

由美國能源之星的產品項目探討節能標章可推動的選擇

陳俊宇^{1*} 羅新衡²

摘 要

借鑑美國能源之星所推動的自願性節能產品項目，針對國內節能標章尚未納入之項目，探究相關產品市場資訊並予以量化指標評估，討論節能標章未來亦可參考推動之產品項目，作為可精進節能效益的目標。

關鍵詞：節能標章，能源之星，資料採礦

1. 前 言

節約能源與環境保護是長期受全球各國重視的議題，而節約能源更是兼具經濟發展與環保效益的雙重價值。為引導消費者優先選用高能源效率產品，並藉由市場驅動進而鼓勵廠商持續研發與改進產品之能源效率，已有許多國家推動能源標章(Energy Label)制度(林雅淇，2016)，透過產品能源效率的資訊揭露或對高能效產品進行標示，都能讓消費者很容易辨識出產品的優劣，進而選購能源費用負擔較低的產品。

除了有標示資訊的標章外，採取評鑑方式的標章制度有兩類(顧洋等，2011)：認證標章(Endorsement Labels)與比較性標章(Comparative Labels)。本文討論的對象屬於認證標章，是基於設定特定的能源效率標準，若符合或超過此標準之產品授與標章以肯定該產品具有高能源效率，而且通常是自願性的制度。國際上最早也最成功的標竿是美國環保署於1992年所啟動的能源之星(Energy Star)計畫，而我國自2001年

初所推動的節能標章，其參與的型態也是屬相同的自願性質(經濟部能源局，2020)。

能源之星所涵蓋的產品項目，由最初的資訊電器類開始後逐漸延伸到照明、家電、建築物、商用食品服務設備、資料中心設備等類別，總計已推動了62種產品項目，然而隨著智慧城市的未來產業趨勢潮流，已再新增智慧居家能源管理系統(ENERGY STAR Program Requirement Product Specification for Smart Home Energy Management Systems, SHEMS)項目(ENERGY STAR, 2020b)，以因應智慧家電結合居家服務的創新應用與節能需求。我國節能標章迄今的推動項目已達51項，但隨著各式用電產品的日新月異發展，除了修訂既有的產品基準，也需要持續研擬新的產品項目，以制度引導日益新增的用電需求朝高能源效率發展。

本文藉由參考能源之星所推動的產品項目(ENERGY STAR, 2020a)，從節能標章尚未包含的項目進行研究，並以節電的產品類別為主要對象進行市場資料收集，篩選出的項目共有24種產品類，收集內容涵蓋國內使用量評估、年

¹工業技術研究院綠能與環境研究所 研究員

²工研院綠能所 經理

*通訊作者電話: 06-3636763, E-mail: mecjy@itri.org.tw

收到日期: 2020年11月25日

修正日期: 2020年12月28日

接受日期: 2021年01月06日

節電量評估、相關可執行產品驗證的實驗室數量、相關製造商數量、未來需求趨勢評估、市場需求對象、有無環境地緣關係以及與智慧城市有關的技術含量等面向，將所有資料內容予以量化綜整分析，嘗試提出未來可商議在節能標章推動的產品選項。此外，進一步利用機器學習工具做資料採礦，以過去已推動的節能標章產品類別為參考，以相同的量化項目作為參數來訓練預測模型，探討不同產品類別若未來進入節能標章，推測廠商自願性持續參與制度的機率概況。

2. 評估可納入標章項目的產品

美國能源之星計畫最早是由推動辦公室的資訊設備開始，例如電腦、螢幕和印表機等，到目前其開放的產品如表1所示，可分為家用電器(Appliances)、電子產品(Electronics)、照明(Lighting)、辦公設備(Office Equipment)、加熱與冷卻(Heating & Cooling)、熱水器(Water Heaters)、商用食品服務設備(Commercial Food Service Equipment)、資料中心設備(Data Center Equipment)、建築產品(Building Products)、與其他(Other)等十大主類別共63項產品次類別。若參照能源之星的分類方式，至2020年中我國已推動之節能標章產品項目如表1所示，項目已達51項產品次類別(經濟部能源局，2020)，主分類上的差異有建築產品與交通工具兩類，分別是節能標章與能源之星所不包含的內容。根據各自規範的產品項目及其適用範圍，屬節能標章特有的有19項產品次類別，屬能源之星特有的則有38項產品次類別。

本文針對能源之星特有的產品項目進行評估，討論未來可參考納入節能標章的產品選項，經過初步篩選共選擇能源之星24項產品次類別做進一步的探討，分別為洗碗機、數位媒體撥放器(Over-the-top Device, OTT機上盒)、數位機上盒、平板電腦、電話、裝飾燈串、網路電話、智能恆溫器、商用熱水器、太陽能熱水

