

# 分析再生能源、碳排放及石油消耗對經濟發展影響之 研究-以東南亞國協為例

陳宥杉  
國立臺北大學企業管理系 教授  
yushan@mail.ntpu.edu.tw

翁嘉穗  
國立臺北大學企業管理系 碩士  
J90718@yahoo.com.tw

## 摘要

本研究以 1996-2010 年間的縱衡資料，研究東南亞國協及中國在再生能源發電量、碳排放及石油消耗對經濟發展之影響。研究結果發現，再生能源發電量與 GDP 呈正向遞增；二氧化碳排放量與 GDP 並非呈現環境 Kuznets 曲線結果，而是呈現正向關係，另外，石油消耗量對於經濟發展也有正向影響。顯示了東南亞國協為高度依賴工業國家，碳排放及石油消耗無節制的上升，對環境有相當程度的破壞，可轉而以再生能源發電量取代，維持經濟與自然環境間的平衡。

**關鍵字：**碳排放量、經濟發展、再生能源發電、石油消耗

## Abstract

This study examines the effect of renewable energy, carbon dioxide emission and petroleum consumption on economic growth by using the panel data of 10 countries in ASEAN from 1996 to 2010. The study's results show renewable energy and economic growth have a positive relationship. However, the carbon dioxide emission does not show an inverse U-shaped influence upon economic growth, it has positive effects. Besides, the petroleum consumption and economic growth also have positive effects. All of results indicate that the countries of ASEAN are high dependency on industrial development, but environment will be employed with uncontrolled carbon emission and petroleum consumption. Therefore, the country can turn to replace with renewable energy to maintain the balance between the economy and the natural environment.

**Keyword:** carbon dioxide emission, economic growth, renewable energy, petroleum consumption

## 1. 緒論

### 1.1 研究背景

美國能源總署於 2005 年時預期，東協國家至 2030 年能源需求量將會超越全球平均 1.8%，達到 4% 的能源需求。事實上，傳統的化石燃料已被證實是影響氣候變遷的重要因素，隨著能源的消耗，碳排放量以 5.1% 成長，對於管理者而言能源消耗政策將會是環境管理一項挑戰 (EIA, 2009)<sup>7</sup>。

東南亞國家協會 (The Association of Southeast Asian Nations, ASEAN) 簡稱「東協」，宗旨與目標在於加速該地區的經濟成長、社會進步與文化發展，並在持續尊重該地區各國家的法律，藉區域內豐富的天然資源、地理位置與人口數量，逐步為實現彼此的共同價值與理想而努力 (吳中書, 2011)<sup>2</sup>。由於意識到了污染排放來源及碳排放所造成之因果關係，東協組織開始肩負起減低碳足跡(emissions footprint) 的領導角色，例如：東協憲章(ASEAN Charter) 及 2009-2015 年東協共同體路徑圖(roadmap of ASEAN Community 2009-2015)清楚建立未達永續經營所訂立的目標 (Chandran, V. G. R., and Tang, C. F., 2013)<sup>23</sup>。

### 1.2 研究目的

本研究希望以實證結果找出東南亞國協組織中 9 國以及中國共 10 個國家中再生能源、碳排放及石油消耗對經濟發展之關係，以美國能源署(EIA)公告變數資料作為來源，使用 1996-2010 年共 15 年的縱橫資料，分析較出較可靠的數據。

東亞區域經濟整合以及中國的經濟崛起，台灣未來的政策走向勢必要有所因應，而東南亞國協地處重要位置、挾帶重要資源，近年來與中國逐漸成為亞洲重要經濟區域。在全球以永續發展為目標的環境下，本文分析這些開發中國家在經濟成長以及資源使用、環境污染之

間的關係，並試圖提出管理意涵，希望對於碳排放及能源開發的議題，能有所貢獻。

本研究目的有以下幾點：

- 1 了解再生能源發電量與 GDP 是否有影響。
- 2 分析碳排放量與 GDP 間是否呈現環境願志耐曲線。
- 3 石油消耗量對於 GDP 是否具備正向關係
- 4 政府應制定何種能源相關政策以期達成經濟與環境間的平衡。

## 2. 文獻探討

### 2.1 再生能源

#### 2.1.1 再生能源與經濟發展

再生能源最重要的特點是可以減少二氧化碳的排放量，並協助保護環境 (Ocal, O., & Aslan, A., 2013)<sup>16</sup>。根據國際能源總署(IEA)預測，在 2005 年至 2030 間，再生能源的使用(風、太陽能、地熱能及潮汐等)年平均成長率為 6.7%，為能源產業中成長最快速者；同時，中國及印度對於可更新能源的需求量，預期需求成長率也將由 9.9% 提升至 11.7%。

