

臺灣食品大數據風險分析—以社會網絡分析探討油品之交易流向管理為例

吳立雅 蘇秋霞 林秉鴻 李明鑫

食品藥物管理署食藥戰情中心

摘 要

大數據的整合分析為政府推動國家發展極為重要的方向，也是食品藥物管理署(下稱食藥署)正面臨的關鍵挑戰。過去國內曾爆發食用油遭混摻、造假事件，此重大食安問題引起社會大眾對於油品安全性產生高度關注，本文將透過食品巨量資料庫，結合跨部會資料，以油品交易流向管理為例，運用社會網絡分析(Social Network Analysis, SNA)方法，並以網絡密度與網絡中心性作為指標，探討整合分析食品相關大數據提供更精準的決策建議。研究結果顯示，結合社會網絡分析於關係複雜的油品交易網絡，可成功偵測食品業者於非食用油(例如飼料油或廢食用油等)交易網絡所擔任之角色，釐清食品業者購買非食用油的產銷鏈網絡之重要性，重要性愈高表示該食品業者於產品流通上具有舉足輕重的地位，藉以整合業者與業者之間所形成的「關係」資訊，與「業者」本身業別資訊，進而作為疑慮產品非法流入食品鏈風險偵測之綜合研判參考。因此本研究建議非食用油是否流入食品鏈之監控機制，可融入油品交易流向社會網絡分析，由大數據統計視角進行多元監測，期使油品管理事半功倍，為國內流通之油品把關。

關鍵詞：食品大數據、風險分析、油品管理、社會網絡分析

前 言

在各國食品詐欺(criminal fraud)事件頻傳的情況下，運用政府機關所收集到的食品大數據進行風險因子的分析，透過事件前的偵測及監控，以及事件後的追溯追蹤尋找問題、杜絕消費者的不良影響，對於確保民眾健康安全將能夠多一層保障⁽¹⁾。食品安全攸關人民健康與國家經濟發展，有鑑於食品事件頻傳，如黑心油品事件⁽²⁾，精進作為仍與溯源管理與流向追蹤資訊等大數據應用息息相關，運用大數據進行食品安全風險分析，儼然是結合國際發展趨

勢下，支持食品安全監控預警的最佳途徑，大數據分析的發展，對於食品安全風險分析領域帶來了具有科學根據的定量基礎。因應大數據分析方法推陳出新及演算法技術突飛猛進，資料整合分析之良窳對於後續決策具有重大且關鍵的影響^(3,4)。

食用油在國人每日生活中必不可少。103年9月國內查獲經營地下油廠業者向廢棄油回收業者和自助餐廳收購餿水，將回收處理過的廢棄食用油、回鍋油，混充飼料用豬油出廠為香豬油，販賣予食品業者「強○企業股份有限公司」製造成加工製品。「鑫○有限公司」涉

嫌將飼料油謊稱食用豬油賣給「正○股份有限公司」，旗下部分清香油、香豬油等油品混充飼料油，最終流入食品鏈中⁽²⁾。該等事件引起社會輿論對食安問題的重視與反省，亦顯現油品管理之疏漏，為杜絕類似情形再次發生，食藥署與經濟部、環保署及農委會等部會合作，於105年利用系統介接，就常見非法添加於食用油的非食用油來源部會資料，包括飼料油、工業油及廢棄油，選定農委會飼料用油申報系統資料、經濟部工業用油與進口工業用油申報系統資料、環保署廢棄物申報系統資料，與食藥署食品雲的五非系統，建置跨部會油品大數據資料庫。

為有效監控非食用油是否流入食品鏈，油品的追溯追蹤、交易流向管理是重要的議題，然而傳統的交易流向分析通常依據實務需求制定高風險業者關注程度判定原則，如利用非食用油品買方及賣方之業者身分與進貨量或出貨量評估，建立油品業者風險清單。這樣的分析通常把各個業者視為獨立的個體，並對這些獨立個體中的相關人、事、物進行討論，但是這種研究方式忽略了油品交易體系中不同個體間節點(油品交易的人、事、物)的關係結構。事實上，一個油品交易鏈間人、事、物(即業者、交易、產品)的互動，是一個複雜的系統，尤其業者在交易鏈中並不是各自獨立的，這些業者不但互相依賴，同時也互相作用，彼此間互相傳遞訊息，形成錯綜複雜的交易網絡⁽⁵⁾。

