

南華大學

財務管理研究所碩士論文

A THESIS FOR THE DEGREE OF MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION  
INSTITUTE OF FINANCIAL MANAGEMENT  
NAN HUA UNIVERSITY

產險業清償能力影響因素之灰關聯分析

A GREY RELATIONAL ANALYSIS ON THE DETERMINANTS OF  
SOLVENCY IN THE PROPERTY-LIABILITY INSURANCE  
INDUSTRY

指導教授：許鈺珮 博士

ADVISOR: PH.D. YU-PEI HSU

研究生：管振林

GRADUATE STUDENT: CHEN-LIN KUAN

中華民國九十五年七月

南 華 大 學

財 務 管 理 研 究 所

碩 士 學 位 論 文

產險業清償能力影響因素之灰關聯分析  
A GREY RELATIONAL ANALYSIS ON THE DETERMINANTS OF SOLVENCY  
IN THE PROPERTY-LIABILITY INSURANCE INDUSTRY

研究生：管振林

經考試合格特此證明

口試委員：施 孟 陞

張 瑞 真

許 鈺 珮

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

指導教授：許 鈺 珮

所 長：徐 清 俊

口試日期：中華民國 95 年 5 月 28 日

## 謝 辭

本論文能順利完成，在此，首先由衷感謝恩師許鈺佩教授的悉心指導與諄諄教誨！在論文撰寫過程中，從題目選定與確認及至研究各階段，恩師均能循循善誘，建立正確觀念；乃至於論文內容之修正與潤飾，均有賴恩師的提綱挈領，才得以順利完成。

在研究過程中，感謝所長徐清俊教授以豐富的學術理論基礎以及嚴謹的治學態度，適時的在論文的疑惑中指引方向，使本論文更加嚴謹，得以完整的方式呈獻，在此，謹致上最崇敬的謝忱！

在論文口試期間，承蒙口試委員施孟隆博士與張瑞真博士，對於學生多所指導，以其專業的素養與學識，在百忙之中對本論文之架構釐清，費心審閱、逐字斧正，提供精闢建議，使學生受益匪淺，在此感謝兩位口試委員。

最後，我要特別感謝我的內人郭素芬女士以及我的兩個寶貝兒子維廉跟維凡，在我就讀期間，一如既往的支持和無私奉獻，使我在求學期間能無後顧之憂，致力於課業上之完成，是我安心學習並順利完成學業的保障。沒有妳的支持，我不可能順利完成本論文，謹將此論文獻給我最深愛的妳。

管振林 謹誌

2006年7月

# 南華大學財務管理研究所九十四學年度第二學期碩士論文摘要

論文題目：產險業清償能力影響因素之灰關聯分析

研究生：管振林

指導教授：許鈺珮 博士

## 論文摘要內容：

關於保險公司清償能力的探討，不論在理論或實證研究上，大多是在建立一套適合保險公司的預警系統。本文利用灰關聯分析研究產險業清償能力之影響因素，以 1996 年至 2003 年台灣地區 16 家產險公司為整體研究對象，探討清償能力受內外部因素影響程度，並建立信賴區間，最後應用灰預測  $GM(1, h)$  模型對清償能力做預測。

實證結果如下：

1. 採用灰關聯分析法進行實證得知，損失率與再保率是主要內部影響因素，通貨膨脹率與保費收入成長率則是主要外部影響因素。
2. 從 1996 年到 2003 年整體產險業的清償能力，並無出現異常的狀況，但國華產險在 2002 年及 2003 年出現清償能力異常情形。
3. 以  $GM(1,10)$  模型預測清償能力，其準確度達 97.7%。

關鍵詞：保險公司、清償能力、灰關聯分析、灰預測。

**Title of Thesis :** A Grey Relational Analysis on the Determinants of Solvency  
in the Property-Liability Insurance Industry.

**Name of Institute:** Institute of Financial Management, Nan Hua University

**Graduate date:** July 2006

**Degree Conferred:** M.B.A.

**Name of student:** Chen-Lin Kuan

**Advisor:** Ph.D. Yu-Pei Hsu

## Abstract

The previous studies, no matter theoretical or empirical, most focus on the establishment of a suitable early warning system for the insurance companies. This paper conducts the Grey relational analysis on the determinants of solvency in the property-liability insurance industry. By using the annual data of 16 property-liability companies in Taiwan from 1996 to 2003, this study discusses the influence of internal and external factors on solvency, establishes confidence interval, and applies Grey prediction GM(1,  $h$ ) model to predict the solvency ratio.

The empirical results are as follows:

1. From the Grey relational analysis, the loss rate and reinsurance rate are the main internal determinants, and the inflation rate and the growth rate of insurance premium income are the main external determinants.
2. There was no unusual solvency condition of the property-liability industry from 1996 to 2003.
3. By using the GM (1,10) model to predict solvency, the average accuracy rate reaches 97.7%.

**Keywords:** Insurance companies, Solvency, Grey Relational Analysis, Grey Prediction.

# 目 錄

準碩士推薦函	ii
論文口試委員審定書	iii
版權宣告	iv
謝辭	vi
中文摘要	vii
英文摘要	viii
目錄	ix
表目錄	x
圖目錄	xii
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	2
第二節 影響清償能力因素分析	4
第三節 研究目的	7
第四節 論文架構	9
第二章 文獻探討	11
第一節 清償能力文獻探討	11
第二節 灰色理論文獻回顧	14
第三章 研究方法	17
第一節 研究對象及變數	17
第二節 研究流程	21
第三節 灰色理論	22
第四節 灰關聯分析模型	24
第五節 信賴區間建構	33
第六節 灰預測模型	34
第七節 其他時間序列預測方法	39
第四章 實證結果	41
第一節 清償能力之灰關聯分析	41
第二節 清償能力的監控	51
第三節 清償能力之灰預測	55
第四節 其他時間序列預測方法	62
第五節 本章小結	64
第五章 結論與建議	66
第一節 結論	66
第二節 後續研究建議	67



# 表目錄

表 1-1	美國產險公司喪失清償能力的因素分析(1969 年-1998 年)	6
表 1-2	研究方法及保險公司型態一覽表	8
表 4-1	參考序列及比較序列	41
表 4-2	單因子迴歸結果	42
表 4-3	偏移映射後之數據	43
表 4-4	內部因素灰關聯結果	45
表 4-5	取倒數後之結果	46
表 4-6	外部因素灰關聯結果	48
表 4-7	內外部因素灰關聯結果	51
表 4-8	內部因素變異數矩陣	52
表 4-9	內部因素 $y$ 值	52
表 4-10	國華產險財務業務比率	53
表 4-11	外部因素變異數矩陣	54
表 4-12	外部因素 $y$ 值	54
表 4-13	GM(1,1)每 4 年為 1 組	55
表 4-14	GM(1,1)每 5 年為 1 組	56
表 4-15	GM(1,1)每 6 年為 1 組	56
表 4-16	GM(1,1)每 7 年為 1 組	56
表 4-17	GM(1,1)每 4 年第 1 組預測結果	56
表 4-18	GM(1,1)每 4 年第 2 組預測結果	57
表 4-19	GM(1,1)每 4 年第 3 組預測結果	57
表 4-20	GM(1,1)每 4 年第 4 組預測結果	57
表 4-21	GM(1,1)每 4 年預測結果總表	58
表 4-22	GM(1,1)每 5 年預測結果總表	58

表 4-23 GM(1,1)每 6 年預測結果總表	58
表 4-24 GM(1,1)每 7 年預測結果總表	58
表 4-25 GM(1,1)預測結果彙整表	59
表 4-26 $z = 1$ 之灰關聯結果	59
表 4-27 GM(1, $h$ )最小平方解	60
表 4-28 GM(1, $h$ )模型預測結果	61
表 4-29 移動平均法預測結果彙整表	62
表 4-30 指數平滑法預測結果彙整表	63
表 4-31 最小平方法預測結果	63
表 4-32 預測結果彙整表	64

# 圖目錄

圖 1-1	產險業清償能力不足統計	3
圖 1-2	破產機率 $y(u)$ 與清償能力 $u$ 關係圖	4
圖 1-3	保險公司清償能力模型	7
圖 1-4	論文架構圖	10
圖 3-1	研究流程圖	22
圖 3-2	灰色理論的關聯分析	28

# 第一章 緒論

為強化國內保險公司的清償能力，於 1992 年時，將產險業及壽險業的最低實收資本額提高為新臺幣 20 億元，且若未達最低資本額之保險公司，必須於 10 年內完成現金增資。為預防保險業失卻清償能力(Insolvency)，保險法第 143 條規定保險業認許資產減除負債之餘額，未達保險法第 141 條規定之保證金額 3 倍時，主管機關應命其於限期內，以現金增資補足之，此規定產險業及壽險業皆適用之。為避免保險公司因失卻清償能力而倒閉，影響投保人的權益，並維護金融之安定，產險業及壽險業分別提撥資金，設立保險安定基金並訂定動用範圍及限額(保險法第 143 條之 1)，以確保投保人權益。

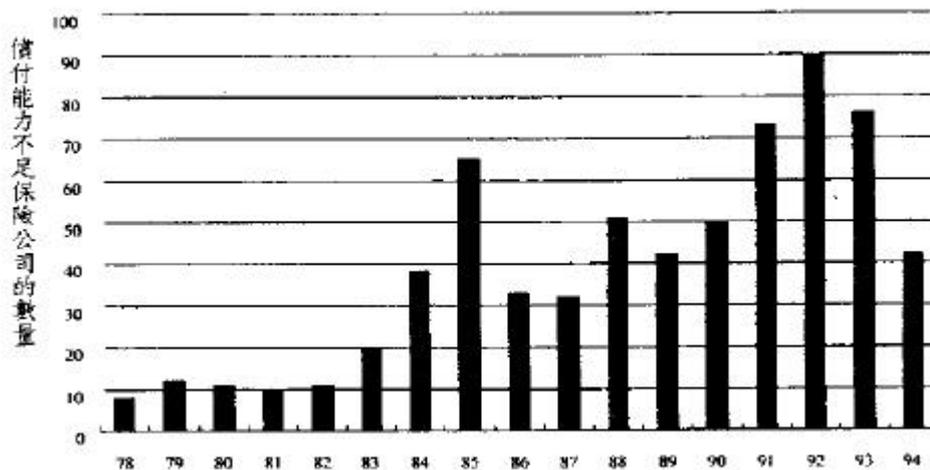
為確保保險業的資本適足性，2003 年實施風險資本額制度(Risk Based Capital, RBC)，其主要目的是降低保險公司的風險性資產，提高自有資本率，及早發現問題保險公司，使監理單位能提前採取預防措施，目前仍在進行第 2 次試算中，故國內目前尚無一套完整的預警系統。歐美國家及日本實施 RBC 制度已行之有年，在美國除了實施 RBC 制度外，尚有其他預警系統，如保險監管訊息系統(Insurance Regulatory Information System, IRIS)、財務分析追蹤系統(Financial Analysis and Solvency Tracking System, FAST)等預警系統，其目的都是為了及早識別出可能發生失卻清償能力的保險公司。在國內依保險法第 143 條之 4 規定，保險業自有資本與風險資本之比率不得低於 200%，必要時主管機關得參照國際標準調整比率。除此之外，監管單位應鼓勵保險業參加信用評等，不但能使廣大的投保戶及投資人安心，亦可作為監管單位另一個監管指標。

保險業是經營風險的特殊行業，是社會經濟補償制度的重要組成部分，對於穩定社會經濟和人民的生活安定負有很大的責任。保險公司資產業務及其風險具有一些特點，但本質上與銀行和證券公司是相同的。將保險公司與其他金融機構區分開來的不在於保險公司的資產業務，而在於其獨特的負債業務，即各項保險業務。保險公司之所以被稱為保險公司，是因為其銷售各類保險單，以直接的風險承擔而獲取資金來源，進而形成具有獨特特徵的不確定性負債又稱或有負債的負債業務。因此，保險公司不僅在資產業務方面與銀行證券公司一樣承擔風險，更重要的是在負債業務方面更加直接地顯現出其以承擔風險來獲取收入的特性，而且負債業務中所承擔的風險不同於資產業務中信用風險和市場風險等投機性風險。

