

出國報告(出國類別：開會)

參加「第七屆國際能源經濟學會亞太年會
(7th IAEE Asia-Oceania Conference)」

出國報告書

服務機關： 台灣中油股份有限公司

姓名職務： 企研處林淑娟

派赴國家： 紐西蘭

出國期間： 109 年 2 月 10-16 日

報告日期： 109 年 3 月 12 日

參加「第七屆國際能源經濟學會亞太年會 (7th IAEE Asia-Oceania Conference)」

出國報告書 摘要

第七屆國際能源經濟學會亞太年會(7th IAEE Asia-Oceania Conference)於 109 年 2 月 12 至 15 日在紐西蘭奧克蘭舉行，會議邀請各方政府、企業、能源組織與學者等共同討論能源問題與未來趨勢。本次會議以「能源轉型(Energy in Transition)」為主題，探討「能源轉型政策與法規(Policies and Regulations to Achieve Energy Transition)」、「2040 年亞洲能源轉型(Asian Energy in Transition by 2040)」、「有效率能源 (Efficient Energy)」、「化石燃料(Fossil Fuels)」、「電力市場(Electricity Markets)」、「低碳經濟(Low-Carbon Economy)」及「運輸能源轉型(Energy Transition in Transport)」等層面之最新進展與未來方向。

透過參與此次 IAEE 亞太年會機會，可瞭解國際間能源區域合作、當前氣候變遷與能源政策之未來挑戰、非傳統石油與天然氣之未來展望、能源轉型方向、電力市場改革等相關議題發展面向；經由會議的進行與參與，與國外研究機構及能源業界進行意見交流，除了可以與各國機構與專家互動，分享對當今能源經濟重要議題，交流彼此國家的能源經驗及看法，並建立本公司與國外研究機構溝通交流管道，充分掌握國際油氣資源最新動向及對能源經濟之衝擊等相關資訊。更可了解目前亞洲及全球所關心之議題為何，並在本公司未來組織運作及策略發展上提供參考。

因應大數據、5G 與人工智慧(Artificial Intelligence, AI)等新科技於各領域不斷創新突破，帶來新的視野與應用方式。本次會議也特別關注有關人工智慧等新科技之主題，了解新科技對能源領域之影響與應用。除了參加會議外，本公司亦以「Ranking the Impact Factors on Crude Oil Prices」為題，以機器學習(Machine Learning, ML)方式將影響油價之重要因素進行排名，並於會議中進行論文發表，於國際會議展現本公司研究成果並增加本公司國際能見度。

關鍵詞：IAEE、能源轉型、大數據、5G、AI、ML、WTI

參加「第七屆國際能源經濟學會亞太年會
(7th IAEE Asia-Oceania Conference)」

出國報告書

目 錄

壹、出國目的	4
貳、出國行程	4
參、會議內容重點	5
一、參加IAEE第七屆亞太年會-會議重點	5
二、論文發表	9
(一)摘要	9
(二)研究方法	9
(三)結論	13
肆、心得及建議	15
附錄 年會相關照片	16

參加「第七屆國際能源經濟學會亞太年會 (7th IAEE Asia-Oceania Conference)」

出國報告書

壹、出國目的

「第七屆國際能源經濟學會亞太年會」(7th IAEE Asia-Oceania Conference)由國際能源經濟學會(International Association of Energy Economic, IAEE)主辦，為亞太地區最重要的能源經濟會議之一，會議邀請各方政府、企業、能源組織與學者等共同討論能源問題與未來趨勢。除參加會議外，本公司以「Ranking the Impact Factors on Crude Oil Prices」為題，嘗試以機器學習方法將影響 WTI 油價之重要因素進行排名，並於會議中進行論文發表。能源轉型不僅在國際間受到重視，在國內，隨著政府節能減碳政策之推動，本公司身為能源產業龍頭，引領國內產業朝向智慧、綠能及節能之方向發展為一大重任。

