

應用 FMEA 結合詮釋結構分析探討中小企業供應鏈風險之關鍵因素—以食品公司為例

張浚源¹ 黃瀚德^{2*}

¹國立虎尾科技大學（632 雲林縣虎尾鎮文化路 64 號）

²國立虎尾科技大學（632 雲林縣虎尾鎮文化路 64 號）

*k200220733@yahoo.com.tw

摘要

供應鏈中斷影響，可能是付出金錢代價和因交貨延誤而影響客戶關係；風險改善還是有受限的，在這受限裡僅能做好加強管理。本研究尋找一家食品公司為例，利用專家學者在文獻中所提的供應鏈風險中斷種類，以評估企業所面臨的風險作為因素探討，在對研究目標的企業主管人員進行訪問，而取得供應鏈中斷類型做整合研究，由於風險類型非常多，並不是每家企業都是面臨同樣風險，因此藉由失效模式與效應分析方法（Failure Mode and Effect Analysis），依照風險優先數（Risk Priority Number）特性經量化分析及篩選的程序獲得具關鍵性的影響因子，並結合詮釋結構建模技術（Interpretive Structural Modeling），透過二維矩陣（binary matrices）的數學運算，能得知重要性及釐清風險間複雜相互相依關係、與從屬及分層關係，從而了解公司重要弱點落在何處。並給予管理者作為改善或是清楚中斷風險以對症下藥做好管理措施。

關鍵詞：風險評估、FMEA、詮釋結構、供應鏈風險

1. 前言

目前世界物流供應鏈在複雜環境中已經陷入風險，無論何種型態環節中斷的供應鏈，都足以造成企業負面影響，風險不只造成而企業體系方面影響外，也需要做較大改善調整。無論是何種企業都一定會有風險存在，若忽視必定造成企業衝擊；因此目前業界對物流供應鏈風險強烈要求外，也慢慢開始對這塊領域有所研究；本研究目標鎖定於中小企業，由於中小企業因於廠商規模普遍較小，在生產製造方面、行銷方面、人力資源方面、研究發展方面、資金方面等，都是有限的或是不足的，同時也有許多額外的潛在問題及風險（如環境因素）；另外不同種類的風險也會相互影響，更增加許多不確定性的因素。由於風險類型非常多，並不是每家企業都是面臨同樣風險，因此藉由失效模式與效應分析方法使用將嚴重性、發生率、以及檢測度三個風險因子為決策分析評估，依照風險優先數法特性經量化分析及篩選的程序獲得具關鍵性的影響因子，並結合詮釋結構建模技術，透過二維矩陣的數學運算，能得知重要性及釐清風險間複雜相互相關關係、與從屬及分層關係，從而了解公司重要弱點落在何處。

因此本研究以一家中小企業食品醋釀造公司為例來探討此公司供應鏈風險，其目的為：（1）探討企業供應鏈風險中斷因素；（2）藉由 **FMEA** 方法篩選取得專家之關鍵因素；（3）以詮釋性結構模式有系統地以圖形來表示變數間複雜的因果關係；（4）根據研究結果，分析與討論各關鍵因素提供企業參考。

2. 文獻探討

2.1 供應鏈風險與來源

在現代商業環境中，任何一個環節失敗中斷的供應鏈，將會帶來公司負面衝擊。Olson and Wu（2010）風險管理介紹中所提到危機的定義幾乎都是自然、人為、或趕不上變化準備（否則有可能沒有危機）的系統所導致。Manuj and Mentzer（2008）也有提到供應鏈風險，包含供應風險、需求風險、營運風險及安全風險。Tang（2006）在這領域研究中，將供應鏈風險分為營運風險（operational risks）及中斷風險（disruption risks），營運風險表示意義與其內在不确定性有關，例如：不確定顧客需求與不確定的供應及不確定的成本，中斷風險意義表示為自然或人為災難所引發供應鏈中斷有關連。Wu et al（2007）對供應風險定義為可能發生的，述說查證關於風險中斷，如人為災害、環境或自然災害、財務、管理、製造等等，而再將風險分為內部風險與外部風險。而人在做選擇時，通常只會注意到結果，卻忽視了即將面臨的問題，通常問題正面只是一小部分，但背面卻是一個大問題，這讓決策者忽略了，而這就是風險的來源（Yates, 1990）。