器、商用咖啡機、商用洗碗機、商用油炸鍋、商用煎烤盤、商用熱食品保溫箱、商用製冰機、商用烤箱、商用電冰箱和冷凍櫃、商用蒸煮機、小型網路設備、電動車輛供應設備、實驗室級電冰箱和冷凍櫃、自動販賣機、水冷卻器(即熱/冷式飲水機)，而這些產品相關的適用範圍與種類由於篇幅所限，可於美國能源之星網站作進一步了解(ENERGY STAR, 2020a)。其餘品項不納入考量的主要因素如下：

- 非使用燃油、電力、燃氣等能源
- 僅使用燃油或燃氣之器具(本文以考慮節電效益為主)
- 使用之能源非臺灣主流或臺灣環境幾乎不使用
- 已有國內其他類型標章推動
- 變異性大之整合系統

針對24項產品次類別蒐集國內相關市場狀況，為了能夠將質的資料內容轉為量的資訊以幫助後續可數量化分析與決策判斷，再加上參考過去推動節能家電的政策措施分析(吳再益，2013)，進而訂定出七大項量化評估指標並同時估計各品項在每年一定比例汰換假設下所可能產生的節電量，相關評估指標的定義如表2所示。各性質/數量的資料內容以1~5的量化值轉換，分別代表五類狀況(例如1/very low、2/low、3/middle、4/high、5/very high)，以滿足此衡量評估系統在適當的分類數量下可以明顯區隔出各項目當中的差異性(AIAG，2010)。初步視各項指標的重要性皆相同(權重皆為1)，並將各項指標加總計算得到綜合量化評估指標值，而24項產品次類別之量化評估指標結果如圖1所示(由於篇幅考量，圖示以兩個產品次類別為一組而非個別獨立)。

其中技術創新是以與智慧城市相關為定義，主要是考量近幾年國內產業發展趨勢預測一直視其為未來十年全球共同發展的議題主軸。同時美國能源之星對相關智慧控制產品所研擬新技術規範“智慧居家能源管理系統”，於2018年六月即開始啟動，從過去推動相對較

表1 節能標章與能源之星的分類對照(本研究整理)

產品主類別	節能標章產品次類別	能源之星產品次類別
家用電器/ Appliances	除濕機、電冰箱、洗衣機、乾衣機、吹風機、溫熱型開飲機、冰溫熱型開飲機、電鍋、電熱水瓶、空氣清淨機、微波爐、電烤箱	空氣清淨機、乾衣機、洗衣機、商用洗衣機、除濕機、 <u>洗碗機</u> 、冷凍櫃、電冰箱
電子產品/ Electronics	電視機、DVD(錄)放影機、組合音響	音頻/視訊、數位媒體撥放器(OTT機上盒)、數位機上盒、看板顯示器、 <u>平板電腦</u> 、 <u>電話</u> 、 <u>電視機</u>
照明/Lighting	螢光燈管、安定器內藏式螢光燈泡、出口及避難指示燈、室內照明燈具、緊密型螢光燈管、道路照明燈具、螢光燈管用安定器、發光二極體燈泡、發光二極體平板燈具、天井燈、筒燈及嵌燈、辦公室及營業場所燈具、室內停車場智慧燈具	吊扇、 <u>裝飾燈串</u> 、電燈泡、燈具
辦公設備/Office Equipment	筆記型電腦、桌上型電腦、顯示器、影印機、印表機	電腦、成像設備、監視器、 <u>網路電話</u>
加熱與冷卻/ Heating & Cooling	無風管空氣調節機、電扇、浴室用通風電扇、壁式通風電扇、軸流式風機、離心式風機	空氣源式熱泵、鍋爐、中央空調、商用鍋爐、無風管加熱和冷卻、暖氣爐、地熱熱泵、輕型商用加熱和冷卻、房間空調、 <u>智能恆溫器</u> 、通風扇
熱水器/Water Heaters	即熱式燃氣熱水器、貯備型電熱水器、空氣源式熱泵熱水器	商用熱水器、熱泵熱水器、高效儲氣式熱水器、 <u>太陽能熱水器</u> 、整體家用無桶燃氣熱水器
商用食品服務設備/ Commercial Food Service Equipment	燃氣台爐、排油煙機、貯(儲)備型電開水機	商用咖啡機、商用洗碗機、商用油炸鍋、商用煎烤盤、商用熱食品保溫箱、商用製冰機、商用烤箱、 <u>商用電冰箱和冷凍櫃</u> 、商用蒸煮機
資料中心設備/Data Center Equipment	在線式不斷電式電源供應器	資料中心存儲、企業伺服器、大型網路設備、 <u>小型網路設備</u> 、不斷電供應器
交通工具/Vehicle	汽車、機車	NA
建築產品/Building Products	NA	住宅窗戶、門和天窗、屋頂產品、密封和絕緣、防風窗
其他/Other	烘手機、冰溫熱型飲水機、溫熱型飲水機	電動車輛供應設備、實驗室級電冰箱和冷凍櫃、泳池泵、自動販賣機、 <u>水冷卻器(即熱/冷式飲水機)</u> 、智慧居家能源管理系統

