

出國報告（出國類別：其他）

參加聯行舉辦之
不動產抵押貸款證券客製化訓練課程
心得報告

服務機關：中央銀行

姓名職稱：林妙姿（一等專員）

派赴國家：美國

出國期間：108年11月9日至108年11月17日

報告日期：109年2月13日

摘要

聯行舉辦之不動產抵押貸款證券 (Mortgage Backed Securities, MBS) 客製化訓練課程，內容涵蓋固定收益證券市場前景分析、風險管理與資產組合建構、投資決策過程、遠期契約交割資產池 (To-be-announced, 簡稱 TBA) 與特定資產池 (Specified Pool) 投資操作實務、績效貢獻評估、Fannie Mae 機構擔保之及時支付本息商用房貸證券 (FNMA DUS)、擔保貸款憑證 (Collateralized Loan Obligations, CLO)，以及新開發之 MBS 機器學習 (Machine Learning) 模型等。

Fannie Mae 機構擔保商用不動產抵押貸款證券之 FNMA DUS 具有 Fannie Mae 對本金及利息的付款保證以及提前還款保護機制，使得其信用輪廓 (credit profile) 與 Fannie Mae Agency MBS 幾乎相等，頗具投資誘因。機器學習於 MBS 提前還款預測模型之應用係業界最新發展趨勢，金融創新技術與人工智慧可以捕獲我們在傳統模型中不曾考慮到的細微差別，進而提升模型預測之準確率，應持續密切注意其後續發展。

目 錄

壹、前言	1
貳、聯行 MBS 投資決策過程	2
參、FNMA DUS 商品介紹及市場前景	5
一、Fannie Mae DUS 房屋貸款運作機制	5
二、FNMA DUS 與市場概況	9
三、多戶式住宅之市場前景	13
肆、機器學習於 MBS 市場之運用	17
一、機器學習於提前還款模型的運用	17
二、資料整理	18
三、模型建置之準確率比較與實際應用	19
伍、心得與建議	21
參考資料	22

壹、 前言

聯行舉辦之不動產抵押貸款證券 (Mortgage Backed Securities, MBS) 客製化訓練課程，內容涵蓋固定收益證券市場前景分析、風險管理與資產組合建構、投資決策過程、遠期契約交割資產池 (To-be-announced, 簡稱 TBA) 與特定資產池 (Specified Pool) 投資操作實務、績效貢獻評估、Fannie Mae 機構擔保之及時支付本息商用房貸證券 (FNMA DUS)、擔保貸款憑證 (Collateralized Loan Obligations, CLO)，以及新開發之 MBS 機器學習 (Machine Learning) 模型等。

由於傳統 Agency MBS 受到 Fed 投資與否之影響，市場需求存在較多不確定性，聯行認為 FNMA DUS 雖屬商用不動產抵押貸款證券之範疇，但具有 Fannie Mae 對本金及利息的付款保證以及提前還款保護機制，使得其信用輪廓 (credit profile) 與 Fannie Mae Agency MBS 幾乎相等，頗具投資誘因。

此外，聯行近年來積極發展金融科技創新領域，不僅大量延用數據科學 (Data Science) 人才，開發各種機器學習模型 (Machine Learning) 應用於新種數位化貸款 (Digital Marketplace Lending) 投資及 MBS 提前還款預測模型，並且透過其名為創業孵化器 (Startup Incubator) 的計畫，與 EvoNexus 之合作夥伴協助初創公司 (Startups) 籌集資金以開發更完善的商業模式。

本報告第二部分先介紹聯行之 MBS 投資決策過程，第三部分針對 FNMA DUS 商品做詳細介紹，並從美國多戶式住宅房屋基本面分析 FNMA DUS 之市場前景，第四部分簡介聯行最新開發之機器學習提前還款預測模型，最後為心得及建議。

貳、聯行 MBS 投資決策過程

一、 政策委員會領導投資方向

首先由每週召開一次的固定收益政策委員會 (Fixed Income Policy Committee, FIPC) 根據基金經理人、產業分析師提供其觀察到之個別市場最新價格變動及產業趨勢，從總體經濟因素的各層面例如利率水平、預期波動性、收益率曲線形狀及斜率、房屋市場健康程度、市場供給量等，決定個別市場的相對投資比重。

聯行對美國房市前景最新的看法，認為目前處於歷史低位的房屋庫存加上穩定的家庭結構將繼續支持房價上漲，根據其自有之房價模型結果，房價升幅 (Home price appreciation, HPA) 未來一年預計將在 3-4% 的範圍之間。在房屋需求方面仍然強勁，主要是由於低失業率，穩定的工資增長。此外，自 2018 年第 4 季度以來，由於抵押貸款利率下降，使得民眾房屋負擔能力 (affordability) 有所改善，但與 2010 年以來的平均水平相比，其仍處於長期平均水平附近，貸款標準自 2013 年以來雖有所放寬，但與金融危機前的水平相比仍然較為嚴格，從房屋擁有率的角度來看，其在 2016 年已觸底並開始上升。整體而言，預期美國房地產市場將持續復甦，但復甦的步伐將放緩，與過去幾年相比，購房活動仍良好活絡，住房基本面相對強勁。

