MIS REVIEW Volume 23 Number 1 Nov. 2021

MIS REVIEW

An International Journal

Published by Department of Management Information Systems,
College of Commerce, National Chengchi University, Taiwan

Special Issue Introduction:
Industrial Technology Service Innovation

—— *RUA-HUAN TSAIH, Distinguished professor, Dept. of MIS, National Chengchi University*

The invisible champion of metal catalyst converter-Jinmao Technology in 2016

—— *Ying-Lun Mao*

Cross-border remittances of foreign workers -Which company should apply

—— *Li-Ling Tsao*

Simulating 5G Spectrum Auction by using Metaheuristic

—— *Chih-Wei, Chang*

DOI 10.6131/MISR
GPN 2007800019
ISSN 1018-1393
E-ISSN 2218-3450

9 771018 139006 03

MIS REVIEW：An International Journal
Vol. 23, No. 1, 2021

Editor-in-Chief: HSIN-LU CHANG

Published by: Department of Management Information Systems, National Chengchi University.

Guest Editor-in-Chief: RUA-HUAN TSAIH

Publication Office:

No.64, Sec. 2, Zhi-Nan Rd., Wenshan District, Taipei City 11605, Taiwan (R.O.C.)

E-journal: http://misreview.mis.nccu.edu.tw/

E-ISSN: 2218-3450
ISSN: 1018-1393
GPN: 2007800019

© 2021 Department of Management Information Systems, National Chengchi University

Editorial Board

(Sort by last name)

Andrew Chen
Professor, University of Kansas, USA

Hao-Chun Chuang
Associate Professor
National Chengchi University, Taiwan

Ke-Wei Huang
Professor, National University of Singapore, Singapore

Carol Hsu
Professor, University of Sydney, Australia

Han-Fen Hu
Associate Professor, University of Nevada, USA

Qiqi Jiang
Associate Professor, Copenhagen Business School, Denmark

Melody Kiang
Professor, California State University, Long Beach (USA)

Joyce Lee
Associate Professor, National Chengchi University, Taiwan

Yi-Ling Lin
Associate Professor, National Chengchi University, Taiwan

Chih-Hung Peng
Associate Professor
National Chengchi University, Taiwan

Niki Panteli
Professor, Royal Holloway, University of London, UK

Michael J. Shaw
Professor, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA

Benjamin Shao
Professor, Arizona State University, USA

Choon Ling Sia
Professor, City University of Hong Kong, Hong Kong (China)

Tommi Tapanainen
Associate Professor, Pusan National University, Korea

Chih-Ping Wei
Professor, National Taiwan University, Taiwan

Fang Yu
Associate Professor
National Chengchi University, Taiwan

特刊介紹:產業科技服務創新

在本期 MIS Review 中，我們收錄兩篇個案研究論文和一篇研究論文。三篇論文的摘要如下。

毛穎崙的個案研究論文《金屬觸媒轉換器隱形冠軍--勁茂科技 2016》描述台灣隱形冠軍勁茂科技股份有限公司於 2015 年的年收入為 1.2 億新台幣，但較 2014 年下降 17%。當國際金屬觸媒廠進攻台灣市場且搶佔無觸媒轉換器的馬達市場時，市場震盪也影響機車產業鏈的未來發展。隨著 2016 年即將來臨，勁茂科技需要在機車、汽車、柴油三大金屬催化劑領域中做出選擇，以實現未來三年業績翻番的目標。

曹莉玲的個案研究論文“外勞跨境匯款——應該申請哪家公司？”描述數位點子公司使用 App 處理台灣外勞跨境匯款訂單。而數位點子的母公司統振是一家具有控制和承擔風險能力的上櫃公司，經營外勞手機預付卡業務超過 18 年，外勞市場渠道網絡完備。當政府提供外勞跨境匯款的監管沙盒申請時，公司高層考慮該由哪家公司參與申請。

第五代行動通訊系統(5G)不但將大幅提升行動通訊速率與品質，在新興的 AR/VR、智慧城市、物聯網及車聯網等應用服務中，5G 更將是一個非常重要的通訊載具。張智為的“運用啟發式演算法模擬 5G 頻譜競標”論文考慮以下因素:電信營運商的營業資訊、頻譜需求、網路涵蓋需求與網路系統建設成本結構以及頻譜競標底價等要素。作者再利用啟發式演算法 (Metaheuristic) 模擬各競標業者在投標規則下的投標行為，其結果展示出競標者的競爭狀況與可能的競標結果分佈樣態，可以協助政府擬訂 5G 頻譜策略，制訂 5G 符合產品發展需要的頻譜競標規範。

最後，我們感謝所有的作者和審稿者的努力合作，才有此期 MIS Review 之出刊。

特刊主編 蔡瑞煌

資管評論

中華民國110年第23卷第1期

本期目次

個案論文

- 金屬觸媒轉換器隱形冠軍--勁茂科技 2016

毛穎崙 1

- 外籍勞工的跨境匯款－由誰出線？

曹莉玲 21

學術論文

- 運用啟發式演算法模擬5G頻譜競標

張智為 37

MIS REVIEW：An International Journal

Vol. 23, No. 1, 2021

Contents

Case Study

- The invisible champion of metal catalyst converter-Jinmao Technology in 2016

Ying-Lun Mao..... 1

- Cross-border remittances of foreign workers- Which company should apply?

Li-Ling Tsao 21

Academic Article

- Simulating 5G Spectrum Auction by using Metaheuristic

Chih-Wei Chang 37

毛穎崙*

金屬觸媒轉換器隱形冠軍--勁茂科技 2016

2016 年初農曆春節剛過正值春暖花開的季節，勁茂科技張新長董事長剛剛驅車離開了位於桃園的公司營運總部會議室，依排定的行程前往拜訪客戶，車窗外綠意盎然一片風和日麗，但張新長心中卻總是隱約感到即將變天的不安，賞心悅目的怡人景色卻始終無法靜下心來欣賞。

在拜訪客戶的回程路上，技術長林博打電話來提醒張董:「有關客戶關注新產品的開發進度及產品差異化的事」，張董事長回想剛剛主持的年度營運策略會議，在既定未來三年公司業績要倍數成長的長期目標下，短期目標要先決定產品/市場策略的取捨，中期設法止住營收成長比的下滑，技術長林博提出了投入研發資源按照業績比重分配的建議；也就是 2016 年公司年度的產品技術研發，將依據目前佔公司 80%營業額的機車金屬觸媒以及佔公司 20%營業額的汽車金屬觸媒作為研發資源投入配比。

同個會議上大中華行銷總監張柏仁卻提出不同的意見；

「雖然機車金屬觸媒支撐了公司 80%的業績，但市場正在改變中，再加上電動機車等不須裝置觸媒轉化器的非燃油機車替代品切入產業，判斷3 年內台灣機車市場將起巨變，因此建議拉高汽柴油車金屬觸媒產品的比重為 85%，大幅降低機車金屬觸媒產品的技術投資」。

張總監為此在會議上與林技術長就市場面和技術面不同面向爭執不下，再加上財務長就資金面也提出不同的觀點，最後張新長因為拜訪客戶時間快到了，只好先暫停此會議及討論，但是勁茂科技接下來的產品市場策略該如何取捨，公司才能繼續生存並達到未來 3 年營業額翻倍的目標呢？這迫切的問題不斷縈繞著張新長整個的思緒。

關鍵詞: 觸媒轉換器、電動機車、安索夫矩陣、PM2.5、SWOT

* 作者毛穎崙為國立政治大學資訊管理學系
Email: nhk4321@gmail.com

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

Ying-Lun Mao*

The invisible champion of metal catalyst converter-Jinmao Technology in 2016

The case company JBom Technology Co., Ltd. achieved annual revenue of NT$120 million in 2015. Its locomotive metal catalytic converter has a market share of 40% in Taiwan's locomotive catalytic converters. It is Taiwan's stealth champion. Just as the prospect of the company's metal catalyst products is optimistic, the market's warnings have quietly arrived. In 2015, the company's revenue growth fell by 17% compared with 2014. The international metal catalyst factory invaded and seized the Taiwan market and the motor without the catalytic converter. The market is crowded with the gasoline and diesel locomotive market. These market shocks will affect the future development of the locomotive industry chain. A slight accident may lead to a reversal of the company's operations, and even lead to the company's inability to survive.

This teaching case is designed to inspire students to learn how to assist case companies in assessing and analyzing their catalytic converter product lines in this case, and to explore the effective allocation and development of products and target markets based on the current financial situation of the case analysis.

Keyword：Catalytic converter, electric motor car, Ansoff matrix, PM2.5, SWOT

*Ying-Lun Mao is PhD candidate in Department of Management Information Systems from National Chengchi University. He current research interests include Green Supply Chain, Blockchain, FinTech and related case study.

壹、背景

或許有不少人曾聽過觸媒轉化器(catalytic converter)[1]，但是真正了解的人卻不多。觸媒轉化器就是汙染廢氣轉化器，而所謂的引擎內燃燒就是在引擎燃燒室內空氣與汽油混和氣體經火星塞點火爆炸的過程。假設在理想狀態下整個過程為完全燃燒，則所排放出來的二氧化碳、氮、水皆對人體是無害的，但隨著汽機車車齡、駕駛的開車習慣以及汽機車保養情況等不同條件，都會影響汽機車引擎燃燒的完全與否，因而當引擎燃燒不完全時，將導致排氣管排放出 CO、HC、NO 等有毒氣體，而觸媒轉化器就是裝在排氣管上把引擎所產生之有害氣體還原，使其排放變成無害的氣體與物質，再排放到空氣中的裝置。而根據環保署資料顯示，台灣 PM2.5[2]污染源逾 2 成來自車輛[3]，由此可見本個案(見圖 1)汽機車觸媒轉化器與國人生活的環境品質息息相關。

[1]觸媒轉化器(catalytic converter) ：安裝於汽車廢氣排放系統中，含有鉑、鈀及銠等貴金屬作為觸媒，利用催化機制減少有害廢氣，如碳氫化合物(HC)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NOx)等、以利環境保護的一個裝置。資料來源:維基百科 https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%82%AC%E5%8C%96%E8%BD%AC%E6%8D%A2%E5%99%A8

[2]PM2.5：漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(particulate matter, PM)，PM 粒徑小於或等於 2.5 微米(μm)的粒子，非常微細可穿透肺部氣泡並直接進入血管中隨著血液循環全身，稱為 PM2.5。資料來源: 環保署低碳永續家園資訊網，(2015.03.24)https://lcss.epa.gov.tw/LcssViewPage/Responsive/InfoDetail.aspx?info=news&Id=7197332F2D209714EE493AD9EF99976C

[3]台灣 PM2.5 濃度的污染源前三名依序為大貨車九．五三％、餐飲業油煙六．一三％以及電力業五．六％。值得注意的是陸上交通工具，包括大貨車、自用小客車、四行程機車、其他大客車、二行程機車、公車客運車、柴油小貨車和汽油小貨車所排放的廢氣，竟佔了 PM2.5 污染源的廿．三七％。資料來源:自由時報，(2015.11.15) https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/932316。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

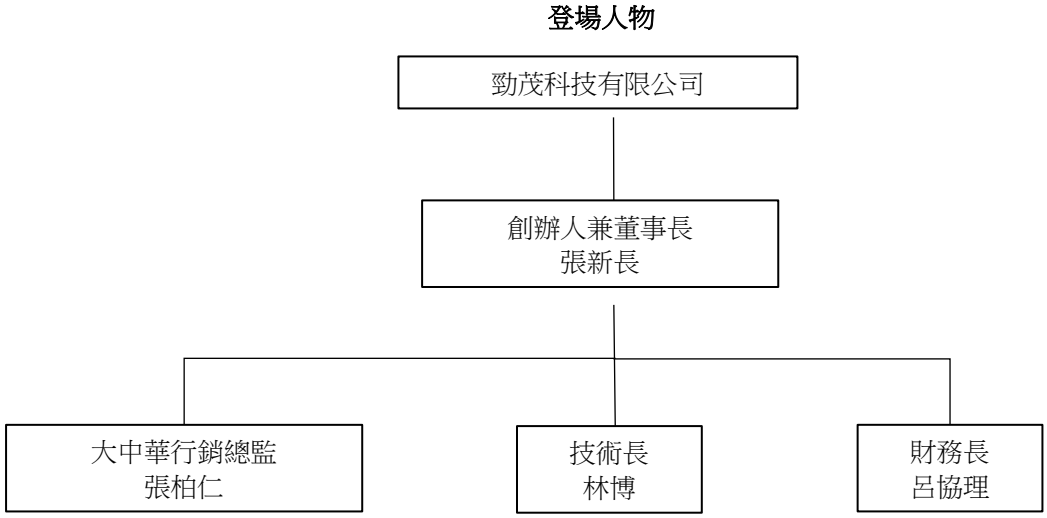

圖 1 個案登場人物

資料來源：個案公司提供

貳、 勁茂科技-兩代戮力經營，專注汽機車金屬觸媒轉化器

1994 年，張新長離開了工作多年的高力熱處理公司，因為看到臺灣經濟起飛及科技發展所帶來的環境破壞，基於自身的專業背景，更在創造屬於自己事業的環保夢想驅動下，張新長決定投身研究機車金屬觸媒轉化器設計這個高技術門檻的領域，歷經五年的苦心鑽研，張新長終於在 1999 年以資本額新臺幣五百萬元創立了勁茂科技有限公司擔任董事長，並以機車金屬觸媒轉化器作為公司的第一個商品，公司成立初期慘澹經營，期間還因金屬觸媒技術開發的難度及專利取得的不易，需要投入大量的資金使得公司財務一度面臨緊張，終於在張董事長戮力經營的堅持下公司營運逐漸穩定。

2004 年張新長長子張柏仁離開了原來不順遂的工作領域，父親的關愛及期望，希望他加入勁茂公司，不僅可讓他充分發揮及學習觸媒領域，同時可試試挑戰高難度的獨特性市場。不久之後張柏仁便加入勁茂科技了成為勁茂的一份子，跟著張董學習金屬觸媒的產品及市場。2006 年張柏仁嗅出大陸市場的人口紅利必需及早因應，於是便說服父親，隻身前往大陸開發市場，但由於對市場不了解及

民眾文化認知上差異，始終無法創造出好的成績。為了更全力投入，決定舉家遷移至大陸背水一戰。

2007 年臺灣環保署正式頒佈了機車五期排放標準，經過布局多年，與機車排氣管大廠結盟成為打進一線機車廠的重要關鍵，勁茂科技的機車金屬觸媒轉化器終於對公司營收產生了爆發性的影響，使得公司年營收從 2013 年到 2015 年連續三年營業額皆超過新台幣億元，而在台灣機車觸媒轉化器市佔率更高達 40%，勁茂科技儼然成為一家台灣第一的隱形冠軍企業。不但如此，2016 年勁茂科技以其獨特的金屬觸媒技術更獲得了台、中、日、韓、泰、澳、美及歐盟八個國家及地區的專利(參見附錄一)。

2016 年新春，正當公司金屬觸媒產品前景一片看好之時，市場的警訊卻悄然地來到；前一年 2015 年公司營收成長比 2014 年下滑了 17%(參見附錄二)，張董不免對業績下滑背後的市場變化感到憂心忡忡。機車排氣管代工客戶透露有德、日機車金屬觸媒大廠欲搶佔台灣市場，同時間政府也公布了推動電動機車的政策，這些市場衝擊將影響機車產業鏈的未來發展，稍一不慎就可能導致營運反轉直下，下一步該如何布局牽動著勁茂的前景。

參、產品、市場與競爭

燃油汽/機車(包括機車、汽車、柴油車)其觸媒轉化器通常都裝置於品牌車廠提供所謂原廠排氣管零組件中，而排氣管廠商多作為品牌車廠的 ODM/OEM 廠商或是以自有品牌提供車主改裝/換裝服務。像勁茂這樣的專業觸媒轉化器製造商則作為品牌排氣管的 ODM/OEM 廠商或是以自有品牌提供車主改裝/換裝選用。燃油汽、機車原則上都需要觸媒轉化器，而以電池作為動力來源的電動汽/機車因為不屬於燃油汽/機車，不會排放有害氣體造成空氣汙染，所以不需要配置觸媒轉化器，因此隨著環保趨勢及政府補助方案，電動汽/機車的市場占比越高，自然影響到燃油汽/機車的市場占比。

勁茂科技是專業做金屬觸媒的公司，因為張新長董事長早期在金屬熱處理公司的學習及經驗累積，勁茂的觸媒轉化技術一直著重在金屬觸媒相關研發,主要的

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

產品有機車金屬觸媒轉化器、汽車金屬觸媒轉化器及柴油金屬觸媒轉化器三大類。而勁茂主要競爭者分別是: 機車金屬觸媒為德、日代工大廠，汽、柴油車金屬觸媒為國際品牌車原廠的排氣管代工廠。