保險公司收取保險費，是保險資金的管理者，其資產絕大部分是對被保險人未來的賠償或給付的負債，因此保險業在任何時候、任何時點，都必須保證有能力履行賠償及給付的責任，如果保險業經營不當，危及清償能力，濫用保險安定基金，不僅會損害投保險人權益，而且可能會引起系統性風險，造成社會經濟的混亂。

## 第一節 研究背景與動機

我國產險業成立至今，目前僅國華產險公司在 2005 年被接管清算，但隨著經濟環境的劇烈波動，產險公司的經營風險不斷加大，根據 Swiss Re.(1995)的統計，從 1978 年至 1994 年，全世界共有 648 家產險公司失去清償能力(如圖 1-1)，其中美國占 66%，歐洲(不包括英國)占 4%，英國占 7%，其他國家占 23%，另外根據 A.M. Best(1999)的統計，1969 年到 1998 年間，美國產險公司清償能力不足的公司近 640 家，失去清償能力的比率迅速攀升，且有進一步加速產生的趨勢。



資料來源：Swiss Re.(1995), Sigma No.7

圖 1-1 產險業清償能力不足統計圖

隨著台灣加入 WTO，產險公司彼此間的競爭勢必日益加劇，若未提升自身承保能量，仍然依賴大量的再保，將導致獲利能力降低，再加上投資管道受到法令的限制，使得資金運用效益不高，直接或間接的影響到保險公司的清償能力，因此必須正視國內產險公司的清償能力問題。

破產機率( $y(u)$ )與清償能力( $u$ )之間存在著一定的關係，以數學式表示為： $y(u) \approx e^{-ru}$  ( $r$ ：為調整係數)，從圖 1-2 可知產險公司的破產機率與清償能力是相關的，而且是呈反向關係，也就是說，產險公司若提高清償能力可以降低其破產機率，反之，保險公司的清償能力若降低，則破產的機率會增加，然而影響產險公司清償能力的因素很多，對清償能力影響的程度大小不一，有必要做一探討，儘早防範於未然，以降低失去清償能力的機率，因此對產險公司清償能力的監控有其必要性，以促進產險公司穩定的發展。

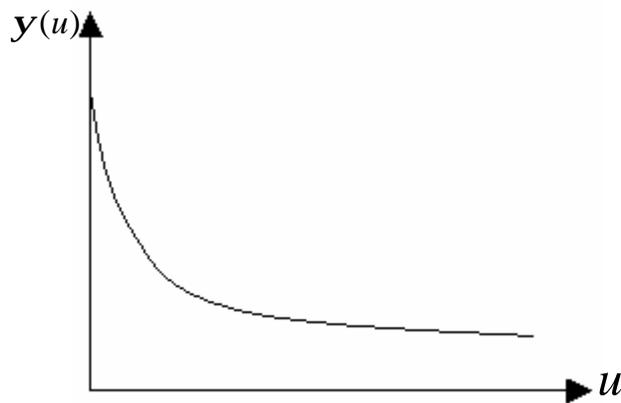


圖 1-2 破產機率 $y(u)$ 與清償能力 $u$ 關係圖

## 第二節 影響清償能力風險因素

### 一、清償能力的概念

簡單的說清償能力(Solvency)是指企業清償債務的能力，保險公司的清償能力是指在發生保險事故時，保險公司支付賠款或給付保險金的能力，一旦保險公司無法履行賠償責任或債務時，就認為失去清償能力。

從產險公司的資產負債表來看，其主要負債是由各項準備金所組成，其負債準備包括：存入責任準備金、未滿期責任準備金、賠款準備、特別準備和其他準備等，做為將來履行賠款的準備。資本、資本公積和未分配盈餘則屬於股東權益，屬於保險公司的自有資金。

若從不同的觀點看保險公司的清償能力，便產生不同的清償能力的概念，以下做說明：

- 1.最低清償能力額度(Minimum Solvency Margin, MSM)：最低清償能力額度是保險公司為履行其賠償和給付的義務，理論上應該保持的清償能力額度，通常透過精算求得，根據預期損失率和預期理賠率制定的清償能力額度，對制定法定清償能力邊際有指標意義。
- 2.法定最低清償能力額度(Statutory Solvency Margin, SSM)：這是保險監管單位為確保保險公司穩健經營，依據保險法規定保險公司必須保持的最低清償能力。
- 3.實際清償能力額度(Actual Solvency Margin, ASM)：是保險公司實際具備的清償能力額度，即認許資產與負債之差額。一個公司的實際清償能力額度低於法定的清償能力額度時，並不表示保險公司立刻就會破產倒閉，在歐盟國家中，法定最低清償能力分為三個等級，將法定最低清償能力額度的三分之一一定為停業關卡。

因此，保險公司的清償能力的定義可從理論上、管理和實際上的不同來定義，所以首先保險公司的實際清償能力額度應當達到或是超過法定清償能力，然後根據公司的特性以及所承擔的風險，在滿足法定清償能力的基礎上，算出最低清償能力的額度作為參考，從而判斷公司財務狀況。

## 二、影響產險公司清償能力的風險分析

表 1-1 中列出美國在 1969 年到 1998 年導致產險公司失去清償能力的主要原因包括：承保風險、資產風險和信用風險是造成產險公司失去清償能力的三大主要原因，分析其細部原因，準備金提存不足和公司成長速度太快是導致清償能力不足的最主要原因，約占 50%。而導致產險公司清償能力下降的原因，往往與其它因素有關，如通貨膨脹、利率、營業利潤等。

表 1-1 美國產險公司喪失清償能力的因素分析(1969 年-1998 年)

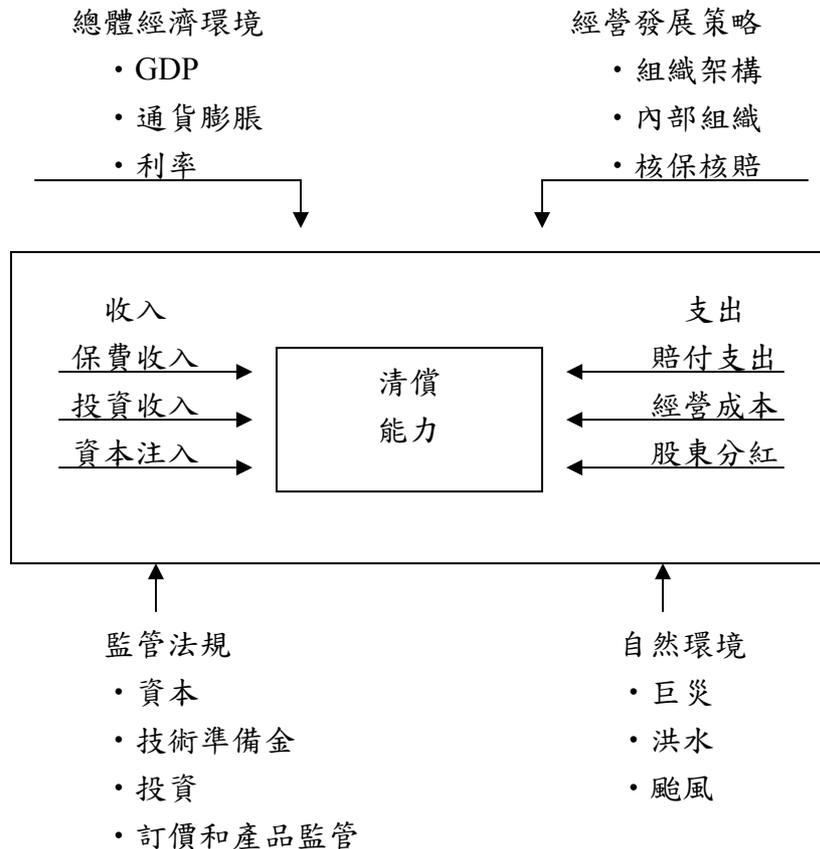
失去清償能力的原因	失去清償能力的產險公司數目	所占比例(%)	風險類別
準備金或保費不足	143	22.4	
增長速度快	86	13.5	承保風險
巨災損失	36	5.6	
高估資產價值	40	6.2	資產風險
再保失敗	22	3.4	
信用風險	44	6.9	信用風險
附屬公司影響	26	4.1	
改變核心業務	28	4.4	其他風險
多種因素交叉影響	44	6.9	
不明原因	169	26.5	
合計	638	100	

資料來源：Swiss Re.(2000), Sigma No.1

根據 Swiss Re.(1995)的研究，產險公司的清償能力主要由收入和支出決定，主要收入由三個部分組成，即保費收入、投資收入和資本收入，主要支出也由三個部分組成，即理賠支出、經營成本和股東分紅。

影響產險公司清償能力的因素很多(見圖 1-3)，包括總體經濟環境、監管法規、自然環境以及產險公司本身的經營策略等。在總體經濟環境方面，影響產險公司清償能力因素包括 GDP 成長率、通貨膨脹率以及利率等因素，利率的變化既影響資產總值，又影響到產險公司的投資收入，在產險公司的資產負債表的資產項目中，利率的變動是導致產險公司清償能力不足的主要原因。自然環境中的巨災、洪水和颱風等意外事故也是影響產險公司清償能力的重要因素，在產險公司資產負債表的負債項目中，意外巨災損失是影響產險公司清償能力的重要因素之一，巨災損失頻繁會造成產險公司的額外的理賠增加，財務失去穩定性，保險準備金不斷的消耗，而使得清償能力不足，因此，從全球產險業清償能力危機中

可以看出，產險業的清償能力與公司規模、市場競爭、經營管理能力、利率的變化以及自然環境等因素有相當程度的密切關係。



資料來源：Swiss Re.(1995), Sigma No.7

圖 1-3 保險公司清償能力模型

### 第三節 研究目的

台灣的產險業若經營不當失去清償能力而破產倒閉，依目前產險業的保險安定基金近 26 億的規模，將不足以支付一家產險公司破產或倒閉所需要的資金，因此將損

害投保人權益，而且可能會引起系統性風險，因此許多學者試圖建立產險公司清償能力的預警系統，但由於目前國內實際破產倒閉的案例僅國華產險保險公司 1 家，因此無法進行實證研究。

過去學者研究大都限於理論上的討論，數理分析很少，採用的方法大多諸如 Multiple Discriminant Analysis (MDA)、Regression、Logit 等方法(見表 1-2)，這些方法大部份是屬於統計方法，其根本的特點就是要大量的樣本數，且樣本須包含危機公司與正常公司配對，要有良好的分佈規律，但限於台灣目前缺乏實際保險公司倒閉或出現清償能力危機的樣本，以及許多樣本數據無法取得，而且也不一定是典型分佈。

表 1-2 研究方法及保險公司型態一覽表

	Trieschmann & Pinches (1973)	Harrington & Nelson (1986)	Ambrose & Seward (1988)	BarNiv & Hershbarger (1990)	BarNiv & McDonald (1992)	Ambrose & Carroll (1994)	Cummins et al. (1995)	Carson & Hoyt (1995)
SAMPLE								
Matched sample	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
* Distress firms	26	12	29	28	65	26	163	80
* Nondistress firms	26	69	29	28	70	26	1596	1605
PRIMARY								
METHODOLOGY	MDA	Regression	MDA	Logit	Logit	Logit	Logit	Logit
CLASSIFICATION RATE								
Distressed(Type-I)	0.92	0.83	0.90	0.93	0.80	0.76	0.71	0.8
Nondistress(Type-II)	0.96	0.93	0.76	0.89	0.87	0.71	0.70	0.72
Overall	0.94	0.91	0.83	0.91	0.84	0.74	0.70	0.72
TIME PERIOD OF FAILURES	1966-1971	1976-1981	1969-1983	1975-1985	1974-1988	1969-1991	1990-1993	1989-1991
TYPE OF INSURES	P-L	P-L	P-L	L-H	P-L	L-H	P-L	L-H

資料來源：Journal of Insurance Issues, 2003, pp.117.

