供制定政策與擬訂投資策略時參考。

4. GARCH 模型

股、匯市場時常波動劇烈，因此波動度之管控與預測相當重要。GARCH 有助於管控與預測波動度，且 GARCH 條件平均數與條件變異數方程式之組合彈性大，適應力佳，尚有眾多進階形式，可對不同資產選定適合之形式，甚至最簡單之 GARCH (1,1) 即可運作非常良好。因此建議股、匯操作時選擇最適合之 GARCH，列入風險控管考量。GARCH 亦可用於探討國際大事件對波動度之影響，或特定期

間之新臺幣匯率、臺灣加權股價指數波動度變化之配置與預測等。

總之，本次課程理論與實務兼具，內容充實緊湊，講師皆認真準備，深入淺出傾囊相授，讓吾人獲益良多。

參考資料

1. 中央銀行 (2016), 「中央公債標售概況表 (94 年度以後)」, <http://www.cbc.gov.tw/lp.asp?CtNode=690&CtUnit=347&BaseDSD=7&mp=1>。
2. 何宗武 (2011), Eviews 高手—財經計量應用手冊, 一版, 鼎茂圖書, 臺北市。
3. 馬丁·沃爾夫 (2014), 「後危機時代的全球挑戰」, 金融時報中文網, 2 月 8 日, <http://big5.ftchinese.com/story/001054737>。
4. 楊朝成、陳勝源 (2009), 投資學, 二版, 華泰文化, 臺北市。
5. 鍾惠民、周賓鳳、孫而音 (2009), 財務計量: Eviews 的運用, 初版, 新陸書局, 臺北市。
6. 證券櫃檯買賣中心 (2016), 「債券市場資訊」, <http://www.tpex.org.tw/web/bond/?l=zh-tw>。
7. 蘇永成 (2006), 投資銀行學, 初版, 新陸書局, 臺北市。
8. Bank Indonesia (2016), “October Inflation Under Control,” http://www.bi.go.id/en/ruang-media/siaran-pers/Pages/sp_188716.aspx.
9. Bank of England (2016), “Financial Policy Committee,” <http://www.bankofengland.co.uk/financialstability/Pages/fpc/default.aspx>.
10. Bank of England (2016), “Monetary Policy Committee (MPC),” <http://www.bankofengland.co.uk/monetarypolicy/Pages/overview.aspx>.
11. Griffiths, W. E., R. C. Hill and G. C. Lim (2008), “Using EViews for

- Principles of Econometrics,” 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., United States of America.
12. Kaminska, I., A. Meldrum and C. Young (2015), “Estimating and Interpreting Term Premia in UK Government Bond Yields: Global Influences on a Small Open Economy,” *Bank Underground*, <https://bankunderground.co.uk/2015/07/03/estimating-and-interpreting-term-premia-in-uk-government-bond-yields-global-influences-on-a-small-open-economy/>.
 13. Stock, J. H. and M. M. Watson (2012), “Introduction to Econometrics,” International Edition, 3rd Edition, Pearson Education Limited, United Kingdom.
 14. The Options Guide (2016), “Volatility Smiles & Smirks,” <http://www.theoptionguide.com/volatility-smile.aspx>.
 15. Warjiyo, P. (2013), “SEACEN High Level Seminar on Integrating Monetary Policies with Macprudential Freamework,” Opening Remarks.
 16. Warjiyo, P. (2016), “Central Bank Policy Mix: Key Concepts and Indonesia’s Experience,” *Buletin Ekonomi Moneter dan Perbankan*, Volumn 18, Nomor 4.

本次訓練課程講義資料

編號	授課者或作者	資料名稱
01	Ole J. Rummel	Introduction to asset pricing concepts
02	Ole J. Rummel	Option pricing for risk-neutral and real-world probability density functions
03	Ole J. Rummel	State-space models and the Kalman filter
04	Ole J. Rummel	Yield curves and yield curve estimation
05	Ole J. Rummel	Static preference-free yield curve models
06	Ole J. Rummel	Dynamic yield- and macro-yield Nelson-Siegel yield curve models
07	Rudy B. Hutabarat Natasia Engeline	Yield curve model and forecasting: reserve management perspective
08	Ole J. Rummel	Affine term structure models
09	Ole J. Rummel	GARCH and stochastic volatility models
10	Sahminan Sahminan	Application of volatility model on the Rupiah exchange rate
11	Ole J. Rummel	Macrofinancial analysis in the Bank of England's policy processes