對於新興國家而言，由於經濟成長的需求即將面臨諾大的能源需求量，可更新能源的使用，成為減少二氧化碳排放量的一種替代方案，根據對於 18 個新興國家縱橫資料的分析研究，長遠來看，實際平均收入增加 1%，再生能源消耗會大約提升 3.5%，表示人均收入的上升對於平均再生能源的消耗有著正向影響 (Sadorsky, 2009)<sup>17</sup>。

在許多的開發中國家及已開發國家中，再生能源消耗和經濟增長甚至是雙向因果關係，追蹤誤差修正模型中顯示了(panel error correction model) 短期再生能源消耗和經濟增長是單向因果關係(unidirectional causality)，長期為雙向因果關係(bidirectional causality) (Apergis, N., & Payne, J. E., 2011)<sup>14</sup>。

在中國方面的研究指出，再生能源消費量每增加 1%，實質 GDP 總額將提升 0.12%、人均 GDP 提升 0.162%、農村家庭年收入提升 0.444%，表示再生能源電力消費量的增加將可以使中國經濟增長、提升收入水平 (Fang, 2011)<sup>24</sup>。

東南亞國家協會最早由南部國家組成，南部的部分包括泰國、馬來西亞、菲律賓、印尼、新加坡和汶萊，能源缺乏的問題隨著這些國家

的經濟成長擴大，但再生能源對其經濟成長卻無幫助，在過去十年內並沒有證據顯示再生能源的使用對於國家人民儲蓄有所影響，甚至認為在這些國家中，人均 GDP 與可更新能源的使用呈現反向關係 (Bakhtyar, B., Sopian, K., Sulaiman, M. Y., & Ahmad, S. A., 2013)<sup>5</sup>。

與非再生能源相比，再生能源發電量比非再生能源顯著的影響經濟成長，若新興國家中再生能源發電使用量超過該國用電量 50%，其影響力又更加的顯著 (Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., & Lee, J. Y., 2014)<sup>22</sup>。

#### 2.1.2 再生能源推動

全球的溫室效應及環境暖化使的石油燃料的消耗開始受到關注，因此可再生能源成為世界能源消耗重要的組成部分，在有限的經濟資源下，再生能源具備二氧化碳排放減緩的潛在能力。聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)提供「減量額度認證」(Certified Emission Reduction, CER)作為額外的排放減緩機制 (Mahesh. A., ShobaJasmin .K.S., 2013)<sup>4</sup>，指工業化國向開發中國家提供技術或資金、協助開發中國家進行溫室氣體排放減量，以達成 (Clean Development Mechanism, CDM) 的行為，圖 2-1 表示至 2020 年「減量額度認證」預測圖，UNFCCC 認為此交易機制可以同時達到減量排放及永續發展，對各國的目標有更靈活性的運用。

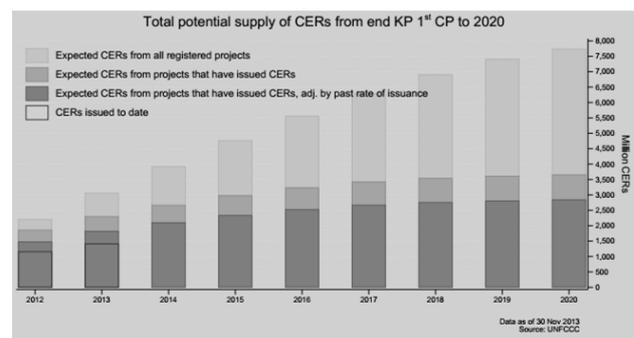


圖 2-1 第一次京都議定書承諾其至 2020 年「減量額度認證」預測圖

資料來源: UNFCCC(2013)

為了致力於永續發展的遠景，早在 90 年代即開始採用再生能源的實務作法，例如:1992 年時，加拿大安大略省電力公司主席 Maurice Strong 在上任後立即設立了推動、制定永續經

營策略的專案小組，並立下願景：「讓安大略省成為世界上最節能和競爭力的經濟體，並成為永續發展策略的典範 (Henriques, L. & Roome, 1994)<sup>14</sup>。學者認為要達成這樣的構想需有兩項實務做法，一、需要尋求更低的能源消耗，二、尋找將化石燃料及核能轉變成再生能源的能源生產方法 (Hart, 1995)<sup>18</sup>。

目前，許多國家已紛紛進行再生能源政策推動，對於如何推動再生能源技術並達成政策效率性，過去有文獻提出了目標(goals)、方案(programs)及技術(technologies)的理論框架，希望藉此幫助決策者展現具體再生能源政策與目標達到具體程序和再生能源技術 (Komor, 2005)。三個變數的定義如下

### 1. 目標(goals):

表示明確的意圖或目的，例如：電力的價格穩定性，也可用「政策目標」(policy goal, policy aim, and policy objective)作為代表。