勁茂從 1998 年成立後，即鎖定機車金屬觸媒市場，由於勁茂是早期投入金屬觸媒研發的先鋒，早在法規要求將近十年前就進入市場，再加上國內機車製造品牌廠市占率高，終於等到 2007 年台灣機車五期環保法正式啟動，所有新出廠機車必須裝置觸媒轉化器，更因為機車避震效果不佳，蜂巢狀陶瓷基材經長期使用容易碎裂，所以機車觸媒轉化器都採用蜂巢狀金屬基材為載體的金屬觸媒轉化器，而且透過日系一線排氣管大廠關係，終於打進最難的一級車廠市場，使得勁茂的機車金屬觸媒轉化器在台灣機車四大廠的佔有率高達四成，多年的布局和技術的積累終於獲得市場的肯定與回饋。在 2015 年營收達到 1.2 億，其中機車金屬觸媒轉化器營業額佔比為 80%，汽車金屬觸媒轉化器營業額佔比為 20%，柴油金屬觸媒轉化器則尚未進入市場，如下表。

表 1 產品別營業額佔比

2015 年	機車金屬觸媒轉化器	汽車金屬觸媒轉化器	柴油金屬觸媒轉化器
產品別營業額佔比	80%	20%	---

資料來源：個案公司提供

然而在汽車金屬觸媒轉化器的市場推廣上，就不像機車金屬觸媒轉化器那麼的順遂，由於的汽車觸媒轉化器中的陶瓷擔體的價格遠低於金屬擔體，為了降低成本，國際品牌車廠的排氣管供應商都採用陶瓷觸媒轉化器作為品牌汽車出廠之原廠配備，加上台灣僅有一家品牌車廠的市場不利因素下，勁茂一開始就把眼光放在中國市場，2006 年大中華行銷總監張柏仁就嗅出大陸市場的人口紅利，因應市場的需求隻身前往大陸開發市場，希望能夠將台灣機車金屬觸媒的成功模式複製到對岸，但是由於汽車品牌廠對金屬觸媒載體與陶瓷觸媒載體的成本差異考量，始終無法打進汽車品牌廠的代工排氣管廠。大陸市場發展迄今時好時壞並不穩定，原因是市場定位及需求不明確的問題，直到近幾年德國幾個重量級車廠推出渦輪引擎的車種，因為金屬觸媒特性，可以延展比陶瓷觸媒再薄至少 3 倍以上，

背壓低，通氣通透，溫升快散熱也快，雖然成本相對高，卻是配置渦輪發動機的汽車的最佳解決方案，漸漸地汽車金屬觸媒也為公司貢獻一定程度的業績。

勁茂的柴油金屬觸媒轉化器屬於技術創新，完全顛覆現有的柴油廢氣處理系統，取代現有的 DPF 柴油濾煙器，革新性金屬觸媒，就像是個焚化爐的概念，用新結構革命性創舉，運用引擎轉速溫度點燃活性貴金屬鉑、鈀、銠，觸媒被點燃後溫度隨即提升到 400~600 度，黑煙粉塵焚化最佳效果的溫度，完全燃燒不會有積碳，稱得上是革命性治本的產品。

張新長認為:

「柴油發動機整體市場比汽油發動機市場大，從農業機械、拖拉機、中重型卡車、專用車輛、工程機械，發電機組，船舶動力、礦山機械、油田鑽井設備、輕型卡車及一般小車等範疇，目前規劃測試的產品可以符合部分的領域。」

未來環保署將推動濾煙器補助方向來加速淘汰或更新這些老舊柴油車，可以看出政府在環保議題上的注重，但對勁茂公司仍是雙面刃，金屬柴油觸媒可以完全取代濾煙器，但這樣創新的產品，剛要推向市場，目前不管是在公司或產品的知名度不足，因此要在市場推廣及被政府認可，仍需要想出創新的商業模式，換句話說，要跟一級原廠的合作會遠比現行機車領域要難上更多。

肆、該搶進商機或守住成果

沉思中不覺張新長已經回到桃園營運總部的辦公室，他立即交代吳秘書: 「等會兒請張總監進來我辦公室一趟」。

大中華行銷總監張柏仁快步走向前，與董事長打招呼並請示地問道:「是延續早上未結束的議題? 還是有其他的指示? 」

張董說:「繼續早上的議題」。

張總監回答著:

「仰賴多年經營的排氣管大廠客戶關係，勁茂的機車金屬觸媒轉化器終於藉由排氣管大廠打進一線機車大廠，目前看似前景無限，但隨著臺灣環保法規

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

2017 年要進入六期[4]，總體難度比五期多上一倍，耐久性測試從五期 15,000 公里變到六期 30,000 公里，起燃點更嚴格等技術難度門檻提高，需要投入更多研發才能符合，在德、日大廠加入台灣機車市場的競逐下，勁茂在機車金屬觸媒的技術領先優勢正逐步流失中」。

「中國向來都是機車製造的大本營，每年有大約 1,680 萬台的生產量，而臺灣一年大約只生產 100 萬台，全球觸媒大廠過去並未著重於台灣市場，因此臺灣機車觸媒市場一直是個偏安的藍海市場，恰好給了我們安身立命的機會」。

「2004 年以來國際機車觸媒大廠都陸續在大陸設廠，未來大陸廠機車觸媒轉化器年產量預估將達到 7,000 萬顆，屆時必然競相爭奪每年 1,680 萬台的中國機車市場份額，其中最大的德國和日本廠商就佔了 60%大陸總體產能」。

張總監接著說:

「近來由於中國各廠產能擴充太大，加上法令規定大陸沿海及一級城市都禁止機車行駛，造成中國市場需求減少產能過剩的現象。除此之外臺灣機車金屬觸媒市場的毛利率又遠比大陸市場來的高，種種因素造成國際機車觸媒大廠紛紛轉進台灣市場」；

「根據可靠的消息,德、日兩大廠已經符合兩年後的臺灣環保六期法規，且藉著規模經濟的成本競爭優勢報價比勁茂低 30%，正送進臺灣一級機車車廠測試中，挾著國際大廠完整的資源整合能力一旦通過測試，勁茂這幾年好不容易建立的基礎，極可能一夕間被替代掉」。

伍、電動機車的衝擊

台灣因應環保趨勢鼓勵電動機車的議題討論多年，機車大廠早期並不以為意，但近期隨著 gogoro 以創新的商業模式贏得行政院國家發展基金及與國際大廠 Panasonic 的投資合作，不久的將來電動機車極有可能成為引領世代的主流，四大

[4] 現行台灣的機車第五期污染排放法規是從 2007 年 7 月開始實施，因世界各國對於機車污染排放法規日趨嚴苛，台灣也須跟上腳步與世界同步接軌，所以行政院環境保護署將於 2017 年實施第六期機車污染排放標準。資料來源:電子報，車輛中心技術服務處 詹金治 https://www.artc.org.tw/chinese/03_service/03_02detail.aspx?pid=3018

機車廠也勢必會全力投入開發資源，由於電動機車根本不需要裝置觸媒轉化器，這衝擊更加重了對機車金屬觸媒產品持續研發的不確定性。

柒、該搶進商機或守住成果

張總監說道:

「目前東南亞碳排放還在歐洲三期標準內，比臺灣的環保法規還要低幾個級距，勁茂公司產品在技術上是絕對合規的。2015 年東南亞機車銷售數量，在印尼、越南、泰國、菲律賓合計達到 1,276 萬輛，約為 2015 年臺灣機車銷售數量的 10 倍，初估機車觸媒市場規模將可達新臺幣約五十億(參見附錄三)，如果市佔率可達千分之一的話，則能為公司拓展近新臺幣五千萬的營銷收入。」

「如果繼續固守臺灣市場，所面臨的問題將是市場快速萎縮，被大廠取代，公司將遭遇空前的危機，是否該趁此危機轉進東南亞市場？」

捌、汽車改裝市場曙光乍現

改裝車主一向對車子動力性能要求極高，一旦改裝動力提升到一定程度，原廠觸媒轉化器將無法滿足車主的要求，現有的原廠大都是陶瓷觸媒，原因是陶瓷觸媒成本低，功能能滿足一般消費者，但是隨著渦輪車的崛起，帶動了金屬觸媒在排氣管頭段改裝的需求。

陶瓷觸媒因材質問題，最薄處僅能做到 0.1mm 厚度，造成渦輪車排氣背壓過大，溫度上升，陶瓷本身保溫性佳，散熱慢，長期下來會造成車子動力減損，渦輪的損耗，更嚴重者會引起渦輪周邊部件損害，反觀金屬觸媒特性，可以延展比陶瓷觸媒再薄至少 3 倍以上，背壓低，通氣通透，溫升快散熱也快，雖然成本相對高，卻是渦輪發動機的最佳解決方案，可預期由歐洲幾大車系 BMW、Benz、Porsche、Audi 持續推出各種渦輪發動機的車款，來滿足消費大眾對動力不斷提升的要求。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

2015 年全球汽車銷售數量達到 8,700 萬輛(如圖 2)，其中北美改裝市場總量預估 600 億美元約 1.8 兆元臺幣，滲透率達 80%，中國改裝市場總量 598 億元人民幣約 2,780 億元臺幣，滲透率僅 5%，因此中國改裝車金屬觸媒市場商機已然浮現。

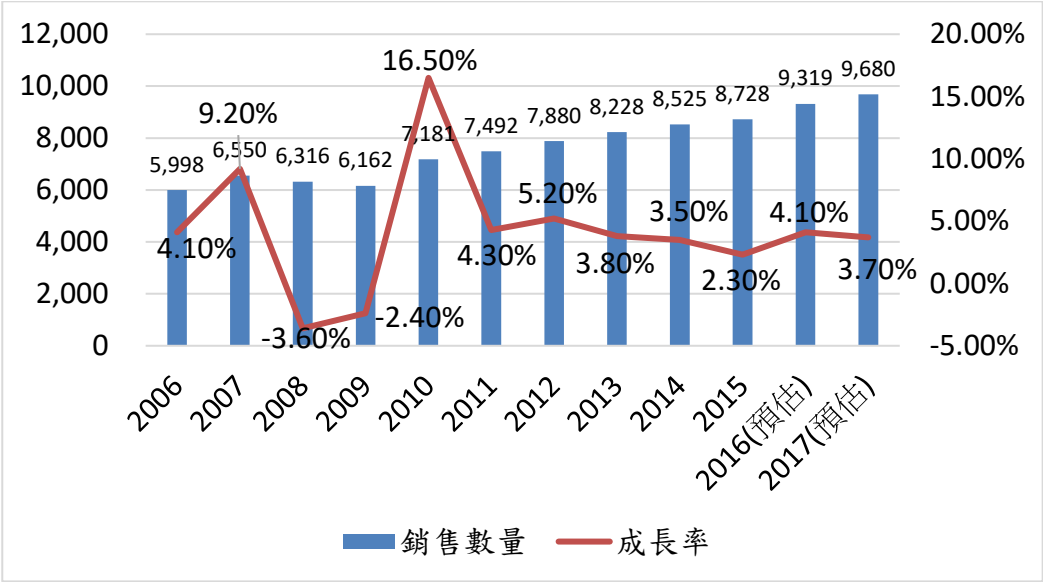

圖 2 2006~2017 年全球車市規模(含預估)

資料來源：Marklines，ARTC，車輛中心整理

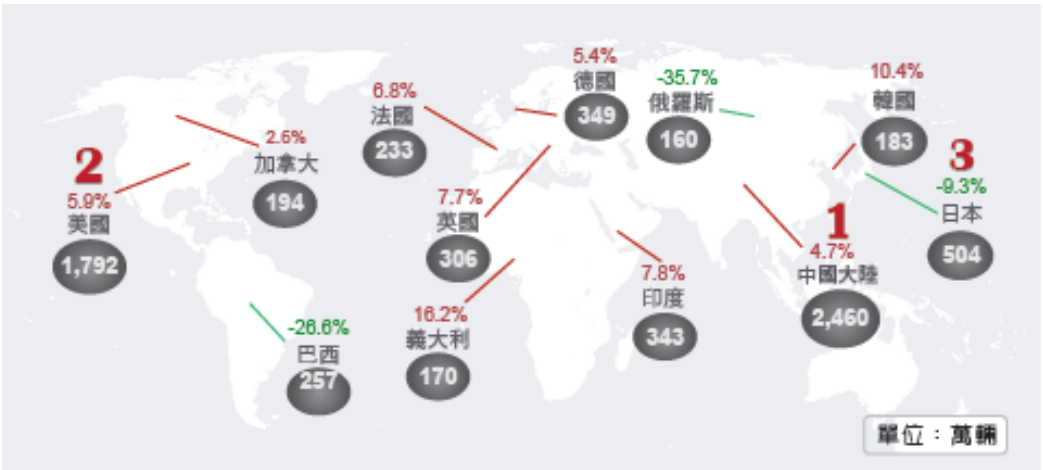

圖 3 2015 年全球各主要車市概況

資料來源：Marklines，ARTC，車輛中心整理

張總監掩不住心中的興奮，繼續與張董報告著，這幾年除機車觸媒已穩定交貨外，汽車金屬觸媒也為公司貢獻一定程度的業績，大陸市場從 2010 年發展迄今，一直沒有重大的突破，業績也時好時壞並不穩定，原因是市場定位及需求不

明確的問題，但德國幾個重量級車廠近幾年一直推出渦輪相關系列的車種，拉大與日本車設計上的差異化，大陸市場同業並沒有汽車排氣管頭段改裝的經驗，勁茂科技憑藉多年與一級原廠互動的過程，累積了相當多的改裝汽車觸媒轉化器技術，足以滿足消費者對改裝車動力不斷提升及靈活操控性的要求。

在技術長林博帶領下，符合排氣管頭段觸媒的改裝產品已經準備好了，應該趁大陸市場目前還沒有排氣管頭段觸媒改裝同業競爭的狀態，更精準布局大陸改裝車市場，應該因應網路時代，改變傳統行銷方式，透過數位行銷流程規劃及社群營銷策略，以企業微信公眾平台運營方案，創造出勁茂下一個核心事業，降低受機車觸媒市場的不確定因素影響到公司整體發展。

2015 年全球十大豪華車的銷售量 8,147,142 輛，其中中國市場貢獻 1,851,134 輛，前三名廠牌為 BMW、Benz、Audi，在中國銷售總數 1,421,259 輛，佔整體中國豪華車的 76%，假設勁茂科技能在中國市場每年以市佔率千分之一的份額增加，以平均單價新臺幣 50,000 元/每只，將會有每年七千萬營收，不但能立足大陸最大的汽車市場，未來更能進軍全球(參見附錄四)。

玖、柴油車市場的新契機

「2015 年 9 月福斯汽車柴油廢氣排放造假，大眾集團被美國國家環境保護局(EPA)查獲，在旗下汽車發動機控制器被植入特殊軟體，以規避官方檢驗事件，在官方檢驗時自動調整參數已通過排放標準，但實際上車輛排放的廢氣，全都超標十到四十倍。」

看完上述新聞報導，張新長興奮的感覺到，之前一直請林博規劃的未來產品，顯然上市時機已然到來，並由吳秘書請技術長林博到張董事長辦公室一趟。

張新長對林博說:

「技術長，關於福斯汽車柴油廢氣排放造假的新聞，您有甚麼看法?」林博回說:既有舊式柴油系統 DOC + SCR + DPF5，隨著全球環保意識抬頭，歐盟和美國環保法規趨於嚴格下，舊的技術已經無法滿足新的環保法規標準了，公司之

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

前一直在研發的柴油金屬觸媒，陸續有一些車種的實裝測試，這則新聞無疑是幫我們打免費的廣告，我覺得應該是時候推出這產品問世了」。

綜觀柴油金屬觸媒市場規模，2015 年全球柴油小車，北美重卡，台灣一、二期老舊車輛及柴油電機，預估 2.3 兆新臺幣，如下表 2。

表 2 近年全球車市規模

單位:新臺幣萬元

2015 年全球柴油小車規模(26%)	數量(萬輛)	單價	金屬觸媒市場規模(預估)
全球柴油小車規模	2,270	100,000	227,000,000
北美重卡規模	50	120,000	6,000,000
台灣一、二老舊車輛數	8	120,000	960,000
台灣柴油電機規模(民用)	0.24	80,000	19,200
總和			233,979,200

資料來源：近年全球車市規模，Marklines，車輛中心整理，台灣環保署

由於福斯柴油廢氣排放造假，讓特斯拉電動車開始大賣，歐美政府陸續祭出相關的法令來因應，對柴油市場的大環境和景氣的衝擊不能說不大，對公司而言是危機也是轉機，到底該如何利用這一個契機來做有效的翻轉向上?