灰色理論方法的特性就是利用少量的數據(最少 4 筆)，在資訊不足的條件下，進

行數理分析，以局部性灰關聯分析對清償能力所面臨的風險進行數理分析，得到各種風險對清償能力的灰關聯度大小，藉由信賴區間的建立對清償能力進行監控，再以灰預測 Grey Model (GM)模型預測產險公司的清償能力比率，達到預防失去清償能力的目的，因此本研究之結果具有一定的參考價值。

本研究目的可歸納下列 3 點：

- 1.利用局部性灰關聯分析的方法，對影響因素進行數理分析，找出各個影響因素對清償能力的影響程度。
- 2.利用灰關聯分析所得到的灰關聯度大小，透過信賴區間的建立，對保險公司清償能力進行監控。
- 3.應用灰色理論 GM(1,1)模型及 GM(1, h)模型，建立產險業清償能力最佳預測模式。

## 第四節 論文架構

本研究的架構如圖 1-4 所示，第一章主要對研究主題加以說明，了解保險業的清償能力對其經營的影響及其重要性，以及目前國內法令對保險業清償能力的相關規定。第二章介紹產險業清償能力相關文獻探討以及灰色理論文獻回顧。第三章研究方法，就研究對象、變數、灰色理論及研究流程、做逐一介紹。第四章為實證結果分析。第五章為結論與後續研究建議。

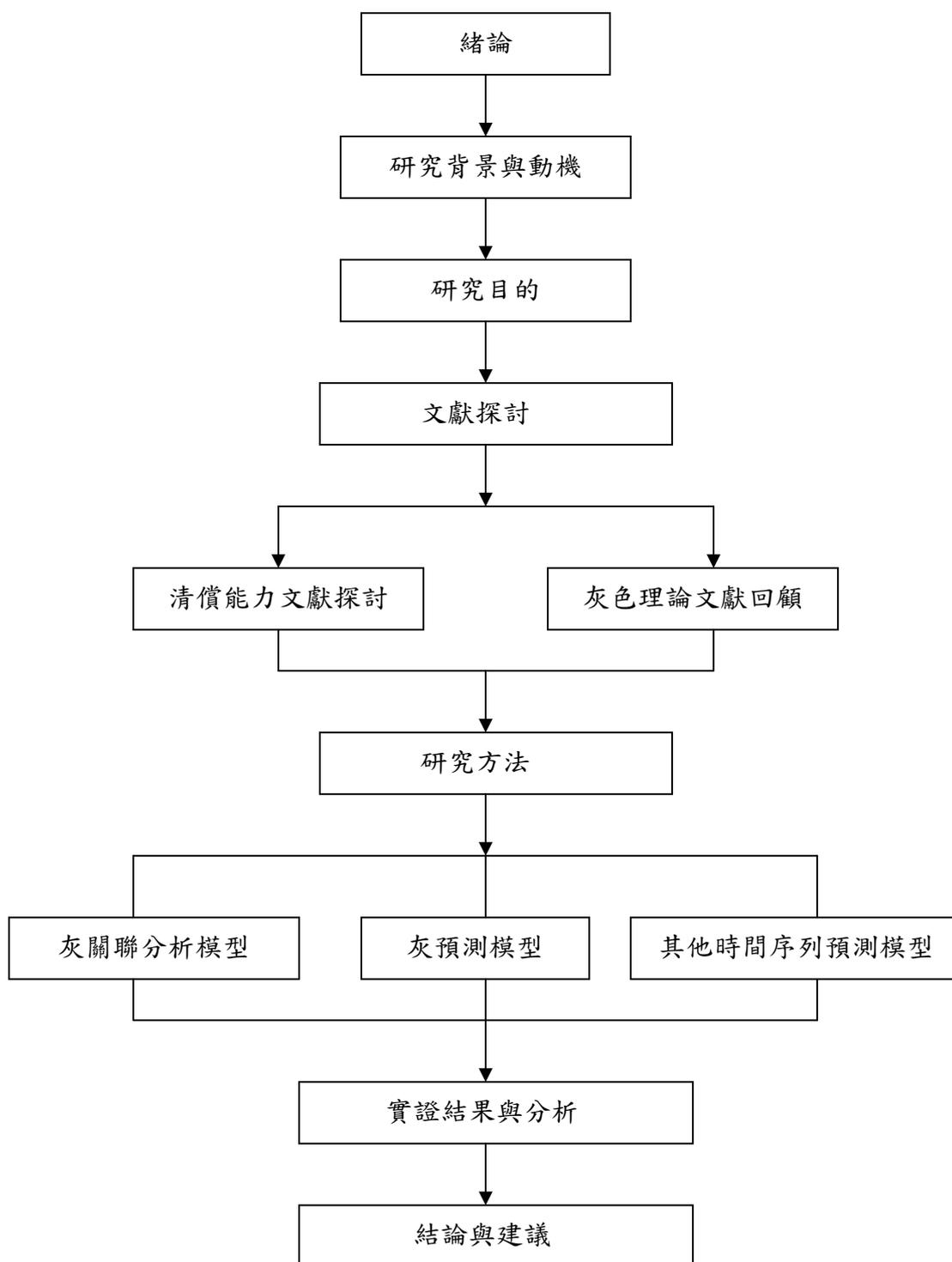


圖 1-4 論文架構圖

## 第二章 文獻探討

國內外許多學者對於產險公司的清償能力做了許多研究，試圖找出影響清償能力的重要因素，進而建立一套適合產險業的預警模型，然而影響清償能力的因素眾多，因此希能透過本章的文獻探討，歸納出重要變數，做為本研究之參考。本章節文探討的內容為：第一節探討過去學者對保險業清能力的研究文獻做一探討，第二節則針對灰色理論的相關文獻做回顧，並探討灰色理論目前在金融保險領域的應用，藉此做為本研究在研究方法使用之參考。

### 第一節 清償能力文獻探討

本節主要是針對過去國內外學者對保險業清償能力相關研究做探討，透過以下的探討，以便進一步了解，影響保險業清償能主要因素為何，並了解各個變數之重要性，以供本研究變數選取之參考。

Trieschmann and Pinches(1973)是最早對產險公司的清償能力進行預測的學者，他們以 1966 到 1971 年財產保險公司的財務資料進行清償能力分析，以單變量進行分析，在 6 個變數中，以代理人費用占總資產比率、股票投資比率、損失及核保費用支出占淨保費收入比率、直接保費收入占盈餘比率對清償能力有顯著的影響，債券投資比率及綜合損失率則不顯著，以判別式分析模型結果的知，代理人費用占總資產比率是最重要的變數相對於直接保費收入占盈餘的比率，股票投資比率及、損失及核保費用支出占淨保費收入比率是次重要的變數，以判別式分析模型來預測產險公司財務危

機，則以代理人費用占總資產比率及直接保費收入占盈餘比率是最重要的變數。

Pinches and Trieschmann(1974)以 1966 到 1971 年財產保險公司的財務資料進行清償能力分析，使用單變量及 MDA 模型對產險公司建立財務危機預警模式，以單變量模型實證結果得知，代理人費用占總資產比率、淨保費收入占保戶盈餘比率、股票投資比率、核保費用支出占總費用支出比率、總收入占調整後盈餘等 5 個財務比率對產險公司的影響是顯著的，以 MDA 模型實證得知，代理人費用占總資產比率、股票投資比率、債券投資比率、損失及核保費用支出占淨保費收入比率、綜合損失率、直接保費收入占盈餘比率對產險公司的影響是顯著的，其中代理人費用占總資產比率及股票投資比率在兩個模型中都是重要變數，研究結果顯示 MDA 模型優於單變量分析模型。

Ambrose and Seward(1988)以 1969 到 1983 年的產險公司為樣本，以 IRIS 比率及投資比率、費用率、再保率及準備金比率來預測產險公司是否失卻清償能力，以 MDA 的方法研究結果得知保費成長率與損失率對產險公司失卻清償能力影響是最顯著的。

BarNiv and Raveh(1989)用新非參數分析法(NM)對產險公司進行財務危機預測，並與 DA、Logit、Probit 模型比較正確識別率，共選取 18 個財務比率，實證結果得知，利潤率、速動比率及流動比率等財務比率對是最重要的變數。

BarNiv and McDonald(1992)選取的影響因素大都是來是公司內部的各種財務指標，他們認為，對產險保險公司清償能力影響較大的因素包括：公司規模、投資收益、承保收益、流動比率、利潤率、保費成長率及盈餘成長率。

Browne and Hoyt(1995)以 1970 到 1990 年美國產險公司的季資料，檢驗影響產險

保險公司失卻清償能力的經濟環境與市場因素的假設，包括：保險公司家數、利率水準與利率的變化率、核保循環與綜合損失率、未預期通貨膨脹。並假定除了利率水準與失卻清償能力為負相關外，其他所有因素與失卻清償能力都具正相關。使用 Logit 模型研究結果發現，保險公司家數、核保循環與綜合損失率等三個因素對保險公司失卻清償能力影響是顯著的且呈正相關，這些經濟環境與市場因素對預測產險業失卻清償能力是重要的變數。

Browne, Carson and Hoyt(1999)以 1972 到 1994 年的壽險公司為研判對象，檢驗影響壽險保險公司失卻清償能力的經濟環境與市場因素，其研究結果發現影響保險公司失卻清償能力的因素包括；殖利率、利率變化率、可支配所得、失業率，股票報酬、保險公司家數等皆與失卻清償能力比率成正相關，不動產報酬與失卻清償能力比率成負相關，這些經濟環境與市場因素對預測壽險業失卻清償能力是重要的變數。

Browne, Carson and Hoyt(2000)以 1985 到 1995 年的美國壽險公司為研究對象，實證得知，個人可支配所得、未預期通貨膨脹、債券投資收益等因素，對保險公司的經營績效的影響相當顯著。

張簡永章(2000)根據 1970 年到 1998 年的統計資料，對國內產險業進行資本結構影響因素之理論與實證研究，得到簽單保費與業主權益比率和負債比較呈正相關但和資金比率呈負相關，總資產及自留保費比率，亦和準備金與負債比率呈正相關，影響變數最重要的是總資產，其次是自留保費比率。

高子荃與詹淑慧(2001)對國內壽險業的清償能力進行研究發現，影響壽險業喪失清償能力較為顯著的變數有速動比率、負債比率、費用率、總責任準備金比率、保費收入市場占有率等，與喪失清償能力呈負相關，其中影響破產機率最大的為保費收入

占有率，次為負債比率。

許文彥與羅依雯(2003)以 1996 到 2000 年的財務資料，對國內 14 家有公開財務資料的產險公司為研究對象，以動態財務分析的方式建立產險業的預警系統，其使用的變數包括：利率、通貨膨脹率、殖利率、股票報酬率、再投資比率、各項準備金及業主權益。

從以上的文獻探討，以及在第一章第二節中探討影響保險公司清償能力的風險分析，可知影響產險業清償能力主要因素包括：投資收益、損失率、再保率、流動比率、總資產報酬率、保費成長率以及總體經濟因素等，將其分類為公司內部影響因素，包括：投資收益率、再保率、流動比率、資產報酬率及損失率等，以及外部影響因素主要為總體經濟因素，因此本研究針對這些影響因素做進一步的探討，藉以了解這些因素對清償能力的影響程度大小。