在社會網絡分析中，社會節點與社會節點之間透過各種關係形成社會網絡，社會節點可以是個人、是國家，甚至是經濟體，這些社會節點會形成各種不同關係的社會網絡^(6,7)。因此社會網絡所探討的對象是個體與個體之間所形成的「關係」，而非「個體」本身，這樣的研究方法也逐漸受到食品供應鏈於偵測食品犯罪性詐欺事件的重視。國際間針對國際食品警訊的發布或產品的回收，亦以社會網絡分析的方

式，提供食品追溯追蹤交易流向的管理基礎，並做為食品詐欺事件的風險偵測及預警^(8,9)。

本文的研究目標是以食藥署的食藥大數據資料，整合跨部會資料，以油品管理為例，運用社會網絡的分析方法，建立油品交易網絡，探討非食用油交易流向是否有流向食品鏈的網絡關係，勾勒可能的食品詐欺高風險業者樣態。

材料與方法

一、資料來源

本研究使用的跨部會油品大數據資料庫，為106年農委會飼料油申報系統資料之飼料油交易流向，與食藥署食品五非系統，包含食品追溯追蹤系統(非追不可)、邊境查驗自動化管理資訊系統(非報不可)、食品業者登錄平台(非登不可)、產品通路管理資訊系統(非稽不可)及合併「實驗室資訊管理系統」、「實驗室認證資訊網」、「檢驗管理系統」之系統(非驗不可)。

二、分析方法

(一)業者特性

依據實務需求制定高風險業者關注程度判定原則。由飼料油申報業者比對食藥署的「非登不可(食品業者登錄系統)」、經濟部工商登記資料(營業項目)、飼料油進口及製造業者(賣方)及銷售對象(買方)是否具有食品業者身分等，區分風險關注等級，評估飼料油是否有疑似流入食品供應鏈之可能。

(二)網絡特性

運用社會網絡分析模式，油品業者為網絡節點，連線為油品交易的事實，連線的箭頭方向為買方及賣方關係。社會網絡分析利用圖形說明每個油品業者與交易之

間所形成的網絡關係之外，透過網絡密度(network density)、中心性(network degree centrality) 2種具有代表性的指標作為衡量標準。中心性可分為程度中心性⁽¹¹⁾、接近中心性⁽¹¹⁾、中介中心性⁽¹¹⁾與特徵向量中心性⁽¹²⁾ 4種衡量指標。利用上述社會網絡指標衡量該節點在社會網絡中的影響力，以探討食品業者於非食用油交易網絡中的關係。

1. 社會網絡密度：測量網絡整體結構的基本指標之一。密度愈大，顯示整個網絡關係中的資源交換與互動頻率也愈高，反之則越低。其公式如下：

$$\text{Density} = \frac{l}{n(n-1)/2} \quad (1)$$

l ：連結數量；

n ：節點數量

2. 社會網絡中心性：中心性與群體效率有關，用來衡量節點在社會網絡中的重要程度，越靠近網絡中心的節點影響力越大，藉此了解該網絡的走向。中心性可分為下列4種指標：

- (1) 中介中心性(betweenness centrality)：衡量某一個節點於其他任兩節點之間路徑上的重要程度，即擔任守門員(gatekeepers)的角色，值越高，該業者的資訊流量越大，相對於兩個網絡也越重要。其公式如下：