Mitroff and Alpalan（2003）指出災害風險與自然事故、一般事故和異常意外有關，如發生火災和爆炸的危險或是人為故意或過失造成。Christopher and Towill（2002）表示，供應鏈管理正經歷著增加面臨的風險，在這近幾年來，天然災害、金融風暴、流行病、恐怖攻擊、罷工等一再地中斷供應鏈作業。對照Tang（2006）所提的中斷風險意義表示為自然或人為災難所引發供應鏈中斷是有關連的，也說明了供應鏈風險比營運風險影響企業較為嚴重。在過去或現在研究供應鏈的學者專家們已不盡其數可見供應鏈風險的議題多麼重要，針對以上文獻歸納而言供應鏈風險屬於高度不确定性風險而與供應鏈複雜度有關係越複雜風險影響則越大，或是發生無法預期的狀況（Keinbaum, Kupper, and Morgenstem, 1982）。

表1 供應鏈風險因素文獻整理

構面	構面因素	Manuj and Mentzer (2008)	Wu et al (2006)	Tang (2008)	Olson and Wu (2010)	Mitroff and Alpinsan (2003)	Christopher and Towill (2002)
意外事件	火災	0	0	0	0	0	
	員工職災事故	0	0		0	0	
	運輸事故	0	0			0	
市場優勢	供應商市場能力	0	0				
內部法律議題	工會		0				
	罷工		0	0		0	
持續供應力	供應周期時間無法預測	0	0	0		0	
	供應可獲得性	0	0			0	
	後補替選供應商	0	0			0	
	供應周期時間無法預測	0	0			0	
二階供應商	二階供應商	0	0	0	0		
外部法律議題	顧客的法律要求		0		0		
	產品/服務的法律狀態		0				
	第三方罷工(部份可控制)		0				
需求	需求快速改變	0	0				
	預期需求成長	0	0				
保安	海事安全		0		0		
	竊盜		0		0		
	資訊與網路安全		0		0		
自然/人為災害	地震		0	0	0	0	
	火山爆發		0	0	0	0	0
	水災		0	0	0	0	0
	颱風		0	0	0	0	0
	暴動		0	0	0	0	0
	恐怖攻擊		0	0	0	0	0
	流行病、疾病		0		0	0	0
第三方罷工		0	0	0	0	0	
政治/經濟穩定	經濟下滑		0		0		0
	新政府		0		0		
	法律規章改變		0		0		
市場特性	低毛利	0	0				
	市場成長率	0	0				
	市場大小	0	0				
品質	顧客評價		0	0			
成本	成本模型		0	0			
準時交貨	為送達淺在損失	0	0	0			
	物流議題	0	0	0			
產能	設計		0	0			
	製造能力		0	0			
	產能利用率		0				
	產能調節彈性		0				
生產彈性	產品特性		0				
	生產線改變能力		0				
	替代政策		0	0			
	敏捷性/靈活性		0	0			
	改變生產程序		0				
	配置		0				
技術/知識	內部溝通能力		0	0			
	供應商風險認知度		0	0			
	技術創新律		0	0			
	員工訓練		0	0			
	知識管理		0	0			
財務與保險議題	財務健全		0	0			
	多面向經營		0	0			0
	不了解風險範圍		0	0			0
管理議題	供應商管理	0	0	0			
	製造與採購機會	0	0	0			
	損益穩定度	0	0	0			0

2.2 供應鏈風險管理相關研究

Diabat et al (2011) 擬從事的工作的主要目標，以食品行業的各類風險根據文獻研究和諮詢專家在食品工業中的選擇，創建了一個模型的幫助下，進行詮釋結構分析在食品供應鏈中所涉及各種風險建模 (ISM)，這項工作可以幫助主管人識別風險，進而做好因應準備。

Olson and Wu (2010) 是以一個有用的參考資料來源研究供應鏈的風險，審查出的供應鏈風險的方法管理包括現有潛在風險的情況下和模型類型的識別和分類。做了文獻回顧供應鏈中的企業風險管理一般審查 (表2-1)，及其他文獻中討論應急計劃，並根據特定風險的減災戰略。

Tang (2008) 採用了模糊遺傳算法的方法來評價物流策略，以降低供應鏈風險。

Wu et al (2006) 以同時使用文獻回顧和行業訪談，確認57個風險因子，最後合併為19個風險因子再將風險因子分為內部及外部，並分別以，在可控制、部份可控制、不可控制作為分類分類以作為後續之風險評估。如圖1所示