### 2. 方案(programs):

政府的處理方式、機制，或者是努力。例如：替代能源需求(AER)政策，也可以用「政策工具」替代。

### 3. 技術(technologies):

指的是將再生能源轉換成電力的技術，例如：風力發電、水力發電還有生物質能。

以上三個變數，可以看成簡單的線性方程式，如圖 2-2，目標為方案及技術、甚至是任何政策的基礎，之後才會尋求更多的策略進行再生能源的市場滲透，因此目標對於方案和技術的影響是簡單且明確的。此模型可使用在「如果...然後」(‘if ... then’)的情形下，決策者選擇了一個特定的目標，而後有特定的方案及技術以協助達成。

## 2.2 碳排放

### 2.2.1 碳排放與經濟發展

在所有溫室效應氣體排放量中，二氧化碳的排放就佔了 58%；二氧化碳的排放量隨著能源使用量提高，2005 年統計，世界前五大排放國的累計總排放量已佔全球 55%，預計至 2030 年甚至會提高到 59% (International Energy Agency, 2007)<sup>10</sup>，政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 研究指出二氧化碳在大氣中的濃度應控制在 450ppm 以避免環境及社會遭受破壞 (Sadorsky, 2009)。面對潛在的地球氣候變遷，過去出現了許多國際談判及政策制定，商討要如何採取何種措施以實現二氧化碳排放量減少，並且達成永續經營目的，

對開發中國家而言，由於二氧化碳的排放對於經濟發展有所貢獻，實現降低排放量政策可能須以經濟發展為代價，未必有理想結果；除此之外，二氧化碳排放量與生產和消費所需的能源消耗量相關，表示二氧化碳和經濟成長之間有著重要的意義，需要經濟及環保政策共同策略。因此，開發中國家為了避免影響經濟發展，政府可以以替代性能源取代傳統化石燃料，同時兼顧經濟發展與降低碳排放之目標 (Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., & Ashena, M., 2009)<sup>13</sup>。

在亞太國家中的研究，已經發現了能源消耗能源、GDP 與二氧化碳排放之間呈長期的正向關係，基於固定二氧化碳排放，開發中國家平均能源消費以及能源使用效率較已開發國家低，但總能源消耗隨經濟發展而上升，使平均二氧化碳排放卻比開發中國家高，因此開發中國家需要開發創新技術、調整能源結構，達成經濟成長的同時也減低二氧化碳排放量 (Niu, S., Ding, Y., Niu, Y., Li, Y., and Luo, G., 2011)<sup>19</sup>。

探討經濟發展與二氧化碳排放量之間的關係為何，早期的研究認為兩者之間呈現「倒 U 關係」，表示在經濟發展初期，環境汙染程度惡化較輕微，但隨著經濟發展倒轉擇點 (Turning point) 時，汙染會逐漸好轉，這也就是有名的環境願志耐曲線 (Environmental

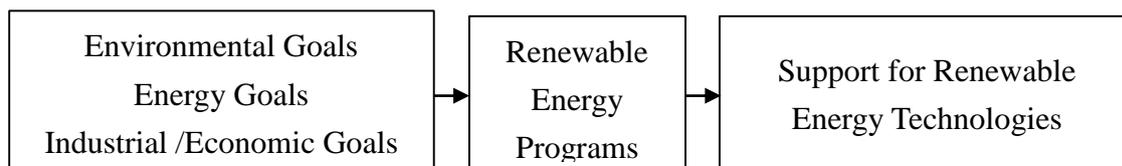


圖 2-2 再生能源目標(RE goals)、方案(programs)及技術(technologies)之關聯。

資料來源: Paul Komor, Morgan Bazilian (2005)<sup>12</sup>

Kuznets Curve, EKC)。在東協五國(印尼、馬來西亞、菲律賓、新加坡及泰國)分析的研究中指出，此種能源依賴型經濟體來自於顯著的經濟成長，工業成長的刺激帶動電力大幅的需求，在 2007 年，在馬來西亞工業增加值佔 GDP 的比重為 48%、印尼為 47%，泰國也有 44% (Hooi Hooi Lean, Russell Smyth, 2010)<sup>8</sup>；儘管在組織中二氧化碳排放會隨著經濟成長穩定增加，但就個別國家來看，除了菲律賓以外，泰國、新加坡及馬來西亞均不支持環境願志耐曲線，而在印尼二氧化碳與收入呈現單調遞增，兩變數間無因果關係 (Chandran, V. G. R., & Tang, C. F., 2013)<sup>23</sup>。

二氧化碳與經濟發展的研究結果是複雜的，根據過去 40 年的歷史資料，也有學者發現在收入水平較低的國家，人均 GDP 與二氧化碳排放量呈現單調遞增，當平均收入達到約 22000 美元，曲線會漸趨水平、經濟發展達到飽和趨勢 (Liao, H., & Cao, H. S., 2013)<sup>9</sup>。