Betweenness Centrality =

$$\frac{\sum_{j < k} \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}}{(g-1)(g-2)/2} \quad (2)$$

n_i ：衡量之目標

g ：節點總數

$g_{jk}(n_i)$ ：任兩節點經過目標節點之最短路徑長度

g_{jk} ：任兩節點之最短路徑長度

- (2) 程度中心性(degree centrality)：衡量節點和節點間相鄰的數量，可得知節點影響社會網絡的區域大小範圍，即業者的上游及下游業者家數，越高表示該業者於網絡中的影響範圍越廣。其公式如下：

$$\text{Degree Centrality} = \frac{d(n_i)}{n-1} \quad (3)$$

n_i ：衡量目標的節點數量

$d(n_i)$ ：目標節點之連結數量

n ：節點總數量

- (3) 接近中心性(closeness centrality)：衡量節點和其他節點之間的接近程度，代表節點接收到訊息的容易程度，越高表示該業者與其他業者越為靠近，能獲得的資訊量越大。其公式如下：

Closeness Centrality =

$$\frac{1}{\sum_{j=1}^n d_{ij}/n-1} \quad (4)$$

n_i ：衡量之目標節點

d_{ij} ：目標節點和網路中另一節點之間之距離

n ：整體網路的節點總量

- (4) 特徵向量中心性(eigenvector centrality)：計算網絡中每個節點影響力的程度大小，表示節點在網絡中的核心程度，越高表示於網絡中的角色越重要。其公式如下：

Eigenvector Centrality =

$$\lambda^{-1} \sum_{j=1}^n A_{i,j} X_j \quad (5)$$

λ ：特徵值

j ：A矩陣中與i相關聯的節點，

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

A：矩陣

i：節點
 X_i ：衡量A矩陣中目標節點的中心性

三、分析方法

本文以社會網絡分析方法進行網絡分析並用R程式語言繪製社群網絡圖及計算網絡密度及各項中心性指標。社會網絡圖是由節點和線條構成，線條寬度、顏色與透明度可以顯示互動關係的差異，節點也可以透過大小、形狀、顏色與透明度呈現差異。在本文中，非食用油交易網絡圖是由油品業者與交易流向構成；節點形狀表示業者屬性，方形為油品輸入(或製造)業(源頭業者)，圓形為下游業者；節點顏色表示是否為食品業者，紅色為食品業者，白色為非食品業者；節點大小表示業者交易數量，交易淨重越高者，節點越大；線條的箭頭方向表示買賣關係；線條的透明度表示交易頻率，交易頻率越高者，顏色越深。

四、分析軟體

本文以紐西蘭奧克蘭大學的羅斯·伊哈卡和羅伯特·傑特曼於1993年所開發之免費程式語言R (3.4.0版)分析。

結 果

一、業者特性

於106年飼料用油申報資料中，非食用油交易的業者共計384家，其中屬輸入或製造的油品業者有103家(27%)，其下游業者有281家(73%)，總申報非食用油交易流向的筆數為15,285交易紀錄。為監測非食用油是否有流入食品鏈的情事，本研究的384家非食用油業者中有62家兼具食品業者身分，占整體16%，為重點關注對象。食藥署依據實務需求制定關注程度判定原則，利用非食用油品買方及賣方之業者身分進行評估，並將關注程度區分為1至4，結果如下(表一)：

- 一、關注程度1：賣方不為食品業者，買方為食品業者且不具非食用油業者身分，疑似有非食用油流向食品鏈之情事，故具相當關注程度。買方為食品業者有3家，共8筆交易紀錄，占有所有交易筆數的0.05%。
- 二、關注程度2：賣方不具食品業者身分，買方為食品業者且兼具非食用油業者身分，因兼具身分之情形，需關注程度較關注程度1小。買方為食品業者有29家，共1,007筆交易紀錄，占有所有交易筆數的6.59%。
- 三、關注程度3：買方及賣方皆為食品業者，且買方不具非食用油業者身分，因買方購買之油品來源為非食用油，尚具混用食品及非食品原料之疑慮。買方為食品業者有5家，共29筆交易紀錄，占有所有交易筆數的0.19%。