參加本次會議之目的係為了解國際能源轉型現況、發展與未來趨勢，藉由與其他國家產、官、學界人士針對能源議題進行交流，和學者專家分享對當今能源經濟重要議題的看法，並建立本公司與國外研究機構溝通交流之管道，充分掌握國際油氣資源最新動向及對能源經濟之衝擊等相關資訊。此外，進行論文發表可於國際會議上展現本公司研究成果，增加本公司國際能見度。

貳、出國行程

起訖日期	詳細工作內容
2月10日-2月11日	出發：桃園→紐西蘭奧克蘭
2月12日	1. 9:00 IAEE 報到 2. 9:00-20:00 參加「Pre-Conference Workshop: Ten Big Ideas in Energy - What Everyone Needs To Know」等活動
2月13日	1. 9:00 IAEE 報到 2. 9:00-17:40 參加能源轉型(Energy Transition)與低碳經濟(Low Carbon Economy)等議題

2月14日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 9:00 IAEE 報到 2. 9:00-17:40 參加電力市場(Electricity Markets)、運輸能源轉型(Energy Transition in Transport)等議題
2月15日-2月16日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2月15日 9:00 IAEE 報到 2. 2月15日 9:00-13:00 參加化石燃料(Fossil Fuels)、能源轉型政策與法規(Policy and Regulations)等議題。 3. 賦歸：紐西蘭奧克蘭→桃園

參、會議內容重點

一、參加IAEE第7屆亞太年會-會議重點

本次參加在紐西蘭奧克蘭舉辦之第七屆國際能源經濟學會亞太年會(7th IAEE Asia-Oceania Conference)，係國際間有關能源經濟的代表性年會，屬於國際能源經濟學會例行四大會議－國際、美國、歐洲及亞太年會之一，在國際能源經濟領域具有極大的聲望與影響力。其中亞太年會係由我國主動發起促成，於 2007 年 11 月初於中油公司舉辦第一屆亞太年會，會議參與及討論情形熱絡，各國與會代表亦極為推崇我國對於 IAEE 亞太年會成形之熱心支持。

本次會議中邀請全球具影響力的政府代表、企業及學術機構參與，希望能解決政府與產業界極為關注的能源、經濟及環境等議題。年會大會主題為「能源轉型(Energy in Transition)」，研討議題內容涵蓋：「能源轉型政策與法規(Policies and Regulations to Achieve Energy Transition)」、「2040 年亞洲能源轉型(Asian Energy in Transition by 2040)」、「有效率能源 (Efficient Energy)」、「化石燃料(Fossil Fuels)」、「電力市場(Electricity Markets)」、「低碳經濟(Low-Carbon Economy)」及「運輸能源轉型(Energy Transitions in Transport)」等層面之最新進展與未來方向。

本次會議除了安排多場重要演講外，投稿論文超過 160 篇，被獲准在年會上發表者約 80 篇左右。但與會者因武漢肺炎疫情影響，少了以往為參與主力的中國大陸與會者，論文發表人也減少約三分之一以上，尤其少了許多來自日本、韓國與新加坡的與會者。其中台灣工業技術研究院綠能與環境研究所原計畫要參加的與會者也

因至香港轉機，因班機被取消而無法成行，導致台灣僅有 2 人參加。

本次年會議題廣泛，且同時分多場研討，在無法全部參與的情形下，茲就與本公司較相關之議題進行簡述：

■ 低碳經濟(氣候變遷)

隨著氣候變遷，以及因應氣候變遷帶來的影響，各國在巴黎協定訂下了 2 度 C 目標，在 2019 年更有多國家許下 2050 年碳中和的承諾，國際的能源態勢將會有戲劇性的變化。為達成這些目標，在 2050 年必須達成 1.發電零排碳 2.全面電動化 3.降低工業與農業等產業之碳排放 4.使用碳捕捉技術。在澳洲，雖煤炭仍占三分之二的能源占比，但再生能源取代化石燃料只是早晚的問題，這將會是非常大的挑戰，包括再生能源的儲存、運送及調度等，不過隨之而來的則是再生能源產業相當大的商機，例如澳洲利用其地理優勢，正逐漸加大太陽能占比，並研究如何有效率地將再生能源賣給人口密度較高的國家例如南韓、新加坡等，除幫助其他國家達成碳中和外，也從中獲利。