接下來的幾週，會議時間的議題始終圍繞著汽車改裝市場、柴油金屬觸媒和機車六期法規產品適用性問題，張新長仍禁不住煩心，想想是否要找其他部門來聽取及交換意見，於是請財務長呂協理到張董辦公室來聊聊。

拾、行銷資金問題

「董事長好」，呂協理輕輕敲著門進來，張新長說最近從周會、月會到剛剛的季會，從研發到行銷一直都在汽車、柴油、機車觸媒市場三大議題討論不已，我倒想聽聽你從財務面的角度有甚麼樣的想法? 呂協理拿出才剛申報的財務報表；2015 年度公司營業淨利台幣 732 萬(參見附錄五)。說道:

「張總監在汽車排氣管頭段金屬觸媒有獨到的市場敏銳度，時機點也很適合，但要推動屬於觸媒廠的品牌，這是一場漫長的路，品牌所要投入的廣告和發展的資金，恐怕不是現階段公司財務結構所能負擔的」。

勁茂只是個中小企業，以目前的資金及傳統的行銷方式投放到大陸市場，是沒有足夠的財力創建具市場影響力之品牌，除非借助網路資訊科技打造適合勁茂大陸改裝車市場的低成本數位行銷、社群行銷運營方案，才能於短期產生績效達到業績倍增，並在建構品牌的過程中發展出企業的核心理念、建置企業識別、創造品牌資產。若能把握這次的機會，可能化危機為轉機，讓勁茂開創另一個新局。

技術長林博開發的新產品，在柴油觸媒市場上相當的創新，加上把濾煙器這個柴油觸媒最大的問題一舉排除，感覺前景一片看好，但在推出市場前，防禦性的機制卻是一定要先準備好，專利佈局，現在智慧財產權意識高漲下，專利的申請是保護自己不被干擾的必要條件，尤其公司的產品傾向歐美系車種居多，專利重要性更是可見一般，只是專利費用恐怕不是一筆小費用。初步就要申請歐洲、美國、日本、韓國、台灣、大陸澳洲及紐西蘭，預估專利的申請及後續的維持費用高達約新臺幣 7,000 萬元。

目前公司現有資金不足，如果真要同步發展汽車金屬觸媒品牌及柴油金屬觸媒，勢必要走向籌資之路，既有的銀行融資，是我們一直以來所採用的方式，現在應該考慮多元的方式，如創投基金，中小企業創新發展專案，行政院國家發展基金…等。

或者走穩紮穩打的路線，汽車金屬觸媒大陸改裝市場也進行一段時間，當地培養的店家通路也認同勁茂金屬觸媒是臺灣製造所代表的高品質，與大陸本地的製造商不一樣，店家產品賣得好，就會渴望創建出品牌透過網絡行銷來經營市場，這是大陸市場的特色，不如依張總監的想法付諸實行，先藉由專利行銷賺取專利授權金，並凸顯勁茂在汽車金屬觸媒的技術領先，再建立微信(Wechat)公眾平台，讓用戶從平台「獲取實用資訊」、「豐富生活」及「學習新知」，再借力使力舉辦社群活動，讓經銷商從平台獲取分潤及讓利，讓粉絲感受到真誠溝通的心意，且初期不用投入太多資金，創造平台經濟。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

2016 年 7 月在大鵬灣國際賽車場，李大仁等著張新長的到來，只要跟車子有關不管是排氣管或是觸媒行業，都會定期來大鵬灣朝聖，看著那些超跑，重機競速之外，也是看產品的的安裝測試效果，符不符合使用者的需求。

拾壹、投資汽車金屬觸媒品牌、金屬觸媒柴油的資金如何抉擇

李大仁是在超跑改裝市場與勁茂長期合作的最重要客戶，從麥拉倫 570s、法拉利 F12 系列、保時捷 911GT3RS、瑪莎拉蒂 4.7、BMW M6、Benz C63s 搭載勁茂金屬觸媒，也是最支持勁茂產品開發及公司發展，李大仁感覺張新長今天不像以往哪麼專注再看超跑賽事，什麼事讓您煩心。張新長說：

「正好您問起，其實有一些事一直想聽聽您的想法，目前機車臺灣環保六期法規實施在即，又遇到國際大廠要進來搶食這塊已經不太大的餅，電動機車搭上節能環保議題把整個台灣機車觸媒市場弄得糟透了。我正準備讓公司開始轉型，但不論是在柴油新產品新市場，或是柏仁想要在大陸改裝車市場創立汽車金屬觸媒轉化器品牌，更甚者轉進東南亞打當地機車市場，每一項決策對公司未來發展都是截然不同的影響，除牽動到資金應用，組織也要變革再造及補足人資缺口，先推行哪一項，還是要同時推動，讓我一時拿不定主意」。

李大仁說：「新長，品牌建立就長遠來看是必須的，必要的投資可以從公司的資源做一些合理的分配，再加上柏仁在大陸經營多年，他是第一線業務負責人，要相信他在這方面的專業，如果按照他的計畫幾年後可以為公司創造出每年七千萬到一億營收，不就可以彌補機車金屬觸媒營收短少的窘境了嗎? 「至於柴油金屬觸媒市場，創新的產品固然是未來的潛力，但它必須面對的是原廠接受度問題；改裝市場對它的陌生，需要用口碑和體驗行銷，在老舊柴油車廢氣排放的改善，金屬柴油觸媒取代濾煙器[5]是非常可行的，政府明確的政策將會對公司有正面

[5] 濾煙器(Diesel Particulate Filter, DPF)：主要功能是將柴油引擎排放廢氣中之懸浮微粒(Particulate Matter,PM)給過濾掉，但隨時間的增長，DPF 內部累積之 PM 也會越來越多，而造成引擎效能降低及排氣背壓產生的影響，因此為了避免這種情況發生，必須在固定的時間點內啟動再生控制，透過高溫將 PM 燃燒後恢復正常狀態。資料來源:車輛中心技術服務處 詹金治
https://www.artc.org.tw/chinese/03_service/03_02detail.aspx?pid=301

的幫助。我認為現在這兩個都是要並行發展，時機稍縱即逝，至於所要面臨的問題，可以分析後提出策略，再來分階段執行。

張新長在大鵬灣回程的路上看到前方的柴油貨卡，停紅燈後一個重踩油門，像烏賊車一樣黑煙滿佈，引擎沒力的情況連帶影響整個車道行進的速度，造成整列車道延伸，張董心想過去一年公司所經歷的產品/市場問題與挑戰，隨著 2016 年春天的到來，是該做決定的時候了，機車、汽車、柴油三大金屬觸媒領域如何抉擇，才能達到未來 3 年業績翻倍的目標呢? 想著想著張新長又再次陷入了長考。

關於作者

Ying-Lun Mao is PhD candidate in Department of Management Information Systems from National Chengchi University. He current research interests include Green Supply Chain, Blockchain, FinTech and related case study.

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

附錄一、勁茂科技金屬觸媒產品相關專利

國家	證號
台灣	新型第 M519177
台灣	新型第 M554939
中國大陸	新型第 5248467
中國大陸	新型第 7279369
日本	新案 3202838
日本	新案 3214950
美國	35.U.S.C.154(A)
歐盟	3179065
澳洲	2015101770
韓國	20-0484177
泰國	1503002197

資料來源：個案公司提供

附錄二、2011~2015 年勁茂科技營業收入

單位:新臺幣元

勁茂科技	2011	2012	2013	2014	2015
營業收入	53,216,121	76,378,587	116,328,681	146,615,185	121,345,259
營收成長率		30%	34%	21%	-17%
營業毛利	10,173,435	14,479,772	19,893,246	23,335,619	21,638,185
毛利率	19.12%	18.99%	17.12%	15.92%	17.83%

註:2015 年產品營業額佔比；機車金屬觸媒佔比 80%，汽車金屬觸媒佔比 20%。

資料來源：個案公司提供

單位:新臺幣元

勁茂科技有限公司	機車金屬觸媒	汽車金屬觸媒	柴油金屬觸媒(預估)
平均售價	400	50,000	100,000
毛利率	18%	30%	40%

資料來源：個案公司提供

附錄三、全球主要機車市場近年來銷售概況

(單位：萬輛)

國家	2013	2014	2015	2016
印度	1,481	1,600	1,646	1,759
中國	2,289	2,129	1,882	1,680
印尼	777	787	648	593
越南	283	240	290	320
巴基斯坦	80	74	106	163
泰國	200	170	164	174
菲律賓	75	79	85	114
台灣	64	67	67	79
巴西	159	143	119	86
哥倫比亞	66	70	68	67

資料來源:各國汽車工業協會、摩托車協會等，車輛中心整理

附錄四、全球十大豪車銷售排行榜

(單位：輛)

排名	品牌名稱	全球銷量	中國銷量
1	BMW	1,905,236	463,736
2	Mercedes Benz	1,871,511	373,459
3	Audi	1,803,250	570,889
4	Lexus	652,000	88,500
5	Volvo	503,127	81,588
6	Jaguar Land Rover	487,065	92,474
7	Cadillac	277,784	79,779
8	Porsche	225,121	58,009
9	Infiniti	215,250	40,188
10	Acura	206,800	4,100

資料來源:蓋世汽車訊 2015 年全球十大豪車銷售排行榜

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

附錄五、勁茂科技有限公司財務報表

一、損益表(2013-2015)

		勁茂科技有限公司						
		損益表						
		損益項目	帳載結算金額			自行依法調整後金額		
			2013年	2014年	2015年	2013年	2014年	2015年
營業淨利	1	營業收入總額(包括外匯收入)	116,328,681	146,615,185	121,345,259	116,328,681	146,615,185	121,345,259
	2	減：銷貨退回	0	0	0	0	0	0
	3	銷貨折讓	97,723	64,104	3,630	97,723	64,104	3,630
	4	營業收入淨額(01-02-03)	116,230,958	146,551,081	121,341,629	116,230,958	146,551,081	121,341,629
	5	營業成本	96,337,712	123,215,462	99,703,444	96,337,712	121,072,679	98,205,225
	6	營業毛利(04-05)	19,893,246	23,335,619	21,638,185	19,893,246	25,478,402	23,136,404
	7	毛利率(06/04*100)	17.12%	15.92%	17.83%	17.12%	17.39%	19.07%
	8	營業費用及損失總額(10至32合計)	15,260,518	15,310,132	14,317,371	11,756,353	14,522,194	13,507,497
	9	費用率(08/04*100)	13.13%	10.45%	11.80%	10.11%	9.91%	11.13%
	10	薪資支出	2,191,488	3,293,422	3,553,421	2,191,488	3,293,422	3,553,421
	11	租金支出	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	12	文具用品	75,643	78,616	63,895	75,643	78,616	63,895
	13	旅費	978,693	938,370	475,790	978,693	938,370	475,790
	14	運費	970,413	976,471	475,256	970,413	976,471	475,256
	15	郵電費	237,180	149,645	127,713	237,180	149,645	127,713
	16	修繕費	978,584	896,777	541,557	978,584	896,777	541,557
	17	廣告費	30,840	350,150	187,600	30,840	350,150	187,600
	19	保險費	280,862	427,010	458,564	280,862	427,010	458,564
	20	交際費	492,982	543,190	490,806	492,982	543,190	490,806
	22	稅捐	100,978	162,787	211,935	100,978	162,787	211,935
	24	折舊	4,643,623	2,525,176	3,232,193	1,139,458	1,737,238	2,422,319
	27	伙食費	109,800	174,600	273,000	109,800	174,600	273,000
	28	職工福利	156,797	155,489	151,093	156,797	155,489	151,093
	32	其他費用	3,976,635	4,602,429	4,038,548	3,976,635	4,602,429	4,038,548
	33	營業淨利(06-08)	4,632,728	8,025,487	7,320,814	8,136,893	10,956,208	9,628,907
	104	營業淨利率(33/04*100)	3.99%	5.48%	6.03%	7.00%	7.48%	7.94%
非營業收益	34	非營業收入總額(35至44合計)	879,362	51,934	166,259	879,362	51,934	166,259
	38	利息收入	9,600	8,510	8,654	9,600	8,510	8,654
	40	出售資產增益	869,762	0	0	869,762	0	0
	43	兌換盈益	0	43,424	157,605	0	43,424	157,605
非營業損失	45	非營業損失及費用總額(46至52合計)	1,285,076	2,064,212	2,503,470	1,285,076	2,064,212	2,503,470
	46	利息支出	1,285,076	2,064,212	2,013,559	1,285,076	2,064,212	2,013,559
	48	出售資產損失(包括證券、期貨、土地交易損失)	0	0	307,141	0	0	307,141
	51	兌換虧損	0	0	182,770	0	0	182,770
損益及課稅所得	53	全年所得額(33+34-45)	4,227,014	6,013,209	4,983,603	7,731,179	8,943,930	7,291,696
	54	純益率(53/(04+34)*100)	3.61%	4.10%	4.10%	6.60%	6.10%	6.00%
	59	課稅所得額(53-93-99-101-57-129-132-58-55-125+126)	-	-	-	7,731,179	8,943,930	7,291,696

資料來源：個案公司提供

二、資產負債表(2013-2015)

勁茂科技有限公司

資產負債表

編號	項目	金額						編號	項目	金額					
		2013年		2014年		2015年				2013年		2014年		2015年	
		小計	合計	小計	合計	小計	合計			小計	合計	小計	合計	小計	合計
1100	流動資產		49,336,047		62,819,097		62,290,773	2100	流動負債		24,291,099		43,931,493		53,490,476
1111	現金	153,933		140,622		122,666		2110	短期借款	15,220,000		26,210,000		44,325,272	
1112	銀行存款	13,814,018		14,356,482		24,056,432		2112	銀行借款	15,220,000		26,210,000		44,325,272	
1121	應收票據	7,774,318		16,219,314		9,997,340		2120	應付款項	8,696,732		17,224,187		8,752,676	
1122	減：備抵呆帳	0		0		0		2121	應付票據	6,326,776		16,131,858		7,580,028	
1123	應收帳款	18,103,855		25,789,420		22,818,587		2122	應付帳款	1,286,574		-		459,750	
1124	減：備抵呆帳	0		0		0		2123	應付費用	159,619		229,843		234,392	
1129	其他應收款	0		0		0		2124	應付稅捐	923,763		862,486		478,506	
1130	存貨	4,323,522		6,205,452		5,258,620		2129	其他應付款	0		0		0	
1131	商品	4,323,522		6,205,452		5,258,620		2190	其他流動負債	374,367		497,306		412,528	
1140	預付款項	5,166,011		106,448		36,938		2196	其他流動負債-其他	374,367		497,306		412,528	
1141	預付費用	135,372		78,942		16,619		2200	非流動負債		22,722,353		17,694,927		5,731,548
1143	預付貨款	5,025,391		0		0									
1149	其他預付款	5,248		27,506		20,319		2220	長期借款	22,722,353		17,694,927		5,731,548	
1190	其他流動資產	390		1,359		190		2000	負債總額		47,013,452		61,626,420		59,222,024
1194	進項稅額	390		1,359		190		3100	資本或股本(實收)		5,000,000		10,000,000		10,000,000
1200	非流動資產				15,261,728		13,086,204	3110	股本(登記)	5,000,000		10,000,000		10,000,000	
1400	固定資產		7,506,612	15,007,828		12,832,304		3400	保留盈餘		5,083,107		6,454,405		6,154,953
1451	運輸設備	10,322,262		20,294,845		19,784,845		3410	法定盈餘公積	2,170,393		1,961,664		2,410,938	
1452	減：累計折舊	(3,000,716)		(5,463,435)		(7,082,086)		3411	法定盈餘公積(86年度以前餘額	0		0		0	
1461	辦公設備	491,391		545,200		545,200		3412	法定盈餘公積(87至98年度餘額	1,281,963		781,963		781,963	
1462	減：累計折舊	(306,325)		(368,782)		(415,655)		3413	法定盈餘公積(99年度以後餘額	888,430		1,179,701		1,628,975	
1900	其他非流動資產	253,900		253,900		253,900		3440	本期損益(稅後)	2,912,714		4,492,741		3,744,015	
1901	存出保證金	253,900		253,900		253,900		3000	權益總額		10,083,107		16,454,405		16,154,953
1000	資產總額		57,096,559		78,080,825		75,376,977	9000	負債及權益總額		57,096,559		78,080,825		75,376,977

資料來源：個案公司提供

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.01

曹莉玲*

外籍勞工的跨境匯款—由誰出線？

2016 年數位點子開始用 Line 處理外籍勞工的跨境匯款訂單，在客戶反應下，開發手機 APP 以自動化的方式處理訂單，此項改變讓顧客滿意度提高，也大幅增加營業額。母公司的統振為上櫃公司對風險控管及承擔有一定能力，外勞手機話費預付卡 18 年經營經驗，外勞市場的通路布局完整。當政府提供業者監理沙盒案的外籍勞工跨境匯款申請案時，高層需要決定該由哪一間公司參與競爭。

本教學個案旨在從個案中了解企業使用科技改進商業模式使得企業營收成長，更提高顧客價值，從個案中也探討企業主面對外部競爭者時，該如何下決定。

關鍵詞：監理沙盒、顧客價值、整合科技接受模型

* 作者曹莉玲為國立政治大學資訊管理學系博士候選人
Email: 106356508@nccu.edu.tw

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

Li-Ling Tsao*

Cross-border remittances of foreign workers- Which company should apply?