二、 建構提前還款預期

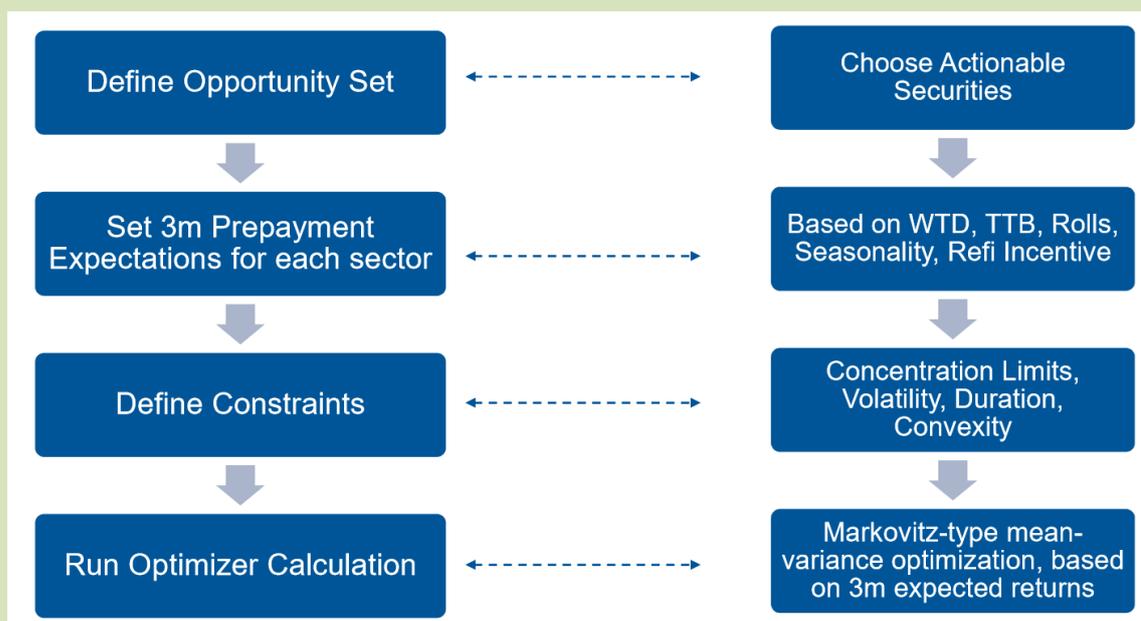
根據房屋抵押債券市場資訊 (market data) 如利率波動度、價格利差敏感度、指數表現、交易商報價等，以及房屋貸款資訊 (collateral data) 如抵

押品創始量、歷史提前還款速度、資產池特性等，再將上述 market data 及 collateral data 輸入量化模型得出提前還款預期分析，藉以決定投資組合中在發行機構 (agency)、債券期限 (15 year、30 year)、票息 (coupon stack) 等一般配置 (generics allocation) 的相對權重。

三、 提出最適化投資組合 (Optimizer)

將上述所得之各種提前還款預期放入聯行自有之最適化模型中試算，在所有券種投資機會選項中，依據其最差之資產池交割 (Worst to deliver, WTD)、抵押內容報告 (Through the box, TTB)、季節性因素 (Seasonality)、Dollar Roll 或借新還舊誘因等不同特性，各賦予其 3 個月提前還款預期，然後在控制跟蹤誤差 (tracking error) 及存續期間 (duration) 等風險參數下，得出未來 3 個月預期收益最大化之各種投資組合，以效率前緣曲線顯示，相關流程如圖 1 所示：

圖 1 聯行 MBS 投資組合最適化過程



四、 投資組合個別擇券 (Security Selection)

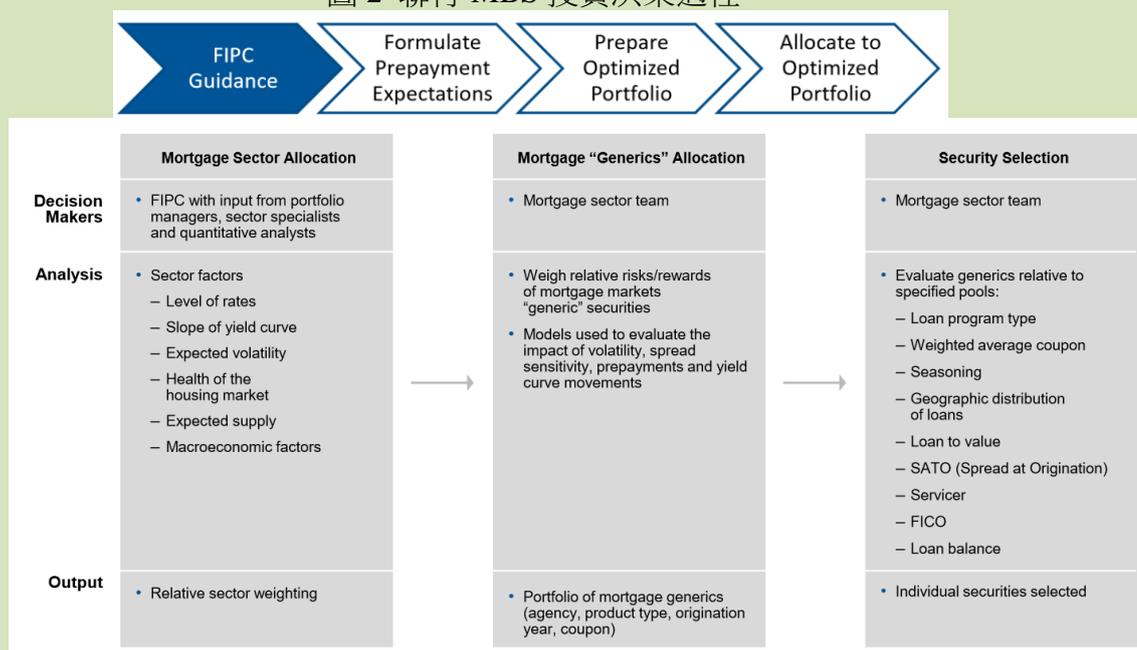
聯行將投資組合存續期間設定與 MBS 指數相似，並在可容忍之跟蹤誤差下選定最適化之投資組合後，接下來便是特定個別券種的挑選。

首先，分析目前交易商存貨、市場價差 (pay-up) 水準、流動性、相對價值等因素，決定投資於 TBA、Dollar Roll 或 Specified Pool。