表一、106年油品交易風險關注程度邏輯與交易筆數

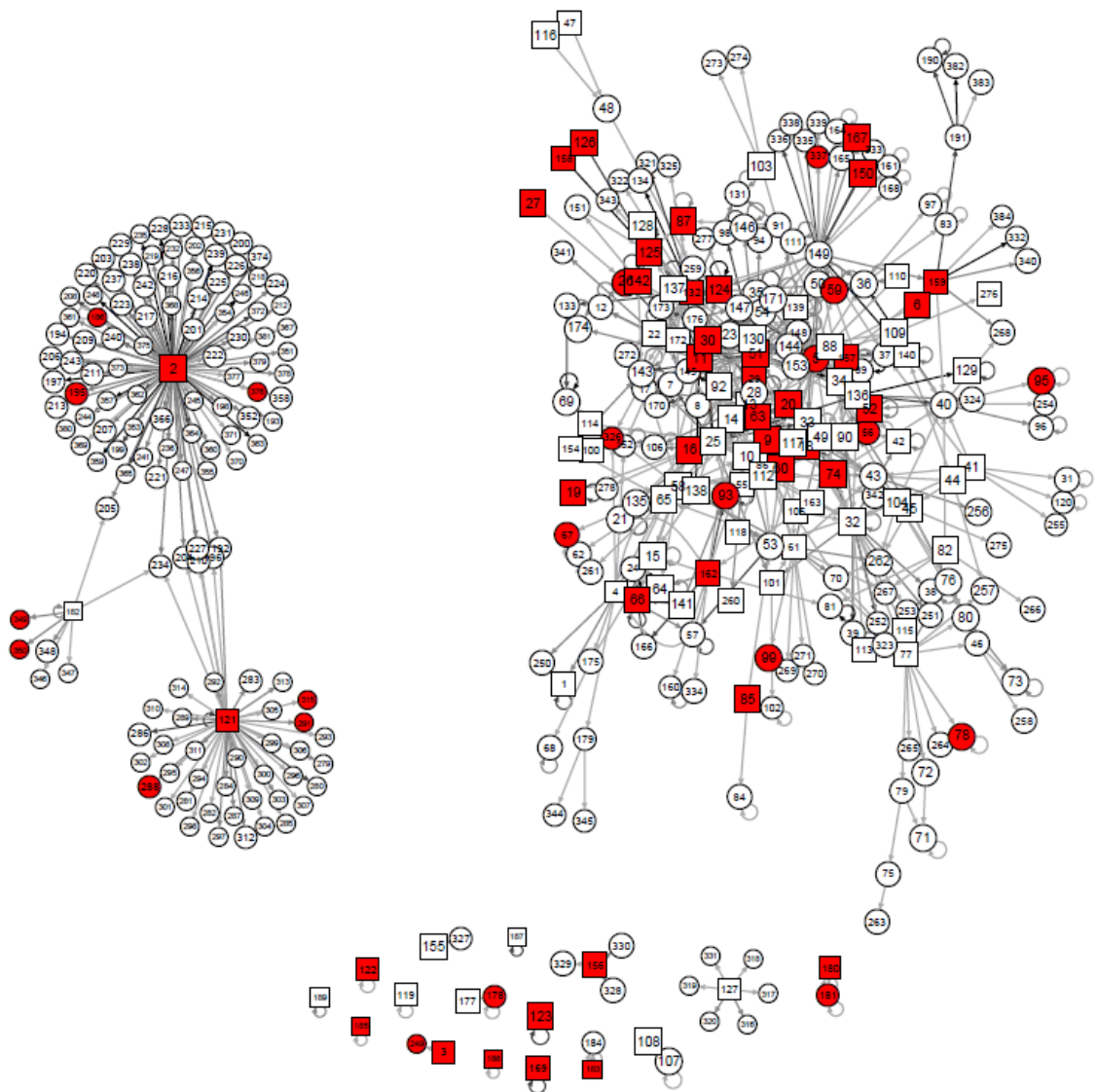
關注程度	賣方是否兼具食品業者身分	買方是否兼具食品業者身分	買方是否具非食用油業者之身分	交易筆數(%)
1	N	Y	N	8 (0.05)
2	N	Y	Y	1,007 (6.59)
3	Y	Y	N	29 (0.19)
4	Y	Y	Y	876 (5.74)
其他	-	N	-	13,365 (87.43)
總和	-	-	-	15,285 (100)