百分之百的再生能源發電是有可能的，以紐西蘭為例，該國已有 80%的發電使用再生能源，且紐西蘭輸電公司(Transpower New Zealand Limited)預估未來提高的發電效率將為每戶家庭節省 25%的電費，然而該公司預測車輛電動化將對紐西蘭增加 70%的電力需求，以及 40%的尖峰用電需求，如何迎接車輛電動化將是一大挑戰。

綜合各專家學者觀點，電動化與再生能源需要大量的投資，就現階段而言投資者對於油氣產業仍保有很大的興趣，但在未來氣候風險將顯著提高，不只是水災、旱災與海平面上升等極端氣候帶來的風險；能源政策改變、新能源技術提升與使用者對低碳能源偏好等風險；甚至能源公司遭到環保團體、市民及土地擁有者等控告要求停止使用高碳排放能源的法律風險，都將增強投資者在電動化與再生能源的投資。例如國際能源總署(International Energy Agency, IEA)對 2030 年的電動車數量進行預測，在 2016 年預測約 2,300 萬輛，而在 2018 年的預測則修改為 1.27 億輛，顯示電動車之成長已超乎預期。在未來，再生能源增長將超過政府所能掌控，且投資

者將取代政府成為再生能源資金的主導者。

地主國紐西蘭以「淨零排放」轉型模型為題進行專題演講。模型分為 3 種情境：
1. Policy Driven：假設科技進展緩慢，政府透過政策提高碳排放成本。
2. Disruptive Decarboniation：假設科技進展迅速，減碳來自於經濟結構改變。
3. Stabilising Decarbonisation：假設科技進展迅速，減碳來自於工業與農業的排放減少。模型顯示 3 種情境皆可能在 2050 年前達成碳中和，觀察如下：

1. 碳排放成本皆會提高。
2. 最好的方式為植樹。
3. 必須增加電動車數量。
4. 土地利用會進一步改變，牧場的土地將會減少，轉變為樹林。
5. 電力供應將是關鍵，需要大幅提高負載能力。

■ 電動車發展

在電動車發展方面，隨著各國政府大力補貼與電池價格不斷降低，電動車數量不斷成長，在 2019 年，挪威甚至出現了電動車銷量超過燃油車銷量的情形。圖 1 為雪梨大學 David Levinson 教授對電動車銷量之預測，位於歐洲的挪威、瑞典與荷蘭之電動車銷量都將在 2025 年之前超過燃油車，而美國、日本將在 2028 年之前超過燃油車，澳洲則是 2031 年。上述國家皆將於 2050 年達到百分之百的電動車銷售占比。雖然現今電池成本已占電動車之大部分，預期未來電池價格下降幅度將趨緩，且各國補助電動車之政策是否能延續也是電動車銷量的關鍵因素，但電動車成為未來主流已是早晚的問題，能源公司對轉型做出措施已迫在眉睫。

未來電動車的使用者將不再自己擁有一部電動車，而擁有大量儲能設備的公司(如 Gogoro)將形成新一代的能源型態。然而雖然能源轉型在已開發國家正如火如荼的發展，但在開發中國家，能源轉型的推動時程卻難以預估，如何兼顧永續性(sustainable)、可靠性(reliable)與可負擔性(affordable)將是未來能源科技的發展方向。

紐西蘭輸電公司(Transpower New Zealand Limited)以「創造紐西蘭未來能源」為

題進行專題演講。提出百分之百的再生能源發電是有可能的。以紐西蘭為例，該國已有 80%發電使用再生能源，且紐西蘭輸電公司(Transpower New Zealand Limited)預估未來提高的發電效率將為每戶家庭節省 25%的電費；紐西蘭輸電公司預測車輛電動化將對紐西蘭增加 70%的電力需求，以及 40%的尖峰用電需求。如何迎接車輛電動化將是一大挑戰，預估 2035 年達到 97%再生能源，另紐西蘭大量依靠水力發電，在乾季來臨時將使電力負載能力降低，現階段若強行達到 100%再生能源發電，將使成本過高。