在 TBA 擇券中，聯行使用內部系統過濾器在不同策略中比較其相對價值。在 Specified Pool 的擇券，則根據目前利率環境、加權平均票面利率 (Weighted Average Coupon, WAC)、房貸年齡 (Seasoning)、借款人信用分數 (FICO)、房貸成數 (Loan to Value, LTV)、貸款餘額 (Loan Balance)、地理特性 (Geography)、貸款服務機構 (Servicer) 等種種影響提前還款速度之因素加以分析後，投資於較佳之特定資產池。

聯行整體之 MBS 投資決策過程如圖 2 所示。

圖 2 聯行 MBS 投資決策過程



參、FNMA DUS 商品介紹及市場前景

一、 Fannie Mae DUS 房屋貸款運作機制

Fannie Mae 係美國多戶式住宅 (Multi-family) 貸款市場最大的資金提供者，其最早於 1998 年開始透過 Delegated Underwriting and Servicing (DUS) 貸款方案，將貸款承銷和服務委託給 25 家核准之承貸機構 (lender) (表 1)，並與承貸機構簽訂損失共同承擔機制 (Loss Sharing Agreement)，DUS 貸款中最常見之損失共同承擔方式稱為 *pari-passu*，亦即當貸款發生信用損失時，承貸單位分擔 1/3 的損失，Fannie Mae 分擔其餘 2/3 的損失，此機制係為避免承貸機構浮濫貸放，藉以確保貸款信用品質。

上述 Fannie Mae DUS 貸款經由證券化以不動產抵押貸款證券 (MBS) 之形式賣給投資人，並可於次級市場交易，該證券稱為 Fannie Mae 機構擔保之及時支付本息商用房貸證券 (FNMA DUS)。由於 Fannie Mae 對 DUS 借款人之提前還款規定需另繳付費用，相當於 FNMA DUS 投資人便擁有提前還款風險之保護，當利率發生如去 (2019) 年大幅下跌時，FNMA DUS 的提前還款速度不會像 Agency MBS 般迅速上升，現金流量相對穩定。

以下將就 Fannie Mae DUS 承貸機構、抵押貸款內容 (mortgage loan) 加以解說：

表 1 25 家核准之 Fannie Mae DUS 承貸機構

Arbor Commercial Funding LLC
Barings Multifamily Capital LLC
Bellweather Enterprise Real Estate Capital LLC
Berkadia Commercial Mortgage
Berkeley Point Capital LLC
Capital One Multifamily Finance LLC
CBRE Multifamily Capital Inc
Citi Community Capital
Doughterty Mortgage LLC
Grandbridge Real Estate Capital LLC
Greystone Servicing Corporation Inc
HomeStreet Capital Corporation
Hunt Mortgage Group
Jones Lange LaSalle Multifamily LLC
JP Morgan Chase and Co.
KeyBank National Association
M&T Realty Capital Corporation
NorthMarq Capital
PGIM Real Estate Finance
Pillar Multifamily, a division of SunTrust Bank
PNC Real Estate
Red Capital Group LLC
Regions
Walker & Dunlop LLC
Wells Fargo Multifamily Capital

(一) Fannie Mae DUS 承貸機構 (lender)

Fannie Mae 要求所有 DUS 承貸機構須符合以下要求：

1. Fannie Mae 要求承貸機構遵守相關財務結構規定以確保其都能履行損失分擔的契約承諾，這些規定減輕了 Fannie Mae 暴露在承貸機構的財務風險。例如，每個承貸機構之財務報表均需符合淨資產和流動性的最低要求。
2. 除了維持足夠的流動性以滿足經營費用和預期的貸款損失，所有 DUS 承貸機構皆須提出抵押品，藉以支持他們的損失分擔義務。此外，為了使損失分擔實體免受額外風險的影響，DUS 承貸機構不得承作在 DUS 結構外之 GSE 和 FHA 貸款。
3. DUS 承貸機構每季或每年須接受稽核，以確保他們仍然符合 Fannie Mae 的 DUS 承貸機構資格要求。

(二) Fannie Mae DUS 抵押貸款內容 (mortgage loan)

1. 符合 Fannie Mae DUS 條件之抵押房地產必須是已有租金或其他收入、且至少有 5 個單位以上的多戶式住宅 (Multi-family) 或合作社住宅 (Cooperatives)，這些多戶式住宅必須是現存的、最近完工的、或需要適度整修者。

2. 符合條件的房地產類型包括出租公寓大樓、住宅合作社¹(俗稱 Co-Ops)、多戶式可負擔住宅²(Multi-family affordable housing, MAH)、預製移動式房屋社區³(Manufactured housing community)、老人住宅(Senior housing)、學生住宅(Student housing)、軍用住宅(Military housing)和農村租賃住宅(Rural rental housing)。
3. DUS 抵押貸款的規模通常在 100 萬美元至 5,000 萬美元之間，且通常對借款人無追索權。
4. 常見的固定利率 DUS 抵押貸款之期限為 5、7、10、12 或 15 年，而浮動利率 DUS 抵押貸款期限通常則為 5、7 或 10 年，其償還支付方式多半為氣球式還款 (balloon payment)，意即每月攤還金額均按照 30 年的本金攤還計算，因此每期僅攤還很少部分的本金和利息，而在貸款到期時，再一次性的償還一筆很大金額的本金。
5. 根據償債保障比率 (Debt Service Coverage Ratio, DSCR) 與貸款成數 (Loan to Value, LTV) 兩項指標，DUS 抵押貸款的信用分為下列 3 個等級 (表 2)，DSCR 越高與 LTV 越低代表貸款的信用品質越好，因此，Tier2 為信用品質最差之等級，而符合 Tier 4 等級之信用品質則較佳。