備註：a.統計區間：【銷售/使用日期】106.01.01至106.12.31
b.N代表否，Y代表是

四、關注程度4：買方及賣方皆為食品業者，且買方亦具其他用途油業者身分，購買其他用途油實屬合理。買方為食品業者有22家，共876筆交易紀錄，占有交易筆數的5.74%。

二、網絡特性

非食用油交易網絡圖是由油品業者與交易流向構成，透過視覺化社會網絡圖呈現106年非食用油的交易，了解非食用油流向與業者間的關係（圖一）。網絡圖的節點為油品業者，共384個節點，共有671條節點連線，油品交易網絡密度為0.005；節點形狀正方形為輸入(或製造)業，也就是油品的源頭(上游)業者，圓形為



圖一、非食用油交易社會網絡圖

下游業者；節點顏色為紅色表示具食品業者身分，白色為非食品業者。節點大小表示業者交易數量，交易淨重越高者，節點越大；線條的箭頭方向表示買賣關係；線條的透明度表示交易頻率，交易頻率越高者，顏色越深。由網絡圖可觀察到384家業者，其中62家兼具食品業者身分，322家不具食品業者身分。該62家業者中屬輸入或製造業者的家數為40家，占65% (40 / 62)，顯著高於不具食品業者身分屬輸入或製造業者的占率20% (63 / 322)達統計顯著差異($P < 0.05$)。亦即具食品業者的非食用油業者，多數為輸入或製造非食用油業者，可見國內食品產業營運朝多元化發展，業者兼營型態多樣，突顯油品業者的跨部會合作與管理的重要性。因此跨部會合作，加強非食用油的輸入或製造業者的源頭管理，應可作為油品安全的關鍵措施參考。

以384家業者於非食用油流向網絡中交易的情況，可將網絡分為左側、右側與下側三個部分，左側部分的業者交易多為單層(意指多數買方只有一個上游業者且無下游業者)，網絡較簡單。下側部分的業者多為輸入(製造)食品業者且多數為自用，業態主要為畜牧場或飼料廠。右側部分的網絡較為複雜為主要的交易網絡，一個業者有多個上下游，通路較廣，兼具食品業者身分的家數最多，也是食品業者聚集的網絡，需特別關注。

討 論

因1 - 4級關注清單只選入買方為食品業者之情況，故以社會網絡衡量指標觀察62家食品業者於非食用油流向網絡中的重要性，包括向內程度中心性、向外程度中心性、接近中心性、中介中心性和特徵向量中心性，表二列出特徵向量中心性較高的前10大食品業者。以業者代碼51為例，業者向10家上游業者購買非食用油，銷售至32家下游業者，向內程度中心

性與向外程度中心性分別為10與32，該業者特徵向量中心性與程度中心性皆高於其他食品業者，表示業者代碼51相較於其他食品業者與網絡中重要的業者連結，代表業者代碼51為此網絡中重要的業者。中介中心性表示扮演著兩個交易網絡流通的重要溝通橋樑，業者代碼18的中介中心最高(931.22)顯示為兩個交易網絡的溝通者，反之業者代碼16、業者代碼120與業者代碼28中介中心性較低，代表這三家業者不為網絡間的溝通者。綜合以上社會網絡衡量指標所代表之意義，當從不同角度探討時，關鍵的衡量指標也有所不同，例如：當探討通路廣泛程度，向內程度中心性與向外程度中心性成為關鍵指標，當向外程度中心性達到一定程度或顯著高於其他業者時，代表著一定程度產品流通性；當探討某家業者對於其中兩個小社會網絡間流通之重要性時，觀察中介中心性較程度中心性更為重要，如業者代碼18及業者代碼63在產品流通上具有舉足輕重之地位。本研究探討業者間的關係與業者對於產品流通之影響性，特徵向量中心性與程度中心性可做為食品安全風險因子監控權重設定之關鍵考量。

表二、前10大油品網絡食品業者之網絡衡量指標
(以特徵向量中心性排序)