*底線項目為本文討論之產品次類別

獨立的產品節電開始擴及到識別能達到節能效益的智慧居家系統套件(ENERGY STAR, 2020b)，並於2019年9月3日生效。該規範透過關鍵產品如智能恆溫器、智慧插座、智慧延長線、智慧分表裝置等收集產品運作與電力資訊，搭配訂有連接準則(Connected Criteria)且具

能源之星驗證的可智慧控制產品(如熱水器、電動車輛供應設備、房間空調、電冰箱、冷凍櫃、洗衣機、乾衣機、照明、泳池泵、製冰機、洗碗機等)，亦可搭配部分非能源之星產品(電池儲能、自動窗配件、太陽能逆變器)，以提升節能管理策略來奠定智慧城市所需要的智

表2 量化評估指標定義(本研究整理)

項目	定義
技術創新	與智慧城市有關，含重要兩元素聯網(IoT)與智慧功能；相關極低為1，相關極高為5。
未來趨勢	使用需求數量減少/趨緩/增加；需求漸少明顯為1，需求增加明顯為5。
市場對象	少數特殊族群、公司機關行號、一般民眾；對象極少數為1，對象極多數為5。
供應者數量	以國內相關產品製造家數計；製造家數相對極少為1，相對極多為5。
實驗室能力與數量	國內有相關TAF認證之實驗室，具備相關測試認可項目(至少有安規測試)；實驗室家數相對極少為1，相對極多為5。
地緣環境	氣候條件影響，生活方式，與臺灣相關性高低；相關極低為1，相關極高為5。
使用量	現況市場使用數量；使用量相對極少為1，相對極多為5。