¹住宅合作社(Co-Ops)非屬不動產，當購買合作社時，即成為擁有該物業公司之股東，有權專有使用房地產中的住房單位。

²符合條件的房地產包括參與低收入住房稅收抵免計劃、受到住房援助付款契約約束等之房地產。

³在美國通常稱為移動房屋，是一種預先製作完成之房屋，主要在工廠組裝後再運輸至使用地點。

表 2 Fannie Mae DUS 貸款信用分級

Rating	Minimum DSCR	Maximum LTV Ratio
Tier 2	Generally no lower than 1.25	Generally no higher than 80%
Tier 3	Usually falling within a range of 1.35 - 1.55	Usually falling within a range of 65% - 55%
Teir 4	Usually in excess of 1.55	Usually below 55%

二、 FNMA DUS 與市場概況

(一) FNMA DUS 簡介

Fannie Mae 機構擔保之及時支付本息商用房貸證券 (FNMA DUS) 係由 DUS 多戶式住宅貸款資金池所組成，證券的本金和利息在每月 25 日支付給投資人，投資人享有 Fannie Mae 保證及時償還本金和利息，當房屋借款人發生無法還款而喪失抵押品贖回權 (foreclosure) 時，則 Fannie Mae 將按面額支付未償還的本金給債券投資人。

FNMA DUS 投資人類型包括保險公司、資產管理公司、商業銀行、信用合作社、以及州或地方政府在內的眾多投資者。

(二) FNMA DUS 的提前還款保護機制

由於 Fannie Mae 對 DUS 借款人之提前還款規定需另繳付費用，

因此，不同於其他一般 MBS 債券，FNMA DUS 投資人特別享有提前還款保護 (prepayment protection)，提前還款風險相對降低很多。

Fannie Mae 對 FNMA DUS 的提前還款保護，係透過下列機制達成：

1. 維持收益率 (Yield Maintenance)

維持收益率 (Yield Maintenance) 的機制目的係為當發生貸款提前還款下對債券投資人收益的保護，並藉以降低借款人提前還款的動機。若借款人選擇在收益率維持期間自願提前償還 DUS 貸款，則 Fannie Mae 將向借款人收取維持收益率費用 (Yield Maintenance Prepayment premium)，該費用旨在補償投資人於沒有被提前償還的情況下本應獲得的公債利差。較常見的貸款結構為 10/9.5，亦即為期 10 年的貸款在前 9.5 年若發生自願性提前還款，則需支付維持收益率費用，其他結構亦有 7 / 6.5、12/11.5、15/14.5 等。維持收益率費用金額計算方式為下列 (a) 或 (b) 中的較大者。

(a) 1% of the amount of principal being prepaid

(b) The product of the following:

(Amount of principal being prepaid) *

(Loan Interest Rate – CMT Yield Rate) *

(Present Value Factor)

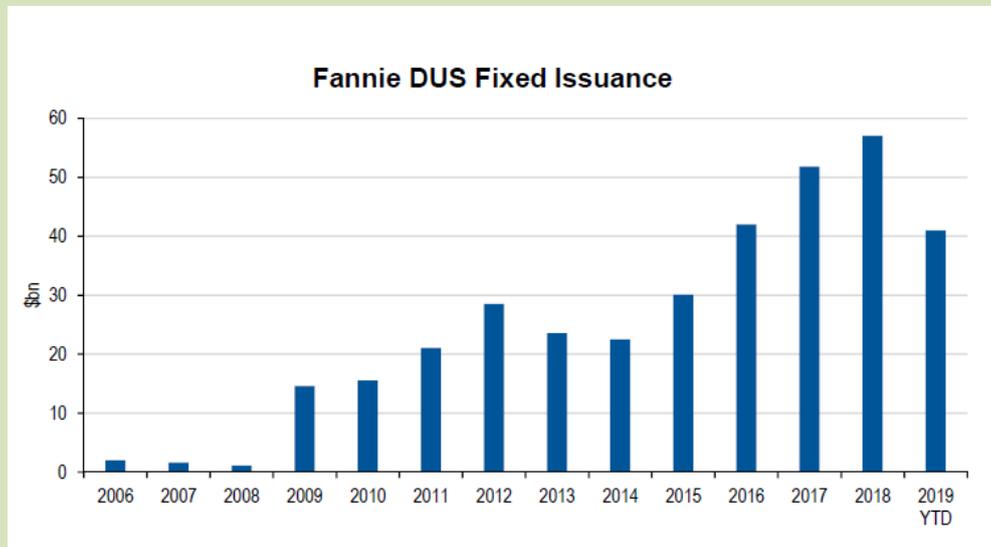
2. 遞減式提前還款費用 (Declining Prepayment Premium, DPP)

此機制較不常見，設計之目的係為防止貸款在最初的幾年就發生提前還款，因此在貸款初期所設的提前還款費用相對較高，之後隨時間遞減，以 10 年期貸款舉例來說，最初 2 年內具有 5% 提前還款費用的貸款，之後每兩年減少 1% 的費用，亦即在第 3-4 年需支付 4% 費用，若提前還款發生在第 9-10 年則支付 1% 費用。