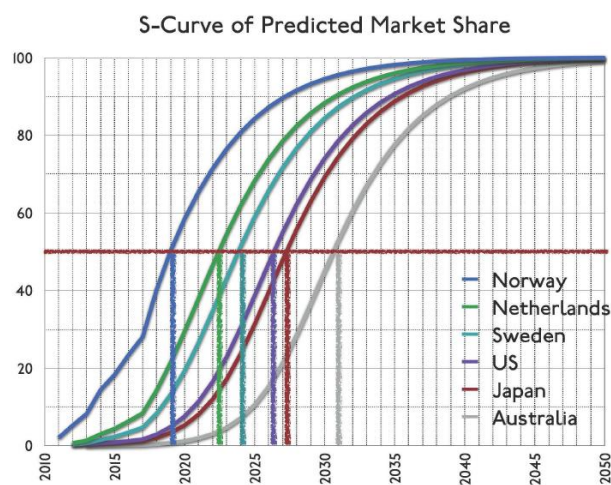


圖 1. 電動車銷量比例預測

■ 5G、IoT 與 AI

本次會議也提到 5G、物聯網(Internet of Thing, IoT)與 AI 等新科技在能源界的影響，影響可大致分為供給面與需求面。在供給面的影響包括降低生產成本、提高能源效率，並提供了能源網路管理的可行性，其中減少成本與提高效率等應用已逐漸落地，且隨著 5G 發展與各種 AIoT 感測器增加形成的網路，為能源管理增加了更大的彈性與應用，進而提高更多效益。在各種能源產業中，油氣產業因其高度的複雜性，是能藉由新技術得到最多效益的領域；在需求面，各種物聯網與 AI 技術使得智慧家電、智慧電網、智慧城市等概念逐漸可行，不只提高了使用體驗，也提高能源效率。各種智慧應用使得使用者能方便取得各種資源，整體發展逐漸將分散各處的應用連結起來，使用者逐漸從自有資源轉移到共享資源。

二、論文發表

為增加國際能見度，本公司以「Ranking the Impact Factors on Crude Oil Prices」為題，將影響油價之重要因素進行排名，並於會議中發表，以下就該文之摘要、方法與結論進行概述。

(一)摘要

過去幾年來原油價格呈現劇烈變動，為了瞭解影響油價的重要因素，本文研究資料相對容易收集的西德州原油(WTI)，蒐集 1994 年 1 月至 2019 年 11 月之資料如下：1.美國期末原油存量(U.S. Ending Stock)、2.美國煉油廠原油進料料(U.S. Refiner Net Input of Crude Oil)、3.美國煉油廠可利用率 (U.S. Refinery Operable Capacity)、4.美國原油進口量(U.S. Imports of Crude Oil)、5.美國出口原油量(U.S. Exports of Crude Oil)、6.美國油田產量(U.S. Field Production)、7.美元指數(U.S. Dollar Index)與 8.黃金價格(Gold Prices)，並嘗試以數種機器學習演算法，搭配遞迴特徵消除(Recursive Feature Elimination, RFE)，將影響 WTI 油價之因素進行排名，得到美國期末原油存量、美元指數與黃金價格為前三名，美國原油進口量、美國油田產量與美國原油出口量則為倒數三名的結果，意外地發現所有演算法皆將美國原油進口量視為最不重要之特徵(feature)。

(二)研究方法

1.演算法概述

(1)隨機森林(Random Forest)

隨機森林是一種受歡迎也非常有效的機器學習演算法，也是一種集成學習(Ensemble Learning)。之所以稱為森林是因為其使用許多決策樹，之所以被稱為「隨機」是因為其使用隨機取樣的樣本與 feature 的隨機子集來製造這些樹，這個方法也稱為 Bootstrap 方法。每一棵決策樹透過使用 Bootstrap 樣本與隨機選擇的 feature 來製造出每棵樹的差異性。隨機森林的結果透過每棵樹的投票或平均來給出，展現了民主的精神。隨機森林是一種最早、最簡單但也非常有效的集成學習。