Since 2016, Digital Idea Multi-Media started processing the orders of cross-border remittance for foreign workers in Taiwan with Line. On-demand of customers, it developed mobile APPs to process orders in an automated manner. This change has increased customer satisfaction and significantly increased turnover. Its parent company, Welldone Company, is an over-the-counter company that has certain ability to control and take risks. It has operated the prepaid cards business of mobile phone for foreign workers over 18 years, and its channel network of the foreign workers market is complete. When the government provides the application to supervise the cross-border remittances of foreign workers in the Regulatory Sandbox, the senior managers need to decide which company should participate in the competition.

This teaching case is designed to inspire students to learn that enterprises use technology to improve their business models, which enables them to grow revenue and increase customer value. From the case, it also discusses how the business owner should make a decision when facing external competitors.

Keyword：Regulatory Sandbox, Customer Value, UTAUT

*Li-Ling Tsao is Ph.D. candidate of Department of Management Information Systems, National Chengchi University
Email: 106356508@nccu.edu.tw

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

壹、數位點子的初期

2004 年成立的數位點子多媒體股份有限公司，資本額七千萬，原本以遊戲的通路代理業務為主，後來由於政策因素導致業務無法執行，然後改提供手機數位內容的來電答鈴下載服務業務的公司。

銷售手機來電答鈴業務時，從統振的外勞手機話費預付卡，發覺並沒有任何業者提供外勞手機市場的這項內容服務，為此數位點子到印尼、泰國及越南購買這類內容放入音樂資料庫中，讓外籍勞工可以申請來電答鈴服務。2005 年數位點子花新台幣 6 千萬與國外唱片公司簽署一年的音樂獨家授權，沒想到半年後市場情況開始改變，用戶不需要來電答鈴服務，那年整體結算下來賠了新台幣 3 千萬。當世界各地興起辦演唱會時，數位點子也開始辦起演唱會，到 2012 年 11 月更擴大在上海舉辦第一屆白色時尚音樂節，沒想到氣候因素干擾下，門票銷售十分慘淡，整個活動辦下來賠了新台幣 4 千萬。歷經幾次大型虧損情況後，統振董事會討論著是否該收掉數位點子這間子公司。

貳、轉型--跨入外勞相關產業

面對統振董事會的質疑，何總思索著數位點子的未來方向，他盤點公司原有的資源，結果發現手上有個營業項目可以使用：外勞的人力仲介，而這不在原先營運項目內。

政府為了補足勞動勞力及年長照護工作，允許業者引進外勞，然而少子化及老年化的情形加重，在台的外勞人數逐年升高(圖 1)。數位點子盤點到人力仲介項目，加緊研究政府外勞政策及國內市場後，2013 年開始外勞人力仲介業務。在台的四個國家外籍勞工中以印尼人數最多(表 1)，為此 2016 年年初開發電子商務平台—IndoGo，提供印尼外籍勞工 3C 產品及一般生活所需的食品及用品。平台由印尼籍的團隊以他們熟悉的感覺去設計使用介面，並設華語、印尼語的專業雙語客服團隊，並經營全印尼語的臉書官網及粉絲團，提供印尼及台灣二地新聞及娛樂資訊，除了推廣商品及服務，也聽取顧客的意見並進行交流。IndoGo 購物平台 2016 年佔公司業績 1.5%到 20 18 年將超過 6%。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

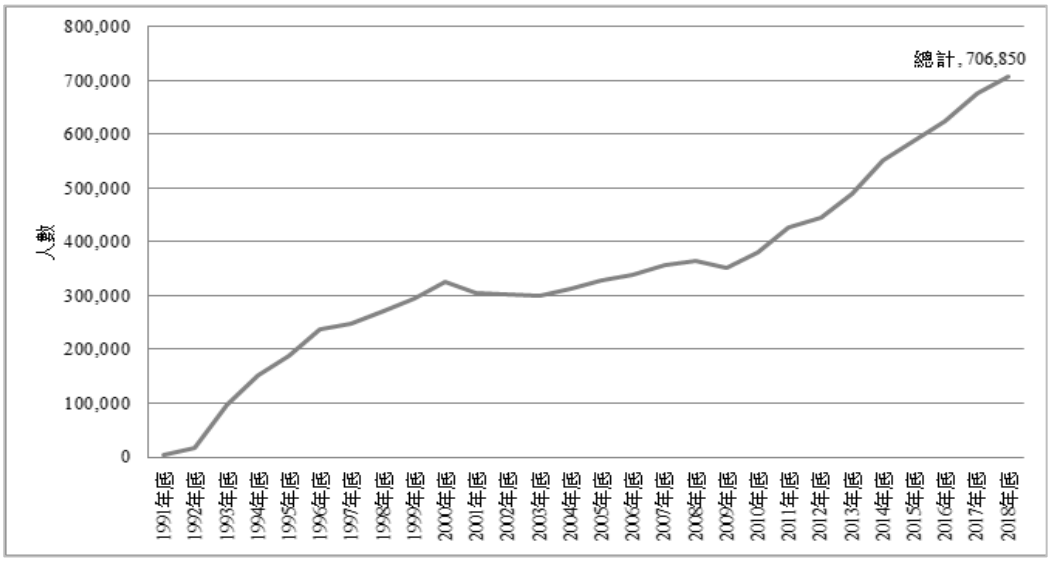

圖 1 1991-2018 年外籍勞工在台人數

資料來源: 中華民國勞動部

表 1 2009-2018 年台灣外勞國籍人數統計

	印尼	菲律賓	泰國	越南	其他	合計
2009 年	139,404	72,077	61,432	78,093	10	351,016
2010 年	156,332	77,538	65,742	80,030	10	379,652
2011 年	175,409	82,841	71,763	95,643	3	425,659
2012 年	191,127	86,786	67,611	100,050	4	445,578
2013 年	213,234	89,024	61,709	125,162	4	489,133
2014 年	229,491	111,533	59,933	150,632	4	551,593
2015 年	236,526	123,058	58,372	169,981	1	587,938
2016 年	245,180	135,797	58,869	184,920	1	624,767
2017 年	258,084	148,786	61,176	208,095	1	676,142
2018 年	268,576	154,209	60,764	223,300	1	706,850

資料來源：中華民國勞動部勞動統計查詢網[1]

[1] 外勞人數統計，勞動部勞動統計查詢網。
https://statdb.mol.gov.tw/statis/jspProxy.aspx?sys=100&kind=10&type=1&funid=q1301&rdm=dalg9imm(access date: 2019/12/26)

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

參、外勞的生活消費

在台外籍勞工的職業高達 61.1%是製造業，第二佔 36.5%是醫療保健及社會工作服務業。從事的行業別也因族群有明顯的差異，像印尼外勞以社會服務業居多，電子業聘僱菲律賓外勞多，泰、越外勞則多在傳統製造業。從事看護工作的外勞散居全台，工時最長，經常 24 小時看護，行動最不自由，大多數每月休假一日，甚至不休；製造業的外勞族群多集中於工業區，也讓外勞所在之處形成小型的外勞商店及聚落。外勞所在的地域分布：北北基佔 21.4%，桃竹苗佔 25.5%，中彰投佔 24.8%，雲嘉南 13.8%，高屏 10.8%，宜花東 3.1%，外島地區 0.6%；中部以北的外勞數即佔比達 71.7%。因應外勞假日休閒娛樂的需求，形成幾個外勞集中區域，北部如台北火車站地下街、北平西路外勞街、晴光市場、桃園後站、中壢中平路、中部有台中東南亞廣場、南部則是高雄火車站等，每逢假日節慶這些地方更易聚集外勞，若是發薪週的那個星期日，人群聚集更是明顯。於是在這些地方也開起許多店面裝潢及陳設呈現著南洋風味的各種商店，販售著外勞熟悉的服務、美食及商品，滿足生活上的習慣與偏好也提供外勞間彼此的交流。外勞會利用這些地區的商店、通訊行，或者委託朋友於放假時代匯，或藉著每月一次的放假機會到外勞聚集市集排隊匯款，也或者拜託雇主或仲介匯款。因此，對外勞而言匯款是每個月最重要的一件事，但這些匯款渠道，多數不是常規渠道，間接委託的人為因素多，長期以來紛爭不少。

台灣銀行對於消費金融方面，基本以服務國人客戶為核心，因此溝通語言、表單、ATM 流程、網路銀行等等，對於東南亞國家為主的外籍勞工則沒有相對的友善使用環境。台灣的外籍勞工在製造業及社會服務業工作，與銀行白天提供服務的時間重疊，因此即便銀行能夠給予溝通服務，外勞在時間上也不容易配合。之前曾有國際匯款公司（西聯匯款[2]）結合國內金融機構辦理外勞臨櫃薪資結匯，

[2] 西聯匯款：原本西聯匯款與國泰、彰銀、大眾(2018 年併入元大)、台新等銀行合作提供外勞跨境匯款服務，到 2018 年僅剩京城銀行，且限持中華民國身分證可以進行匯款。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

但因營業據點不多、時間受限，加上金管會近年推動洗錢防制措施，因此影響國際匯款公司提供外勞薪資結匯服務規模。

在銀行體系缺乏處理外勞薪資結匯的主客觀條件下，外勞匯款大量轉入地下，形成金融管理的死角，卻也發生外勞因透過地下換匯遭到詐騙的事情。於是中央銀行訂定「私立就業服務機構代外籍勞工薪資結匯辦法」，仲介業者得以整批結匯（台幣兌美金）方式協助外勞代辦結匯，然後匯款到外國銀行（美金兌外勞輸出國貨幣），最後分匯至外勞指定之最終受款人帳戶(圖 2)，結匯行為受銀行法規範，仲介業者扮演代辦服務角色。

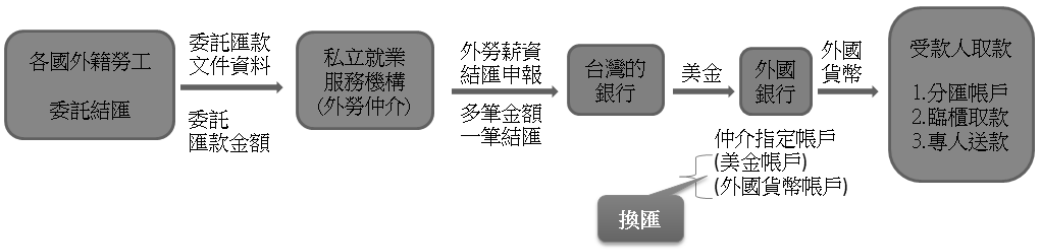

圖 2 仲介代理薪資結匯流程

資料來源:個案公司提供

肆、跨境匯款—人工作業到科技輔助

電商平台經營幾個月後，數位點子收到許多印尼外勞的反應，希望也協助他們將薪資結匯匯回母國。於是，數位點子在 2016 年 5 月讓客服人員用 Line 處理他們跨境匯款的需求，而匯款金額（含手續費）及匯款申請書（含工作證影本及親簽）則委託黑貓宅急便隨電商（貨到收款）一併收回。

「印尼勞工感受現行方式的效率及便利性不是很好，委託快遞業者代收匯款增加了外籍勞工的匯款成本，最重要的是用社群媒體處理訂單也常發生錯誤，是否能用科技來改善？」負責業務的主管向何總報告。對於業務主管的反應，何總認為數位點子長期經營網路數位內容服務平台，有系統開發及網路服務的技術能力，因此決定先和全家便利商店合作，透過便利商店的 Kiosk 平台的代收代付系統，讓外籍勞工可以到便利商店繳納匯款金額，而數位點子的後端平台則與全家

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

便利商店的 Kiosk[3]平台串接，讓資訊互連。2016 年 7 月系統上線，先嘗試取代部分地區快遞業者運作的方式，實施八個月後逐步加入 7-11、萊爾富及 OK 便利超商。

除了改善匯款平台外，對於人工接單無法擴大規模以及常發生錯誤的狀況，如：印尼人的名字很長，當印尼銀行告知受款者的資料有問題時，客戶與員工都耗費許多時間在線上溝通，造成接單的瓶頸更讓客戶和員工多所抱怨，在解決收款問題後，2017 年年初開發手機 App，以平台作業模式取代人工接單；App 的設計由印尼人開發，後台的管理系統及使用者的版本，分別請 15 位印尼人輪流測試程式，前後發現超過 50 個問題，改版四次後，到了 2017 年 8 月”IndoGo” AppApp (操作流程參考附錄二)，錯誤率從 70%降到 0，匯款筆數也因此提高許多(圖 4)，整個外勞相關業務從 2016 年營業額佔全部營收的 11.6%到 2017 年佔 33%，2018 年將超過 60%(圖 5)。

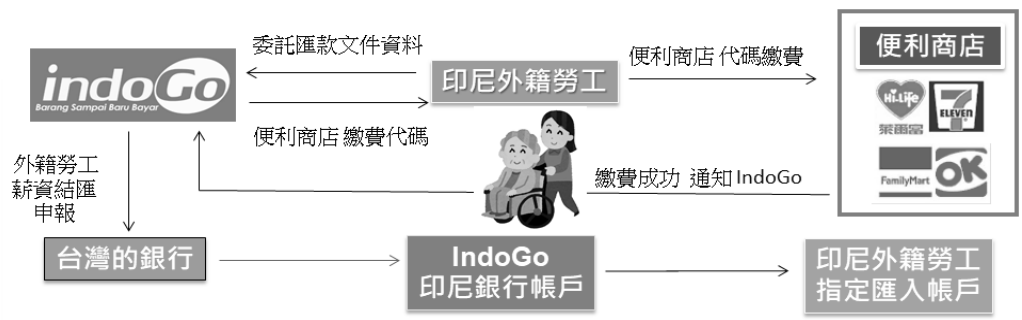

圖 3 IndoGo 匯款模式

資料來源：個案公司提供

[3] Kiosk：互動式資訊服務站。
https://zh.wikipedia.org/wiki/互動式資訊服務站(access date: 2019/12/26)

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

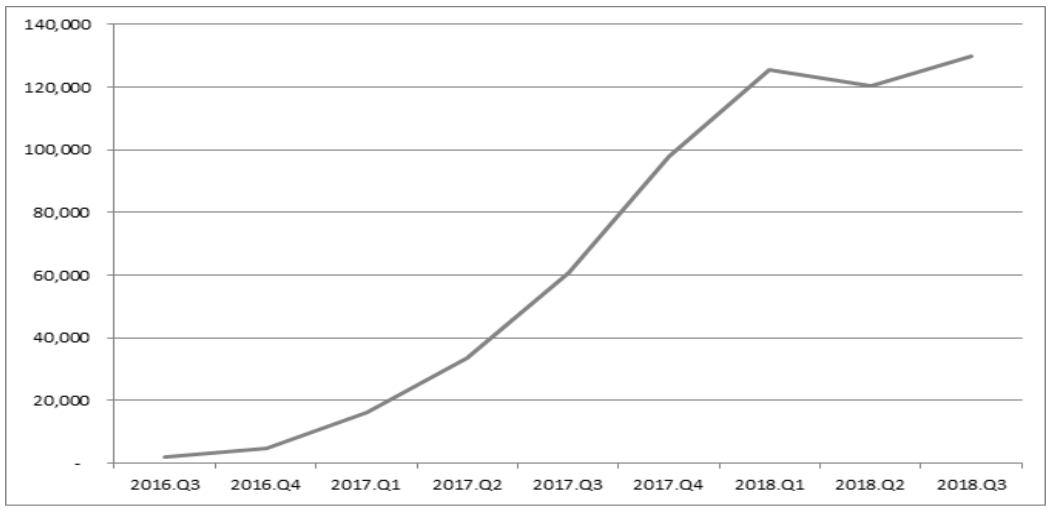

圖 4 IndoGo 匯款筆數趨勢圖

資料來源：個案公司提供

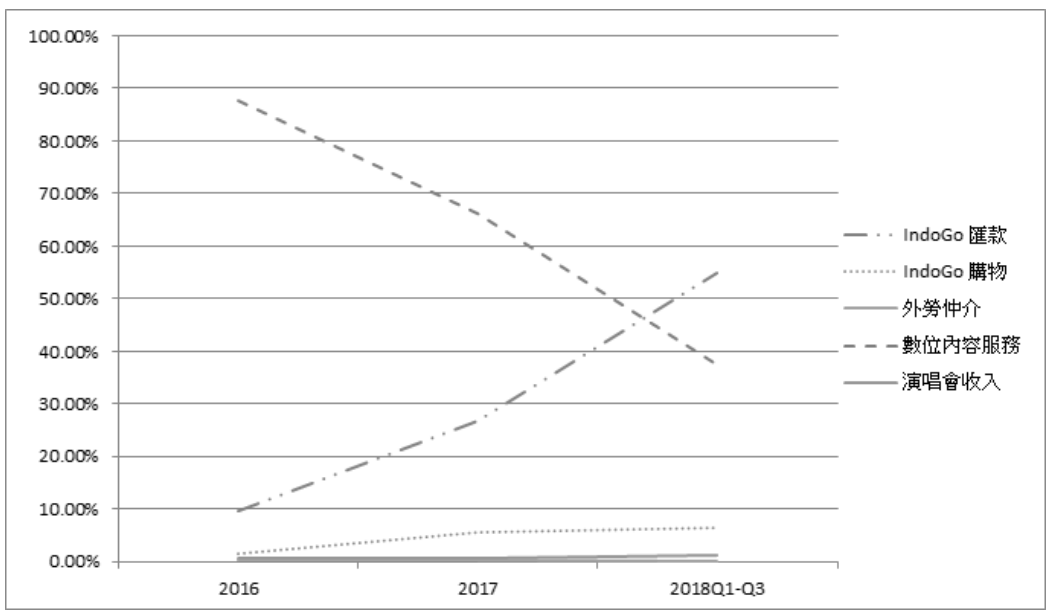

圖 5 2016-2018 年數位點子各項營業收入趨勢圖

資料來源：個案公司提供

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

伍、契機--監理沙盒[4]