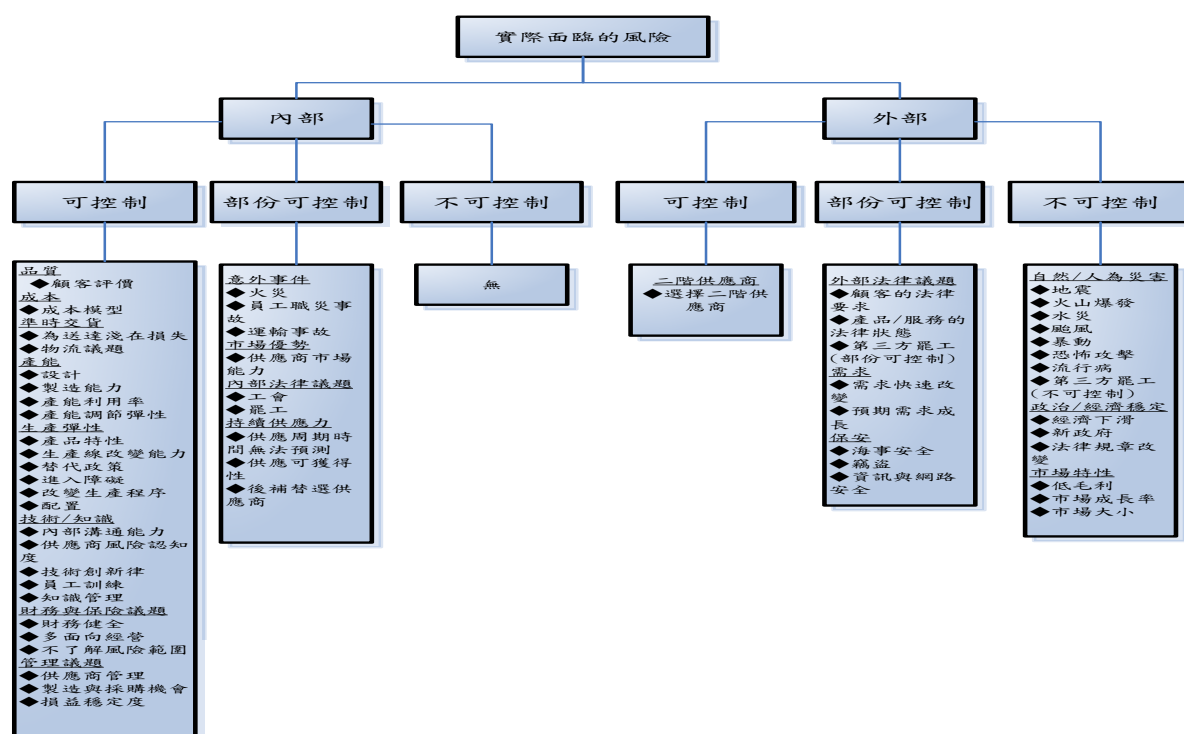


圖1 供應鏈中斷類型

2.3 失效模式

FMEA 是 "Failure Mode and Effects Analysis" 的縮寫，一般稱為「失效模式與效應分析」，他是可靠度解析手法中與FTA (Failure Tree Analysis) 手法同為世界上應用最廣泛的故障要因解析手法。FMEA 手法，是使用表單來解析，當構成系統之最下層之零件或機器發生故障時，上層之子系統或系統受到何種影響之手法。藉此手法可以解析出系統的可靠度、維護性、安全性等所受之影響，並且指出可能導致重大故障之零件或機器。找出問題點時，可透過致命度評估，將相對重要的加以量化，找出實施對策之優先順序。透過對指出的故障要因採取對策，並進行與品質管理上的改善或可靠度、維修性、安全性等有關之設計、製造、建造或使用上的改善。林清池 (2011) 運用失效模式與效應分析應用於營舍防火安全之研究，改善降低火災風險。Wang and Labrie(1995)將風險識別進行故障模式與布林代數法結合，應用在