## 第二節 灰色理論文獻回顧

灰色理論經過 20 餘年的發展，在實務應用已非常廣泛，本章節僅就在金融保險業的相關研究文獻做探討，藉以了解其目前之應用情況。

謝坤民(1996)以灰關聯分析為理論基礎與數學方法，探討影響人壽保險投保率之各個因素及各年齡層分別作灰關聯分析並予以排序，藉以了解其影響人壽保險投保率之程度，實證結果得知：1.國民所得愈高投保率愈高，男性投保率高於女性，人口數與投保率之關聯性較低，但並非無關。2.影響投保率之各年齡層，以 35-39 歲投保率

保險業是經營風險的特殊行業，是社會經濟補償制度的重要組成部分，對於穩定社會經濟和人民的生活安定負有很大的責任。保險公司資產業務及其風險具有一些特點，但本質上與銀行和證券公司是相同的。將保險公司與其他金融機構區分開來的不在於保險公司的資產業務，而在於其獨特的負債業務，即各項保險業務。保險公司之所以被稱為保險公司，是因為其銷售各類保險單，以直接的風險承擔而獲取資金來源，進而形成具有獨特特徵的不確定性負債又稱或有負債的負債業務。因此，保險公司不僅在資產業務方面與銀行證券公司一樣承擔風險，更重要的是在負債業務方面更加直接地顯現出其以承擔風險來獲取收入的特性，而且負債業務中所承擔的風險不同於資產業務中信用風險和市場風險等投機性風險。

保險公司收取保險費，是保險資金的管理者，其資產絕大部分是對被保險人未來的賠償或給付的負債，因此保險業在任何時候、任何時點，都必須保證有能力履行賠償及給付的責任，如果保險業經營不當，危及清償能力，濫用保險安定基金，不僅會損害投保險人權益，而且可能會引起系統性風險，造成社會經濟的混亂。

## 第一節 研究背景與動機

我國產險業成立至今，目前僅國華產險公司在 2005 年被接管清算，但隨著經濟環境的劇烈波動，產險公司的經營風險不斷加大，根據 Swiss Re.(1995)的統計，從 1978 年至 1994 年，全世界共有 648 家產險公司失去清償能力(如圖 1-1)，其中美國占 66%，歐洲(不包括英國)占 4%，英國占 7%，其他國家占 23%，另外根據 A.M. Best(1999)的統計，1969 年到 1998 年間，美國產險公司清償能力不足的公司近 640 家，失去清償能力的比率迅速攀升，且有進一步加速產生的趨勢。

並建立預警模型，同時比較不同的預警模式對發生財務危機的產險公司的正確識別率。

- 2.在變數選取上，國外的學者從 IRIS 各項比率中，選取部分的的財務業務比率做為研究變數，部分學者則另外加入總體經濟因素，來提升其模型的預警能力。
- 3.國內學者在變數選取上，則是從國內產險業的財務業務指標中，選取研究變數。

本研究擬參考相關文獻及國內產險業的各項財務業務指標，做為選取各變數考量的依據，並應用灰色理論的研究方法，對國內產險業的清償能力進行實研究。

## 第三章 研究方法

本章節就研究對象、變數、灰色理論及其模型，做逐一介紹。

### 第一節 研究對象及變數

#### 一、研究對象

以台灣地區 16 家產險公司為整體研究對象，研究期間從 1996 年至 2003 年，財務業務數據資料來源為保險業務發展基金管理委員會所出版的保險年鑑(2000, 2003)，資料型態為年資料，經濟指標數據來自中央銀行及行政院經建會的網站，使用軟體為 Grey Relation Version 1.1 以及 Grey Model(1,1) Version 1.0。

#### 二、變數選取及定義

清償能力可分兩種：一種是實際清償能力，即在某一時點上的認許資產減掉負債的一定差額；另一種是最低清償能力，這種最低的清償能力一般是保險法來規定，是產險公司必須滿足的清償能力要求。

根據保險法第 143 條的規定，產險公司的清償能力為認許資產減負債之餘額，換言之，產險公司的實際資產是總資產減去各種非認許資產，包括預付款、遞延資產、無形資產、應收帳款中已成呆帳的部分，以及其他變現不易的不動產和固定資產等。

清償能力 = 實際資產 - 實際負債

= (總資產 - 非認許資產) - (總資產 - 實收資本額 - 資本公積 - 未分配盈餘)

= 實收資本額 + 資本公積 + 未分配盈餘 - 非認許資產

清償能力比率(Solvency ratio) = 清償能力/保費收入

影響產險公司清償能力的因素，將其分為內部因素及外部因素，其定義及說明如下：

(一)內部影響因素

- 1.資產:考慮產險公司投資風險，用投資收益率來表示，此比率可作為保險公司獲利能力的重要指標，同時可以了解產險公司所投資的資產品質。投資收益率愈高，表示產險公司獲利能力愈高，相對而言，產險公司發生失卻清償能力的機率愈低，故與清償能力是正相關。

投資收益率=當年投資收益/平均可投資資產

投資收益 = 利息收入 + 證券及投資收益 + 其他收入 - 利息支出 - 證券及投資損失 - 其它支出

平均投資資產 = (當年度可投資資產 + 上年度可投資資產)/2

可投資資產 = 資產總額 - 應收保費 - 應攤回再保賠款 - 應收收益 - 其他應收款 - 同業往來

- 2.損失率：產險公司的損失率愈高，代表愈沒有承保利潤，巨大的天然災害通常會造成產險公司高額的理賠支出，因而導致產險公司出現清償危機，

故損失率愈高產險公司失去清償能力的機率愈高。

$$\text{損失率} = \text{自留保險賠款} / \text{自留滿期保費}$$

$$\text{自留賠款} = \text{保險賠款} + \text{再保賠款} - \text{攤回再保賠款}$$

$$\text{自留滿期保費} = \text{自留保費} + \text{收回未滿期準備金} - \text{提存未滿期準備金}$$

- 3.再保率：是產險公司降低承保風險的一項必要和有效的措施，再保額度用再保率表示產險公司風險分散的程度，與清償能力是正相關。

$$\text{再保率} = \text{再保費支出} / \text{總保費收入}$$

- 4.經營管理能力：用資產報酬率來表現經營管理的風險，反映公司整體經營績效。該指標越大表示資產抗風險的能力越強，因此與清償能力是正相關。

$$\text{資產報酬率} = \text{本期損益} / \text{平均可投資資產}$$

- 5.流動比率：用來評估保險公司以流動資產償付流動負債的能力，由於產險公司的承保期間大多在一年以內，因此產險公司在資金的運用上，較專注短天期，且流動性高的投資標的，該比率愈高，表示產險公司短期償債能力愈強，因此該比率與清償能力是正相關。

$$\text{流動比率} = \text{流動資產} / \text{流動負債}$$

流動資產 = 現金存款 + 應收保費 + 應攤回再保賠款 + 應收收益 + 其他應收款 + 有價證券 + 同業往來

流動負債 = 應付賠款 + 應付款 + 同業往來

## (二)外部影響因素

1.總體經濟環境變化的風險：用通貨膨脹率的高低來反映總體經濟的穩定性，通貨膨脹對產險公司的投資收益、理賠金額、責任準備金等有顯著的影響，投資收益會隨著通貨膨脹和利率的上升而降低，通貨膨脹上升會使得準備金提存的比例提高，通貨膨脹的下降對已決未賠的損失也會降低，故應與清償能力是負相關。

以 GDP 成長率來反映經濟的波動風險，用來衡量一個國家的經濟發展的重要指標，GDP 成長率愈高，表示總體經濟的發展程度愈高，而保險規模的大小主要與國家的經濟發展有關，與清償能力是正相關。

2.市場環境變化的風險：產險市場的成長率可從保費收入的成長率來看，用國內產險業總保費收入的成長率來表示產險市場的發展水平，保費收入成長率愈高表示產險市場愈具經濟規模，故與清償能力是正相關。

3.政策性風險：主要是在利率風險，由於利率的變化會影響到產險公司的投資收益，我們用兩個指標表示利率風險，即平均名目利率及平均名目利率變化率。平均名目利率與清償能力是正相關。另外，平均名目利率變化率愈高，表示總體經濟環境的不穩定，所以平均名目利率變化率與清償能力是負相關。由於產險業在保險營業項目通常以一年期為主，長年期保單的比重較低，所以我們用一年期的銀行存款利率來計算該指標。

## 第二節 研究流程

本節針對本研究的實證步驟做一說明，首先數據資料的蒐集，在進行灰關聯分析時須必須知道參考序列與比較序列的相關性，因此做單因子迴歸分析，由於灰色理論只能探討非負數據，因此必須將有負的數據資料，利用偏移映射法將數據做修正，使數據符合可比性，即可進行灰關聯分析，然排出灰關聯序，即可得知每個影響因素的影響程度大小及權重，將所得到的權重予以加權平均後，即可建立產險業清償能信賴區間，最後利用灰預測 GM 模型對產險業的清償能力做預測，並與其他時間序列預測方法比較其預測準確度，並分析實證結果，最後針對本研究做結論及對後續研究者做建議，詳細研究流程如圖 3-1。

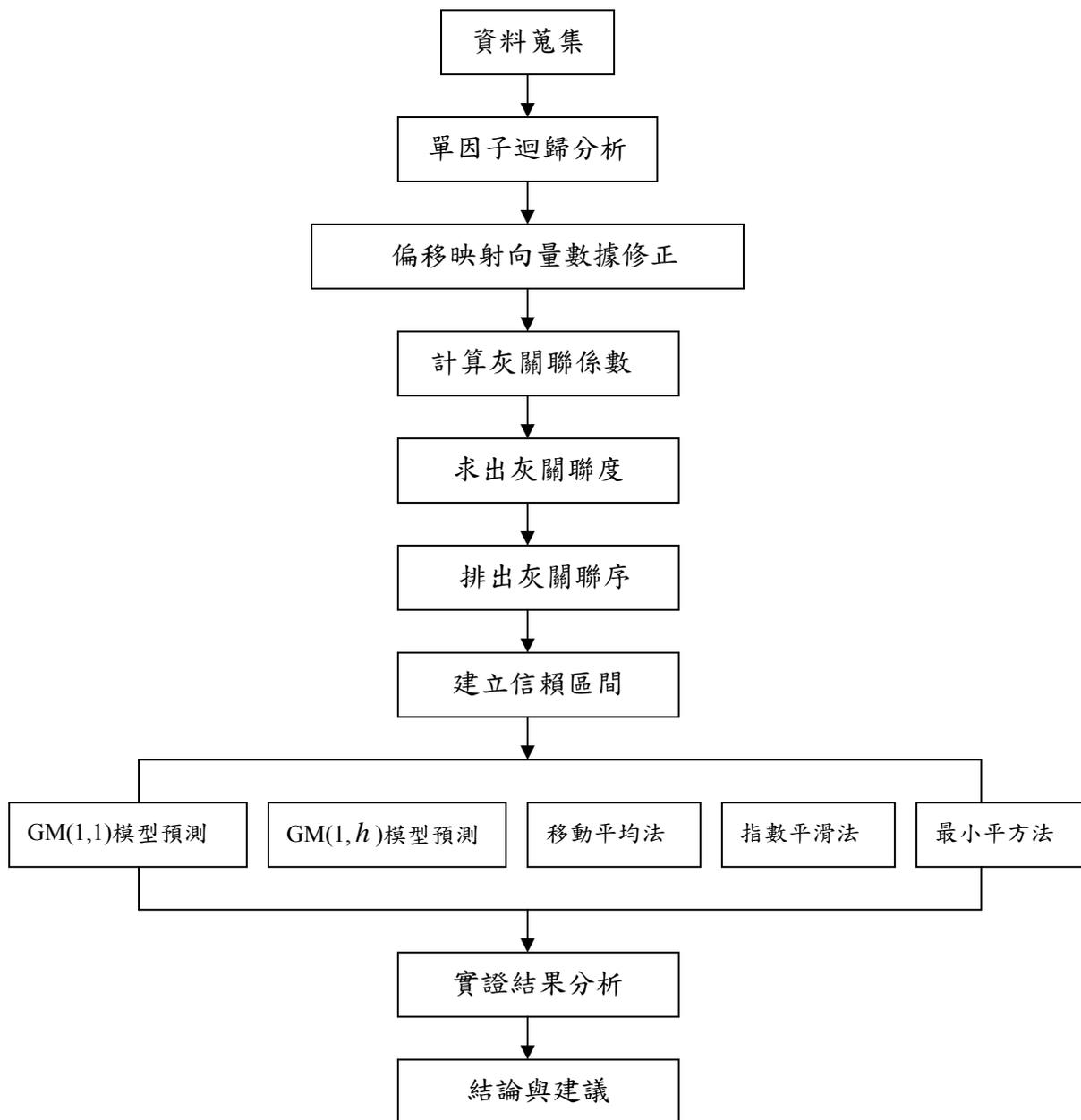


圖 3-1 研究流程圖

### 第三節 灰色理論

灰色系統理論(Grey System Theory)是中國華中科技大學鄧聚龍教授於 1982

年所發表的理論。溫坤禮、黃宜豐、張偉哲、張廷政、游美麗與賴家瑞(2003)認為，灰色理論的特性主要針對系統模型之不確定性(Uncertainty)、多變量輸入(Multi-Input)、離散的數據(Discrete Data)及數據的不完整性(Not Enough)做有效的處理，領域包括灰色生成、灰關聯分析、灰色建模、灰色預測、灰色決策及灰色控制等 6 大項。