Algorithm 1 Random Forest

Inputs: Training data set $S = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$, M =The number of trees=features, Base learning algorithm T

Outputs: The ensemble—a composite model

Method:

for $m=1$ to M

 Create bootstrap sample S_m , by sampling S in replacement

 Let F_m be the subset of F , where features in F_m are randomly chosen

 Train a tree T_m with S_m and F_m

end for

Ensemble all T_M (Vote the majority class for classification task, Average all trees for regression task)

圖 2. 隨機森林虛擬碼

(2)梯度上升(Gradient Boosting)

隨機森林讓許多「強」模型投票或平均來決定最終結果，而梯度上升則讓一個「弱」模型不斷增強。在每次迭代中皆擬合上一個模型的損失函數之負梯度，負梯度又稱為虛擬的殘差(pseudo residual)，將擬合負梯度的模型與原來的模型相加便得到更為精準的模型，這也是為什麼此方法被稱為梯度上升。如圖所示： $F_0(x)$ 為最初的弱模型(只有一個節點的決策樹，可想而知此模型幾乎沒有任何預測的效果)，接著不斷訓練下一顆樹來加強這個模型。

(3)支持向量機(Support Vector Machine, SVM)

SVM透過不同的kernel，將資料投射到高維度，如圖5所示：本來在2維的資料無法使用一條直線將其分開，然而投射到3維後可以用一個平面將其分開。遇到迴歸問題的時候，將資料投射到高維度可以擬合任何不同形狀的資料。

Algorithm 2 Gradient Boosting Decision Tree

Inputs: Training data set $S = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$, $M = \text{number of iterations}$, differentiable loss function $L(y, F(x))$

Outputs: The ensemble—a composite model

Method:

Initialize model $F_0(x) = \arg \min_{\gamma} \sum_{i=1}^n L(y_i, \gamma)$ (The first “weak model”)
for $m=1$ to M

 Compute $r_{im} = - \left[\frac{\partial L(y_i, F_{m-1}(x_i))}{\partial F_{m-1}(x_i)} \right]$ (negative gradient)

 Train a Decision tree to fit r_{im}

 Giving terminal regions $R_{jm, j=1,2,3,\dots,J_m}$ where $J_m = \text{number of leaf}$

$\gamma_{jm} = \arg \min_{\gamma} \sum_{x_i \in R_{jm}} L(y_i, F_{m-1}(x_i) + \gamma)$

 Update $F_m(x) = F_{m-1}(x) + \alpha \sum_{j=1}^{J_m} \gamma_{jm} I(x \in R_{jm})$, $\alpha = \text{learning rate}$