系統安全之設計上。陳逸群 (2010)運用失效模式與效應分析應用於現地成形固化工法施工風險之探討以提高穩定之施工品質及降低施工風險。

2.4 詮釋結構建模技術

詮釋結構模式法是由 J.N. Warfield 所提出的數理分析方法將抽象化的要素，轉變為具體化、全面化的關聯構造階層圖，可以釐清複雜事態的結構。及電腦輔助等相關領域，透過二維矩陣轉變為關聯構造階層圖的數理手法 (Warfield, 1973)。Warfield (1974) 指出ISM將複雜系統中，不同類型元素之間的關係，轉變為關聯構造階層圖的數量方法。Soti et al. (2010)運用詮釋性結構模式建立導入六標準差準則間的關係。張浚源、陳政戎(2009)應用 ISM 方法分析企業導入RFID 之關鍵因素所有因素間的相關性，並有系統地以圖形來表示變數間複雜的關係，瞭解導入遭遇之問題相關性，提升我國企業整體的競爭效益。

3. 研究方法

本研究將依專家學者文獻及案例公司所提之供應鏈中斷風險類型作為整合，引用Wu et al (2006) 文獻探討中 (圖1) 整理出的供應鏈中斷風險來源作為研究的範本，Wu et al (2006) 使用文獻回顧和企業訪談，確認57個風險因子，最後合併為19個風險因子，而本研究將訪問供應鏈風險融入其中。其所列舉文獻風險來源因素應用於失效模式中依風險優先數法) 特性將篩的選因素，結合詮釋結構建模技透過二維矩陣的數學運算能得知重要性釐清風險間複雜相互相依關係、與從屬及分層關係，從而了解本研究之公司重要弱點落在何處。

3.1 失效模式

FMEA是一種用來確定潛在失效模式及其原因的分析方法。通過實行FMEA，發現產品的弱點，其應用也非常廣泛如醫療、食品等。本研究風險優先數法，係採用風險優先數 (RPN) 的數據，來做風險評估 (Risk Assessment)。風險優先數 (RPN) 是由發生度、檢測度及嚴重度三者相乘而得。此三個因子依程度大小，以1 至10 的分數來衡量給分將失效所造成的影響大小，進行綜合判斷與分級，以作為決定改善順序及範圍的依據。其發生度、探測度及嚴重度風險評估準則如表所示如下：

表 2 嚴重度

嚴重度	嚴重評比標準	等級
無預警的危險	風險中斷供應鏈無預警的危險	10
嚴重影響	風險中斷供應鏈嚴重影響	9
極高影響	風險中斷供應鏈及高影響	8
高度影響	風險中斷供應鏈高度影響	7
中度影響	風險中斷供應鏈中度影響	6
稍影響	風險中斷供應鏈稍影響	5
低影響	風險中斷供應鏈低影響	4
極低影響	風險中斷供應鏈極低影響	3
輕微影響	此風險幾乎無影響供應鏈中斷	2
無影響	完全沒影響供應鏈	1

表 3 發生度

發生性	發生評比準則	等級
經常發生	每個月發生數次	10
		9
偶爾發生可能發生	每1~3個月可能發生一次	8
		7
不常發生可能發生	每3~6個月可能發生一次	6
		5
罕見發生不易發生	每6月以上可能發生一次	4
		3
幾乎不發生	每6個月至1年都未曾發生	2
		1

表 4 檢測度

辨識性	辨識準則	等級
無法確認難以辨別	風險無法確認難以辨別	10
幾乎不能肯定	風險幾乎不能肯定	9
非常低	風險辨識非常低	8
很低	風險辨識很低	7
適中	風險辨別適中	6
中度確認	風險中度確認	5
高	風險辨識高	4
有些高	風險辨識有些高	3
高度肯定	風險高度肯定	2
確定被公認的	風險確定被公認的	1

借由發生度、檢測度、嚴重度來計算出所有的失效模式的 RPN 值其計算方式如表 5 所示

表 5 風險優先數計算

RPN = S × O × D	
發生度 Occurrence	O:發生的機會稱為發生度
探測度 Detection	D:不被察覺出來的或檢測的難易度稱為探測度
嚴重度 Severity	S:產生的後果稱為嚴重度。

3.2 詮釋性結構模式

ISM 分析方法之步驟概要如下：

1. 定義問題相關變數：令組成元素為 A_i ， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 。考量之元素可利用腦力激盪等方法取得專家、學者的觀點。
2. 確立元素間的關係：此關係代表某元素是否會影響另一元素。
3. 建構關係矩陣 (Relation Matrix)：對於元素間相互關係，找出關係矩陣，或稱相鄰矩陣 (Adjacent Matrix)