### 一、灰色生成(Grey Generating)

江金山、吳佩玲、蔣祥第、張廷政、詹福賜、張軒庭與溫坤禮(1998)認為，灰色生成即為補充訊息之數據處理，是一種就數找數的規律方法，在雜亂無章的數據中，設法將其被掩蓋的規律及特徵浮現出來。換句話說，可以利用灰色生成的方式降低數據的隨機性，並提升其規律性。在灰色理論中常用的生成方法有：

- (1)灰色關聯生成(Grey Relation Generating Operation, GRGO)：如果數據為非可比性，但是在可比性的原則下，為達到灰關聯分析的目的，則必須做數據處理，此種方式稱為灰關聯生成。
- (2)累加生成(Accumulated Generating Operation, AGO)：將數據依次累加。
- (3)逆累加生成(Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO)：累加生成的逆運算。
- (4)插值生成(Interpolation Generating)：利用現有之數據及數學方法建立其間所缺失的數據；例如拉格蘭日插值法等。

### 二、灰關聯分析(Grey Relational Analysis)

在灰色系統中，分析離散序列間的相關程度的一種測度方法。

### 三、灰色建模(Grey Model Construction)

利用生成過的數據建立一組灰差分方程與灰擬微分方程之模式，稱為灰色建模。

#### 四、灰預測(Grey Prediction)

以 GM(1,1)模型為基礎對現有數據所進行的預測方法，實質上是找出某一數列中間各個元素之未來動態狀況。

#### 五、灰決策(Grey Decision Making)

對某一事件，因為考慮的對策不同而有不同效果，為解決此一問題，將對策和 GM 模型結合所做的決策稱為灰決策。

#### 六、灰控制(Grey Control)

在傳統的控制上，是利用輸出及輸入間的數據，做成移轉函數而求出所需的增益值，或者利用狀態空間法求出輸出和輸入之間的動態關係。而灰色控制則是通過系統行為數據，以尋求行為發展規律，並預測未來行為。當預測值得到後，以此一預測值回授以進行控制的一種法則，是融合演化的過程所形成的一種新的控制法則。

## 第四節 灰關聯分析模型

### 一、因子空間

吳漢雄、鄧聚龍與溫坤禮(1996)假設  $\{P(X)\}$  為某特定得主題所得到的因子集， $Q$  為影響關係。若  $\{P(X); Q\}$  具有下列特性：

- 1.存在性：關鍵因子的存在。
  - 2.(內涵)因子的整體性以及參數序列的存在。
  - 3.可構造型：因子的影響不斷改變而不具固定的模式，由於這些改變的部份原因是由於新訊息的補充。
  - 4.可數性：因子的數目是有限的而且可數的。
  - 5.獨立性：各因子之間均具有獨立性。
- 則稱  $\{P(X); Q\}$  為因子空間。

## 二、建立序列之可比性的要素

若  $X$  為一灰關聯因子集，其原始序列為：

$$x_i = (x_1(k), \dots, x_i(k)) \in X ; \quad (3-1)$$

其中， $k = 1, 2, 3, \dots, n \in N$

滿足下列三個條件：

- 1.無因次性(Normalization)：不論因子的測度為何，必須經過處理成無因次。
  - 2.同等級性(Scaling)：各序列  $x_i$  中之值  $x_i(k)$  均屬於同等級(Order)或等級相差不可大於 2。
  - 3.同極性(Polarization)：序列中的因子描述應為同方向。
- 則稱此序列為可比性。

在序列的可比性原則下，為達到灰關聯分析的目的，因此必須做數據處理，此一處理稱為灰關聯生成。灰關聯生成的方式可分成下列幾項：

- 1.基本方法：利用數據中的數值做正規化。

2.灰色理論方法(1982 年迄今)：灰色理論的方式可分成下列幾項：

假設原始函數為：

$$f : x_i^*(k) = \frac{x_i^{(0)}(k)}{a} \quad (3-2)$$

處理方法有：

(1)初值化：當  $a = x_i^{(0)}(1)$  時。

(2)最大值化：當  $a = \max_{\forall i} x_i^{(0)}$  時。

(3)最小值化：當  $a = \min_{\forall i} x_i^{(0)}$  時。

式中： $x_i^*(k)$ ：灰關聯生成後之數值。

$\min_{\forall i} x_i^{(0)}(k)$ ： $x_1^{(0)}(k), x_2^{(0)}(k), \dots, x_n^{(0)}(k)$  中之最小值。

$\max_{\forall i} x_i^{(0)}(k)$ ： $x_1^{(0)}(k), x_2^{(0)}(k), \dots, x_n^{(0)}(k)$  中之最大值。

3.效果測度方法：有下列三種效果測度。

(1)效益目標之測度(望大)：目的為衡量數據偏離最大的程度，即希望效果愈大愈好為其考慮範圍。數學模式為：

$$x_i^*(k) = \frac{x_i^{(0)}(k)}{\max_{\forall i} x_i^{(0)}(k)}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (3-3)$$

(2)成本目標之測度(望小)：目的為衡量數據偏離最小的程度，即希望效果愈小

愈好為其考慮範圍。數學模式為：

$$x_i^*(k) = \frac{\min_{\forall i} x_i^{(0)}(k)}{x_i^{(0)}(k)}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (3-4)$$

(3)特定目標之測度(望目)：目的希望效果是某個指定目標之附近為其考慮範圍。

數學模式為：

$$x_i^*(k) = \frac{\min_{\forall i} \{OB, x_i^{(0)}(k)\}}{\max_{\forall i} \{OB, x_i^{(0)}(k)\}}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (3-5)$$

式中：OB： $x_i^{(0)}(k)$  中選定之值。

這些數據處理的結果都會滿足序列可比性的3項條件，而且不會將原始數據扭曲。其所構成的空間則稱為測度空間，用  $\{P(X); x_i^*(k)\}$  表示。

### 三、灰關聯測度的4項公理

假設  $\{P(X); \Gamma\}$  為一灰關聯測度空間，而其中任一灰關聯測度  $g(x_i, x_j) \in \Gamma$ ，

滿足下列公理：

(一)規範性：

$$0 < g(x_i, x_j) \leq 1 \quad \forall i, \forall j \quad (3-6)$$

$g(x_i, x_j) = 1$ 時，稱為正相關，而 $g(x_i, x_j) = 0$ 時，稱為完全不相關。

(二)偶對稱性：當只有兩組序列時。

$$g(x_i, x_j) = g(x_j, x_i) \quad (3-7)$$

(三)整體性：當序列大於三組(含)時。

$$g(x_i, x_j) \neq g(x_j, x_i) \quad (3-8)$$

(四)接近性：

$|x_i(k) - x_j(k)|$ 為整個 $g(x_i(k), x_j(k))$ 的主控項，則稱 $g$ 為灰關聯空間中的灰關聯度。

經由以空間因子、測度空間及灰關聯空間即可形成灰色理論中的灰關聯分析。

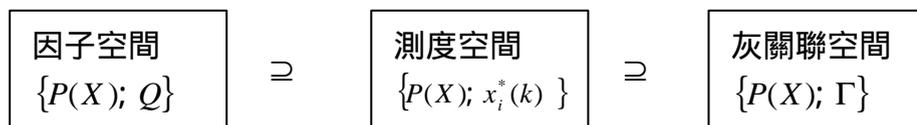


圖 3-2 灰色理論的關聯分析

(資料來源：吳漢雄、鄧聚龍與溫坤禮(1996)，灰色分析入門，15 頁)

#### 四、灰關聯係數

在灰關聯空間  $\{P(X); \Gamma\}$  中有一序列：

$$x_i = (x_1(k), \dots, x_i(k)) \in X$$

其中， $i = 0, 1, 2, \dots, m \in I$ ， $k = 1, 2, 3, \dots, n \in N$ ，即

$$x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k))$$

$$x_1 = (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(k))$$

$$x_2 = (x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(k))$$

.

.

$$x_m = (x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(k))$$

局部性及整體性灰關聯度量之灰關聯係數  $g(x_i(k), x_j(k))$  定義如下所述：

1. 局部性：當只有一個序列  $x_0(k)$  為參考序列時，其他的序列為比較序列時。

則灰關聯係數為：

$$g = (x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}} \quad (3-9)$$

其中， $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ， $k = 1, 2, 3, \dots, n$ ， $j \in I$ ， $x_0$  為參考序列， $x_i$  為一特定之比較序列。

$\Delta_{0i} = \|x_0(k) - x_i(k)\|$ ： $x_0$  和  $x_i$  之間第  $k$  個差的絕對值

$$\Delta_{\min} = \min_{\forall j \in I} \cdot \min_{\forall k} \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

$$\Delta_{\max} = \max_{\forall j \in I} \cdot \max_{\forall k} \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

$z$  : 辨識係數 :  $z \in [0,1]$

2. 整體性：當序列中任一個序列  $x_i(k)$  均可以為參考序列，其他的序列為比較序列時。

則灰關聯係數為：

$$g = (x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}} \quad (3-10)$$

其中， $i=1,2,3,\dots,m$ ， $k=1,2,3,\dots,n$ ， $j \in I$ ，

$x_i(k)$  為參考序列， $x_j(k)$  為一特定之比較序列。

$\Delta_{0i} = \|x_0(k) - x_i(k)\|$  :  $x_0$  和  $x_i$  之間第  $k$  個差的絕對值

$$\Delta_{\min} = \min_{\forall j \in I} \cdot \min_{\forall k} \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

$$\Delta_{\max} = \max_{\forall j \in I} \cdot \max_{\forall k} \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

$z$  : 辨識係數 :  $z \in [0,1]$

## 五、辨識係數(Distinguishing Coefficient, $z$ )

灰關聯係數中，辨識係數的功能主要是做背景值和待測物之間的對比，數值大小可依際的需要做調整。一般而言，辨識係數的數值均取為 0.5，辨識係數  $z$  值的改變只會變化相對數值的大小，並不影響灰關聯度的排序。

## 六、灰關聯度(Grey Relational Grade)

當求得灰關聯係數後，一般取灰關聯係數的平均值灰關聯度：

$$g(x_i, x_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n g(x_i(k), x_j(k)) \quad (3-11)$$

然而實際的系統上，各個因子對系統的重要程度並不一定完全相同，因此我們正視各個因子的權重不相等的實際情形，延伸上式中的灰關聯度的定義為：

$$g(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^n b_k g(x_i(k), x_j(k)) \quad (3-12)$$