## 2.3 石油消耗與經濟發展

在過往十年，石油的通用彈性使石油在能源使用中一直具有主導優勢，此能源的廣泛運用促進了工業的成長、提升了國家生活品質發展，1970 年代的石油危機反映了對於石油能源的依賴，而石油的供需情形也反映現今的經濟狀況。石油除了被廣泛運用於生活中外、在工業發展也是重要的投入，對於經濟成長更是主要的驅動力 (Reynolds, 2000)<sup>6</sup>。根據美國能源署的資料，預計至 2035 年，石油和其他液體燃料的消費量將會由 2008 年的每天八千五百七十萬桶 (MB/D)，提升至一億一千兩百萬桶 (Park, S. Y., & Yoo, S. H., 2013)<sup>20</sup>。

過去研究表示，能源的消費以及經濟成長之間呈現非線性 Granger 因果關係，例如：中國、馬來西亞 (Ang, 2008)<sup>11</sup>；長期來看，能源的消耗以及汙染對於經濟成長為正向影響，若以中東及北非國家來看，石油消耗、二氧化碳排放以及 GDP 成長使用誤差修正模型檢定 (VECM Granger causality test)，長期和短期都存在非線性 Granger 因果關係，因此可知不論是開發中/已開發國家，或者石油進/出口國，能量消耗對於經濟成長扮演重要角色 (Al-Mulali,

2011)<sup>21</sup>。

## 3. 研究方法

### 3.1 資料來源

本研究主要探討分析再生能源、碳排放及石油消耗對經濟發展之影響，研究標的國家為東南亞國協 9 名會員國(印尼、馬來西亞、菲律賓、新加坡、泰國、汶萊、越南、寮國、柬埔寨)，其中緬甸因國民生產毛額數據於世界銀行資料闕漏，因而刪去)，並加上中國，共計 10 國。研究期間為 1996 至 2010 年，共 15 年，資料以年為單位。

而變數來源，再生能源 (Total Renewable Electricity Net Generation) 及碳排放 (Total Carbon Dioxide Emissions from the Consumption of Energy) 取自美國能源署 (EIA)，以年為單位；石油消耗量 (Total Petroleum Consumption) 資料來源也為美國能源署，以每季為單位。經濟成長則以 GDP 資料衡量，資料則取自世界銀行 (World Bank)。

### 3.2 衡量變數

#### 3.2.1 應變數

##### 1. 國內生產總值 (Gross Domestic Product)

國家經濟研究局 (National Bureau of Economic Research, NBER) 和經濟合作發展組織 (OECD) 皆認為，GDP 是足以代表景氣循環的重要指標，代表一國國內人民在某一單位時間中，生產的所有最終商品和勞務的市場價值。

#### 3.2.2 自變數

##### 1. 再生電力 (Total Renewable Electricity Net Generation):

再生能源與傳統化石燃料不同，能源會再生並永續發展而非耗盡枯竭，舉凡本研究以生物質、水力、地熱、風力及太陽能均屬於再生能源。本研究以所產生之再生電力作為再生能源的衡量指數。

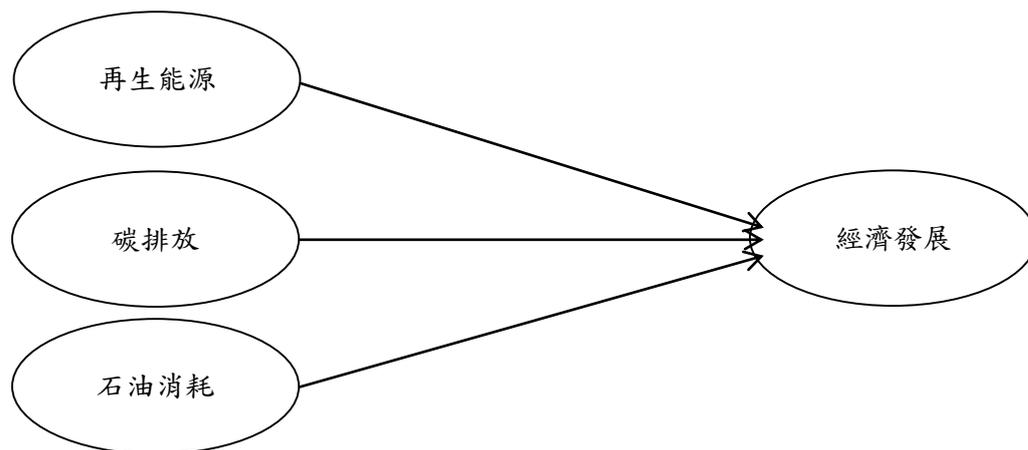


圖 3- 1 本研究之架構

2. 碳排放(Total Carbon Dioxide Emissions from the Consumption of Energy):