*各評估項目權重皆為1，指標量化值範圍1~5

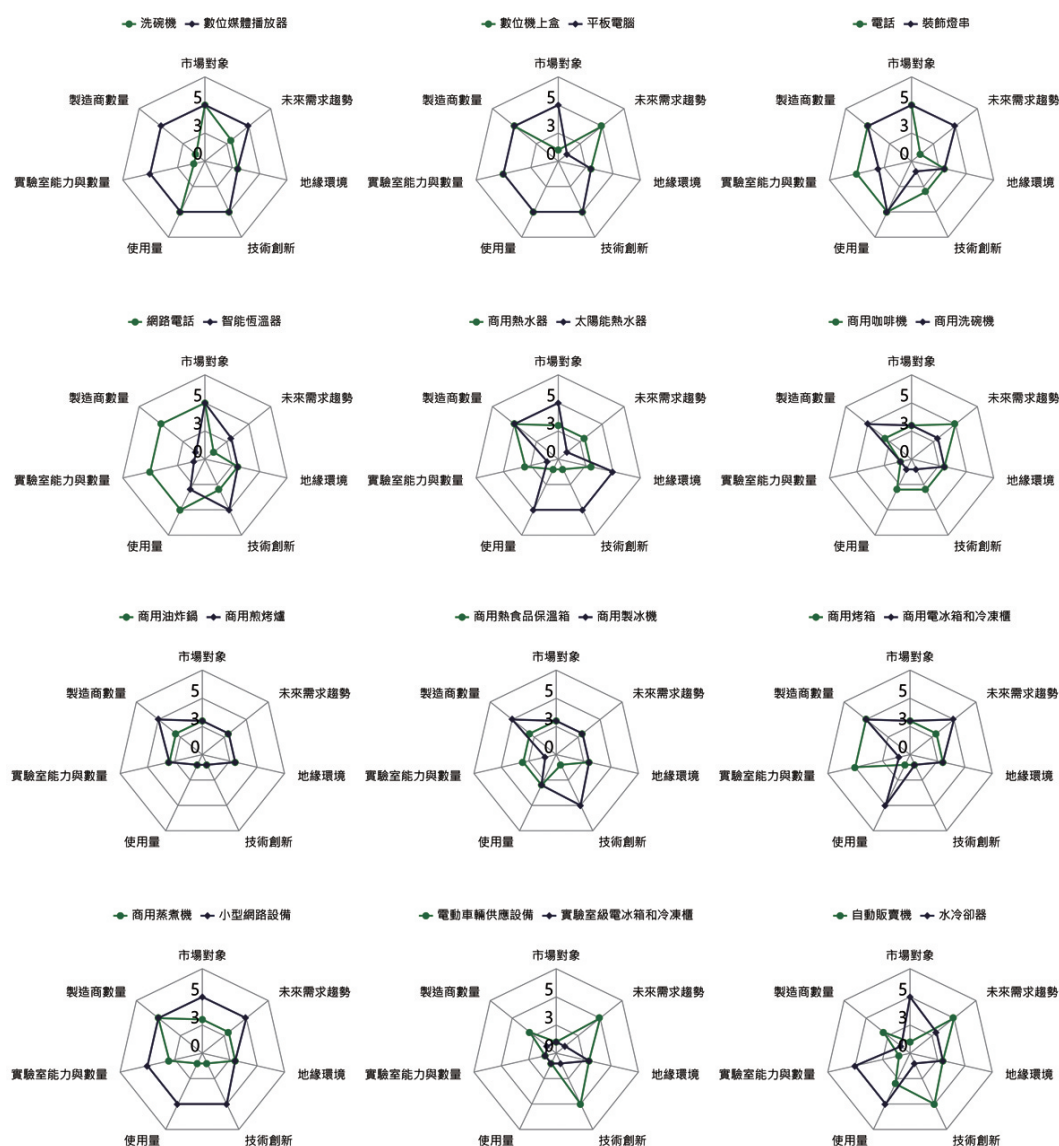


圖1 能源之星24項產品次類別之量化評估指標值分布(本研究繪製)

慧家庭創新應用服務。而關於評估項目的國內相關原始數據來源：使用量推估數據分別來自經濟部統計處(經濟部統計處，2020)、財政部關務署(財政部關務署，2020)、財政部統計處(財政部統計處，2020)、行政院主計總處(行政院主計總處，2020)、國家通訊傳播委員會(國家通訊傳播委員會，2020)等相關公開統計資料庫與調查報告；使用需求數量趨勢則是觀察前述資料的時間序列變化；供應者數量來自各產業公會之會員資料；實驗室能力與數量則來自TAF的認證名錄查詢系統(財團法人全國認證基金會，2020)。

針對不同產品的可能節電量評估，是以美國能源之星網站所提出的可能效率提升率作為參考(ENERGY STAR, 2020a)，將相關品項所收集的資料評估數據予以視覺化如圖2所示，水平與垂直虛線分別代表使用量與年節電量的整體平均值，若品項的選擇是以節電量或使用量大於整體平均值作為初步考量之依據，則選擇落在虛線所劃分之第I、II與IV象限內的點，符合的次類別產品項目有商用電冰箱和冷凍櫃、網路電話、數位機上盒、商用蒸煮機、商用洗碗機、商用熱食品保溫箱、商用咖啡機、電話、

小型網路設備、平板電腦、太陽能熱水器等11項，可以作為推動節能標章的參考選項。

將相關品項的市場資料依表2的各量化評估指標予以數值化，以七項指標依加總結果可得到綜合量化評估指標值*i*。同時考慮各產品次類別之年節電量與綜合量化評估指標值*i*如圖3所示，水平與垂直虛線分別代表所有品項之年節電量與綜合量化評估指標值*i*的整體平均值，若皆以大於平均值為初步考量依據，落在第I象限的品項有商用電冰箱和冷凍櫃、網路電話、數位機上盒、電話、平板電腦、太陽能熱水器、小型網路設備等七項，可作為加入更多衡量因素下的推動參考。

若將表2的量化評估指標排除使用量的量化轉換值，而是給定使用量的原始數值並且不納入年節電量的衡量數據，依六個指標加總結果得到不含使用量的綜合量化評估指標值*ii*。在同時考慮各產品次類別之使用量與綜合量化評估指標值*ii*如圖4所示，水平與垂直虛線分別代表所有品項之使用量與綜合量化評估指標值*ii*的整體平均值，若皆以大於平均值為初步考量依據，落在第I象限內有數位機上盒、平板電腦、網路電話、小型網路設備等四項，亦可作