業者代號	向內程度中心性	向外程度中心性	接近中心性(10 ⁻⁶)	中介中心性	特徵向量中心性
51	10	32	10.2	2610.2	1.00
5	13	11	7.4	463.22	0.47
11	4	21	10.2	850.42	0.45
63	5	3	10.2	924.83	0.42
20	1	9	01.5	18.67	0.36
16	0	12	10.8	0.00	0.35
74	1	8	10.2	623.53	0.29
18	5	4	10.1	931.22	0.28
124	7	1	6.8	0.00	0.27
132	2	17	7.5	594.92	0.23

為有效監控非食用油是否流入食品鏈，油品的追溯追蹤交易流向分析是重要的議題，然而過去的分析通常把各個業者視為獨立的個體，並對這些獨立個體中的相關人、事、物進行分析，例如業者是否兼具食品業者身分、購買油品數量等。但是這種分析方式忽略油品交易體系中不同個體間的關係結構。事實上，一個油品交易鏈間人、事、物(即業者、交易、產品)的互動，是一個複雜的系統，尤其業者在交易鏈中並不是各自獨立的，這些業者不但互相依賴，同時也互相作用，彼此間互相傳遞訊息，形成錯綜複雜的交易網絡。為有效運用油品大數據資料，本研究建議結合實務需求制訂的高風險業者關注程度判定原則及大數據分析技術的社會網絡分析，高風險業者依買方及賣方是否兼具食品業者身分進行關注程度判定，產生1 - 4級關注清單後，再佐以網絡分析計算上開食品業者於網絡的特徵及重要性指標，評估業者於產品流通上是否具有舉足輕重的地位，藉以整合「業者」本身業別資訊，與業者之間所形成的「關係」資訊，綜合研判產品是否有不當流入食品供應鏈之可能，以進行交易流向合理性的初步確認。倘有疑慮再進行後續稽查規劃，稽查結果將反饋至追溯追蹤流向分析中，進行風險偵測修正，以期能在下一步更準確找到可能的風險問題。因此本研究建議非食用油是否流入食品鏈之監控機制，可融入油品交易流向社會網絡分析，由大數據統計視角進行多元監測，期使油品管理及稽查事半功倍，為國內流通之油品把關。研究限制為非食用油產銷鏈網絡的完整性仰賴業者申報資料之品質，惟倘有違法業者蓄意將疑慮油品流入食品鏈，於申報資料中恐將蓄意隱埋，因此大數據風險分析結果仍仰賴資料品質與稽查實務，併同進行滾動式修正及調整。

隨著大數據時代的來臨，資料分析之良窳對於後續決策具有重大且關鍵的影響。有效的大數據的整合分析能將資料(Data)轉化為

有用的資訊(Information)，進而形成決策支援參考。103年國內爆發食用油遭混摻、造假事件，此重大食安問題引起社會大眾對於食用油品混入非食用油之安全性產生高度關注，食藥署藉由跨部會合作，利用系統整合油品大數據資料庫，並透過實際稽查案例結果，做為滾動式精進風險偵測模型之依據，以利掌握與監控非食用油品之來源及去向，作為後續制定政策之重要參考，保障國人油品安全與健康。

結 論

本研究透過社會網絡分析來探討油品業者交易流向之間的關係，並藉由社會網絡指標評估食品業者在非食用油交易網絡中的角色，以辨識非食用油交易流向與食品鏈是否相關，高關注食品業者結合網絡衡量指標，包括程度中心性、接近中心性、中介中心性、特徵向量中心性等角度得知其重要性與影響力，可作為後續高風險業者稽查的參考⁽¹¹⁻¹⁶⁾。

食品安全攸關國家經濟發展與人民健康、有鑑於各國食品安全事件頻傳⁽¹⁷⁾，在管制政策上仍與溯源管理與檢驗數據資訊等大數據應用息息相關，運用大數據進行食品安全風險分析技術，儼然是結合國際發展趨勢下，最佳支持食品安全監控預警的最佳途徑，大數據分析的發展，對於食品安全風險分析領域帶來了具有科學根據的定量基礎。期盼藉由本文能夠帶給外界了解，我們對於臺灣食品大數據的努力與成果，一同為維護民眾食品安全共同努力。