end for

Output $F_M(x)$

圖3. 梯度上升虛擬碼

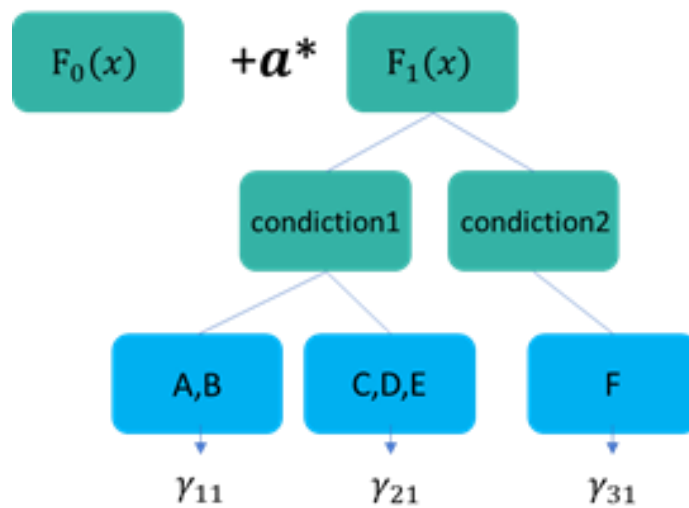


圖4. 梯度上升示意圖

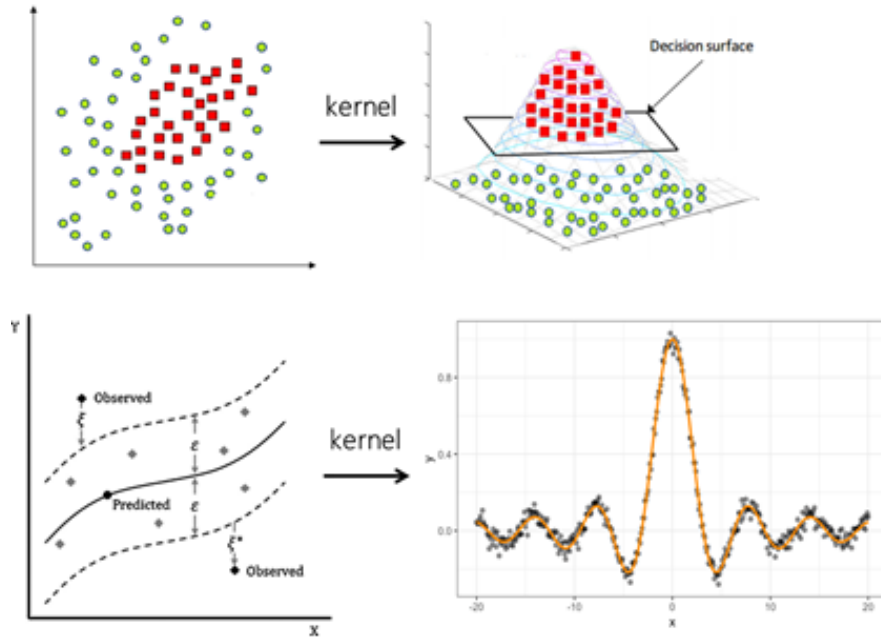


圖5. 支持向量機示意圖

(4) 脊迴歸(Ridge Regression)

Ridge Regression與線性迴歸非常相似，不同的地方在於Ridge Regression在 Loss function中加入了 L^2 懲罰項(penalty)，加入懲罰項後使Ridge Regression更加強大(Robust)，避免機器學習中的overfitting問題，甚至在出現多元共線性的情況下也能使用。

$$\min \left(SSE + \lambda \sum_j \beta_j^2 \right), \beta_j^2 \text{ referred to as } L^2 \text{ penalty}$$

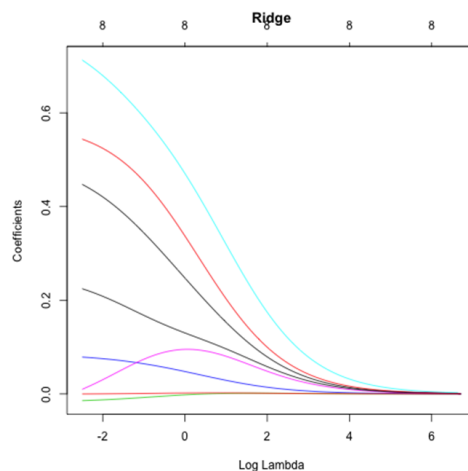


圖6. 脊迴歸示意圖

(5)遞迴特徵消除(Recursive Feature Elimination)

本報告使用RFE來為特徵的重要度排序，在每次迭代中，RFE演算法刪除最不重要的特徵。遞迴的步驟是必須的，因為特徵的重要度排序可能因為消除某個特徵後發生改變，尤其可能發生在某些高度相關的特徵。

Algorithm 3 Recursive Feature Elimination

Inputs: Training data set $S = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$, Set of P features $F = \{f_1, \dots, f_p\}$

Importance measurement $M(T, F)$

Outputs: Ranking of Features

Method:

while F is not empty **do:**

Train the learning algorithm with F

Measure the importance of ranking for all f_p in F

Eliminate the least important feature f^* from F

end

Output Ranking of Features

圖7. 遞迴特徵消除虛擬碼

2.流程

本文的流程如圖8，先蒐集資料，接著進行資料清理與探索(在機器學習的任務中，資料清理與探索約占80%的時間，是一項繁瑣的作業)，接著使用RFE演算法搭配4種機器學習演算法為因素進行排名，除進行解釋外，也作出結論。