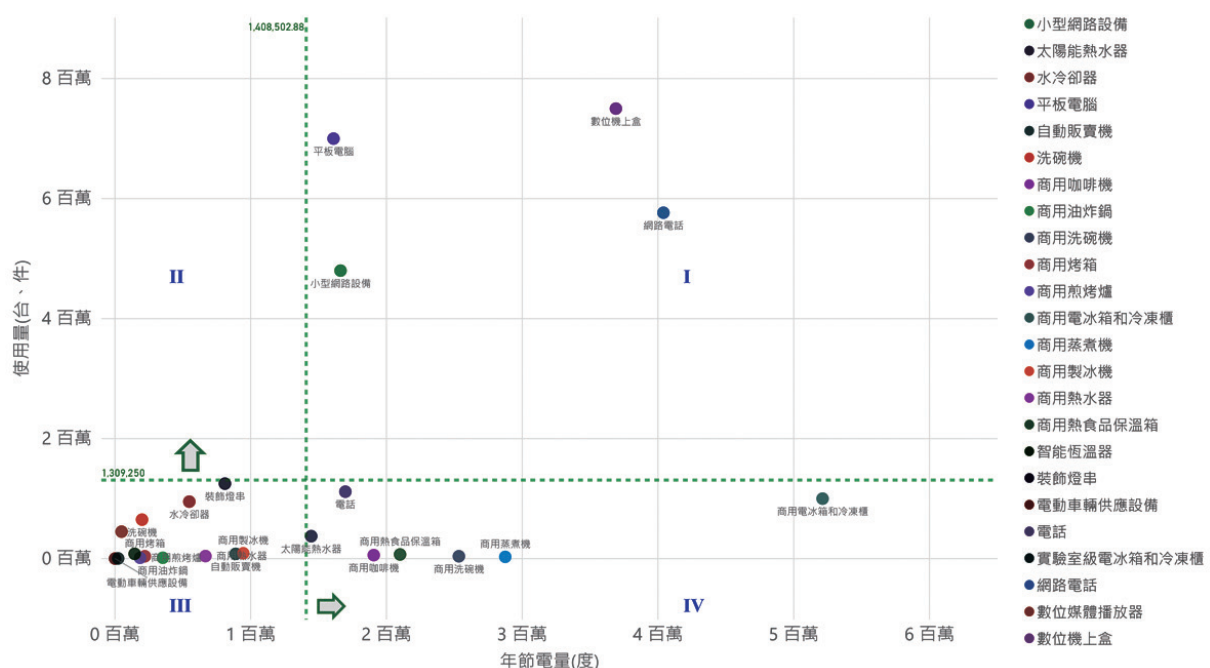


圖2 各產品次類別的預估使用量與預估年節電量之散布圖(本研究繪製)

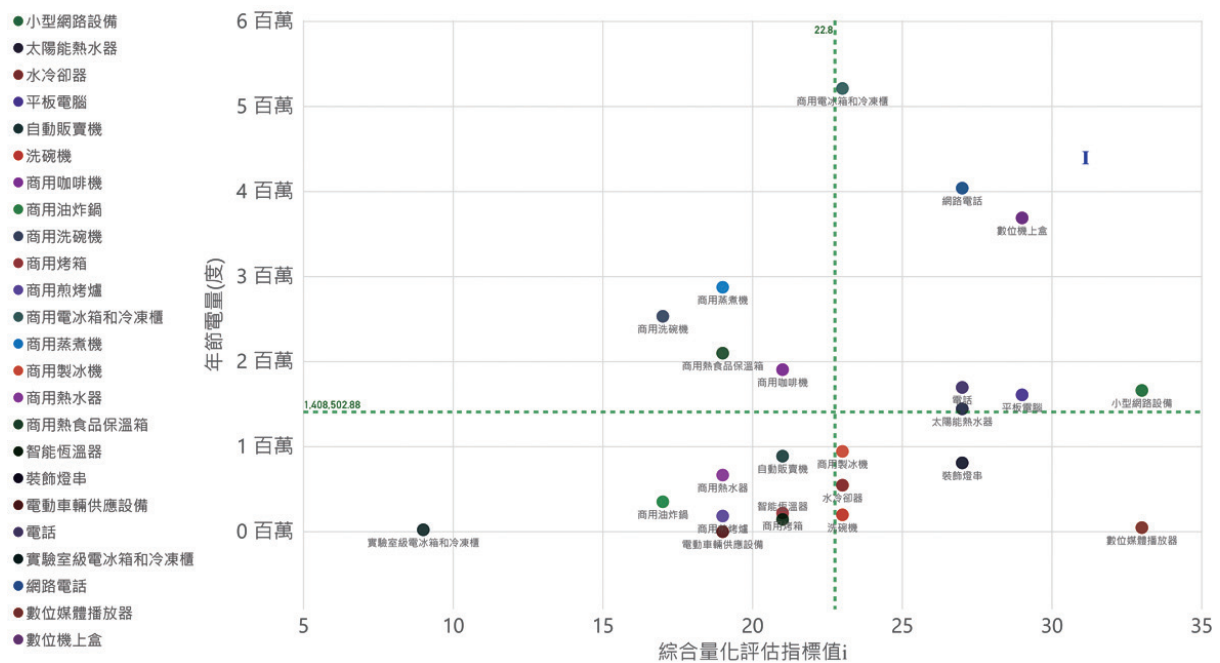


圖3 各產品次類別的預估年節電量與綜合量化評估指標值i之散布圖(本研究繪製)