(A)。

4. 計算可達矩陣(Reachable Matrix):將上關係矩陣 A 加上單位矩陣 I,成為「含有自己因果關係的矩陣」,以 B 表示。再以布林運算法與乘法運算子將 B 轉化為可達矩陣,以 T 表示。

$$B=A+I \quad (1)$$

$$T = B^n \quad (2)$$

其中 T 為 B 自乘直 $B^{n-1} \neq B^n = B^{n+1} = B^{n+2} = L$ 則 B^n 為欲求得的可達矩陣。

本研究使用 Scilab 軟體計算之後,得到當 $M^{k-1} = M^k = M^{k+1}$ 此時矩陣之值趨於一致,得到如下的可達矩陣。

5. 將可達矩陣轉換為階層結構圖:其包含可達集合(reachability set, $A(t_i)$)與先行集合(priority set, $R(t_i)$)。所謂的可達集合 $R(t_i)$ 為可達矩陣 T 中第 i 項元素,以直向計算其關係矩陣為 1 者抽出,如方程式(3);而先行集合 $A(t_i)$ 則為可達矩陣 T 中第 i 項元素,以橫向計算其關係矩陣為 1 者抽出,如方程式(4)。最後可經由滿足方程式(5),消去第 n 個層次的要素,並再次尋找滿足方程式(5)的要素,依此類推得到各個階層的要素,再利用個層次之要素與可達矩陣,即可得到相鄰層次的結構化矩陣,再以線連結有關的要素,就可繪出階層結構圖。

$$R(t_i) = \{A_i \mid T_{ij} = 1\} \quad (3)$$

$$A(t_i) = \{A_i \mid T_{ij} = 1\} \quad (4)$$

$$R(t_i) \cap A(t_i) = R(t_i) \quad (5)$$

4. 分析研究

4.1 失效模式篩選分析

將其圖 1 的 57 項因素製作失效模式評核表單,如表 6 所製,給予案例公司管理人員 5 到 10 人依經驗填寫評核等級。填寫後其當場訪問填寫人員對於風險中斷來源還有無未列舉出或是有其他風險之虞或有其他建議作為本次研究改善餘地,若無則回收問卷以作數值統計,整體統計以平均計算,就依風險優先數 RPN 高低排序。在依帕雷托法則(Pareto 法則),也稱為二八定律或 80/20 法則,此法則指在眾多現象中,80%的結果取決於 20%的原因,而這一法則在很多方面被廣泛的應用。

表 6 製作方法舉其一

項目	供應鏈失效模式風險源	供應鏈失效因素	顯著分析				
			嚴重度 S	失效原因	發生率 O	深測度 D	風險優先數 RPN
1	二階供應商	1.二階供應商中斷	2.8	次要供應商供應中斷因而無法製造產品	2	4.9	27.44

在 57 項中採用 80/20 法則篩選最高風險優先數 RPN 項目是 11 至 12 項為前 20%如表 7 所示。

表 7 失效模式風險篩選結果

由小到大	重要因素篩選	
R1	市場大小	26.928
R2	二階供應商	27.44
R3	顧客要求	30.69
R4	政府	32.375
R5	製造能力	34.596
R6	設計	35.7
R7	疾病	36.828
R8	替代政策	53.664
R9	產品特性	75.816
R10	颱風	102.312
R11	恐怖攻擊	114.4
R12	火災	162.656

4.1.1 小結

供應鏈風險來源可說是範圍非常廣大，說是廣大但還是要依據專家學者的經驗與觀察選出適當風險來源，所得知的風險來源使用失效模式FMEA後即可辨別公司對於此類風險有無影響或是查證有無此類風險因素，經由篩選後即，是公司所注重的項目，那也可以大膽推測本研究公司會面臨的供應鏈風險來源就有「市場大小」、「二階供應商」、「顧客要求」、「政府」、「設計」、「疾病」、「替代政策」、「產品特性死板」、「颱風」、「恐怖攻擊」、「火災」、「製造能力」。但從這12項因素裡卻是看不出其中的交互影響關係及重要弱點，因此下一節要結合詮釋結構分析法ISM，透過二維矩陣的數學運算能得知重要性釐清風險間複雜相互相依關西、與從屬及分層關係，從而了解研究之公司重要弱點落在何處。