(三)結論

在進行完上述步驟後，可以看出U.S. Ending Stock、U.S. Dollar Index與Gold為影響WTI油價重要性的前三名，而U.S. Imports, Field Production與U.S. Exports則為最後三名，推測原因如下：

1. 美國開採頁岩油，由原油進口國變為出口國的關係，使得美國進出口原油的數量與開採的數量對於WTI油價失去參考性。
2. 原油採購通常簽長期合約，因此對進口數量對WTI油價影響並不明顯。
3. 煉油廠設備更換不易，煉製原油之種類較難變動。

表1. 執行結果

	Random Forest	Gradient Boosting	Ridge Regression	Support Vector Regression	sum
U.S. Ending Stocks	1	1	4	2	8
USIndex	2	2	1	5	10
Gold	3	3	5	1	12
Refinery Operable Capacity(percent)	6	5	3	3	17
Refiner Net Input of Crude Oil	7	7	2	4	20
U.S. Exports	4	4	7	7	22
Field Production	5	6	6	6	23
U.S. Imports	8	8	8	8	32

目前，機器學習已經是非常實用的工具，有別於傳統的方法，本文嘗試以機器學習方式將影響原油價格之因素進行排序，最後得到美國期末原油存量、美元指數與黃金價格為前三名，美國原油進口量、美國油田產量與美國原油出口量則為倒數三名的結果，並意外地發現所有演算法皆將美國原油進口量視為最不重要之特徵(feature)。與一般的看法相符且合理，顯示以機器學習來了解影響油價之因素為一個可行的方法。

未來可以納入其他原油價格之相關資料，加入更多特徵(feature)或引入落後項(lag term)，或是以日資料、小時資料甚至是非結構化資料例如新聞、twitter、Facebook等進行訓練，也可以嘗試使用深度學習來預測未來的油價。