(三) FNMA DUS 市場概況

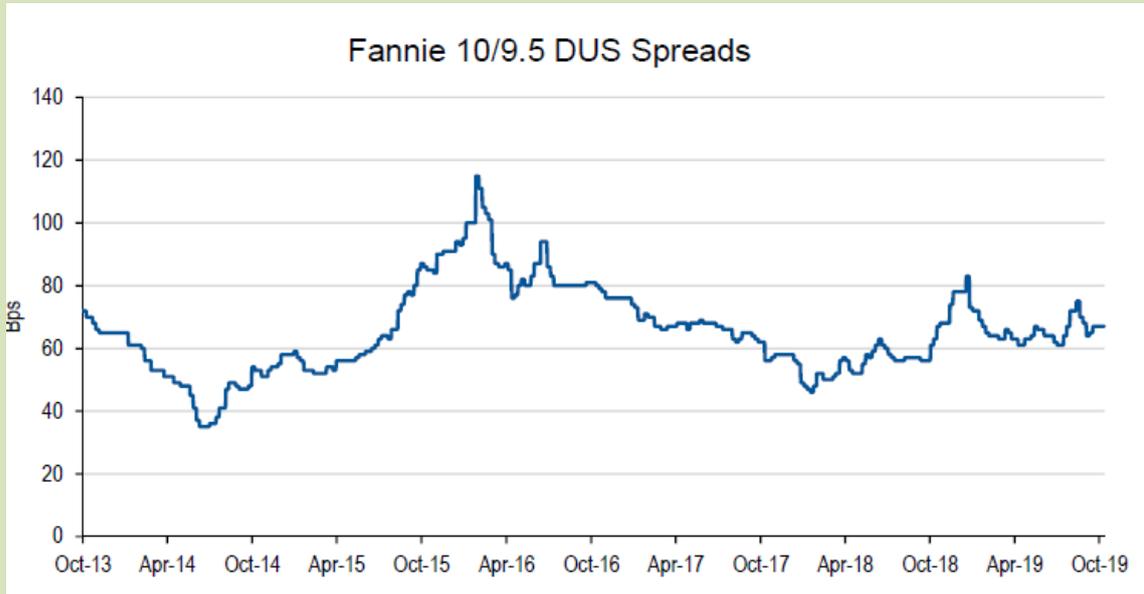
FNMA DUS 之發行量在金融危機以後呈現穩定成長，截至 2019 年 10 月底的 FNMA DUS 發行情形如圖 3。

圖 3 Fannie DUS 固定利率發行情形



FNMA DUS 的價格表現穩定，近幾年來與美國公債的利差平均約在 60-80 基點 (圖 4)。

圖 4 10 年期 FNMA DUS 利差



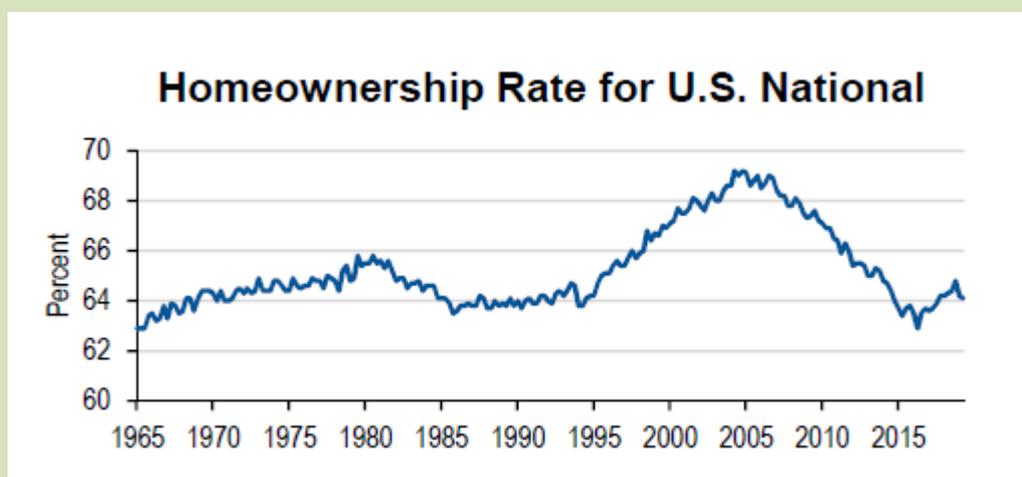
三、 多戶式住宅之市場前景

基於下列對多戶式住宅房屋貸款的基本面分析，持續看好 FNMA DUS

後市：

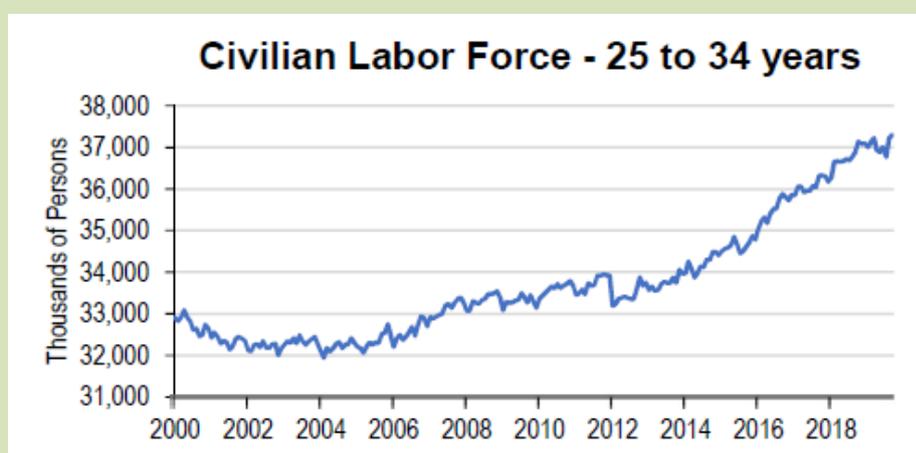
- (一) 美國住宅自有率 (homeownership rate) 仍維持在歷史低點，這對多戶式住宅的租屋市場是個利多 (圖 5)。

圖 5 美國住宅自有率



- (二) 千禧世代勞動力 (Millennial civilian labor force) 在過去幾年來人數增加，該世代仍缺乏買屋能力，僅能租屋 (圖 6)。

圖 6 美國 25-34 歲勞動力人數



(三) 家戶所得中位數在 2008 年以來雖成長 25% (圖 7), 但房價上漲幅度更大 (圖 8), 使得買屋負擔能力 (affordability) 更低 (圖 9), 有助多戶式住宅租屋市場。