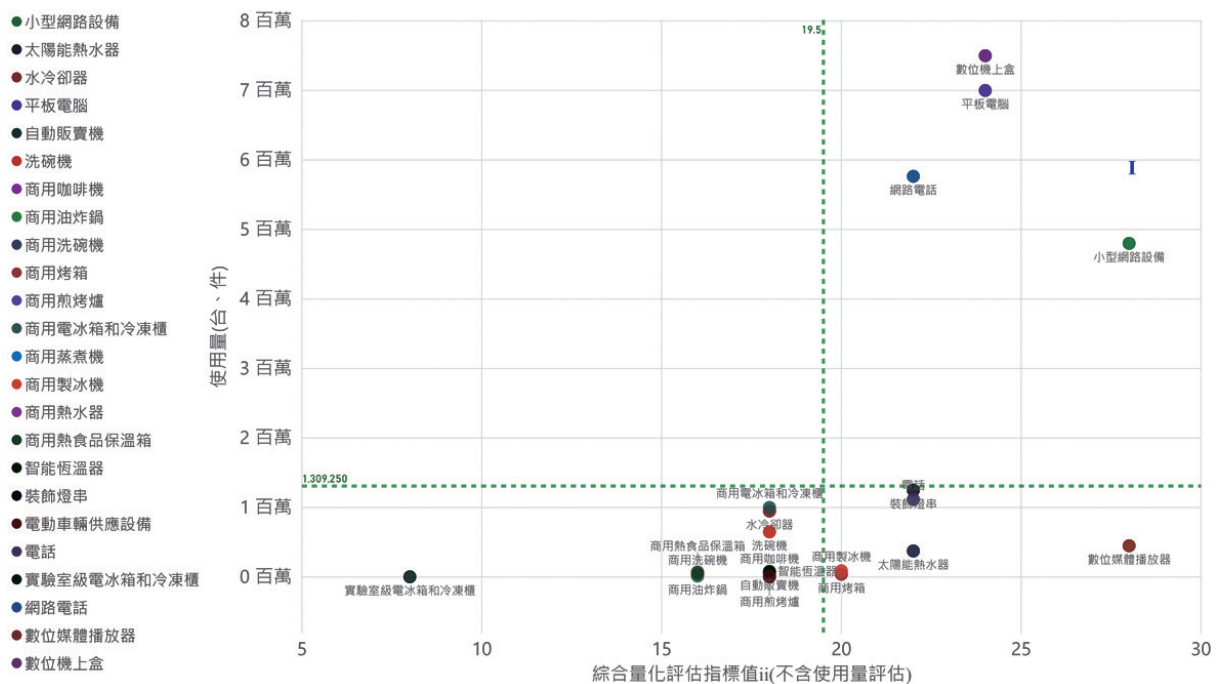


圖4 各產品次類別的預估使用量與綜合量化評估指標值ii之散布圖(本研究繪製)

為擴展項目的選取對象。

3. 評估產品納入標章項目後的獲證可持續性

節能標章制度自2001年起推動至今已快接

近20年，檢視至2020年上半年度的51項節能標章產品之獲證狀況，在無廠商申請或抽測不符合基準而遭撤銷標章之下，其中已有9種品項無任何獲證型號在列(吹風機、烘手機、出口及避難指示燈、DVD(錄)放影機、緊密型螢光燈管、排油煙機、微波爐、電烤箱、螢光燈管

用安定器)。若將前述尚未推動進入節能標章的能源之星品項作進一步評估，假設該24個項目國內未來都將納入標章品項，由於標章是自願性制度，因此希望更深入分析以推估有哪些品項比較有機會受廠商長期持續性參與(可持續性)。

針對此課題，本研究嘗試以機器學習方法做數據資料的建模與預測，分析的內容以現有節能標章的品項為基礎，採用的數據資料與能源之星的評估指標項目一致，而相關數據都是來自國內官方或民間機構之系統的公開資料，例如銷售量、實驗室數量、相關供應廠商數量等等，額外再加入可持續性特徵作為分類學習的標記，以截至2020年上半年的各品項有無獲證型號在內之特徵結果進行監督式學習；而用以評估24項能源之星產品的數據內容，也是來自國內系統的公開資料庫，從中篩出相關產品目前在國內的狀況來進行評估。對於此分類問題的資料探礦分析工具，相關著名的開源軟體有R-Programming、RapidMiner、ORANGE、WEKA、KNIME等等可供使用(Lausch *et al.*, 2015；Rangra & Bansal, 2014)，而本文採用基於Python語言的ORANGE作為資料探礦工具，建立預測模型則選用幾種常見的機器學習演算法進行比較：K-近鄰演算法(K-Nearest Neighbors, KNN)、支持向量機(Support Vector Machine, SVM)、隨機森林(Random Forest)、類神經網路(Neural Network, NN)與邏輯迴歸(Logistic Regression)。