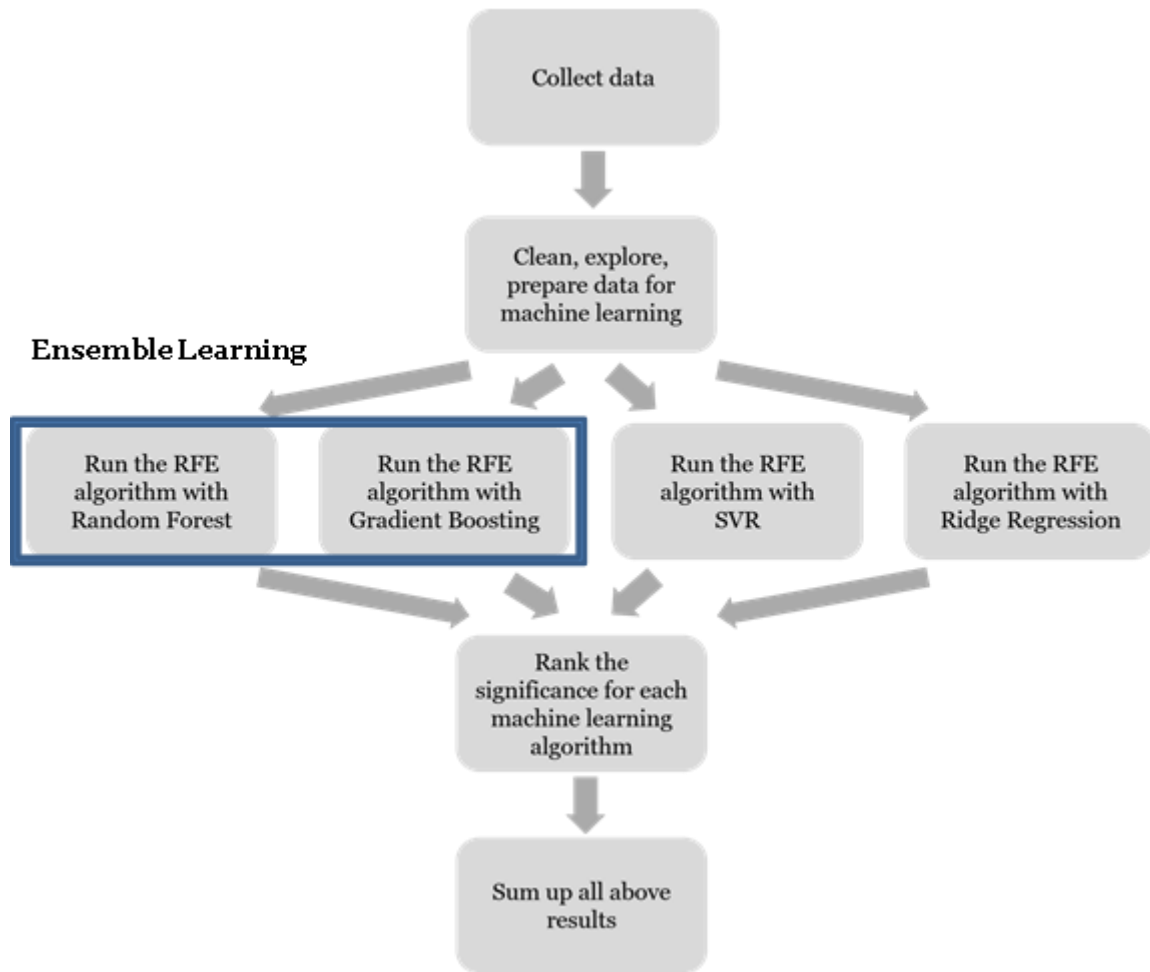


圖 7. 執行流程

肆、心得及建議

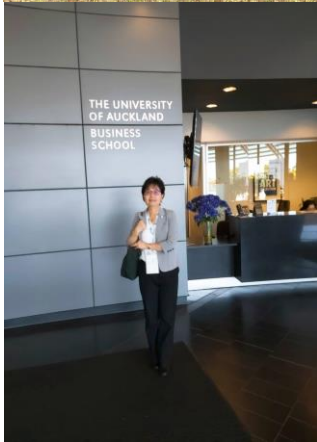
本公司為永續發展，並實現成為「綜合性國際能源集團」的願景，必須與時俱進，跟上全球能源發展趨勢，不斷強化核心能力及競爭優勢，因此必須積極參與國際相關能源經濟組織所舉辦之相關會議，以掌握全球能源經濟之最新發展趨勢。透過本次參與 IAEE 亞太年會之機會，除對於瞭解能源經濟議題之最新發展趨勢甚有助益外，亦透過論文發表增加本公司國際能見度，並建立與國外研究機構溝通交流之管道，有利於掌握國際油氣資源最新動向及對能源經濟之衝擊等相關資訊，可作為未來公司業務規劃及發展之參考。

國際能源市場瞬息萬變，能源、經濟、環境與氣候等議題直接影響人類的生活方式，各種新科技推陳出新，各國政府正加速車輛電動化進程，並積極減少使用化石燃

料，為未來的碳中和進行準備。台灣若不能跟上腳步，可能導致我國製造業在未來國際碳稅、碳交易市場與綠色驗證等相關減碳措施成熟後失去競爭力。本公司為國內最大能源企業，更應關注此議題之發展，因此相關資訊的掌握與經驗的學習非常重要。為因應未來能源市場之發展，本公司有必要積極加強與國外研究機構合作。

隨著全球暖化的議題不斷發酵，電動車成長速度不斷超過預期，未來能源供應結構將產生極大變化，本公司迫切需要與國際各方攜手合作解決現今面臨氣候變遷與經營環境變化所帶來之衝擊，以因應環境與經濟永續發展之問題，如何借鏡國外成功的經驗，推動相關之研究及政策，並與國際接軌，實為未來努力之方向。身為台灣能源供應業之龍頭，中油公司應該要走出去，建立國際商情管道，從觀摩國際領先國家的經驗，引進促進競爭力的作法，及從國際交流的過程中，提升中油公司的國際聲譽。

附錄:年會相關照片



會場：紐西蘭奧克蘭大學商學院