數位點子經營”IndoGo”的薪資結匯平台二年多，以 15 人的專業團隊為印尼勞工完成 591,057 筆的匯款，總代收匯款金額達到新台幣 4,787,195,563 元，估計取得印尼勞工 10%的薪資結匯服務市占率。在過程中數位點子也從客戶的意見反饋中得到了更多的顧客期待：即時到匯、全年無休的到匯服務、更優惠的匯率…等等，然而這些與國內銀行法的規範與限制有關，同時國內外主管機關對於反恐、反洗錢的要求越加嚴謹。當何總知道政府的「金融科技創新與發展實驗」的計畫後，開始思考以現況的法規環境，許多顧客的期待是沒有辦法被合法實現。當提出合乎法規的商業模式，以嚴謹的內控架構、保障客戶的匯款風險，讓客戶可以合法地快速到匯及降低他們的手續費，若能獲得主管機關同意進入監理沙盒後，新的商業模式將有機會滿足客戶需求並提高客戶滿意度，在實驗期限結束後，更有機會獲准持續實施。

金融行為屬於被規範及監管的，在金管會特許金融業務的創新科技監理沙盒案，無論金融服務業或非金融服務業業者皆可參與申請，申請人包括台灣的自然人、獨資、合夥事業或法人，核准通過的業者以一年為限實驗其商業模式，必要時得申請延長一次最長六個月，法規豁免實驗期則最長三年。沙盒給予業者設計商業模式有其參考規範，新的金融科技創新模式，要能兼顧消費者權益及維持金融市場秩序，也讓主管機關研究在沙盒期間實施的商業模式，是否需要修改現行法規以達到合法行為。

跨境匯款涉及換匯及法遵問題，以往僅銀行業者能執行此類業務，首先，KYC(Know Your Customer)為主要行為，在於企業確認客戶身分的程序，涵蓋交易

[4] 監理沙盒：金融行為屬於被規範及監管，2015 年英國金融行為監理總署(Financial Conduct Authority, FCA)提出「監理沙盒(Regulatory Sandbox)」，允許企業與消費者在創新金融服務及產品上測試市場接受度。新型的金融服務或商品在現有的法規內並無立即可遵守的法律條文，因此監理沙盒的制定讓政府監理者允許金融機構或金融科技新創事業在一個範圍內測試新創產品、服務或商業模式，在特定場域特定期限內針對特定用戶試行，這可暫時享有部分法規的豁免，藉實驗發現問題，可為未來制定正式法律條文或監管提出改善建議。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

和賬戶監控，諸如確認客戶的身分證件或護照資料、客戶的居住或工作地點等。其次，洗錢防制 AML(Anti Money Laundering)則為避免跨境匯款成為不法者將其非法所得匯至境外。當金管會允許非金融業者以科技創新提出金融實驗方案時，監管機構要求業者亦應提出防止犯罪分子進行金融交易或發生洗錢行為，即先一步設計措施防止可能的問題發生，因此匯、受款人資料都要確認其身分的真實性，所有往來及交易的紀錄，保存範圍、方式和期限都有規範。以往跨境匯款的合法薪資結匯代辦者，需要先對外勞做好 KYC 工作，而 AML 的部分則是由結匯銀行對每筆匯款的匯款人及受益人作名單掃描及判讀，銀行須確保整批結匯之金流與資訊流必須一致，為符合 APG（亞太防制洗錢組織）對跨境匯款之要求，匯款的中轉須與當地合法金融業者配合。對政府重視的資恐及洗錢防制，未來將透過「全國外籍勞工動態查詢系統」及「內政部移民署居留證查詢網」進行比對，查詢是否為合法外勞及比對是否為申請者，也要確認外籍移工的居留證是否有效；現在數位點子處理 AML 是透過銀行進行檢核，未來無論統振或數位點子得改為租用名單資料庫系統來進行檢核。

陸、多角化經營的統振

1977 年成立的統振，2002 年股票上櫃，實收資本額新台幣 8.9 億元。初期以進出口貿易為主，1986 年開始代理 TOSHIBA 的消費性電池，進入國內消費性通路的經營，1992 年取得 TOSHIBA 消費性電池台灣的總代理，成為 TOSHIBA 消費性電池外銷市場第一大代理商，在台灣消費市場行銷與通路經營有一定的軟實力。當行動電話開始普及後，1995 年設立行動電話電池的模組廠，進入行動通訊領域，將產品鋪貨到便利商店與通訊通路點上。1998 年電信自由化，統振開始與各電信公司合作經銷話費預付卡，商品開始在外勞市場與便利商店銷售；因為台灣的外籍勞工絕大多數只能申請話費預付卡，隨著外勞人數不斷增加(圖 1)，預付卡的使用在外勞市場特別廣泛，統振也成為台灣大哥大外勞預付卡最主要的經銷商，超過 18 年的通路經驗、資源，也因此熟悉外勞族群的消費型態，2017 年集團合併營收新台幣 30 億元(附錄三)，與外籍勞工相關產業的營收佔比近 60%。2005 年擔任

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

統振總經理一職的何總也接下數位點子的董事長兼任總經理一職，數位點子歷經幾次經營項目不順利，直到 2013 年跨入外勞人力中介開始新的經營方向，之後數位點子發展 IndoGo 電商平台及外勞薪資跨境匯款等與外勞有關的業務，2016 年到 2018 年數位點子的稅後淨利從五百多萬元成長到六倍之多。

勞動部資料顯示台灣合法經營的外勞仲介約1300家，符合央行規範可承作外勞薪資結匯業務的仲介業者至少在 1200 家以上，台灣央行表示 2017 年外籍勞工透過正常管道匯出金額達 30 億美元，其中部分業者已採取系統化的經營，業者主要收益來自於手續費收入。估算全台 70 多萬的外籍勞工平均月收入新台幣 2.5 萬元，其中 70%薪資多是匯回母國，每月外勞匯款金額超過新台幣 110 億，手續費超過新台幣 1.2 億元。統振預估外勞人力市場需求依舊會逐年成長，2018 年年初也跨入外勞人力仲介及外勞跨境薪資匯款業務。

柒、外籍勞工跨境匯款的監理沙盒案--數位點子？還是統振申請？

同時身為兩間公司總經理的何總，除了要衡量最有機會爭取進入監理沙盒的一間公司外，也要思考整個集團的未來發展。 數位點子透過 IndoGo 平台以資訊科技執行外籍勞工跨境匯款，提升終端客戶滿意度，整個外勞相關事業從 2016 年不到 12%到 2018 年能達到 60%，所獲得的跨境匯款經驗及公司獲利都有明顯助益，若要拓展到其他國籍的外勞將不是難事，不過資本額只有七千萬，所以在實驗計畫的曝險金額最多以新台幣一億元為上限的這個條件上，打算提出三千萬做為曝險金額。上櫃公司統振經營外勞手機話費預付卡 18 年，熟悉外勞的消費通路，長期受櫃買中心及金管會監督，在風險控管及承擔相對有能力，而帳上的現金充足，銀行可融資額度超過 10 億元，對客戶安全保障沒問題，2018 年統振上半年的 EPS 是-0.02。

目前數位點子收到外勞的款項後，要透過銀行匯款到 IndoGo 的國外銀行帳戶，往往會有 1-3 個工作天甚至更長的到帳時間；而資本額充足的統振在提出的計畫中，預計先在國外銀行帳戶存放一定的金額，當顧客匯款成功後，平台即通知

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

統振在國外的銀行帳戶，處理受款人的款項，如此可以加快到匯時間，不過不像數位點子已有平台及專業經營團隊，統振得從頭開始。

不管是由數位點子或是統振去角逐外勞跨境匯款監理沙盒一案，只要能進入沙盒且實驗期滿有著顯著成效將有機會持續營運，或許未來可以思考增加其他金融服務，無論如何這應該都是個申請好時機。

關於作者

Li-Ling Tsao is PhD candidate in Department of Management Information Systems from National Chengchi University. She current research interests include Artificial neural networks, FinTech and related platform economics.

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

附錄一、統振集團及各子公司

一、統振集團

資料來源：統振公司

二、統振集團各公司主要營運項目

1.統振股份有限公司: 台灣大哥大預付卡外勞、旅客市場通路大經銷商、外勞仲介

2.統達能源股份有限公司: 電池模組廠(OEM/ODM), 以大動力電池為主

3.達振能源股份有限公司: 電池模組廠(OEM/ODM), 以 3C 商品為主

4.台灣數位電通股份有限公司: TOSHIBA 電池、德國品牌彩妝, 通路總代理

5.數位點子多媒體股份有限公司: 數位版權內容、娛樂演出、外勞仲介

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

附錄二、IndoGo 的 APP 及便利商店操作

一、下載 IndoGo App，註冊成為會員

資料來源：https://www.youtube.com/watch?v=nIi50aqOv_w

二、App 下單確認匯款，得到 Kode Pin 然後到便利商店付款

資料來源：https://www.youtube.com/watch?v=nIi50aqOv_w

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

三、在 Kiosk 平台系統操作拿到繳款單，然後到櫃台結帳

資料來源：https://www.youtube.com/watch?v=nIi50aqOv_w

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

附錄三、統振 2016 及 2017 年合併綜合損益表

統振股[illegible]及子公司

合併綜合損益表

民國 106 年及 1[illegible] 日至 12 月 31 日

單位：新台幣仟元，惟每股盈餘為元

代碼		106年度 金額	106年度 %	105年度 金額	105年度 %
4000	營業收入（附註四及二四）	$ 3,069,536	100	$ 3,356,274	100
5000	營業成本（附註十一及二五）	2,658,427	87	2,965,280	88
5900	營業毛利	411,109	13	390,994	12
	營業費用（附註四、二二及二五）				
6100	推銷費用	228,118	7	216,531	6
6200	管理費用	170,489	6	172,957	5
6300	研究發展費用	44,463	1	49,160	2
6000	營業費用合計	443,070	14	438,648	13
6900	營業淨損	(31,961)	(1)	(47,654)	(1)
	營業外收入及支出（附註四、八、十八、二二及二五）				
7190	其他收入	31,935	1	32,962	1
7020	其他利益及損失	(27,216)	(1)	(15,675)	(1)
7050	財務成本	(6,988)	-	(7,091)	-
7000	營業外收入及支出合計	(2,269)	-	10,196	-
7900	稅前淨損	(34,230)	(1)	(37,458)	(1)
7950	所得稅費用（附註四及二六）	(2,188)	-	(16,975)	(1)
8200	本年度淨損	(36,418)	(1)	(54,433)	(2)

（接次頁）

資料來源：統振公司

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.02

張智為*

運用啟發式演算法模擬 5G 頻譜競標

第五代行動通訊系統(5G)不但將大幅提升行動通訊速率與品質，在新興的 AR/VR、智慧城市、物聯網及車聯網等應用服務中，5G 更將是一個非常重要的通訊載具；但是無線電頻譜資源是非常有限，可開放使用的頻道非常稀少，因此各國政府多以競標方來拍賣行動通訊頻道，在 3G 與 4G 的頻譜競標之中，每 MHz 的平均標金履創新高，以致高價的頻譜使用成本已成為電信營運商的一大負擔，如何評估競標一個新的服務頻道，將是一個非常值得研究的議題。

由於各國政府公開的無線電頻譜競標資訊也非常有限，公開的真實頻譜拍賣數據也有其局限性，以及無線電頻譜的物理特性限制，所以過去頻譜競標研究模型很難一體適用。本研究是首個建立頻譜競標的標金模型，並且成功模擬出實際 5G 頻譜競標結果之研究，本模型利用啟發式演算法(Metaheuristic)，並結合電信營運商的服務用戶數、用戶平均貢獻(Average Revenue Per User, ARPU)、頻道需求、網路涵蓋需求的建設成本(Capital Expenditures, CAPEX)以及頻道競標底價等要素進行頻譜競標的模擬研究，其結果可以展示出可能的得標組合與決標金額之分佈樣態，並可協助競標業者研擬經營策略與網路規劃，另外，本研究的頻譜競標模擬結果，亦可事前提供政府主管機關參考，用以制訂符合 5G 產業發展需要的相關規範。

關鍵詞：頻譜競標、5G、啟發式演算法、模擬退火演算法

* 作者張智為為國立政治大學資訊管理學系博士候選人
E-mail: 107356509@nccu.edu.tw

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

Chih-Wei Chang *

Simulating 5G Spectrum Auction by using Metaheuristic

The 5th generation mobile communication (5G) system will not only improve the wireless broadband speed and quality of service, but also be a major communication platform in those novel applications, such as AR/VR, smart city and IoT.

However, the radio spectrum is a limited resource, and those radio frequency (RF) channels which can be used on mobile services are very rare. Therefore, almost all of the countries around the world set up auction mechanism as a method for bidding RF channel license. Especially since 2000, the biding price in the auctions of European countries' radio spectrum has continuously reached new peak. The spectrum license fee almost becomes a huge fixed capital expenditure for mobile service providers.

In the upcoming 5G era, deciding the submitting number of RF channels and price for new mobile service will be the major mission of operator. Nevertheless, it is hard to create a uniform spectrum auction research model during scarce open real spectrum auction data, physical characteristics of the radio frequency and various spectrum governance in different countries. As my best knowledge, this research model is the first research which successfully performs the simulations of the real 5G spectrum auction, by using Metaheuristic and combining the number of subscribers and ARPU(Average Revenue Per User) , the RF bandwidth demands, network coverage, CAPEX (Capital Expenditures) of the operators, and reserve price of auction in each resource condition. The simulation result can show the distribution of the combinations of the final award of bids, it can also help operators decide the business strategies and network plans. Moreover, the result can also assist the government to develop and discipline the 5G industry.