其中， $b_k$  表示因子  $k$  的常態化權重，可自行決定，但必須滿足  $\sum_{k=1}^n b_k = 1$  當等權重時，則(3-11)與(3-12)式會相等。

## 七、灰關聯序(Grey Relational Ordinal)

根據灰色理論的定義，灰關聯度是表示兩個序列的關聯程度，將  $m$  個比較序列對同一參考序列  $x_0$  的關聯度之數值大小加以順序排列，其所組成的一個大小關係便稱為灰關聯序，以數學模式表示方式為，參考序列  $x_0$  及比較序列  $x_i$

$$x_0 = (x_0(k)), x_i = (x_i(k)), k = 1, 2, 3, \dots, n, i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3-13)$$

式中如果  $g(x_0, x_i) \geq g(x_0, x_j)$ ，則稱  $x_i$  對  $x_0$  的關聯度大於  $x_j$  對  $x_0$  的關聯度，並且  $x_i \succ x_j$  表示，也稱為  $x_i$  和  $x_j$  的關聯序。

灰色理論發展至今應用非常廣泛，史開泉、吳國威與黃有評(1994)認為，灰色關聯分析與數理統計的迴歸分析有以下的差異：

- 1.理論基礎不同，迴歸分析是基於機率論的隨機過程，關聯分析基於灰色理論的灰色過程。
- 2.關聯分析是對系統各行為因素列的態勢比較與計算，迴歸分析是因素間各對數組值之間的計算。
- 3.關聯分析要求數據的個數不多，迴歸分析則必須有足夠的數據量。
- 4.關聯分析主要是研究系統的動態過程，迴歸分析則以靜態研究為主。

溫坤禮等(2003)認為，對統計迴歸而言，處理變數之間關係有下列幾項限制：

- 1.變數與變數之間必須存在著“相互影響”的關係。
- 2.要求大量的數據。
- 3.數據的分佈必須為典型的：例如常態分佈。
- 4.變化因素不能太多。

灰關聯分析的研究步驟如下：

- 1.灰關聯生成：使數據滿足可比性。
- 2.利用  $\Delta_{0i} = \|x_0(k) - x_i(k)\|$  公式，求出差序列大小。
- 3.利用公式  $\Delta_{\min} = \min_{\forall j \in i} \cdot \min_{\forall k} \|x_0(k) - x_j(k)\|$  及  $\Delta_{\max} = \max_{\forall j \in i} \cdot \max_{\forall k} \|x_0(k) - x_j(k)\|$  求極大值與極小值。
- 4.取辨識係數  $z$  值 = 0.5000
- 5.計算灰關聯係數：利用公式  $g(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}}$  得到結果。
- 6.計算灰關聯度： $g(x_i, x_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n g(x_i(k), x_j(k))$
- 7.排出灰關聯序： $g(x_0, x_i) \geq g(x_0, x_j)$  由大至小排列

## 第五節 信賴區間建構

假設影響產險業清償能力的因素有  $P$  個指標，則  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ ，並服從常態分配，則：

$$\bar{u}_0 = (u_{10}, u_{20}, \dots, u_{p0}), \text{ COV} = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{11}^2 & \dots & \mathbf{s}_{1p}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{s}_{p1}^2 & \dots & \mathbf{s}_{pp}^2 \end{bmatrix}$$

從灰關聯分析得知，各個指標對產險公司清償能力的影響程度是不同的，故依據每個指標的影響程度予以標準化。

假設第  $i$  個指標的權重為  $w_i, i = 1, 2, \dots, p$ ，且  $\sum_{i=1}^p w_i = 1$ ，從灰關聯分析的結果可計算每一個指標的權重，即：

$$w_i = \frac{r(x_0, x_i)}{\sum_{i=1}^p r(x_0, x_i)} \quad (3-14)$$

則可建構出其統計量為：

$$y = \sum_{i=1}^p w_i \frac{x_i - u_i}{\mathbf{s}_i} \quad (3-15)$$

則  $y$  服從常態分配且  $u_0 = 0$ ， $\mathbf{s}^2 = \sum_{i=1}^p w_i^2$ ，查表計算出  $y$  的  $1-\alpha$  信賴區間為

$\left[-sU_{\frac{a}{2}}, sU_{\frac{a}{2}}\right]$ 。因此給定一樣本點向量  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ ，計算其  $y$  值是否落於  $1-a$

的信賴區內，藉此判斷該年度的經營狀況是否出現異常狀況，是否影響清償能力。

## 第六節 灰預測模型

由於灰色理論系統可針對不完整及不明確的系統進行分析，凡系統內部之結構參數完全確知的，稱為白色系統，完全未知的，稱為黑色系統，如果部份已知，部份未知，則稱為灰色系統。灰預測是對既含有已知的訊息又含有不確定的訊息的系統進行預測，近年來灰色理論應用在工業、農業、商業、交通、軍事、醫學、氣氛、地質等的探討上，均有不錯的發展與結果。

灰色系統是假設任何隨機過程的變數都是在一定範圍、時間內變動的灰色量，因此在灰色系統中稱隨機過程為灰色過程，透過原始數據列的累加生成運算後出現明顯的指數規律，再建立灰微分方程來擬合生成後的數據，建立灰預測模型。根據吳漢雄等(1996)指出，灰預測模型可歸納為 5 類：

### 1. 數列灰預測(Sequence Grey Prediction)

數列預測是灰預測的基本類型，根據所給的數列，直接建立 GM(1,1)模型進行預測，此預測只能得到一個預測值，因此又稱為單值預測。

### 2. 災變灰預測(Calamities Grey Prediction)

若給定的數列中，出現過大或過小的異常值，則稱為災變值，相對應的點稱為災變點，原數列稱含災變數列，所謂災變灰預測就是這些灰時間分布的預測，所建立的灰色預測模型。

### 3. 季節災變灰預測(Seasonal Calamities Grey Prediction)

若災變發生在每年特定時區，針對這災變事件的時間分布進行預測，稱為季節災變預測。

### 4. 拓樸灰預測(Topological Grey Prediction)

拓樸預測是季節災變預測的延伸，與季節災變預測的區別在拓樸灰預測是透過給定水平線與災圖的交點，獲得時間分布序列。

### 5. 系統灰預測(Systematic Grey Prediction)

如果系統行為有多種表現，則其預測的難度必然大於一種表現的情況。當多種表現之間沒有太多的關係，或者雖有有關係，則可利用多個 GM(1,1)模型對系統的行為進行預測。

假設原始數據  $x_i^{(0)}(t)$  ,  $i = 1, 2, 3 \dots, h$  ,  $t = 1, 2, 3 \dots N$  將上述序列做一次累加生成，得到新序列稱為 AGO :  $x_i^{(1)}(t)$  ,  $i = 1, 2, 3 \dots, h$  ,  $t = 1, 2, 3 \dots N$  , 其中  $x_i^{(1)} = \sum_{i=1}^N x_i^{(0)}(t)$  , 並有相對應的多次累差序列 :  $\Delta^{(j)}(x_i^{(1)}(t))$  ,  $i = 1, 2, 3 \dots, h$  ,  $j = 1, 2, 3 \dots N$  ,  $\Delta$  為差序列，若有  $h$  個序列， $n$  階微分方程所表示的動態模型即 GM( $n, h$ ) 模型，即：

$$\frac{d^n(x_1^{(1)})}{dt^{(n)}} + a_1 \frac{d^{n-1}(x_1^{(1)})}{dt^{n-1}} + \dots + a_n x_1^{(1)} = b_1 x_2^{(1)} + b_2 x_3^{(1)} + \dots + b_{h-1} x_h^{(1)} \quad (3-16)$$

其中， $a$  與  $b$  為模型之發展係數

則微分方程的係數向量為：

$$\hat{a} = [a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_{h-1}]^T \quad (3-17)$$

用最小平方法求解為：

$$\hat{a} = [(A:B)^T (A:B)]^{-1} (A:B)^T y_n \quad (3-18)$$

其中， $(A:B)$  為  $A$ 、 $B$  所組成的方塊矩陣

GM( $n, h$ ) 模型是  $n$  階  $h$  個變量的微分方程，不同的  $n$  與  $h$  之 GM 模型有不同的意義與用途。

### 1. GM(1,1)模型

GM(1,1)模型稱為單序列一階線性動態模型，其中(1,1)表示為 1 階微分，單變量微分方程，其模型如(3-19)式：

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (3-19)$$

其中  $a$ 、 $u$  為參數， $a$  稱為發展係數， $u$  稱為灰投入量

因為  $n=1$ ， $h=1$ ，所以矩陣  $A=0$ ，則其累加矩陣  $B$  為：

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix}, \quad y_n = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T \quad (3-20)$$

其中， $B$  為累加向量， $y_n$  為常數向量

用最小平方法求解得：

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T y_n \quad (3-21)$$

代入微分方程，得到時間函數為：

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = (x^{(1)}(0) - \frac{u}{a})e^{-au} + \frac{u}{a} \quad (3-22)$$

其中， $e$  為期望值， $\hat{x}$  為預測值

若  $x^{(1)}(0) = x^{(0)}(1)$ ，則

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-au} + \frac{u}{a} \quad (3-21)$$

再求倒數還原得到

$$\hat{x}^{(0)}(t+1) = -a(x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-au} \quad (3-23)$$

則(3-21)式及(3-22)式即為 GM(1,1)模型的預測模式。

## 2. GM(1, h)模型

GM(1, h)模型可以反映  $h-1$  個變數對單一變量一階倒數變化率的影響，由於  $h > 1$ ，所以稱 GM(1, h) 是  $N$  個序列的一階線性動態模型。假設有  $h$  個變量  $x_1, x_2, \dots, x_h$  所組成的原始序列， $x_i^{(0)}(1), x_i^{(0)}(2), \dots, x_i^{(0)}(n)$ ， $i = 1, 2, 3, \dots, h$ ，將原始續列做一次累加生成，則新序列為， $(x_i^{(1)}(1), x_i^{(1)}(2), \dots, x_i^{(1)}(n))$ ， $i = 1, 2, 3, \dots, h$ ，建立微分方程式：

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} + a_1 x_1^{(1)} = b_1 x_2^{(1)} + b_2 x_3^{(1)} + \dots + b_{h-1} x_h^{(1)} \quad (3-24)$$

係數向量

$$\hat{a} = [a, b_1, b_2, \dots, b_{h-1}] \quad (3-25)$$

用最小平方法求解得：

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T y_n \quad (3-26)$$

其中， $B$  為累加向量， $y_n$  為常數向量

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x_1^{(1)}(1) + x_1^{(1)}(2)) & x_2^{(1)}(2) \cdots x_h^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2}(x_1^{(1)}(2) + x_1^{(1)}(3)) & x_2^{(1)}(3) \cdots x_h^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(x_1^{(1)}(n-1) + x_1^{(1)}(n)) & x_2^{(1)}(n) \cdots x_h^{(1)}(n) \end{bmatrix},$$

$$y_n = [x_1^{(0)}(2), x_1^{(0)}(3), \dots, x_1^{(0)}(n)]^T \quad (3-27)$$

則微分方程的解為：

$$\hat{x}_1^{(1)}(t) = \left[ x_1^{(0)}(1) - \sum \frac{b_{i-1}}{a} x_1^{(1)}(t) \right] e^{-at} + \sum \frac{b_{i-1}}{a} x_1^{(1)}(t) \quad (3-28)$$

則(3-27)式即為 GM(1, h)模型的預測模式。

## 第七節 其他時間序列預測方法

### 一、移動平均法

一次移動平均法是根據時間序列，逐期移動，依次計算包含一定期數的時間序列平均數，形成一個平均時間數序列，其預測模型如(3-29)式：

$$y_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-n+1}}{n} \quad (3-29)$$