生產、運輸、使用及回收該產品時所產生的溫室氣體排放量，目前主要排放為化石燃料，包括煤的燃燒、汽油的使用。

3. 石油消耗(Total Petroleum Consumption):

本研究以消耗石油燃料作為衡量標準之一，舉凡大眾交通運輸、工廠生產用途、民生消費等等用途都包括在內。

### 3.3 研究架構

圖 3-1 為本研究之架構，主要以可再生能源、二氧化碳排放量與石油消耗量對經濟的影響，並使用類神經網路探討經濟情形與三變數之間的個別關係。

### 3.4 統計方法

本研究是使用類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)作為主要的研究工具，為一種藉由仿照生物神經網路方式，進行資料處理的啟發式演算方法，不斷修正預設的假設，找出符合樣本的最佳模式參數系統。修正模型的過程中計算修正次數需要至少十萬次以上，以下就類神經網路的基本架構背景做說明。

#### 3.4.1 類神經網路緣起

1. 孕育期(1956 年之前)

類神經網路的歷史最早追溯至 1943 年，由心理學家華倫·麥克庫羅(Warren McCulloch)

與邏輯數學家華特·匹茲(Walter Pitts)提出的神經數學模型(MP 模型)。假設神經元狀態為二元性、為”all-or-all”過程。1949 年，Hebb 提出著名的 Hebb 學習定律，認為如果兩個神經元同時被激發時，則他們之間的連結就會獲得加強。Hebb 的學習規則與 MP 模型成為神經科學電腦模型之間溝通的橋樑，成為未來類神經網路的基礎。

2. 誕生期(1957-1968 年)

1957 年，Rosenblatt 提出的感知器(Perceptron)模型，由二元值神經元組成，是第一個將類神經網路付諸實踐的成果，1960 年 Windrow 提出自適應線性元件(Adaline)為連續值的線性網路，激起了類神經網路研究第一次高峰。

3. 挫折期(1969-1981 年)

但 1969 年的西摩·派波(Seymour Papert)與馬文·明斯基(Marvin Minsky)則對這個做法提出質疑，以數學證明當時的類神經網路模式的學行能力極為有限，連最簡單的「互斥」問題都無法解決，此段時間仍有幾個重要的研究被提出，但類神經網路成為冷門主題、這方面的研究就此陷入黑暗期。

4. 重生期(1982-1986 年)

直到 1982 年，約翰·霍普菲爾(John Hopfield)發明了霍普菲爾網路(HNN)，以及 1986 年 David E. Rumelhart 等人發明倒傳導網路(Back-propagation)，解決先前 Papert 對類神經網路的質疑後，類神經網路研究再度熱絡起來。

5. 成熟期(1987 年-迄今)

類神經網路進入了新的時代，許多國際研

討會與大型研究因而展開、商業化套裝軟體出現，同時也有大量的類神經網路模式被提出(葉怡成, 1995)<sup>3</sup>。

### 3.4.2 基本概念

類神經網路神經元的組成是仿效人類神經元的結構，其結構如圖 3-1，其中 X1、X2、X3...就是輸入變數值，而 W1、W2、W3 則是輸入變數的權重。X1 乘以 W1 就等於外部輸入的神經脈衝，但是，神經脈衝必須大於門檻值，才能夠傳遞至神經元。所以，上述的輸入過程可用下式表示：

$$I_j = \sum_i (W_{ij}O_i + \theta_j)$$

I 表示輸入值，O 表示前端神經元的輸出值，W 表示權重，而  $\theta$  表示該神經元本身的常數項。

當脈衝通過門檻進入神經元後，神經元會透過加總函數把所有的神經脈衝累加，再透過轉換函數(Activation Function)的方式，產生新的神經脈衝(Y1)，向外傳遞。

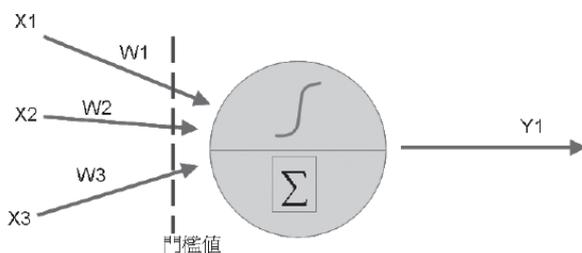


圖 3-1 神經元的轉換過程

轉換函數就是負責將神經元接收的輸入脈衝總合，轉換成輸出脈衝，但是，人類神經在處理外部刺激時，輸出訊號是有極限的，否則可能會因為輸出訊號過強而造成對神經元的傷害。因此，類神經網路在選取轉換函數時，不能夠使用傳統的線性函數，通常會選取間距正向收斂與負向收斂的 S 型函數，當輸入變數趨近於無限大時，則輸出值會趨近於 1，當輸入變數趨近於負無限大時，輸出變數會趨近於 0，因此總輸入訊號強度會依照下式轉換為新的輸出訊號。