本文以討論節電效益為主，排除節能標章中使用燃油與燃氣之品項以不同演算法進行分

類模型的訓練，各模型的評估結果如表3所示。評估二元分類問題檢驗工具的好壞，可利用曲線下的面積(Area Under Curve, AUC)指標來判斷(Tharwat, 2018)，AUC數值的判斷規則：

- AUC=0.5 (無判斷力)
- $0.7 \leq \text{AUC} \leq 0.8$ (可接受的判斷力)
- $0.8 \leq \text{AUC} \leq 0.9$ (優良的判斷力)
- $0.9 \leq \text{AUC} \leq 1.0$ (極佳的判斷力)

五種演算法中以類神經網路模型較佳，就AUC值94.1%而言應具有優良的判別力，且模型的分類準確率89.5% (Classification Accuracy, CA)、精度80.1% (Precision)、召回率89.5% (Recall)以及精度和召回率的調和平均值F1 (84.5%)皆有相當高的指標比率，因此採用此模型作為評估24項能源之星產品若納入節能標章類別時是否具可持續性。

圖5是以類神經網路模型所預測的各品項可持續性機率，前九大機率(皆超過80%)較高的產品次類別為：數位媒體撥放器、小型網路設備、數位機上盒、裝飾燈串、商用烤箱、商用電冰箱與冷凍櫃、自動販賣機、電動車輛供應設備以及商用咖啡機。若與前面所評估的幾項有潛在節電效益之產品次類別一併參考，推估小型網路設備、數位機上盒以及商用電冰箱與冷凍櫃機等三項若納入節能標章產品類別中，將來相關廠商會持續參與節能標章制度的可能性會比較高。最後附帶提出的說明，本文所有的參考數據與量化指標皆受時空環境變化因素而會產生變動，持續觀察可能會得到不同的評斷。

表3 五種演算法分類模型的評估指標結果(本研究整理)

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	41.2%	73.7%	75.9%	78.3%	73.7%
SVM	70.6%	84.2%	81.8%	79.5%	84.2%
Random Forest	79.4%	89.5%	84.5%	80.1%	89.5%
Neural Network	94.1%	89.5%	84.5%	80.1%	89.5%
Logistic Regression	42.6%	89.5%	84.5%	80.1%	89.5%

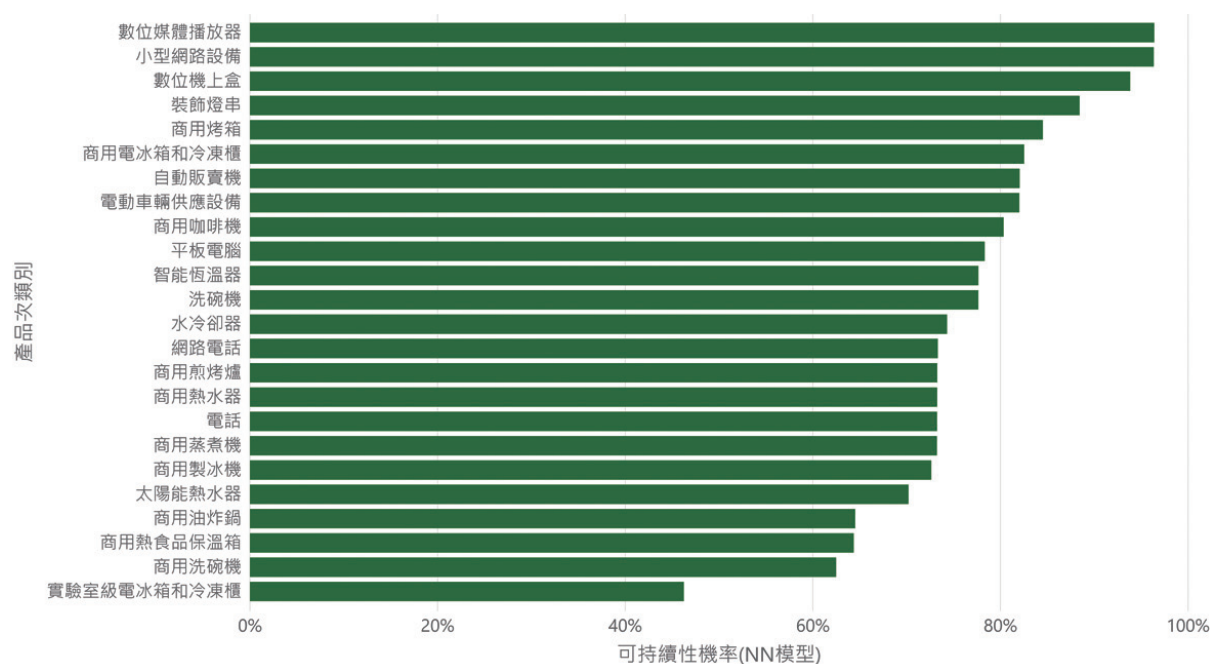


圖5 以類神經網路模型預估未來推動之各品項(產品次類別)於標章獲證後的可持續性機率(本研究繪製)