圖 7 美國家戶所得中位數

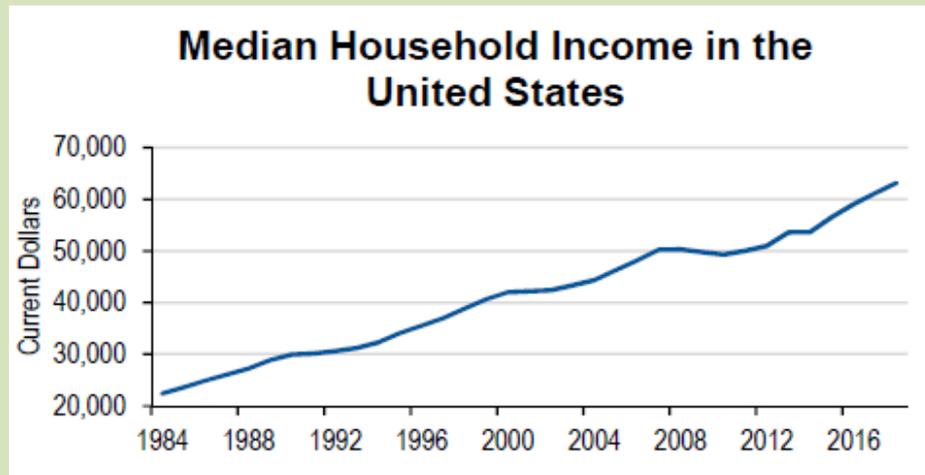


圖 8 S&P/Case-Shiller 美國房價指數

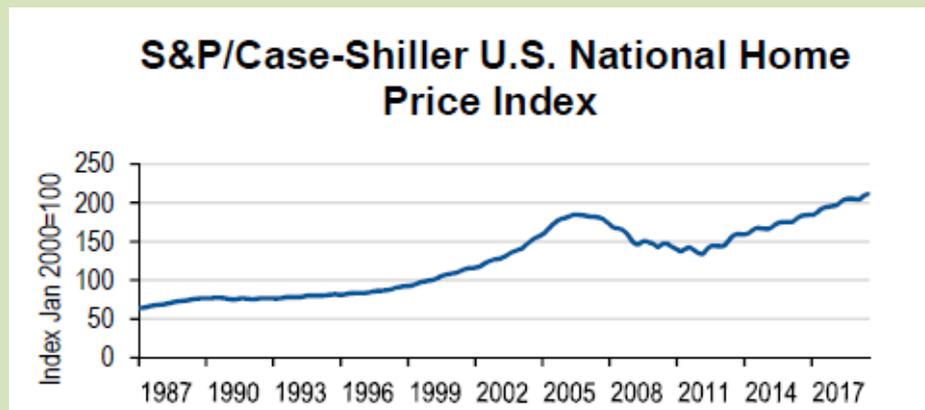
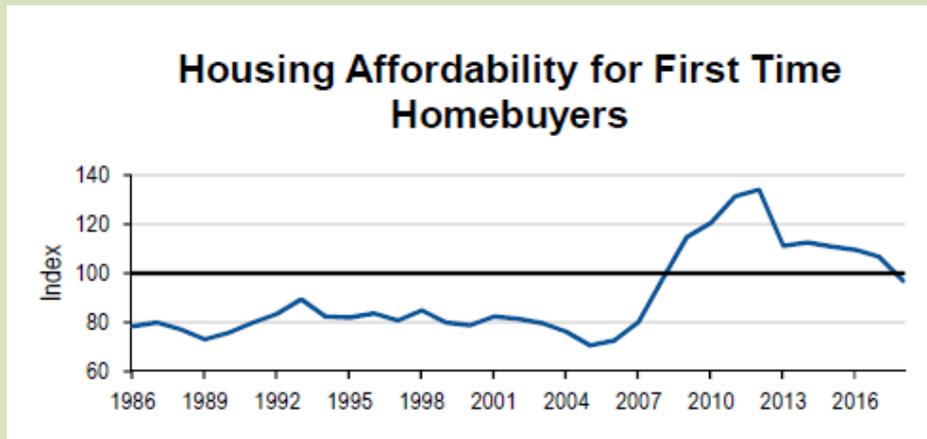


圖 9 房屋首購者之買屋負擔能力



(四) 房屋貸款的信用檢查仍然相當嚴格，且買屋自備款 (down payment) 要求仍高，增加買屋難度。

(五) 儘管多戶式住宅的供給面臨挑戰，但預計需求仍然強勁 (圖 10)，公寓出租市場表現自 2014 年以來持續擊敗總不動產指數 (All Property Index) (表 3)，預期未來 5 年房租每年仍將成長 2-3% (圖 11)。

表 3 公寓租金價格成長 V.S. 總不動產指數價格成長

	2019 YTD	YoY	2018	2017	2016	2015	2014
All Property	5.6%	6.7%	6.6%	8.4%	8.2%	9.1%	11.5%
Apartment	6.7%	7.7%	9.7%	11.4%	11.3%	11.2%	12.4%

圖 10 多戶式住宅供給需求情形

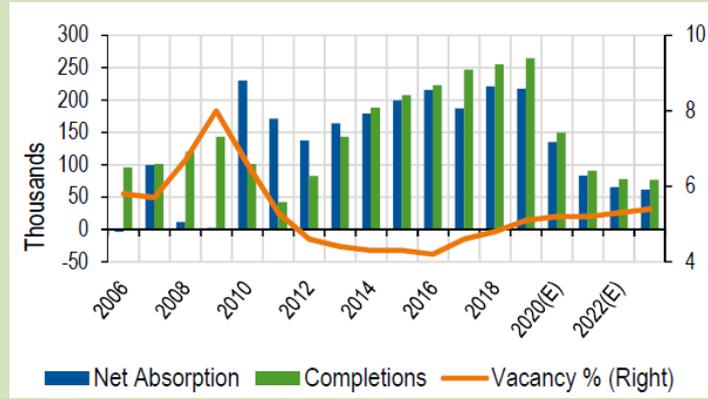


圖 11 房屋租金成長表現



肆、機器學習 (Machine Learning) 於 MBS 市場之運用

機器學習屬於人工智慧之一，係指以統計等相關技術，賦予電腦系統自巨量資料中學習歸納出有用的規則之能力。機器學習又可分為監督式學習、半監督式學習、非監督式學習、及增強學習等四種方式。