$$O_j = \frac{1}{1+e^{-I_j}}$$

### 3.4.3 倒傳導網路

#### (Back-propagation Network)

目前使用最普遍的是倒傳導網路(Back-propagation Network)，是由多層的神經元結構所構成，其中最外層接收輸入變數的稱為輸入層(Input Layer)，而最後產生預測結果的神經元則稱為輸出層(Output Layer)，而介於中間的神經元稱之為隱藏層(Hidden Layer)，隱藏層的功能主要是增加類神經網路的複雜性，以能夠模擬複雜的非線性關係。倒傳導網路的學習過程可分為正向傳導和反向傳導，輸入訊號從輸入層神經元進入到隱藏層，然後傳遞至輸出層，每個神經元只負責將訊號傳遞至下游的神經元，以產生最終訊號(預測結果)，並使用先前提過的轉換函數，以及神經元彼此連結的權重。倒傳導網路的權重一開始是透過隨機方式給予，因此一開始的輸出結果會與實際結果產生極大的落差；而反向傳導則是當輸出值與實際結果有落差時，計算出誤差訊號，如下式：

$$\text{Error}_j = O_j(1 - O_j) + (T_j - O_j)$$

其中 O 表示輸出訊號，T 表示實際的值。

倒傳導要將此誤差項從輸出層反饋至隱藏層，此時，輸出層誤差項會跟據神經連結，將誤差依照權重分配至隱藏層神經元，因此把類神經網路的學習過程當作是透過修正權重的方式，使輸出值能夠接近實際值。當一組訓練資料輸入類神經網路時，就為一個學習循環，類神經網路會計算整批樣本的輸出值與實際值的差異，通常使用均方和誤差(Mean Squared Error, MSE)來表示學習循環的誤差程度，再根據誤差訊號的大小，同步修正各神經連結的權重，誤差為正向時(輸出值大於實際值)，就降低神經權重，反之則增加神經權重，如此反覆演算讓誤差降低，就是所謂的「學習」(尹相志, 2009)<sup>1</sup>。

本研究使用之追蹤資料，以 Qnet 類神經網路訓練集合。過程中將每次訓練資料輸出與預期結果做比較，根據實際與期望間誤差修正其權重值，再將修正後的權重搭配變數重新反覆訓練。此過程會經過十萬次資料疊代，直到模型達到收斂不再需要修正為止。

## 4. 研究結果

#### 4.1 敘述統計量

表 4-1 敘述統計量

	最小值	最大值	平均數	標準差
Renewable Electricity	0	770.919	44.1075	122.8724
Carbon Dioxide Emissions	0.51984	8320.96269	560.5398561	1490.4470
Petroleum Consumption	0.00486	19.09464	49.1291	3.7097
GDP (current US\$10000)	128017.7847	593052947.0799	410.4362	85070477.6923

#### 4.2 訓練與測試樣本

本研究中，訓練集部分包括 150 筆之訓練資料，過程經由十萬次的資料疊代直到模型達到收斂為止。偏誤值藉由 30 筆測試資料計算而成。用於訓練集合之收斂標準，通常 RMSE 必須小於或等於 0.001 或者是疊代次數要超過十萬次。圖 4-1 為訓練範本與測試範本的 RMSE 收斂圖，其中 X 軸為時間，Y 軸為 RMSE，上方曲線為訓練範本(Training Set)的收斂誤差。收斂在 0.01098，下方曲線為測試範本(Testing Set)的收斂誤差，收斂在 0.006007。

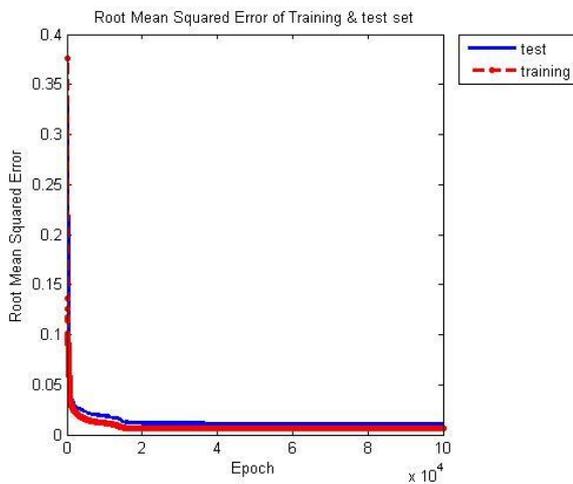


圖 4-1 訓練範本與測試範本的 RMSE 收斂圖

#### 4.3 個別變數對於 GDP 的影響

圖 4-2 顯示，再生能源與 GDP 呈現正向遞增關係。再生能源不使用化石燃料，以及循環再利用等優良特性、碳排放量較低，對於環境的衝擊可說是所有能源中最低的，由此可知