Keywords: 5G, Spectrum auction, Metaheuristic, Simulated Annealing

*Author is a Ph.D. candidate at the Department of Management Information Systems, National Chengchi University.
Email: 107356509@nccu.edu.tw

壹、前言

2018 年台灣行動通信業者為了競爭用戶數，在 4G 行動上網服務上強打 499 元吃到飽的殺價戰之後，於 2019 年 1 月台灣電信三雄公布的 2018 年自結營運表現明顯大幅衰退，預估業者年獲利能力將減少 60 億台幣以上。

在行動通訊服務之中，電信公司取得的無線電頻譜愈大，其可提供的服務容量也愈大，代表可以同時提供服務的用戶數也愈多，以及用戶也可以得到較高速的上網頻寬。過去第三代行動通訊系統(Third-generation mobile networks, 3G)及第四代行動通訊系統(4th generation mobile networks, 4G)的頻譜競標中，最後標金已履創新高，頻譜費用已成為經營行動電信服務的龐大固定資本支出。但在營收與獲利同步衰退的狀況下，對於即將開始的第五代行動通訊系統 (5th generation mobile networks，以下簡稱 5G)的發展，將增加未來 5G 服務的推動的痛處以及 5G 頻譜競標的變數。

由於無線電頻道使用費已經成為電信業者的一大負擔，但是參如表 2 台灣前三次 4G 頻譜執照的競標結果，最後決標的總標金從溢價 230.5%到不足底價的 3.9%，其決標金額與底價差異變化是非常巨大的，因此如何評估競標頻道數量與金額將一個非常重要的課題，本文將提供一個有效的競標模擬模型，可供競標業者與主管機構進行事前模擬可能的決標結果與分析，以利進行新的網路設計、策略規劃以及政策擬定。

貳、參考文獻

一、頻譜競標

由於無線電頻譜是稀有的物理資源，因此，自千禧年以來各國政府大多使用競標方式，開放予電信業者使用無線電頻譜也大幅增加政府歲收。Bichler, Goeree, Mayer, and Shabalin (2014) 越來越多的全球電信監理機構開始使用組合拍賣 (Combinatorial Auction , CA)，同時進行多個無線電頻段與數個頻道的網路服務許可證拍賣作業；其中投標人可以提交數百或數千，甚至數萬種的頻譜競價組合，但由於過去公開的競標資訊非常少，目前可提供的決策依據仍然非常有限。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

Adomavicius, G., Gupta, A., & Yang, M. (2018) 在很多特定領域上組合拍賣是一個重要的商務機制，然而在一般通用領域上仍不多見；組合拍賣的待售標的與出價模式通常分為 Single-Item Multi-Unit (SIMU)與 Multi-Item Single-Unit (MISU) 兩種拍賣類型，SIMU 拍賣模式是由投標人選擇競標的單位數，而 MISU 拍賣模式則是由投標人選擇投標的標的集合；常見的 MISU 拍賣包含：無線電頻譜拍賣，鐵道與機場使用時間分配權以及卡車運輸與工業採購等。

無線通訊服務的增長是推動未來經濟成長的潛在動因，也促使決策者和監管機構必須研究管理頻譜政策與制度，以提高無線電頻譜使用效益及加速行動通訊市增的發展。Jain and Dara (2017) 過去十年來印度的頻譜管理政策已有顯著的變化，從傳統的行政體制轉向更加商業化的體制，無線電頻譜除了在一級市場進行拍賣外，也開放在二級市場上進行交易，並且開放頻譜使用的中立性，由各電信服務商自行決定採用技術與提供服務類型。而 Bichler et al. (2014) 的研究指出在幅員廣大的地區，監管機構除了舉行各地區的許可證頻譜拍賣作業外，特別在加拿大與美國地區，全國性的電信營運商甚至堅持要求提供多地區多頻道的捆綁包裹出價，更加深了競標規則的設計難度與決策的複雜度。

幾十年來經濟學家、營運研究人員和電腦科學家已經在組合拍賣的研究上提出了很多貢獻，包含：競標規則、出價方式、支付規則、贏家演算法、保留價格等等。雖然已有不少學者提出組合拍賣的方法與研究，然而 Weiss, Lubin, and Seuken (2017) 指出頻譜競標分析仍是一個非常具有挑戰性的問題，受限於不同無線電頻段的物理特性有所不同，且各國頻譜管理、組合應用也有所不同，所以研究模型很難一體適用；並且由於各國政府公開的無線電頻譜競標資訊非常有限，公開的真實頻譜拍賣數據也有其局限性，通常也難以轉化為實際的現實問題，更加深研究的不確定性；因此研究人員很難有數千個實例可供測試不同拍賣方式設計，以致經歷了十幾年的研究，目前尚無大幅的進展。

Bichler et al. (2014) 及 Weiss et al. (2017) 研究建議使用價值模型(Value model)與拍賣產生器(Auction Instance Generator) 來進行頻譜競標研究分析，但此種模擬方式通常用於各無線電頻段的價值分析，並不易轉化為頻道組合競標的決策依據。

參如表 1 羅列出無線電頻譜競標的相關文獻，由於過往的研究文獻多為組合拍賣的方法，以及頻譜競標的質性研究為主，量化研究並不多見而且標金預測的研究更加稀少，以致目前仍未有良好的頻譜競標預測模型，可以有效預測競標結果，以及最後各競價公司取得的頻道數量與決標金額，因此本研究的主要目的將是建立決標預測模型，用以協助參與競價公司可以事先進行模擬評估，以便進行策略研擬與網路系統規劃。

參閱 Anumandla, Kudikala, Venkata, and Sabat (2013) 使用啟發式演算法來研究頻率指派問題，以及 Paul, Maitra, Mandal, Sadhukhan, and Saha (2011) 使用啟發式演算法來動態配置不同服務的行動網路服務頻譜，以提高用戶服務體驗，啟發本研究想要利用啟發式演算法，進行頻譜競標的狀況模擬方式，在符合台灣的通訊監理方式下，由多個業者同時在不同的開放頻道上進行競價作業，讓決策單位可以有競標的模擬結果，以供制訂 5G 頻譜競標的方法與準則。同時也可以提供參與競標者，用以評估取得頻道數量及標金投資需求，以供研擬投標策略及擬定網路建設規劃之依據。

二、台灣 4G 頻譜釋照競標方式

葉子平(2018)的研究指出，依「行動寬頻業務管理規則」，就台灣前三次 4G 頻譜釋照程序，從舉辦說明會、競價業者申請、業者資格審查、競價投標作業、到最終公告競價結果，每一次釋照都歷經一年以上作業時間；而頻譜拍賣規則採用多回合上升拍賣(Simultaneous Multiple Round Auction, SMRA)方式進行競標，競價者可以在每一回合中同時對多個標的進行報價，競價者於每次競標報價皆必須上升價格，且報價增幅最低得不少於 1%，每一回合由各標的最高報價者成為暫時得標者，最終各標的連續數次未有新的報價時結束競標，由各標的最後暫時得標者得標。

再者，第三次 4G 頻譜競標為提升各業者通訊頻道的使用便利性，拍賣規則變更為「改良型多回合上升拍賣制度」，分為兩階段競標作業，第一階段競價作業方式同前 2 次競價作業，但只先決定各競價者在各頻段取得的頻寬；第二階段位置

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

競價作業，先由各競價業者提出選擇頻道位置意向書，如有重疊位置將先進行協調，協調不成再進行一回合報價決定最終各競價者取得的頻道。

表 1 頻譜問題相關文獻匯整表

文獻	研究發現	質性研究	量化研究	標金預測
Bichler, Goeree, Mayer, and Shabalin (2014)	• 越來越多的全球電信監理機構開始使用組合拍賣(Combinatorial Auction , CA)，同時進行多個無線電頻段與數個頻道的網路服務許可證拍賣作業。 • 由於過去公開的競標資訊非常少，目前可提供的決策依據仍然非常有限。 • 監管機構除了舉行各地區的許可證頻譜拍賣作業外，特別在加拿大與美國地區，全國性的電信營運商甚至堅持要求提供多地區多頻道的捆綁包裹出價。	**V**		
Adomavicius, et al. (2018)	• 在很多特定領域上組合拍賣是一個重要的商務機制，組合拍賣的待售標的與出價模式通常分為 Single-Item Multi-Unit (SIMU) 與 Multi-Item Single-Unit (MISU) 兩種拍賣類型。 • 常見的 MISU 拍賣包含：無線電頻譜拍賣，鐵道與機場使用時間分配權以及卡車運輸與工業採購等。 • 本研究提出的計算工具可以促進在商業和消費者市場中更有效與透明地實施 SIMU 組合拍賣。	**V**	**V**	
葉子平(2018)	• 台灣前三次 4G 頻譜拍賣規則採用多回合上升拍賣(Simultaneous Multiple Round Auction, SMRA)方式進行競標。 • 4G 頻譜釋照程序，從舉辦說明會、競價業者申請、業者資格審查、競價投標作業、到最終公告競價結果，每一次釋照都歷經一年以上作業時間。	**V**		
Weiss Lubin, and Seuken (2017)	• 頻譜競標分析仍是一個非常具有挑戰性的問題，受限於不同無線電頻段的物理特性有所不同，且各國頻譜管理、組合應用也有所不同，所以研究模型很難一體適用。 • 由於各國政府公開的無線電頻譜競標資訊非常有限，公開的真實頻譜拍賣數據也有其局限性，通常也難以轉化為實際的現實問題，以致經歷了十幾年的研究目前尚無大幅的進展。	**V**		
Jain and Dara (2017)	• 過去十年來印度的頻譜管理政策已有顯著的變化，無線電頻譜除了在一級市場進行拍賣外，也開放在二級市場上進行交易。 • 印度政府對頻譜使用態度已改為開放性的技術中立性，由各電信服務商自行決定採用技術與提供服務類型。	**V**		
Weiss et al. (2017)	• 研究建議使用價值模型(Value model) 與拍賣產生器(Auction Instance Generator) 來進行頻譜競標研究分析		**V**	**V**
Anumandla et al. (2013)	• 頻率指派是一個複雜的 NP-hard 問題而且在服務需求上必須即時被處理，本研究使用啟發式演算法來改善頻率指派問題。		**V**	
Paul et al. (2011)	• 使用啟發式演算法來動態配置不同服務的行動網路服務頻譜，以提高用戶服務體驗。		**V**	

資料來源：本研究彙整

三、台灣 4G 頻譜競標結果

既有 4G 頻譜執照取得成本已經非常高，綜整台灣先前 3 波 4G 頻譜釋照的競標結果參如表 2 與表 3，且決標總金額也與底價差異的有非常大的變化，後續因可

再開放的無線電頻寬將更加有限，可以預期易於使用的無線電頻道之競標將更為激烈。

四、台灣電信產業概況

由 2020 年 1 月台灣電信公司公布的 2019 年自結營運數據中發現，在 2018 年台灣行動通信業者展開價格戰之後獲利表現明顯大幅衰退，預估業者年獲利能力將減少 60 億台幣以上(如表 4)

表 2 台灣 4G 頻譜釋照每次競標結果匯整表

釋照時間	釋照總頻寬 (MHz)	釋照底價 (新台幣億元)	決標總標金 (新台幣億元)	超過底價比例
首次 **2013** 年	270MHz	359	1,186.50	230.5%
第二次 **2015** 年	190MHz	144	279.25	93.3%
第三次 **2017** 年	150MHz	294	282.65	- 3.9%

資料來源：國家通訊傳播委員會，本研究彙整

表 3 台灣電信公司取得 4G 頻譜執照的成本表

電信公司	頻譜總頻寬 (MHz)	頻譜總成本 (新台幣億元)	平均頻譜成本 (億元/MHz)
中華電信	180	599.65	3.331
台灣大哥大	110	410.43	3.731
遠傳電信	155	469.60	3.030
亞太電信	70	143.86	2.055
台灣之星	70	124.85	1.784

資料來源：國家通訊傳播委員會，本研究彙整

表 4 台灣行動電信公司 2019 年的自結營收數據

電信公司	**2019** 年 **EPS**	備註說明
中華電信	4.23	累計營收 2,075.2 億元，年減 3.70%
台灣大哥大	4.51	累計營收 1,244.2 億元，年增 4.82%
遠傳電信	2.68	合併總營收 838.6 億元，年減 2.68%
亞太電信	-1.78	累計營收 142 億元，年減 2.2%
台灣之星	-0.62	全年營收 131.2 億元，年減 2.5%

資料來源：各公司財報，本研究彙整

五、未來 5G 頻譜競標需求

第五代行動通訊系統是由 3GPP 標準組織基於既有 LTE 技術標準持續精進的通訊技術標準，計畫於 2020 年可以開始商業運轉，期望提高 100 倍以上的通訊速率

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

及降低傳輸延遲時間至 1ms，進而符合 4K、8K 超高畫質影像、AR/VR 虛擬實境、車聯網系統及 IOT 等大量終端裝置的應用需求。

為了提供 5G 的新興應用服務，台灣的電信公司將必須再次爭奪新開放的頻譜資源；並且由於台灣民眾對行動電話基地台非常排斥，基地台住戶抗爭層出不窮，因此在有利於佈建全區涵蓋的低頻段無線電頻道將更顯得重要，在可以指配的頻譜資源愈來愈稀少的情況下，更將是各業者主要的角力重點，預料電信業者勢必又將再次激烈爭奪新開放的 5G 頻譜資源。

表 5 主要啟發式演算法分類與應用領域表

類型	啟發式演算法	應用領域
單行解演算法	禁忌搜尋法 (TS) 模擬退火法 (SA) 變動鄰域搜尋法 迭代搜尋法 (LS)	● 工作排程，包含：工廠排程問題、流程規劃…等 ● 電信工作與通訊系統，包含：頻道指派、路由規劃、網路設計、行動網路規劃、…等 ● 運輸路徑 (Vehicle routing in transport) ● 工程資源分配與物流管理 ● 集合問題，包含：裝箱問題、集合覆蓋問題 ● 工程技術，包含：半導體佈局設計、電力系統分配、結構工程設計、化學工程、訊號處理等 ● 人工智慧應用，包含：神經網路訓練、樣式辨識、群集分析(Clustering)、分類分析(Classification)…等 ● 資料探勘 ● 財務工程、金融市場分析、股價預估、…等 ● 影像處理，包含：壓縮、辨識、…等 ● 彈性製造系統 (Flexible management systems) ● 空氣流體力學 ● 系統模擬與目標識別系統 ● 決策支援與規劃
演化型演算法	基因演算法 (GA) 演化策略法 (SA) 演化策略法 (EA)	
群體智能演算法	粒子群最佳化(PSO) 螞蟻演算法(ACO) 蜂群最佳化演算法	
生態類型	生態地理優化法 (BBO)	

資料來源：本研究彙整

六、啟發式演算法

啟發式演算法(Metaheuristic)或稱為萬用演算法，發展至今已有不同學者提出許多概念不盡相同的方法，用以解決各種最佳化問題。Boussaïd , Lepagnot 與 Siarry (2013) 將啟發式演算法歸納為單行解啟發式演算法 (Single-solution based metaheuristics)與族群式啟發式演算法(Population-based metaheuristics) 二大類型，其中單行解啟發式演算法包含：禁忌搜尋法(Tabu Search , TS)、模擬退火法(Simulated Annealing algorithm, SA)、變動鄰域搜尋法(Variable neighborhood search)、GRASP method、引導式本地搜尋法(Guided local search)與迭代搜尋法(Iterated local

search)；而族群式啟發式演算法則又可分為三種類型：第一種為演化型演算法(Evolutionary Computation, EC)，包含：基因演算法、演化策略法(Evolution Strategy, ES)及演化規劃法(Evolutionary Programming, EP)，第二種類型為群體智能演算法(Swarm Intelligence, SI)，包含：螞蟻演算法(ACO)、粒子群最佳化(PSO)、蜂群最佳化演算法(Bee colony optimization-based algorithms)與人工免疫系統演算法(Artificial immune systems)等等，第三種類型為生態類型(Ecology)，如：生態地理優化法(Biogeography-Based Optimization, BBO)。此外，本篇研究也指出單行解啟發式演算通常具有集中搜尋(Exploitation-oriented)的能力，可應用在特定區域進行細步搜尋，而群體智能演算法則具備較佳的探索搜尋(Exploration-oriented)的能力，適合應用在廣域的搜尋上。

啟發式演算法已被應用在很多最佳化問題上，且在很多應用領域上被驗證表現良好，Blum, Puchinger, Raidl 與 Roli, (2011) 也指出最新的研究的重點已從以演算法本身開始轉變為以問題為中心，用以找到解決問題的最佳可能方法而非提昇某種演算法本身。本研究摘要主要的啟發式演算法與應用領域於表 5 之中；但由於每一種啟發式演算法的執行結果都會受限於其參數的調校，因此本研究將擇一演算法來進行模擬，實現頻譜競標的預測模型。

參、影響頻譜投標的要素

各個頻譜有不同的使用特性及建設成本，因此在決定頻道需求與各頻段投標金額時，電信公司將會考量以下相關營運數據、網路涵蓋與建設成本要素：

一、電信業者的營業狀況

電信業者的營業狀況通常以用戶數及每用戶平均貢獻收入(Average Revenue Per User, ARPU) 來衡量；同時國內業者的用戶數及 ARPU 資訊亦可由國家通訊傳播委員會公開資訊中取得。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

表 6 2019 年國內行動通訊市場統計資訊

業者	目前用戶數	平均貢獻收入 (元)
1	10,649,000	477.2
2	7,127,000	464.5
3	7,093,000	482.9
4	2,300,000	391.4
5	2,040,000	314.1

資料來源：國家通訊傳播委員會

二、電信業者投資能力

電信事業是一個長期經營的事業，包含：投資金額鉅大，建設全國行動網路基地台的時間長，而且投資回收時間更久，以台灣電信公司得標的無線電頻道具有 15 年的使用權，業者通常會規劃 2~3 年的建設期，再加上 1~3 年的用戶爭取時間，因此，一個新的行動通訊服務，其有效收益約當是十年的用戶數與 ARPU 的乘積。

隨著用戶不斷提升頻寬需求，電信公司因應網路建設與頻寬擴增產生費用可以分為 2 大類：網路建設成本(Capital Expenditures, CAPEX)，以及電信營運費用(Operating Expense, OPEX) 。

張智為(2016) 先前研究以 10 年電信總成本來評估，其中國內業者的 CAPEX 約占 20% ~ 25%，OPEX 將約占 75%~80%，針對未來可投資於新行動通訊系統的建設費用，本研究將以總營收金額可分配於 CAPEX 的比例來推估。

三、網路建設成本(Capital Expenditures, CAPEX)

行動電信公司的 CAPEX 主要分為 2 大部份，一為取得使用無線電頻道的費用，亦即是頻譜競標的標金，另一項目則是網路服務所需要的基地台(Base Station, BTS) 的建設成本，其中基地台的建設成本又可以分為兩類：一則為全新的基地台的建設類型，一則為共頻基地台 (Co-channel BTS, Co-BTS) 的建設類型，相同頻段的共頻基地台設備因為可共用相同的無線電發射機、天線及基礎設施，因此建設成本將較全新的基地台更為經濟。