聯行使用的機器學習屬於監督式學習，亦即在訓練機器學習的過程中，提供其物件（向量）和預期輸出，例如輸入大量已標示清楚標籤的腳踏車和機車給機器後，讓機器分辨尚無標籤的照片是機車還是腳踏車，其方法類似於動物和人類的認知感知中的「概念學習」（concept learning）。由於監督式學習常見特性如下，故聯行於機器學習之應用係為預測而非解釋市場的變化。

- 繁重的計算
- 因果關係複雜且非線性
- 可以在大量數據及了解有限的情況下得出合理的估計

一、機器學習於提前還款模型的運用

對 MBS 市場而言，借款人提前還款為影響 Agency MBS 報酬率的主要因素之一，當借款人提前還款，將導致 Agency MBS 提前清償投資人，而使得現金流量難以掌握。過往業界主流的提前還款預測模型約為 The Yield Book model、The BAM model、The Locus model，惟這些模型均為線性模型，且僅為分析特定資產池層級的模型。

聯行在過去亦採用 The Yield Book model 做為提前還款之估算，惟近年來因機器學習領域發展迅速，且 MBS 具有下列特性，故聯行便以機器學習

研發非線性及分析貸款層級的提前還款預測模型。

- MBS 係由成千上百的個人貸款所組成，用機器學習可以減少雜訊（noise）影響，可用以預測整體消費者行為。
- 有大量的詳細數據：MBS 數據易於理解且保存良好，容易查詢。
- 業界對於提前還款驅動因素已有深入且透徹的研究，可互為對照。

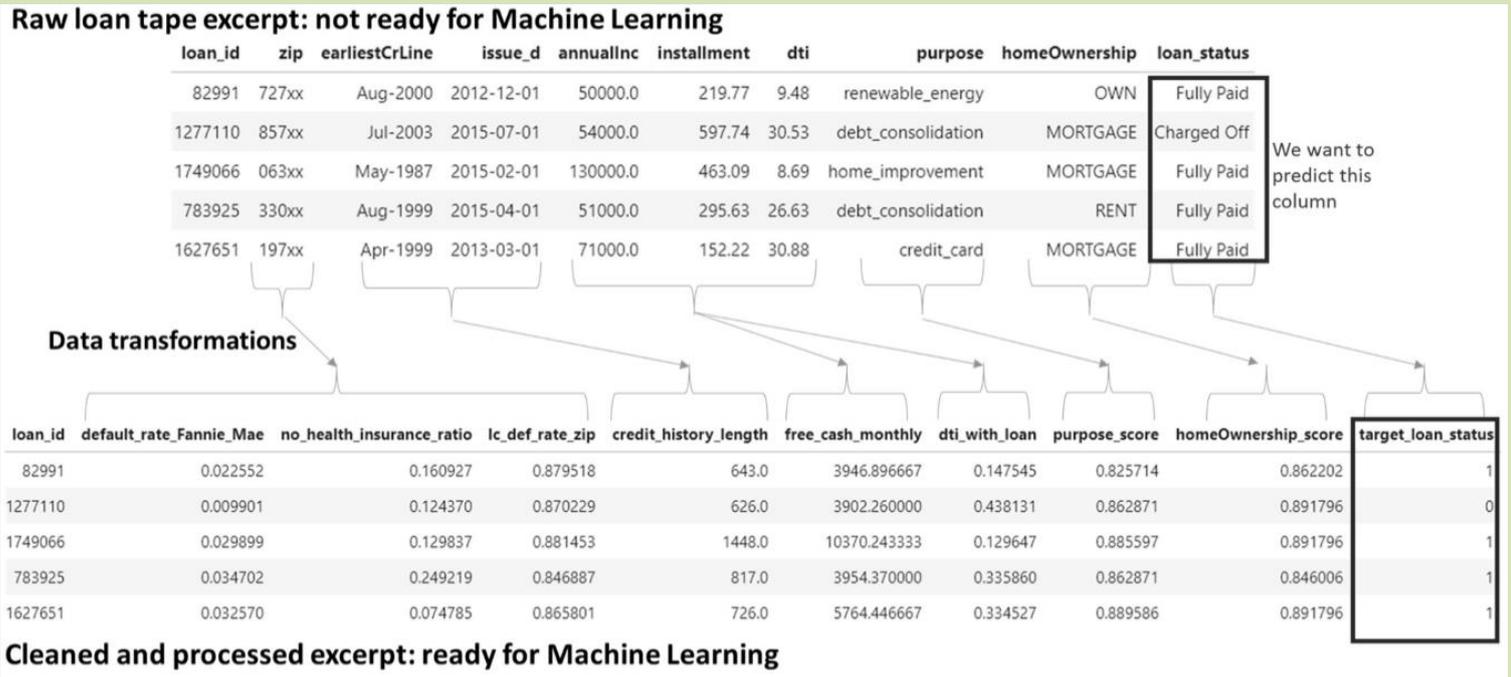
二、 資料整理

首先將 4 兆位元組 (Terabyte) 房屋貸款資料依下列原則整理：

- 加入房屋借款人信用風險信息
- 結合政府資料和總體經濟，及郵遞區號級別的住房數據
- 聯行過往 MBS 團隊投資經驗，將質化資料轉為量化資料

以圖 12 為例，透過郵遞區號等資訊取得其歷史違約率及健康保險比率，結合年收入，每月分期付款金額，計算每月可支配所得，並由過往經驗，將購屋目的等屬性資料，轉化為量化資料，以利進行機器學習。