參考文獻

1. 衛生福利部。2016。食品安全政策白皮書2016-2020。[<http://www.fda.gov.tw/upload/133/content/2016010616580240974.pdf>]。
2. 食品藥物管理署。2014。黑心油品事

- 件專區。[<http://www.fda.gov.tw/TC/site.aspx?sid=4093>]。
3. 丁一賢、陳牧言。2005。資料探勘。滄海出版社，台中。
 4. 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯。2012。資料探勘，旗標出版社，台北。
 5. Mitchell, J. C. 1969. Social networks and urban situations, Manchester: University of Manchester Press.
 6. Laumann, E., Galaskiewicz, J. and Marsden, P. V. 1978. Community structure as interorganizational linkages, Annual Review of Sociology. 4: 455-484.
 7. Emirbayer, M. and Goodwin, J. 1994. Network analysis, culture, and the problem of agency. American Journal of Sociology. 99: 1411-1454.
 8. National Sanitation Foundation (NSF). 2014. The 'new' phenomenon of criminal fraud in the food supply chain. [<http://www.nsf-food-conf.eu/assets/nsf-food-fraud-white-paper-finalsept2014.pdf>].
 9. Ellis, D. I., Muhamadali H, Allen, D. P. and *et al.* 2016. A flavour of omics approaches for the detection of food fraud. ScienceDirect. 10: 7-15.
 10. 食品藥物管理署。2018。2017食品藥物管理署年報。聯經出版事業股份有限公司，台北。[<http://www.fda.gov.tw/upload/ebook/AnnualReport/2017/C/index.html#p=36>]。
 11. Freeman, L. 1979. Centrality in social network: conceptual clarification. Social Networks. 1: 215-239.
 12. Bonacich, P. 1972. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. Journal of Mathematical Sociology. 2(1): 113-120.
 13. 梁辰、徐健。2012。社會網絡視覺化的技術方法與工具研究。現代圖書情報技術，28(5): 7-15。
 14. 行政院食品安全辦公室。2016。油品分流管制。行政院。[<http://www.ey.gov.tw/ofs/cp.aspx?n=5DC1EF6FAAE15BA2>]。
 15. 衛生福利部食品藥物管理署。2014。黑心油品事件-管理措施及推動政策之進度與說明。[<http://www.fda.gov.tw/TC/siteContent.aspx?sid=4159>]。
 16. 行政院環境保護署。2015。廢食用油回收管理機制。[<http://www.epa.gov.tw/public/Data/5221151271.pdf>]。
 17. 鐘麗琴。2016。運用風險管理評析臺日食品安全管理制度-以食用油為例。淡江大學亞洲研究所碩士在職專班學位論文。

Big Data in Food Safety-Social Network Analysis for Oil Supply Chain

LI-YA WU, CHIU-HSIA SU, BING-HUNG LIN AND MING-SHIN LEE

Decision Support Center, TFDA

ABSTRACT

The integration of various databases for big data analysis is an important policy for national development in Taiwan, which is also a critical challenge faced by Taiwan Food and Drug Administration. The results of big data analysis provide a foundation to formulate critical management policies, especially with the increasing numbers of food safety events. Furthermore, big data analysis can be employed to detect and monitor risk factors in order to prevent food safety events and continuously to track the incidents; hence, civilians could be protected. There was a series of incidents which affect food safety in Taiwan; among them, adulteration of cooking oil with recycled waste oil and animal feed oil was the worst and beyond imagination. This article addressed the Big Data Integration Model of cooking oil in Taiwan and Social Network Analysis (SNA) was used to demonstrate the statistical methods in detecting criminal frauds in the oil supply chains. SNA in a complex network of oil supply chains that could successfully monitor the relationships between individual oil industry and the transaction activities of animal feed oil in the upstream and downstream of the supply chain, and thus provided managerial insights to prevent further cooking oil frauds.

Key words: big data, risk analysis, cooking oil, social network analysis