4.2 詮釋性結構模問卷分析

將失效模式 FMEA 結果篩選出 12 項目，透過公司主管人員的問卷製成 ISM 表。製成表後本研究分為八個步驟其：

步驟 1 透過公司主管人員的問卷，其轉換意義如表 8 與表 9。

表 8 影響矩陣表

	J 項
I 項	

表 9 風險因素影響意義表

影響關係	ij互不影響	i 影響因素 j	j 影響因素i	ij相互影響
影響代號	O	V	A	X

步驟 2 經由案例公司主管人員填寫其問卷其整理後建構關係矩陣如表 10。

表 10 建構關係矩陣

	R12	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2
R1	O	O	O	A	O	O	O	O	O	O	O
R2	O	A	O	O	A	O	O	O	A	O	
R3	O	O	O	V	O	O	O	X	O		
R4	O	O	O	V	V	A	V	O			
R5	O	O	O	V	X	O	X				
R6	O	O	O	A	O	O					
R7	O	O	O	O	O						
R8	O	O	O	X							
R9	O	O	O								
R10	A	O									
R11	V										

步驟 3 建立關聯矩陣定義為 A 如表 11

- 1.表中的方法 (i,j) 為 V，則在關係矩陣中的 (i,j) 表格填入 1，且 (j,i) 填入 0。
- 2.表中的方法 (i,j) 為 A，則在關係矩陣中的 (i,j) 表格填入 0，且 (j,i) 填入 1。
- 3.表中的方法 (i,j) 為 X，則在關係矩陣中的 (i,j) 表格填入 1，且 (j,i) 填入 1。
- 4.表中的方法 (i,j) 為 O，則在關係矩陣中的 (i,j) 表格填入 0，且 (j,i) 填入 0。

表 11 關聯矩陣 (A)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
R4	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
R5	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
R6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R8	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
R9	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
R10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

步驟 4 定義單位矩陣為 I，是在主對角線上均為 1，而其他地方都是 0 矩陣，表 12 所示。

表12 矩陣I

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
R1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
R6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
R7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
R8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
R10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

步驟5將相鄰矩陣A加上單位矩陣I為自己的因果關係矩陣，以B示之。布林代數運算法；表13所示，而由公式（1）所求得表14結果。

表13 布林代數運算式

布林代數運算			
0+0=0	1+0=1	0×1=0	1×0=0
0+1=1	1+1=1	0×0=0	1×1=1

表14 B關係矩陣

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
R1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
R4	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
R5	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
R6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
R7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
R8	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
R9	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
R10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
R12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

步驟6將B轉化為可達矩陣，以T表示；由公式（2）所得表14結果。

其中 T 為 B 自乘直到 $B^{n-1} \neq B^n = B^{n+1} = B^{n+2} = L$ 。則 B^n 為欲求得的可達矩陣。得出 B 矩陣後在與自身矩陣相乘直到收斂，可使用 EXCEL 打上指令 IF（整矩陣，<1,"0","1"）若矩陣裡有小於 1 則為 0 若大於 1 則等於 1 得出矩陣後再使用 IF（前一矩陣=後一矩陣,"",0）若前一個矩陣有與後一個矩陣相同者則為顯示空白，若無相同者矩陣裡會出現 0 的字眼，代表無收斂。本研究為 5 次收斂其為 $B_5=B_4 \times B$ 表 15

所示。

表 15 可達矩陣

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
R1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
R4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
R5	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
R6	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
R7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
R8	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
R9	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
R10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
R11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
R12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

步驟 7 可達矩陣轉為階層結構表 16 所示

表16 供應鏈中斷關鍵因素階層結構表

垂直先行	R (ti)	水平可達	A (ti)	交集集合	層級
R1	1.3.4.5.6.7.8.9	R1	1	1	I
R2	2.3.4.5.6.7.8.9.11	R2	2	2	I
R3	3.4.5.6.7.8.9	R3	1.2.3.5.6.8.9	3.5.6.8.9	II
R4	4.7	R4	1.2.3.4.5.6.8.9	4	III
R5	3.4.5.6.7.8.9	R5	1.2.3.5.6.8.9	3.5.6.8.9	II
R6	3.4.5.6.7.8.9	R6	1.2.3.5.6.8.9	3.5.6.8.9	II
R7	7	R7	1.2.3.4.5.6.7.8.9	7	IV
R8	3.4.5.6.7.8.9	R8	1.2.3.5.6.8.9	3.5.6.8.9	II
R9	3.4.5.6.7.8.9	R9	1.2.3.5.6.8.9	3.5.6.8.9	II
R10	10.11.12	R10	10	10	I
R11	11	R11	2.10.11.12	11	III
R12	11.12	R12	10.12	12	II