(一)全新的基地台：

必須建置所有的基礎設施與完整的基地台設備。

(二)共頻的基地台：

每個頻段第 1 個頻道以後的基地台設備，將可使用相同的無線電發射機、天線及基礎設施，因此建設成本將較全新的基地台更為經濟。

四、基地台的服務涵蓋率需求

不同的無線電頻段會有不同的電波衰減率，低頻訊號衰減率較低，不但可以傳送較遠，並且具有較佳的室內訊號穿透率；而高頻訊號衰減率較高因此傳送距離短，同時室內訊號穿透率亦較低。

使用較高頻段的電信公司，必須建設更多的基地台，才能達到與低頻波段相同的網路涵蓋區域，因此基地台的建設數量與成本將會較高。

然而高頻訊號雖然衰減率大，但也相對較少干擾問題，因此電信公司會考量將高頻基地台建置在用戶密集區域，以縮短各基地台的服務距離，並因增加基地台數量而提升系統服務容量；而將低頻基地台建設在郊外開擴地形區域，可以加大基地台的服務範圍，增加網路服務的涵蓋區域(如圖 1)。

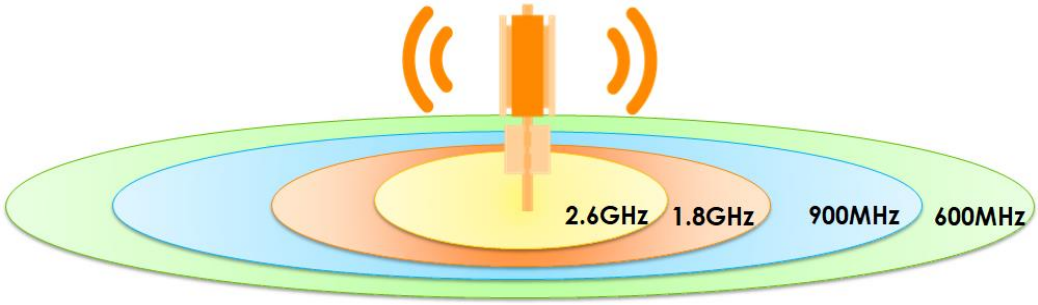

圖 1 不同頻率的無線電波涵蓋示意圖

資料來源：本研究繪製

肆、5G 頻譜競標模擬

一、研究架構

綜整前述頻譜競標的主要影響要素，本研究將從「開放競標頻道」、「競標者的投資能力」、「網路建設成本」以及「競標者的頻道需求」共四個面向來進行頻譜競標模擬，最後並產出各開放競標頻道的得標者與決標金額(如圖 2)。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

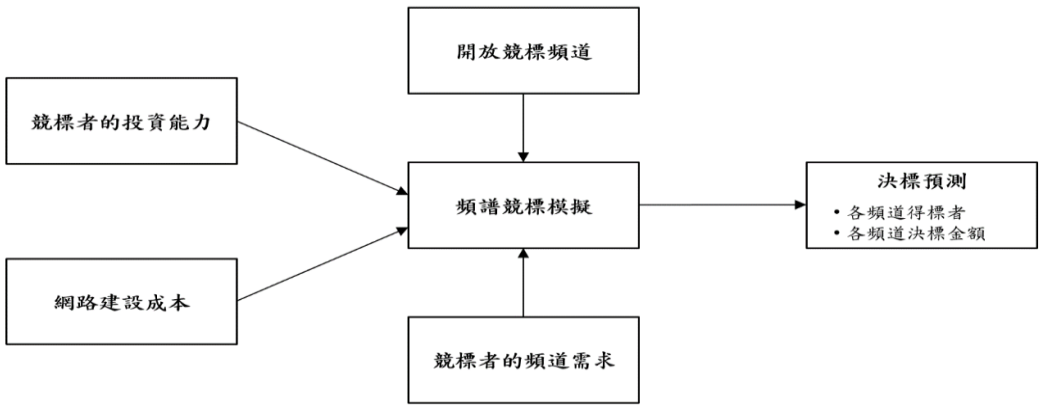

圖 2 本研究架構圖

二、頻譜競標目標與限制

我們將 5G 頻譜競標將定義了以下的目標函數與限制函數：

(一) 目標函數為政府的總標金收入

$$\text{Max}\{\sum_{i=1}^{n} Band\ Price\ \}$$

政府標金總收入代表最後競標結果各頻道得標金額的加總。

(二) 限制函數為各競價公司的頻譜投資成本

$$\text{Min}\{\sum_{\text{k}}^{\text{n}} \text{Band Price} + \text{Equipment}\ \}$$

Equipment = BTS cost x number of Band + Co-BTS cost x number of co-channel

各競價公司的頻譜投資成本預期應該小於該公司的 CAPEX 建設計畫，其最大 CAPEX 額度將以預期十年的總營收 x 可投資的比例，其中三大電信公司的預設 CAPEX 比例將以依先前研究之結果 25%十年總電信營收來估計，另外由於首次 5G 頻譜釋照將開放主要的低頻段頻道，在有限的物理資源條件下，部份業者預期將

會增加投資金額用以競取更多的服務頻道，因此本研究將假設第 2 種模擬條件，部份業者將提高 CAPEX 投資比例來模擬溢價競標的狀況。

再者，各公司的頻譜投資成本應包含所有得標頻道的標金總和與設備建設成本，其中設備建設成本又包括各頻段的第一套基地台 (BTS)設備建設費用與其他頻道的共頻基地台(Co-BTS) 設備建設費用。

三、實驗設計

參考國家通訊傳播委員會所公佈的行動通訊市場統計資訊參如表 6，以目前國內各電信公司既有服務用戶數為基準，預先假設各電信公司未來 5G 系統預計服務用戶數以及最少的需求無線電頻道數，請參如表 7，預先假設各競標公司累計需求為 31 個 10MHz 頻道，設定各競價公司的頻譜投資成本，再各進行模擬一千次投標作業，最後依不同假設條件分析模擬的結果。

表 7 各競價業者預估需求頻道數

業者	需求頻道	預計服務用戶數
1	9	10,000,000
2	8	7,000,000
3	8	7,000,000
4	3	2,500,000
5	3	2,500,000

本研究於審稿與修改期間，國家通訊傳播委員會已經公告首次 5G 頻譜競標的頻段、頻道與底價，因此本研究將以模擬結果來驗證競標的狀態，確認此方法具有模擬效用。此外，一個全新的高速行動通訊服務，必須至少要有 2 個 10MHz 以上的無線電頻道以提供足夠的上網服務頻寬，同時為了提供完整的通訊涵蓋區域，電信服務公司也需建置至少涵蓋 90%以上人口區域的基地台數量，綜整相關資訊如表 8 所示。

又因各頻段的無線電波會有不同的訊號衰減率，由於 5GHz 以上之頻段不易建立全域性的網路服務涵蓋能力，因此本研究將以台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司(2017)的頻譜供應規劃與政策規範研究，以及交通部(2018)的頻率供應計畫為

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

基礎，由此 28GHz 訊號涵蓋限制與開放頻寬太多，預期高頻段將不會有太多競爭，因此本研究規劃著重在 5GHz 以下的之低頻段進行投標模擬。

表 8 競標頻段基本資訊

競標頻段	開放頻寬	起標金額 (百萬元)	基地台需求數量
1.8GHz	20MHz	3,300	8,000
3.5GHz	270MHz	900	9,000
28GHz	2500MHz	100	5,000 (只能區域涵蓋)

四、模擬投標作業

Gogna 與 Tayalb(2013)指出可以應用模擬退火演算法(Simulated Annealing algorithm, SA)處理行動網路設計與頻道指派問題；基於 SA 演算法在隨機機率小於冷卻因素(Cooling Factor)時，可接受劣於現有解之鄰近解，以便於搜尋過程中能夠跳出局部最佳解的特性。運用其可接受劣於現有解的機制，本研究將用以模擬非理性的投標行為或本研究未考量到的競標變因，用以產生其他更多的可能競標組合結果。

本研究將使用 SA 演算法模擬各競價業者的投標作業，在每輪競標中每個欲取得的頻道都必須增加 1%標金，同時每一輪各業者需確定其總頻譜投資成本必須小於 CAPEX 建設成本規劃，才能競標新的頻道，除非隨機機率小於冷卻因素(Cooling Factor)，即為當隨機亂數 rand < exp(-Δt’ / T) 時，將可接受增購一個頻道或 CAPEX 超過預算的競標組合。

由於頻譜競標通常不能確定幾個回合會結束，因此，本研究投標作業模擬將修改 SA 模擬退火演算法由降溫的方式，改為 t 是遞增的數值，以 t 代表競標作業的回合數，而 T 的函數將設計為：

$$T = 1/\log(t)$$

SA 冷卻因素機率設計為：

$$Cooling.Factor = \exp(-\Delta t/T)$$

Δt 代表競標頻道的標金增幅為：

$$\Delta t = (\text{New price}/ \text{Start price}) - 1$$

頻譜競標模擬投標演算法說明如下：

首先建立 bitamount()程式用以計算目標函數的總標金數值，接者先設定模擬投標作業的初始參數值，包含：開放頻道數量、各頻道底價、各競價公司的相關參數，含：需求頻道數、用戶數、平均月收益等。

之後開始進行一千次的投標模擬，每一次的模擬都先隨機產生第一組解，再來進行每一回合的競價作業，使用 5 次迴圈來模擬業者 1 至業者 5 每一輪的各別競價作業；在每一輪的競價作業中，先隨機找到一個可以下標的新頻道，計算此頻道的新標金，並且計算此業者標入此頻道衍生的網路建設成本與最後的總投資金額，如果已標得頻道數小於需求頻道，且總投資金額小於 CAPEX 的投資預算，則理性的接受新解將此頻道標下來；否則隨機產生一個亂數，如果比 Cooling.Factor 小，則模擬可以非理性的接受新解標下此頻道。此外，當已標得頻道數已大於等於需求頻道時，再隨機找到一組可以交換的競標頻道，計算交換頻道後的總投資費用，評估如果交換此頻道組合的投資成本比原來的競標組合投資成本更低時，則理性的接受此新解交換此組頻道；最後到達終止條件連續 200 代都未有新解時，則中止本次的模擬作業輸出本次決標結果，整個頻譜競標模擬 pseudo code 詳述如下所示(如表 9)：

表 9 5G 頻譜競標模擬的 pseudo code

```
Objective function bitamount () = sum( Band1, ..., Bandn)
Initialize the matrix Band & biding Company & TotalBand
for( z in 1: 1000)
    Random generate the first round bidding solution
    for( t < Max number of iterations)
        for( co in 1: 5)
            Generate new bidding band number
            Calculate the new band price & New Investment
            Calculate Cooling.Factor = exp(-Δt'/log(t))
            if ( Band.Qty < Min. Demand)
                if( New Investment < CAPEX or Rand < Cooling.Factor)
                    Accept the new solutions
                end if
            else
            if( Rand < Cooling.Factor)
                Add the new solutions
            else
                Generate a new switching band solution
                if( New solution is better)
                    Accept the new solutions
            end if
        end for ( co )
    end for ( stop condition)
end for (z)
```

資料來源:本研究設計

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

五、設定模擬的初始值

(一) 頻譜資源 (及資料格式)

在頻譜競標的模擬程式中，我們比必須建立一個頻譜資源資料表參如表 10，主要用以記錄各競標頻道目前的暫時標金、得標公司，並附記頻段與類型。

表 10 競標頻譜資料表

投標頻道	B1	B2	B3	B4	…	B29
得標金額(百萬元)	1000	1000	1000	1000		3300
得標電信公司						
頻段 (MHz)	3500	3500	3500	3500		1800

(二) 公司基本參數 (及資料格式)

依各電信公司服務用戶數，預先假設各需求的最少頻道數及 CAPEX 可投資於新的頻譜建設比例(如表 11)。

表 11 競標業者的投資能力資料表

Company (電信公司)	1	2	3	4	5
User (用戶數 K)	10,649	7,127	7,093	2,350	2,030
ARPU (用戶平均貢獻)	477.2	464.5	482.9	391.4	314.1
Demand CH. (需求頻道)	9	8	8	3	3
CAPEX Ratio (投資比例)	25%	25%	25%	25%	25%

(三) SA 參數及程式參數

Cooling.Factor = exp(-Δt/0.5T)

SA 冷卻因素調整增加接受劣解機率

iters = 3000

#設定迭代 (代表最多的競標回合數)

ccnt = 200

#設定終止條件，連續 ccnt 個新解都沒有改變時終止本次競標

#使用 Switch 方式來更換各頻段暫時得標公司

伍、模擬結果

台灣首次 5G 頻譜競標共開放 29 個 10MHz 低頻段頻道，以下將假設研究模擬業者在不同網路投資比例條件下的競爭結果與態勢，第一種為假設各競標業者都使用相同的 CAPEX 投資比例，第二種則是模擬不同業者會增加投資比例來溢價競標，研究模擬結果說明如下。

一、相同投資比例模擬

各競價業者皆採用 25%的總和營收當作 CAPEX 的條件下進行競標模擬，最後競標結果的總標金分佈狀態參如圖 5-1，其平均與不同分位數的總標金匯整如表 12 所示，預估當各業者採用相同的 CAPEX 投資比例時，總標金將介於 717.41 至 906.88 億元之間，平均總標金將為 805.33 億元。

參如表 13 顯示模擬各競價業者最後可以標得的頻道數量與決標金額。預估業者 1 有 54%的機會標得 8 個以上的頻道，業者 2 與業者 3 分別有 87%及 88%的機會標得 6 個以上的頻道，而業者 4 與業者 5 分別有 86%與 87%的機會可以標得 3 個以上頻道。代表所有業者都有很高的機會取得基本的頻道數量來建立 5G 通訊的基礎服務。

二、溢價競標模擬

由於 5GHz 以下的主要 5G 服務頻段可開放的頻道數相當有限，本研究將再模擬部份業者提高 CAPEX 投資比例，進行溢價競標以爭取更多的無線電頻道，用以建置更高速的 5G 服務網路系統。假設業者 1、業者 3 及業者 4 分別將 CAPEX 投資比例提高至 30%、30%與 40%，最後溢價競標的模擬如下。

最後競標結果的總標金分佈狀態參如圖 4，其平均與不同分位數的總標金匯整如表 14 所示，預估在部份業者溢價競標的條件下，總標金將介於 1092.36 至 1669.90 億元之間，平均總標金將高達 1395.13 億元。

參如表 15 顯示各競價業者最後可以標得的頻道數量與決標金額。預估業者 1 有百分之百的機會標得 9 個以上的目標頻道，業者 2 也有 100%的機會標得 6 個以上的頻道，業者 3 將有 98%的機會標得 8 個以上的頻道，而業者 4 將 30%的機會可

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

以標得 4 個頻道，以 79%的機會可以 3 個以上頻道。而業者 5 只 13%的機會標得 2 個頻道，有 87%的機會是無法取得任何 5GHz 以下的頻道。

在溢價競標的模擬狀況下，顯示各業者的頻譜競標更加激烈，並且將總標金推到比相同 CAPEX 投資比例更高的標金，而且也將造成投資金額最少的業者 5 有 87%很高的機會將無法取得 5G 的 2 個基本服務頻道。

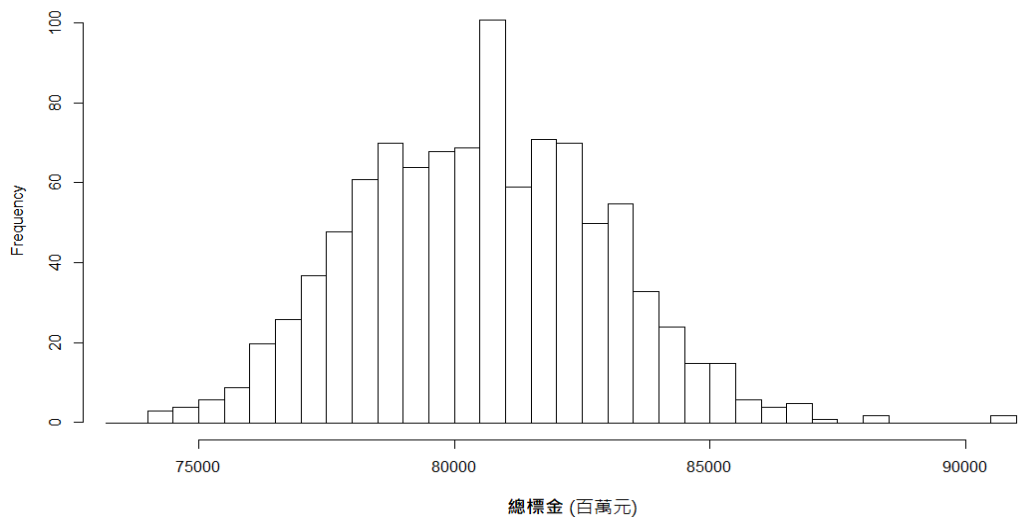

圖 3 各競價公司採用相同投資比例條件下的競標總標金模擬結果分佈圖

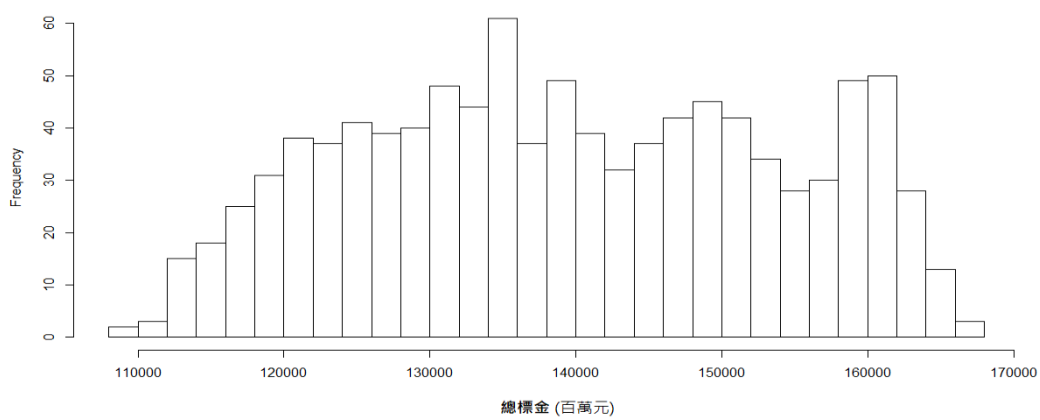

圖 4 在溢價競標條件下的總標金模擬結果分佈圖

表 12 總標金的競標模擬結果

(單位：百萬元)