4. 結 語

藉由參考美國能源之星的節能產品推動項目，以國內節能標章未納入的產品類別收集相關資料，將資料予以量化評估並討論未來可研議納入標章的節電品項，初步得到的結果如下：

- 以節電量相對大為前提，商用電冰箱和冷凍櫃、網路電話、數位機上盒、電話、平板電腦、太陽能熱水器、小型網路設備為參考品項。
- 以使用量相對多為前提，數位機上盒、平板電腦、網路電話、小型網路設備為參考品項。

若進一步考慮未來納入標章後，比較可能有廠商會持續參與自願性制度的節電品項，參考機器學習的類神經網路模型所預測之結果，初步可商議的品項是小型網路設備、數位機上盒以及商用電冰箱與冷凍櫃。然而這些由各評估指標所綜整判斷的初階選項，相關指標仍會隨時空環境與需求而變動，後續再觀注可能會得到不同的評估結果。

參考文獻

- 行政院主計總處，2020。主計總處統計專區，<https://www.stat.gov.tw/> (資料擷取日期2020年1月)。
- 吳再益，2013。我國節能家電補助措施之經濟效益分析，主計月刊，主計協進社，20-25。
- 林雅淇，2016。主要國家節約能源作法之探討，能源知識庫，https://km.twenergy.org.tw/KnowledgeFree/knowledge_more?id=1664 (資料擷取日期2019年12月)。
- 財政部統計處，2020。財政統計資料庫，<http://web02.mof.gov.tw/njswww/WebProxy.aspx?sys=100&funid=defjspf2> (資料擷取日期2020年1月)。
- 財政部關務署，2020。統計資料庫查詢系統，<https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA03> (資料擷取日期2020年1月)。
- 財團法人全國認證基金會，2020。認證名錄查詢系統，<https://www.taftw.org.tw/wSite/sp?xdUrl=/wSite/taf/lalab.jsp&mp=1> (資料擷取日期2020年1月)。

- 取日期2020年1月)。
- 國家通訊傳播委員會，2020。政府資訊公開業務統計，<https://www.ncc.gov.tw/chinese/index.aspx> (資料擷取日期2020年1月)。
- 經濟部能源局，2020。節能標章全球資訊網，<http://www.energylabel.org.tw/> (資料擷取日期2020年6月)。
- 經濟部統計處，2020。工業產銷存動態調查，<https://dmz26.moea.gov.tw/GMWeb/investigate/InvestigateDB.aspx> (資料擷取日期2020年1月)。
- 顧洋，江惠櫻與吳鉉智，2011。臺灣節能標章執行現況，2011循環經濟與節能減碳，財團法人中技社，161-170。
- Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010. Measurement Systems Analysis Reference Manual, 4th edition. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force.
- ENERGY STAR, 2020a. Energy Efficient Products, <https://www.energystar.gov/products> (Date captured in June 2020).
- ENERGY STAR, 2020b. Smart Home Energy Management Systems, https://www.energystar.gov/products/spec/smart_home_energy_management_systems_pd (Date captured in June 2020).
- Lausch, Angela, Andreas Schmidt and Lutz Tischendorf, 2015. "Data mining and linked open data - New perspectives for data analysis in environmental re-search," Ecological Modelling, 295, 5-17.
- Rangra, Kalpana and K. L. Bansal, 2014. "Comparative Study of Data Mining Tools," International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 6(4), 216-223.
- Tharwat, Alaa, 2018. "Classification assessment methods," Applied Computing and Informatics, <https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.08.003>.

Exploration of the Next Choices Included in the Energy Label Product Categories Based on the U.S. Energy Star Program

Jiun-Yeu Chen^{1*} Shin-Hang Lo²

ABSTRACT

Via the voluntary energy-saving categories implemented by the U.S. Energy Star program, those without including in the items of the domestic Energy Label are explored with the relevant product market information and evaluated by some quantization indices. The non-included products are discussed for the potential items promoted in the Energy Label in the future. Some categories could be the goal to enhance energy-saving benefits.

Keywords: Energy Label, Energy Star, Data Mining.

¹Researcher, Green Energy and Environment Laboratories, Industrial Technology and Research Institute.

²Manager, GEL, ITRI.

* Corresponding Author, Phone: +886-6-3636763, E-mail: mecjy@itri.org.tw

Received Date: November 25, 2020

Revised Date: December 28, 2020

Accepted Date: January 6, 2021