步驟 8 利用各層次的要素與表 15 所示可達矩陣，就能得到相鄰層次之間的的構造化矩陣，利用此建模矩陣並連接得知交互相關係，即可決定比較適當的階層圖來了解企業供應鏈風險的弱點。本研究供應鏈風險中斷關係如圖 2 所示

表17 階層圖對照表

代號	重要因素	企業潛在風險關係
R1	市場大小	市場佔有率降低
R2	二階供應商	供應商因故中斷
R3	顧客要求	顧客要求方面(如營養、健康)
R4	政府	政府政策或規定
R5	製造能力	產品製造能力
R6	設計	產品設計變更(如包裝、外觀)
R7	疾病	食品感染(如人、水、變質等)
R8	替代政策	產品原物料變更
R9	產品特性	特性普遍死板
R10	颱風	企業實體可靠度不足遭破壞
R11	人為攻擊	企業實體遭人為破壞
R12	火災	因過失或企業實體產生明火

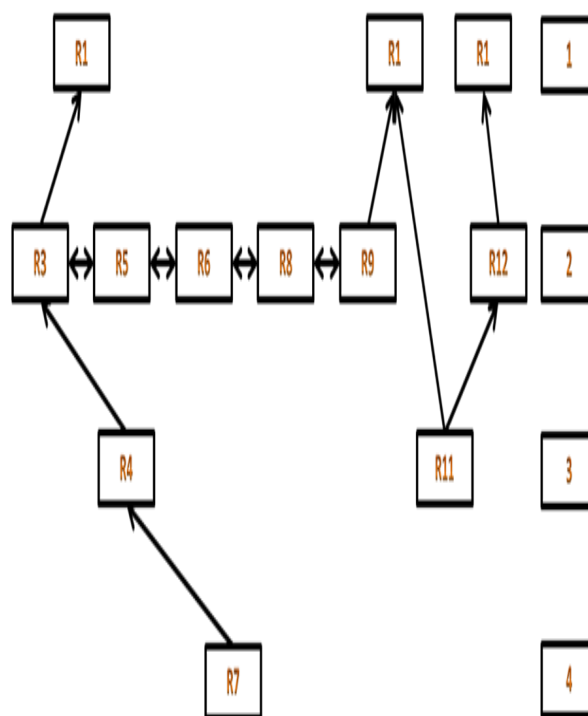


圖2 影響關係圖

5. 結論

本研究是以一家食品企業為例，利用失效模式FMEA來結合詮釋結構分析法ISM，能讓使用者容易篩選出重要風險，而得出來的結果也能讓管理者了解個因素間影響關係，清楚重要層級裡是企業供應鏈風險中斷來源，本研究結果為「疾病」、「人為攻擊」是供應鏈風險關鍵中斷影響。

因此由圖2可見「疾病」需時常關注，而能促使企業在「政府」監督下穩定經營，若忽略會因「顧客要求」、「製造能力」、「設計」、「替代政策」與「產品特性」項的複雜交互關聯，會影響企業的「市場大小」、「二階供應商」，因此管理者需常注意交互關係的要素。

而「人為攻擊」、「火災」、「颱風」皆屬於破壞性風險，較偏向不可控制部份，管理者必須提升安全防護，以鞏固企業實體的可靠度，尤其「人為攻擊」由圖2可見會影響二階供應商中斷及火災。對於人為攻擊所造成的破壞（如火災），導致工廠實體脆弱而容易遭受天然災害颱風的侵蝕，因此管理人員也必須注重保安問題，加以減少傷害程度。

參考文獻

- 吳貴彬、陳相如，「失效模式與效應分析之應用」，中華民國品質學會第39屆年會暨第9屆全國品質管理研討會，2003。
- 林清池（2011），失效模式與效應分析應用於營舍防火安全之研究，中華大學營建管理學系碩士論文。
- 張浚源、陳政戎，「應用ISM方法分析企業導入RFID之關鍵因素」，2009資訊管理暨商務科技研討會（2009）。
- 張書文譯，小野寺勝重著，實踐FMEA手法，中衛發展中心，2001。
- 劉昭宜（2008），結合分析網路程序法與詮釋結構模型於農產物流中心選擇模式，國立高雄第一科技大