ASEAN 可藉由「再生能源發電」同時達成減低環境汙染、提升經濟發展目的。

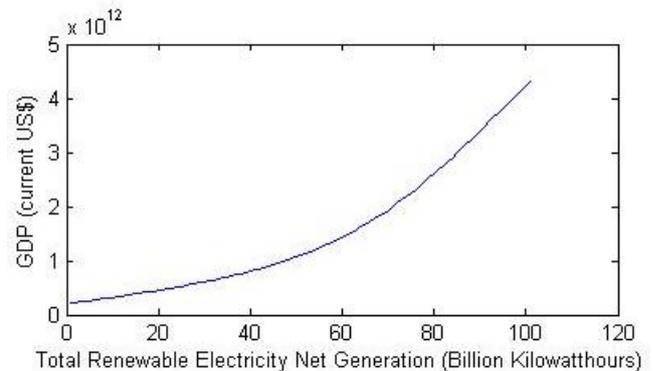


圖 4-2 再生能源發電量與 GDP 之關係

圖 4-3 顯示，二氧化碳排放量與 GDP 呈現正向，與環境願志耐曲線 (EKC) 不符合，東南亞國協組織中的國家，大多為能源依賴型經濟體，需要大型的工業成長以刺激經濟發展，因而碳排放量與所得尚無法達成環境願志耐曲線之關係。需待其他國家經濟水準穩定，如同新加坡，兩者間有可能呈現倒 U 關係。

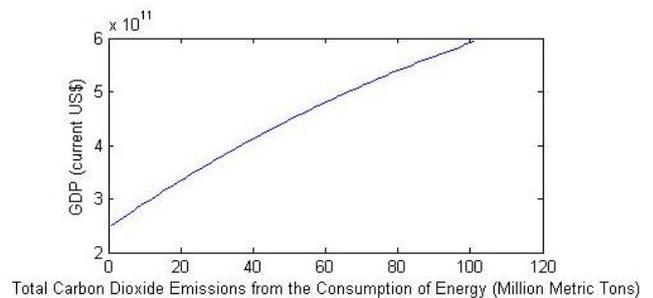


圖 4-3 二氧化碳排放量與 GDP 之關係

圖 4-4 顯示，隨著石油消費上升 GDP 也快速成長。目前，石油依然是重要的能源投入來源，廣泛運用於生活中、在工業發展極為重要。如同過去研究表示，能源的消費以及經濟成長之間呈現非線性，根據此圖可看出 ASEAN 等國家，石油消耗與 GDP 間呈現曲線關係、但依然呈現正向關係，可看出時宜消耗對於該組織國家發展的重要。

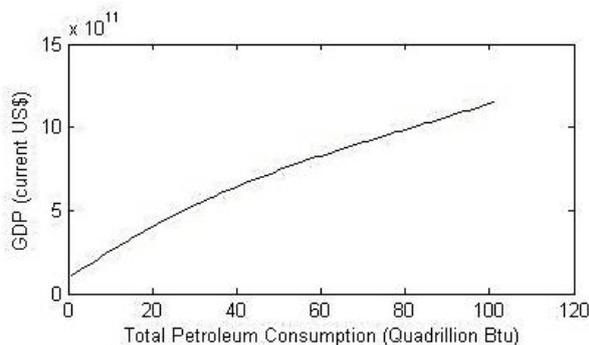


圖 4-4 石油消費量與 GDP 之關係

## 5. 結論與建議

### 5.1 結論

研究以人工類神經網路的方式進行分析，探討再生能源、碳排放及石油消耗對於經濟發展之影響，變數資料收集自美國能源情報署 (Energy Information Administration, EIA)，和世界銀行 (World Bank)。本研究樣本共有 150 筆縱衡資料，其中 120 筆為訓練資料，30 筆為測試資料。研究結果顯示：再生能源與 GDP 呈現正向遞增關係；經濟發展與二氧化碳排放量並非倒 U 型的關係，而是正向關係，且石油消費與經濟成長則呈現正向關係。

本研究顯示，再生能源、二氧化碳排放及石油消費與經濟成長都呈現正向關係顯示對於新興國家而言，由於經濟成長的需求需要面臨大量的能源需求量，因此石油的消耗及二氧化碳排放具備重要性意義。