其中， $y_{t+1}$  是第  $t+1$  期的預測值

$y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-n+1}$  為被平均的  $n$  個觀察值

$n$  為移動平均的項數，即移動期數

## 二、指數平滑法

指數平滑法實際上也是一種加權平均法，將時間序列資料予以加權平均，並將加權平均值做為下一期的預測值，其預測模型如(3-30)式。

$$F_{t+1} = aY_t + (1-a)F_t \quad (3-30)$$

其中， $F_{t+1}$  = 第  $t+1$  期的預測值

$Y_t$  =  $t$  期的實際值

$F_t$  =  $t$  期的預測值

$a$  = 平滑常數， $0 \leq a \leq 1$

## 三、簡單時間迴歸分析

迴歸分析預測法是透過兩組或兩組以上的變量之間的關係，建立相對應的迴歸預測模型，對因變量進行預測的一種預測方法，當只有兩變量(1 個自變量和 1 個因變量)，並且他們之間存在線性關係時，可用一元線性迴歸模型進行預測，其迴歸模型如(3-31)式，利用最小平方法，找出  $a$ 、 $b$  估計參數值。

$$y_t = a + b \times t \quad (3-31)$$

其中， $y_t$  為時間數列值， $t$  代表時間， $a$ 、 $b$  為迴歸係數

## 第四章 實證結果

過去學者採用統計迴歸的方法，需要大量的樣本及良好的分配，自變數與因變數之間呈線性關係且獨立，而灰色理論具有樣本數及有效數據少的特性，研究重點是系統行為數據間的內在關係相似或相異的程度。

### 第一節 清償能力之灰關聯分析

進行灰關聯分析前，將比較序列與參考序列做單因子迴歸分析，在表 4-1 中清償能力比率為參考序列，其他序列則為比較序列。

表 4-1 參考序列及比較序列

年度	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
清償能力比率	0.1502	0.3425	0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	0.2957	0.2747
再保率	0.702	0.6776	0.6717	0.5744	0.5829	0.5846	0.5784	0.555
流動比率	3.0301	3.0102	3.5238	3.1875	3.6426	3.6035	4.6684	4.9456
投資收益率	0.0876	0.0973	0.0604	0.0745	0.0607	0.0671	0.0464	0.0439
資產報酬率	0.0355	0.0668	0.0307	0.0412	0.0226	0.016	0.0257	0.0449
損失率	0.6809	0.6125	0.3147	0.6379	0.6368	0.6591	0.5921	0.5461
保費成長率	-0.0227	-0.0329	0.0754	0.0885	-0.0026	0.0005	0.0993	0.1075
GDP 成長率	0.0941	0.0817	0.0715	0.0388	0.0398	-0.0171	0.0305	0.0112
通貨膨脹率	-0.0302	-0.0094	-0.0162	-0.0019	-0.0126	0.001	0.002	0.002
平均名目利率	0.0579	0.036	0.0572	0.05	0.0462	0.0409	0.0238	0.0148
平均名目利率變化率	-0.0446	-0.3782	0.5889	-0.1259	-0.076	-0.0115	-0.4181	-0.3782

從表 4-2 的單因子迴歸分析得知，除通貨膨脹率及平均名目利率變化率與清償能力比率呈負相關外其餘為正相關。

表 4-2 單因子迴歸結果

變數名稱	係數	與清償能力相關性
再保率	0.5479	+
流動比率	0.0892	+
投資收益率	4.7255	+
資產報酬率	7.9628	+
損失率	0.5602	+
保費成長率	2.9855	+
GDP 成長率	4.3603	+
通貨膨脹率	-13.4521	-
平均名目利率	7.5647	+
平均名目利率變化率	-0.2566	-

由於灰色理論僅能探討非負的數據，必須將有負值的數據進行修正，從表 4-1 中可知，保費成長率、GDP 成長率、通貨膨脹率及平均名目利率變化率等出現負值，故利用式(4-1)偏移量映射運算元方法修正數據。

$$bias = \left| \min_{k=1}^n y^{(0)}(k) \right| + e \quad (4-1)$$

其中， $e$  為一非負的常數，因此定義偏移量映射運算為：

$$y_m^{(0)} = y^{(0)} + bias \quad (4-2)$$

根據(4-2)式，將原本具有負的原始序列  $y^{(0)}$  往上平移  $bias$  個單位，使得平移後的

序列為一非負序列，因此原始序列修正後結果如表 4-3。

表 4-3 偏移映射後之數據

年度	保費成長率	GDP 成長率	通貨膨脹率	平均名目利率變化率
1996	3.0102	1.1112	5.0000	7.3735
1997	3.0000	1.0988	5.0207	7.0399
1998	3.1083	1.0887	5.0140	8.0070
1999	3.1214	1.0559	5.0282	7.2922
2000	3.0303	1.0570	5.0176	7.3421
2001	3.0334	1.0000	5.0311	7.4066
2002	3.1322	1.0476	5.0321	7.0000
2003	3.1404	1.0283	5.0321	7.0399

### 一、內部影響因素分析

在內部影響因素中以投資收益率、再保率、資產報酬率、損失率、流動比率共 5 個序列為比較序列，清償能力比率為參考序進行局部性灰關聯分析，其步驟如下：

1.原始數據已經滿足可比性，使用原數據做灰關聯度分析。

2.利用  $\Delta_{0i} = |x_{0i}(k) - x_i(k)|$  公式，求出差序列大小，得到結果如下：

$$\Delta_{01} = (0.0000 \quad 0.0348 \quad 0.0432 \quad 0.1818 \quad 0.1697 \quad 0.1672 \quad 0.1761 \quad 0.2094)$$

$$\Delta_{02} = (0.0000 \quad 0.0066 \quad 0.1629 \quad 0.0519 \quad 0.2021 \quad 0.1892 \quad 0.5407 \quad 0.6322)$$

$$\Delta_{03} = (0.0000 \quad 0.1107 \quad 0.3105 \quad 0.1495 \quad 0.3071 \quad 0.2340 \quad 0.4703 \quad 0.4989)$$

$$\Delta_{04} = (0.0000 \quad 0.8817 \quad 0.1352 \quad 0.1606 \quad 0.3634 \quad 0.5493 \quad 0.2761 \quad 0.2648)$$

$$\Delta_{05} = (0.0000 \quad 0.0974 \quad 0.1690 \quad 0.1472 \quad 0.0681 \quad 0.0406 \quad 0.1270 \quad 0.1777)$$

3.利用公式求極大值與極小值：

最大差：0.8817

最小差：0.0000

4.取z 值 = 0.5

5.計算灰關聯係數，利用公式  $g(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}}$  得到結果如下：

$$\begin{aligned} g(x_0(1), x_1(1)) &= 1.0000 & g(x_0(2), x_1(2)) &= 0.9268 & g(x_0(3), x_1(3)) &= 0.9108 \\ g(x_0(4), x_1(4)) &= 0.7080 & g(x_0(5), x_1(5)) &= 0.7221 & g(x_0(6), x_1(6)) &= 0.7250 \\ g(x_0(7), x_1(7)) &= 0.7146 & g(x_0(8), x_1(8)) &= 0.6780 & g(x_0(1), x_2(1)) &= 1.0000 \\ g(x_0(2), x_2(2)) &= 0.9852 & g(x_0(3), x_2(3)) &= 0.7302 & g(x_0(4), x_2(4)) &= 0.8947 \\ g(x_0(5), x_2(5)) &= 0.6857 & g(x_0(6), x_2(6)) &= 0.6997 & g(x_0(7), x_2(7)) &= 0.4491 \\ g(x_0(8), x_2(8)) &= 0.4108 & g(x_0(1), x_3(1)) &= 1.0000 & g(x_0(2), x_3(2)) &= 0.7993 \\ g(x_0(3), x_3(3)) &= 0.5867 & g(x_0(4), x_3(4)) &= 0.7468 & g(x_0(5), x_3(5)) &= 0.5894 \\ g(x_0(6), x_3(6)) &= 0.6533 & g(x_0(7), x_3(7)) &= 0.4838 & g(x_0(8), x_3(8)) &= 0.4691 \\ g(x_0(1), x_4(1)) &= 1.0000 & g(x_0(2), x_4(2)) &= 0.3333 & g(x_0(3), x_4(3)) &= 0.7653 \\ g(x_0(4), x_4(4)) &= 0.7330 & g(x_0(5), x_4(5)) &= 0.5482 & g(x_0(6), x_4(6)) &= 0.4452 \\ g(x_0(7), x_4(7)) &= 0.6149 & g(x_0(8), x_4(8)) &= 0.6247 & g(x_0(1), x_5(1)) &= 1.0000 \\ g(x_0(2), x_5(2)) &= 0.8190 & g(x_0(3), x_5(3)) &= 0.7229 & g(x_0(4), x_5(4)) &= 0.7497 \\ g(x_0(5), x_5(5)) &= 0.8662 & g(x_0(6), x_6(6)) &= 0.9157 & g(x_0(7), x_5(7)) &= 0.7763 \\ g(x_0(8), x_5(8)) &= 0.7127 & & & & \end{aligned}$$

6.計算灰關聯度，以權重為準：等權---  $b = 1/8$

$$\begin{aligned} g(x_0, x_1) &= 0.7982 & g(x_0, x_2) &= 0.7319 & g(x_0, x_3) &= 0.6661 \\ g(x_0, x_4) &= 0.6331 & g(x_0, x_5) &= 0.8203 & & \end{aligned}$$

7.排出灰關聯序。

根據表 4-4 其灰關聯序由大至小排列：

損失率>再保率>流動比率>投資收益率>資產報酬率

表 4-4 內部因素灰關聯結果

	再保率	流動比率	投資收益率	資產報酬率	損失率
灰關聯度	$g(x_0, x_1)$	$g(x_0, x_2)$	$g(x_0, x_3)$	$g(x_0, x_4)$	$g(x_0, x_5)$
	0.7982	0.7319	0.6661	0.6331	0.8203

從灰關聯的結果可知，損失率對產險業的清償能力有極大的影響，從產險業經營的經營績效來看，損失率的高低可以看出是否有承保利潤以及承保績效，損失率代表產險公司的理賠支出，理賠率的高低會影響到準備金的累積，從而影響清償能力。減少產險公司理賠率的關鍵就是加強核保、核賠和風險管理工作，另外在保險商品訂價上，產險公司應根據過去實際經驗損失率、預期損失率及理賠率，訂定合理保費，並降低營業費用支出，方可創造營業利潤。

再保率對產險業的清償能力的影響次之，再保險是產險業清償能力管理的一項重要工具。根據過去經驗損失率、預期損失率及理賠率，以及產險業自身所能承受自留額度的大小，據此做為再保險額度的參考，產險業向外分出業務，藉此可以分散風險，控制巨災損失賠償金額及責任累積賠償金額，降低自留業務的波動性，並可增加承保能力，擴大經營範圍，增加盈利，但產險業若過度依賴再保，將致使產險業經營利潤降低，因此對產險業而言，確定自留份額以及適當的再保額度是極為重要的。

流動比率對清償能力的影響也不容忽視，由於財產保險的承保期限較短，損失發生的隨機性大，因而未到期準備金只能作短期投資，並且對流動資產的變現能力要求非常迫切，從 1999 年到 2002 年產險業的資金運用中可看出，現金存款約占 40%，不動產投資約占 11%，由此可知產險業對短期資金的需求，但這也透露出產險業資金運用的效率不佳，缺乏投資管道的問題。

投資收益率與資產報酬率對產險業的影響較不如前面幾項的影響力，由於產險業受到保險法規的限制，使得投資管道較少，投資收益率低等問題的影響，因此這兩項指標每年的變化不大。

## 二、外部影響因素分析

外部影響因素分別為保費成長率、平均名目利率、平均名目利率變化率、GDP 成長率、通貨膨脹率等 5 個序列為比較序列，以清償能力比率為參考序列進行局部性灰關聯分析，其步驟如下：