學運籌管理系碩士論文。

- 陳逸群 (2010), 失效模式與效應分析應用於現地成形固化工法施工風險之探討, 國立虎尾科技大學工業工程與管理研究所, 碩士論文
- 鄧量元 (2010), 應用DEMATEL、ISM 與ANP 分析研發聯盟關鍵因素之複雜性問題, 國立臺南大學經營與管理學系科技管理碩士論文。
- Beamon, B. M (1998) ., “Supply chain design & analysis: models & methods”, *International Journal of Production Economics*, No. 55, pp. 281-294.
- Chang, C. L. and Tsai, C. H.and Wei, C. C.,”A New Evaluation Method for Failure Mode and Effect Analysis,”*Journal of the Chinese Industrial Engineers*, Vol. 17, No 1, pp. 51~64, 2000。
- David L. Olson and Desheng Dach Wu. (2010), A review of enterprise risk management in supply chain, *Kybernetes*, Vol. 39 No. 5, pp. 694-706
- Diabat,A . Govindan,K . and Panicker, V ., (2011), “supply chain risk management and its mitigation in a food industry”, *International Journal of Production Research*, 1-12,iFist
- G.W. Dickson, An analysis of vendor selection: systems and decisions, *Journal of Purchasing* 2 (1) (1996) 5-17.
- I. Mitroff, M. Alpasan, Preparing for evil, *Harvard Business Review* (April2003) 109-115.
- Kleinbaum D.G.,Kupper L.L, Morgenstem H.,1982, *Epidemiologic research*, Belmont.CA.
- .Soti. A., R. Shankar, and O.P. Kaushal., “*Modeling the enablers of Six Sigma using interpreting structural modeling*”, *Journal of Modeling in Management* Vol. 5 No. 2, pp. 124-141 (2010).
- Standard & Poor's. (2007) . Criteria: Request For Comment: Enterprise Risk Management Analysis For Credit Ratings Of Nonfinancial Companies. pp. 1-11 (2007).
- Tang, C. S. (2006) . Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103 (2) , 451-488.
- Tang, C.X.H., Lau, H.C.W. and Ho, G.T.S. (2008) , “A conceptual fuzzy-genetic algorithm framework for assessing the potential risks in supply chain management”, *International Journal of Risk Assessment & Management*, Vol. 10, No. 3, pp. 263-71.
- Warfield, J. N. (1982) . *Group Planning and Problem Solving Methods in Engineering*. New York: Wiley.
- Warfield, J.N., “Binary Matrices in System Modeling,” *IEEE Trans. Syst. Man. And Cybern.*, Vol.SMC-3, No.5, pp.441-449 (1973) .
- Warfield, J. N. ,“*Toward Interpretation of Complex Structural Models*” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC4 (5) : pp.405-417 (1974) .
- Wang, J. and Ruxton, T. and Labride, C. R., ”Desige for Safety of Engineering System with Multiple Failure State Variables,” *Reliability Engineering and system safety*, pp. 50, 1995。
- Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006) . A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, 57 (4) Yates, J.F. .1990, judgment and decision making, Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Combining Failure Mode and Effect Analysis and Interpretive Structural Modeling to Identify the Key Factor of Supply Chain Risk in SMEs: Example of a Food Company

An-Yuan Chang¹ Han-De Huang^{2*}

¹ National Formosa University

² National Formosa University

*K200220733@yahoo.com.tw

ABSTRACT

The supply chain interruptions cause paying price and delivering delay. Thus, it may affect the customer relationship. Nevertheless, risk improving has its limits, the only thing we can do in those limits that is strengthening management. In this research, I found a foodstuff industry as example. I quote the types of supply chain risk interruptions which in experts' and scholars' literatures to estimate company's risks as factors researching. In order to get the supply chain interruptions as integration researching, I interviewed the directors which are my target company. Not every company faced the same risk because there are many kinds of type of risks. To understand this company's weaknesses, I used Failure Mode and Effect Analysis to obtain experts' advices by questionnaires. According to Risk Priority Number, I utilized quantification analysis and screening procedures to obtain the key factors. Besides, I used Interpretive Structural Modeling and did the math operation via Binary Matrices. Therefore, I can learn about its importance, and clarify risks' intricately interdependent relationships and relationships between subordinates and stratifications to suit the remedy for the case by giving managers as improvement or understanding risk interruptions.

Keywords : *Risk assessment; FMEA; Interpretive Structural Modeling; supply chain risk*