### 5.2 管理意涵

根據分析結果顯示，二氧化碳排放量與經濟成長呈現正向關係，可推論目前的東南亞國協經濟發展尚未足夠，儘管已意識到環境破壞對地球帶來的影響，但由於經濟發展仍無法提

供國人寬裕的生活，因此人們將持續地破壞環境。

根據國際環境組織在 2011 年表示，再生能源在電力生產中，為成長最快速的能源，；而在日本 2011 年 3 月 11 日的大地震所引發的核能災害，也讓各國對於核能的發展喊了暫停，開始省思核能發電的必要性，對於以核能的毀滅性風險，來做為降低碳排放量，這樣的交換條件是否合理，並將焦點開始著重於再生能源的發展。

在面臨全球的溫室效應及環境暖化的狀況下，國家應考量環保、制定經濟策略，根據圖 4-2 結果，使用再生能源仍可提升 GDP，政府的相關政策及配套措施，應該以地球發展的基礎之下加以配合、採取多元化的能源政策，減少對於石油消費的依賴，積極地使用可再生能源，使之成為一種替代方式以減少二氧化碳的排放量，並同時兼顧經濟發展與降低碳排放之目標。

### 參考文獻

- [1] 尹相志，*SQL Server 2008 Data Mining 資料採礦*，悅知文化，2009。
- [2] 吳中書，*2009-2015 年東協共同體路徑圖 中譯本*，財團法人中華經濟研究院台灣東南亞國家協會研究中心，2011。
- [3] 葉怡成，*類神經網路：模式應用與實作*，儒林圖書有限公司，1995。
- [4] Mahesh. A., ShobaJasmin .K.S., “Role of renewable energy investment in India: An alternative,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 26, pp. 414-424, 2013.
- [5] Bakhtyar, B., Sopian, K., Sulaiman, M. Y., and Ahmad, S. A., “Renewable energy in five South East Asian countries: Review on electricity consumption and economic growth,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. Volume 26, p. 506–514, 2013.
- [6] D. Reynolds, “The energy utilization chain: Determining viable oil alternative technology,” *Energy Sources*, vol. 22, pp. 215-226, 2000.
- [7] EIA, “World energy outlook 2009,” *Paris: International Energy Agency*, 2009.

- [8] Lean, H. H., Smyth, R. "CO2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN," *Applied Energy*, vol. 87, no. 6, pp. 1858–1864, 2010.
- [9] Hua Liao, Huai-Shu Cao, "How does carbon dioxide emission change with the economic development? Statistical experiences from 132 countries," *Global Environmental Change*, Vol. 23, no. 5, pp. 1073–1082, 2013.
- [10] International Energy Agency, "*World energy outlook, IEA, Paris.*," 2007.
- [11] J. Ang, "Economic development, pollutant emissions and energy consumption," *Journal of Policy Modeling*, vol. 30, pp. 271–278, 2008.
- [12] Komor, P., and Bazilian, M., "Renewable energy policy goals, programs, and technologies," *Energy Policy*, vol. 33 , pp. 1873–1881, 2005.
- [13] Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., and Ashena, M. "Economic growth, CO2 emissions, and fossil fuels consumption in Iran," *Energy*, vol. 35, no. 12, pp. 5115-5120, 2009.
- [14] Apergis, N., and Payne, J. E. "Renewable and non-renewable electricity consumption–growth nexus: evidence from emerging market economies," *Applied Energy*, vol. 88, pp. 5226–5230, 2011.
- [15] N. Henriques. L., Roome, "A case study of Ontario Hydro: A strategy for sustainable," *Ontario, Canada: York University.*, 1994.
- [16] Ocal, O., and Aslan, A., "Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. Volume 28, pp. 494–499, 2013.
- [17] Sadorsky, P., "Renewable energy consumption and income in emerging economies," *Energy Policy*, vol. 37, no. 10, pp. 4021–4028, 2009.
- [18] S. L. Hart, "A natural-resource-based view of the firm," *Academy al Management Review*, vol. 20, no. 4, pp. 966-1014, 1995.
- [19] Niu, S., Ding, Y., Niu, Y., Li, Y., and Luo, G., "total energy consumption will rise rapidly with economic development," *Energy Policy*, vol. 39, no. 4, pp. 2121-2131, 2011.
- [20] Park, S. Y., Yoo, S. H., "The dynamics of oil consumption and economic growth in Malaysia," *Energy Policy*, vol. 66, pp. 218-223, 2013
- [21] U. Al-mulali, "Oil consumption, CO2 emission and economic growth in MENA countries," *Energy*, vol. 36, no. 10, pp. 6165–6171, 2011.
- [22] Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., and Lee, J. Y., "Electricity consumption from renewable and non-renewable sources and economic growth: Evidence from Latin American countries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 30, pp. 290-298, 2014.
- [23] Chandran, V. G. R., and Tang, C. F., "The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO2 emissions in ASEAN-5 economies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 24, pp. 445-453, 2013.
- [24] Fang, Y., "Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 9, p. 5120–5128, 2011.