圖 12 將數據轉化供機器學習使用



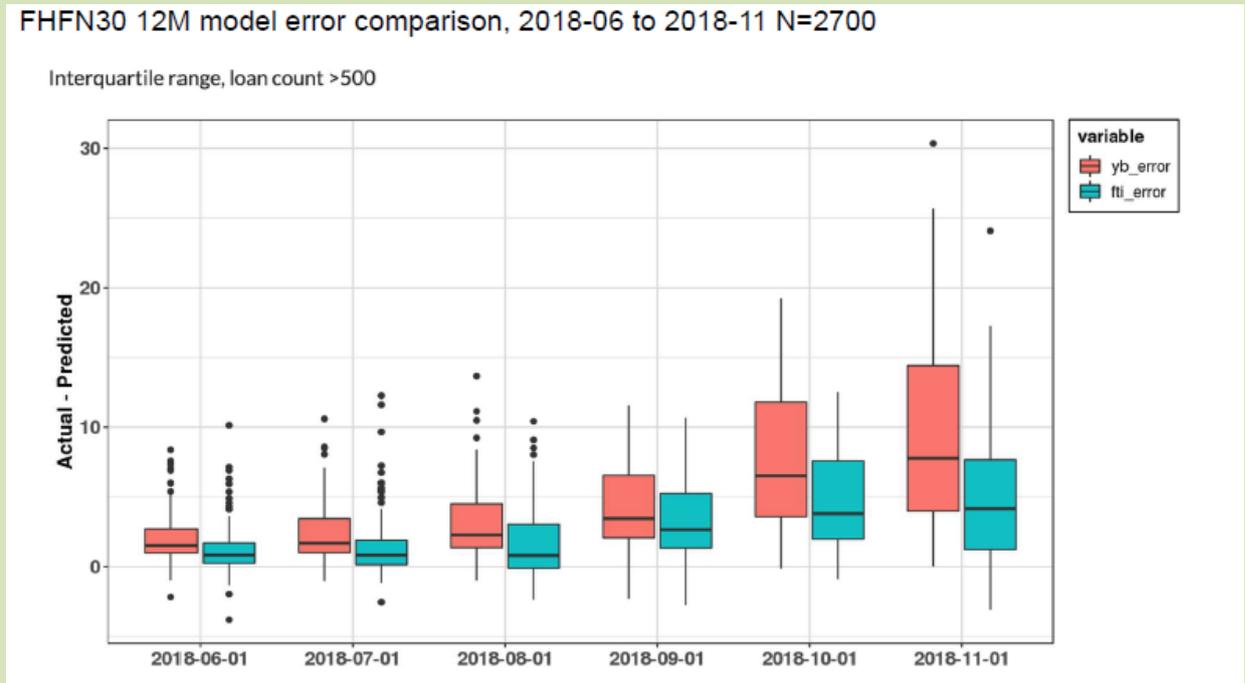
三、 模型建置之準確率比較與實際應用

聯行針對 FH30、FN30、FH15、FN15、GII30，各自建立 5 個時間範圍的提前還款模型，模型顯示結果之準確率較 Yield Book 為佳，長期而言準確性更為顯著。

如圖 13 所示。

聯行自 2019 年 9 月開始將機器學習提前還款預測模型應用於個別擇券程序 (Security Selection) 中，後續將持續開發整合至投資決策過程中之最適化模型 (Optimizer)。

圖 13 聯行機器學習預測準確率與 Yield Book 之比較



伍、心得與建議

一、 投資決策過程應由 top-down 與 bottom-up 兼具

借鏡聯行之 MBS 投資決策過程，除從上而下 (top-down) 的總體性資產配置外，亦需由每日貼近市場的交易員，當發現市場價格出現相對價值時，在擬定的資產配置比重限制之內，由下而上 (bottom-up) 提出個別擇券建議，發揮戰術性資產配置 (Tactical Asset Allocation, TAA) 的精神，以追求額外報酬。

二、 FNMA DUS 可適度增進投資收益，惟須注意投資時點及景氣循環

投資 carry 較高之 FNMA DUS 可適度增進投資收益，且 FNMA DUS 的提前還款保護改善其負凸性 (convexity)，在利率波動度較高，傳統 Agency MBS 表現相對較弱的時期，FNMA DUS 亦可提供較佳之風險調整後報酬，惟畢竟其標的資產係屬商業不動產之多戶式住宅，較易受到利率走勢及景氣循環影響，當預期利率走勢向上或 FNMA DUS 利差擴寬時，則應伺機降低部位暴險。

三、 密切觀察機器學習於 MBS 提前還款預測之後續發展

愈來愈多的同業紛紛投入以人工智慧開發 MBS 提前還款預測模型，包括債券龍頭 PIMCO 資產管理公司亦於去 (2019) 年 8 月聲稱已導入機器學習於 MBS 提前還款預測。金融創新技術可以捕獲我們在傳統模型中不曾考慮到的細微差別，聯行此次因尚於草創時期未能提供詳細資訊，惟仍應持續密切注意其後續發展。

參考資料

1. Nikhil Jagannathan (2019), “MBS Investment Process,” Nov.
2. Someshwar, Marepalli (2019), “FANNIE MAE DUS and Agency CMBS,” Nov.
3. Fannie Mae (2012), “Basics of Multi-family MBS,” July 31
4. Theodore Vadpey (2019), “Machine learning methods,” Nov.
5. Theodore Vadpey (2019), “Intro to Machine Learning &MBS Machine Learning,” Nov.
6. Pururav Thoutireddy (2019), “Active Quant IG Strategy with Machine Learning Factor Tilt and Credit Research,” Nov.