平均總標金	最少總標金	**10** 分位總標金	**25** 分位總標金	**50** 分位總標金	**75** 分位總標金	**90** 分位總標金	最大總標金
80,533	71,741	77,400	78,804	80,568	82,219	83,573	90,668

表 13 各業者取得競標頻道數量與金額的模擬結果

(金額單位：百萬元)

業者 1	最小值	**10** 分位	**25** 分位	**50** 分位	**75** 分位	**90** 分位	最大值
標得頻道數	6	6	7	8	8	9	10
決標金額	16,690	18,326	20,707	22,924	24,090	25,164	33,580

業者 2	最小值	**10** 分位	**25** 分位	**50** 分位	**75** 分位	**90** 分位	最大值
標得頻道數	5	5	6	7	7	8	8
決標金額	13,285	15,383	17,804	20,356	21,311	23,449	25,531

業者 3	最小值	**10** 分位	**25** 分位	**50** 分位	**75** 分位	**90** 分位	最大值
標得頻道數	5	5	6	7	7	8	8
決標金額	13,997	15,409	17,792	20,234	21,245	22,820	26,115

業者 4	最小值	**10** 分位	**25** 分位	**50** 分位	**75** 分位	**90** 分位	最大值
標得頻道數	2	2	3	3	4	4	4
決標金額	5,527	6,044	8,678	9,013	11,483	12,102	12,858

業者 5	最小值	**10** 分位	**25** 分位	**50** 分位	**75** 分位	**90** 分位	最大值
標得頻道數	2	2	3	3	4	4	4
決標金額	5,593	6,072	8,703	9,026	11,637	12,147	13,099

三、競標模擬分析

台灣首次 5G 頻譜競標以總標金以 1421.91 億元結束，其中 5GHz 以下的黃金頻段決標金額高達 1405.43 億元，各競價公司標得的 5GHz 以下之頻道數與決標金額摘要如表 16。

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

表 14 溢價競標的總標金模擬結果

(單位：百萬元)

平均總標金	最少總標金	10 分位總標金	25 分位總標金	50 分位總標金	75 分位總標金	90 分位總標金	最大總標金
139,513	109,236	120,367	128,237	138,636	151,319	159,776	166,997

表 15 各業者在溢價競標模擬的取得頻道數量與金額

(金額單位：百萬元)

業者 1	**最小值**	**10 分位**	**25 分位**	**50 分位**	**75 分位**	**90 分位**	**最大值**
標得頻道數	9	9	9	9	9	9	10
決標金額	36,412	40,127	42,752	46,235	50,916	53,776	61,850

業者 2	**最小值**	**10 分位**	**25 分位**	**50 分位**	**75 分位**	**90 分位**	**最大值**
標得頻道數	6	6	6	7	7	7	8
決標金額	24,330	28,806	31,172	33,843	35,981	38,644	45,604

業者 3	**最小值**	**10 分位**	**25 分位**	**50 分位**	**75 分位**	**90 分位**	**最大值**
標得頻道數	7	8	8	8	8	8	9
決標金額	31,230	35,676	38,090	41,235	45,030	47,570	55,118

業者 4	**最小值**	**10 分位**	**25 分位**	**50 分位**	**75 分位**	**90 分位**	**最大值**
標得頻道數	2	2	3	3	4	4	4
決標金額	8,344	10,363	13,185	15,402	18,528	22,833	24,643

業者 5	**最小值**	**10 分位**	**25 分位**	**50 分位**	**75 分位**	**90 分位**	**最大值**
標得頻道數	0	0	0	0	0	2	2
決標金額	0	0	0	0	0	9,598	12,365

備註：業者 5 有 87%機率標不到 5GHz 以下頻道。

在前述 2 種假設模擬條件下，雖然第一種採用相同投資比例的模式，模擬總決標金與實際決標金額仍有一段落差，但也顯示出在此種條件下，最後的總標金也將高達 717 至 906 億元之間，模擬的總決標金額將比底價高出 257%至 325%，可以預期決標金額將高於國家通訊傳播委員會設定的 440 億元，以及市場預期的 600 億元。其次在第二種假設條件下，模擬業者 1、業者 3 和業者 4 願意增加 CAPEX 投

資比例的模式，不但可以模擬出涵蓋最終競標結果的解，而且總標金落在 54 百分位數的位置，以及業者 1、3、4 和 5 的得標頻道數皆落在模擬的中位數上，且業者 2 的得標頻道數也落在 46 百分位數上也相當接近中位數，代表此假設的模型非常符合實際的競標結果。此點也說明在有限的開放競標頻道下，部份業者將增加投資金額來取得更多的服務頻道，期望建立更好的服務競爭優勢。

表 16 首次 5G 頻譜競標的決標頻道數量與得標金額

(決標金額單位：百萬元)

	業者 1	**業者 2**	**業者 3**	**業者 4**	**業者 5**	**總和**
標得頻道數	9	6	8	4	0	27
決標金額	47,755	30,450	42,630	19,708	0	140,543
模擬頻道百分位數	0~93	0~46	2~94	70~100	0~87	0~100
模擬金額百分位數	58	20	59	79	0~87	54

陸、結論

過去一直未有良好的模型可以用來評估無線電頻譜競標結果，本研究成功的建立頻譜競標的預測模型，並且模擬出台灣 5G 首次頻譜競標的結果；在此模型之下，研究人員可以設定開放各競標的頻段、頻道與底價，以及設定競價公司數量和基本營業資訊，並可藉由假設不同的競標條件，包含：競價公司需求頻道數量、CAPEX 投資比例以及網路涵蓋需求基地台數量等要素，即可模擬產出最終各競價公司在各頻段的得標數量與決標金額，可供研究學者和競標業者事前評估，研擬新服務的投入策略及網路規劃，也可以協助政府分析競標者的競爭狀況與可能的競標結果分佈樣態，進而擬訂後續的無線電頻譜策略，制訂符合產業發展需要的頻譜競標規範。

一、研究貢獻

無線電頻譜費用已成為行動電信業者的一大經營負擔，如何評估頻譜競標是一個很重要的議題，但是至今仍未有一個良好的方法可以用來評估無線電頻譜競標結果；本研究成功建立頻譜競標的預測模型，建立 4 大頻譜競標的影響面向，可以針對不同競標狀況進行結果預測分佈，針對擬訂新行動服務的於企業策略將有

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

很大的助益；並且本模型成功模擬出台灣 5G 首次頻譜競標的結果，確認其模型的有效性。

二、研究限制與討論

如同先前研究沒有豐富的頻譜競標數據資料可供量化研究分析，目前在台灣也僅有一組 5G 頻譜競標結果可供研究，因此，未來運用此模型進行模擬時，仍需在演算法上的參數進行調校，用以減少可能產生的模擬結果誤差。此外，本研究先假設各業者採用相同的網路建設涵蓋率，後續學者運用此模型時，也可以假設各業者採用不同的基地台建設數量，進而模擬不同的運用情境與策略研擬。

三、未來研究建議

發展中的 5G 將會大量應用到 5GHz 以上的高頻的頻譜，但高頻段的電波涵蓋距離非常合短，有效距離可能在 100 公尺以內，非常不易建立全域的通訊涵蓋能力；在台灣嚴重的住戶抗爭基地台建設情況下，高頻的頻譜並無法建立完整的 5G 通訊涵蓋範圍，而且本次開放的 28GHz 頻道非常充足，因此未列入本研究模擬中。未來學者可以針對高頻段之頻譜的使用模式進行相關研究及建立競標模型。

參考文獻

台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司，(2017) 。*106 年度「頻譜供應規劃與政策規範研究」研究報告*。

交通部，(2018)。*頻率供應計畫(107)*。

張智為，((2016) 。*行動通訊網路系統共享之研究－以無線基地台設施為例* ，國立政治大學經營管理學程未出版碩士論文。

國家通訊傳播委員會，(2017) 。*106 年開放申請之行動寬頻業務競價作業各得標者名，單、得標標的及其得標金公告*。

國家通訊傳播委員會，(2021)。*行動寬頻業務 5G 釋照電子式競價系統*，擷取自 https://mbb5g.ncc.gov.tw/

國家通訊傳播委員會，(2018)。*2018 年第 3 季行動通訊市場統計資訊*。

國家通訊傳播委員會，(2019)。*2018 年第 4 季行動通訊市場統計資訊*。

國家通訊傳播委員會，(2020)。*2019 年第 4 季行動通訊市場統計資訊*。

國家通訊傳播委員會，(2021)。*公告 108 年開放申請經營行動寬頻業務競價作業各得標者名單、得標標的及其得標金*，擷取自 https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=519&sn_f=42756。

葉子平，(2018)。4G 頻譜拍賣與次級交易市場制度之研究－以臺灣為例，世新大學法律學研究所未出版碩士論文。

Adomavicius, G., Gupta, A., & Yang, M. (2018). Designing real-time feedback for bidders in homogeneous-item continuous combinatorial auctions. *MIS Quarterly*, Forthcoming, 19-3.

Anumandla, K. K., Kudikala, S., Venkata, B. A., & Sabat, S. L. (2013). *Spectrum allocation in cognitive radio networks using firefly algorithm*. Paper presented at the International Conference on Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing (SEMCCO 2013), Chennai, India, December 19-21, pp.366-376.

Bichler, M., Goeree, J., Mayer, S., & Shabalin, P. (2014). Spectrum auction design: Simple auctions for complex sales. *Telecommunications Policy*, vol. 38(7), pp.613-622.

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

Blum, C., Puchinger, J., Raidl, G. R., & Roli, A. (2011). Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization: A survey. *Applied Soft Computing*, 11(6), 4135-4151.December 19-21, pp. 366-376.

Boussaïd I., Lepagnot J., & Siarry P. (2013). A survey on optimization metaheuristics. *Information Sciences*, 237, pp.82-117.

Gogna A., & Tayalb A. (2013). Metaheuristics: review and application, *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, *vol. 25*, No. 4, pp.503-526.

Jain, R., & Dara, R. 2017. Framework for evolving spectrum management regimes: Lessons from India. *Telecommunications Policy*, vol. 41, Issue 5-6, pp. 473-485.

Paul, A., Maitra, M., Mandal, S., Sadhukhan, S. K., & Saha, D. (2011). *A metaheuristic based fair dynamic spectrum allocation policy*. Paper presented at the 2011 Fifth IEEE International Conference on Advanced Telecommunication Systems and Networks (ANTS), December 18-21.

Weiss, M., Lubin, B., & Seuken, S. (2017). *SATS: A universal spectrum auction test suite*. Proceedings of the 16th Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS), São Paulo, Brazil

關於作者

Chih-Wei Chang received his B.S. degree from Soochow University, Taiwan, in 1994 and his M.S. degree from the University of South Australia, Australia, in 2006. From 1995 to 2016, he worked as a system integrator, telecom operator and network vendor where he acquired considerable experience in the telecommunications and network integration fields. Since 2016, he has been a technical director at Zyxel Communication. At present, he is a Ph.D. candidate at the Department of Management Information Systems, National Chengchi University. His research interests are in computer networking, IoT, and cybersecurity.

附錄一、 5G 行動寬頻業務競價作業決標結果

國家通訊傳播委員會於 2021 年 2 月 21 日公告辦理 108 年行動寬頻(5G)業務釋照作業競價作業結果，本案於 108 年 11 月 27 日公告第一階段通過資格審查競價者名單；第二階段頻道數量競價作業於 108 年 12 月 10 日開始舉行，並於 109 年 1 月 16 日競價結束，歷經 27 天、總計 261 回合的競價程序、決標金額達新臺幣 1380.81 億元。並於 2 月 21 日辦理頻道位置競價作業，決定各得標者之得標標的，決標金額達新臺幣 41.1 億元，合計最後 5G 首次頻譜競標總決標金額達到 1421.91 億元。其中 3.5GHz 黃金頻段的競價金高達 1364.33 億元，合計頻道位置競價使得總標金更高達 1405.43 億元，決標金額高居世界第三名，各競價者得標明細請參如下表。

表 17 各得標者名單、得標標的及其得標金

得標者名單	得標標的	得標金
中華電信 股份有限公司	3500MHz 頻段: F13~F21 (3420MHz~3510MHz)	新臺幣483億7,300萬元
	28000MHz 頻段: G10~G15 (27900MHz~28500MHz)	
台灣大哥大 股份有限公司	3500MHz 頻段: F22~F27 (3510MHz~3570MHz)	新臺幣306億5,600萬元
	28000MHz 頻段: G24~G25 (29300MHz~29500MHz)	
台灣之星電信 股份有限公司	3500MHz 頻段: F1~F4(3300MHz~3340MHz)	新臺幣197億800萬元
亞太電信 股份有限公司	28000MHz 頻段: G20~G23 (28900MHz~29300MHz)	新臺幣4億1,200萬元
遠傳電信 股份有限公司	3500MHz 頻段: F5~F12 (3340MHz~3420MHz)	新臺幣430億4,200萬元
	28000MHz 頻段: G16~G19 (28500MHz~28900MHz)	

資料來源：國家通訊傳播委員
https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=519&sn_f=42756
https://mbb5g.ncc.gov.tw/

DOI: 10.6131/MISR.2021.2301.03

CALL FOR PAPER

MIS Review: An International Journal

MIS Review is a double-blind referred academic journal published jointly by the Department of Management Information Systems, College of Commerce, National Chengchi University in Taiwan. The journal is published both in print and online. We welcome submissions of research papers/case studies in the areas including (but not limited to):

1. **MIS Roles, Trends, and Research Methods**

   Roles, positioning and research methods of management information systems, and the impacts & development trends of information technology on organizations.

2. **Information Management**

   Information infrastructure planning and implementation, information technology and organizational design, strategic applications of information systems, information system project management, knowledge management, electronic commerce, end-user computing, and service technology management.

3. **Information Technologies**

   Database design and management, decision support systems, artificial intelligence applications (including expert systems and neural networks), software engineering, distribution systems, communication networks, multimedia systems, man-machine interface, knowledge acquisition & management, data mining, data warehouse, cooperative technology, and service science & engineering.

4. **Information Applications and Innovations**

   The applications and innovations of business functional information systems (e.g. production, marketing, financial, human resources, and accounting information systems), enterprise resource planning, customer relationship management, supply chain management, intellectual capital, geographic information systems, and integrated information systems.

5. **Information Technology Education and Society**

   Information education, e-learning, and information impacts on society.

6. **Others**

   Other MIS-related topics

SUBSCRIPTION FORM

E-ISSN:2218-3450 / ISSN:1018-1393 / GPN: 2007800019

I/we would like to subscribe **"MIS Review: An International Journal"** and agree to abide by your rules and regulations.

Subscription Info			
1 Issue is NTD (New Taiwan dollar) 600			
Vol. _____ ~ Vol. _____		**Copies____ = $ ____ NTD**	
Name of the Subscriber/Organization			
E-mail			
Phone/Mobile Phone			
Address			
Signature		**Date**	
Shipping Address			
☐ **Same as Above** If no, please offer the details to us.			
Name			
E-mail			
Address			
Phone/Mobile Phone			
Would you need a claim reimbursement?	☐ **YES** ☐ **NO** If yes, please offer the details to us.		
Company Name			

After completing this form, please send it to misreview@mis.nccu.edu.tw. We will confirm your transaction and ship it. We appreciate your support.

Head Office Information

E-Mail：misreview@mis.nccu.edu.tw

Tel：886-2-29393091 ext:89055 89056 89057

Address：No.64, Sec. 2, Zhi-Nan Rd., Wenshan District, Taipei City 11605, Taiwan (R.O.C.)