- 1.由於通貨膨脹率及平均名目利率變動率與清償能力比率呈負相關，故將取其倒數，使其呈正相關，如表 4-5。

表 4-5 取倒數後之結果

年度	通貨膨脹率	平均名目利率變化率
1996	0.2000	0.1356
1997	0.1992	0.1420
1998	0.1994	0.1249
1999	0.1989	0.1371
2000	0.1993	0.1362
2001	0.1988	0.1350
2002	0.1987	0.1429
2003	0.1987	0.1420

- 2.利用  $\Delta_{0i} = |x_{0i}(k) - x_i(k)|$  公式，求出差序列大小，得到結果如下：

$$\Delta_{01} = (0.0000 \quad 0.0034 \quad 0.0326 \quad 0.0369 \quad 0.0067 \quad 0.0077 \quad 0.0405 \quad 0.0433)$$

$$\Delta_{02} = (0.0000 \quad 0.0112 \quad 0.0202 \quad 0.0498 \quad 0.0488 \quad 0.1001 \quad 0.0572 \quad 0.0746)$$

$$\Delta_{03} = (0.0000 \quad 0.0040 \quad 0.0030 \quad 0.0055 \quad 0.0035 \quad 0.0060 \quad 0.0065 \quad 0.0065)$$

$$\Delta_{04} = (0.0000 \quad 0.3782 \quad 0.0121 \quad 0.1364 \quad 0.2021 \quad 0.2936 \quad 0.5889 \quad 0.7444)$$

$$\Delta_{05} = (0.0000 \quad 0.0472 \quad 0.0789 \quad 0.0111 \quad 0.0044 \quad 0.0044 \quad 0.0538 \quad 0.0472)$$

3. 利用公式求極大值與極小值

最大差：0.7444

最小差：0.0000

4. 取  $z$  值 = 0.5

5. 計算灰關聯係數，利用公式  $g(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}}$  得到結果如下：

$$g(x_0(1), x_1(1)) = 1.0000 \quad g(x_0(2), x_1(2)) = 0.9909 \quad g(x_0(3), x_1(3)) = 0.9195$$

$$g(x_0(4), x_1(4)) = 0.9098 \quad g(x_0(5), x_1(5)) = 0.9823 \quad g(x_0(6), x_1(6)) = 0.9797$$

$$g(x_0(7), x_1(7)) = 0.9019 \quad g(x_0(8), x_1(8)) = 0.8958 \quad g(x_0(1), x_2(1)) = 1.0000$$

$$g(x_0(2), x_2(2)) = 0.9708 \quad g(x_0(3), x_2(3)) = 0.9485 \quad g(x_0(4), x_2(4)) = 0.8820$$

$$g(x_0(5), x_2(5)) = 0.8841 \quad g(x_0(6), x_2(6)) = 0.7881 \quad g(x_0(7), x_2(7)) = 0.8668$$

$$g(x_0(8), x_2(8)) = 0.8330 \quad g(x_0(1), x_3(1)) = 1.0000 \quad g(x_0(2), x_3(2)) = 0.9894$$

$$g(x_0(3), x_3(3)) = 0.9920 \quad g(x_0(4), x_3(4)) = 0.9854 \quad g(x_0(5), x_3(5)) = 0.9907$$

$$g(x_0(6), x_3(6)) = 0.9841 \quad g(x_0(7), x_3(7)) = 0.9828 \quad g(x_0(8), x_3(8)) = 0.9828$$

$$g(x_0(1), x_4(1)) = 1.0000 \quad g(x_0(2), x_4(2)) = 0.4960 \quad g(x_0(3), x_4(3)) = 0.9685$$

$$g(x_0(4), x_4(4)) = 0.7318 \quad g(x_0(5), x_4(5)) = 0.6481 \quad g(x_0(6), x_4(6)) = 0.5590$$

$$g(x_0(7), x_4(7)) = 0.3873 \quad g(x_0(8), x_4(8)) = 0.3333 \quad g(x_0(1), x_5(1)) = 1.0000$$

$$g(x_0(2), x_5(2)) = 0.8875 \quad g(x_0(3), x_5(3)) = 0.8251 \quad g(x_0(4), x_5(4)) = 0.9710$$

$$g(x_0(5), x_5(5)) = 0.9883 \quad g(x_0(6), x_6(6)) = 0.9883 \quad g(x_0(7), x_5(7)) = 0.8737$$

$$g(x_0(8), x_5(8)) = 0.8875$$

6. 計算灰關聯度：以權重為準：等權---  $b = 1/8$

$$g(x_0, x_1) = 0.9475 \quad g(x_0, x_2) = 0.8967 \quad g(x_0, x_3) = 0.9884$$

$$g(x_0, x_4) = 0.6405 \quad g(x_0, x_5) = 0.9277$$

7. 排出灰關聯序。

根據表 4-6 其灰關聯序由大至小排列：

通貨膨脹率>保費成長率>平均名目利率變化率>GDP 成長率>平均名目利率

表 4-6 外部因素灰關聯結果

	保費成長率	GDP 成長率	通貨膨脹率	平均名目利率	平均名目利率變化率
灰關聯度	$g(x_0, x_1)$	$g(x_0, x_2)$	$g(x_0, x_3)$	$g(x_0, x_4)$	$g(x_0, x_5)$
	0.9475	0.8967	0.9884	0.6405	0.9277

通貨膨脹率對國內產險業清償能力的影響最大，表示經濟的波動會影響到產險業的發展，保險公司在制定經營策略時，必須分析和研究總體經濟的發展周期，制定不同的業務經營和管理策略以提高清償能力。

保費收入成長率對清償能力的影響則次之，保費收入的成長代表產險市場發展程度，同時也表示產險業的經營越具經濟規模，則其清償能力越強。

利率風險對產險業的影響也不小，尤其是利率的波動對其影響更大，從平均名目利率變化率與清償能力的灰關聯度要高於平均名目利率與清償能力的灰關聯度就可看出其影響力。

相對的 GDP 成長率對清償能力的影響就不如前面幾個因素高。所以在外部影響因素中，影響程度最大的是通貨膨脹率，其次是保費成長率，接著是利率風險。

### 三、內外部影響因素綜合分析

將內部及外部影響因素同時進行灰關聯分析，其步驟如下：

1. 利用  $\Delta_{0i} = |x_{0i}(k) - x_i(k)|$  公式，求出差序列大小，得到結果如下：

$$\Delta_{01} = (0.0000 \quad 0.0348 \quad 0.0432 \quad 0.1818 \quad 0.1697 \quad 0.1672 \quad 0.1761 \quad 0.2094)$$

$$\Delta_{02} = (0.0000 \quad 0.0066 \quad 0.1629 \quad 0.0519 \quad 0.2021 \quad 0.1892 \quad 0.5407 \quad 0.6322)$$

$$\Delta_{03} = (0.0000 \quad 0.1107 \quad 0.3105 \quad 0.1495 \quad 0.3071 \quad 0.2340 \quad 0.4703 \quad 0.4989)$$

$$\Delta_{04} = (0.0000 \quad 0.8817 \quad 0.1352 \quad 0.1606 \quad 0.3634 \quad 0.5493 \quad 0.2761 \quad 0.2648)$$

$$\Delta_{05} = (0.0000 \quad 0.1005 \quad 0.5378 \quad 0.0632 \quad 0.0648 \quad 0.0320 \quad 0.1304 \quad 0.1980)$$

$$\Delta_{06} = (0.0000 \quad 0.0034 \quad 0.0326 \quad 0.0369 \quad 0.0067 \quad 0.0077 \quad 0.0405 \quad 0.0433)$$

$$\Delta_{07} = (0.0000 \quad 0.0112 \quad 0.0202 \quad 0.0498 \quad 0.0488 \quad 0.1001 \quad 0.0572 \quad 0.0746)$$

$$\Delta_{08} = (0.0000 \quad 0.0040 \quad 0.0030 \quad 0.0055 \quad 0.0035 \quad 0.0060 \quad 0.0065 \quad 0.0065)$$

$$\Delta_{09} = (0.0000 \quad 0.3782 \quad 0.0121 \quad 0.1364 \quad 0.2021 \quad 0.2936 \quad 0.5889 \quad 0.7444)$$

$$\Delta_{10} = (0.0000 \quad 0.0472 \quad 0.0789 \quad 0.0111 \quad 0.0044 \quad 0.0044 \quad 0.0538 \quad 0.0472)$$

3. 利用公式求極大值與極小值

最大差：0.8817

最小差：0.0000

4. 取  $z$  值 = 0.5

5. 計算灰關聯係數，利用公式  $g(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + z\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + z\Delta_{\max}}$

$$g(x_0(1), x_1(1)) = 1.0000 \quad g(x_0(2), x_1(2)) = 0.9268 \quad g(x_0(3), x_1(3)) = 0.9108$$

$$g(x_0(4), x_1(4)) = 0.7080 \quad g(x_0(5), x_1(5)) = 0.7221 \quad g(x_0(6), x_1(6)) = 0.7250$$

$$g(x_0(7), x_1(7)) = 0.7146 \quad g(x_0(8), x_1(8)) = 0.6780 \quad g(x_0(1), x_2(1)) = 1.0000$$

$$g(x_0(2), x_2(2)) = 0.9852 \quad g(x_0(3), x_2(3)) = 0.7302 \quad g(x_0(4), x_2(4)) = 0.8947$$

$$g(x_0(5), x_2(5)) = 0.6857 \quad g(x_0(6), x_2(6)) = 0.6997 \quad g(x_0(7), x_2(7)) = 0.4491$$

$$g(x_0(8), x_2(8)) = 0.4108 \quad g(x_0(1), x_3(1)) = 1.0000 \quad g(x_0(2), x_3(2)) = 0.7993$$

$$g(x_0(3), x_3(3)) = 0.5867 \quad g(x_0(4), x_3(4)) = 0.7468 \quad g(x_0(5), x_3(5)) = 0.5894$$

$$g(x_0(6), x_3(6)) = 0.6533 \quad g(x_0(7), x_3(7)) = 0.4838 \quad g(x_0(8), x_3(8)) = 0.4691$$

$$\begin{aligned}
&g(x_0(1), x_4(1)) = 1.0000 & g(x_0(2), x_4(2)) = 0.3333 & g(x_0(3), x_4(3)) = 0.7653 \\
&g(x_0(4), x_4(4)) = 0.7330 & g(x_0(5), x_4(5)) = 0.5482 & g(x_0(6), x_4(6)) = 0.4452 \\
&g(x_0(7), x_4(7)) = 0.6149 & g(x_0(8), x_4(8)) = 0.6247 & g(x_0(1), x_5(1)) = 1.0000 \\
&g(x_0(2), x_5(2)) = 0.8144 & g(x_0(3), x_5(3)) = 0.4505 & g(x_0(4), x_5(4)) = 0.8746 \\
&g(x_0(5), x_5(5)) = 0.8718 & g(x_0(6), x_5(6)) = 0.9323 & g(x_0(7), x_5(7)) = 0.7717 \\
&g(x_0(8), x_5(8)) = 0.6901 & g(x_0(1), x_6(1)) = 1.0000 & g(x_0(2), x_6(2)) = 0.9923 \\
&g(x_0(3), x_6(3)) = 0.9311 & g(x_0(4), x_6(4)) = 0.9228 & g(x_0(5), x_6(5)) = 0.9850 \\
&g(x_0(6), x_6(6)) = 0.9828 & g(x_0(7), x_6(7)) = 0.9159 & g(x_0(8), x_6(8)) = 0.9106 \\
&g(x_0(1), x_7(1)) = 1.0000 & g(x_0(2), x_7(2)) = 0.9752 & g(x_0(3), x_7(3)) = 0.9562 \\
&g(x_0(4), x_7(4)) = 0.8985 & g(x_0(5), x_7(5)) = 0.9003 & g(x_0(6), x_7(6)) = 0.8150 \\
&g(x_0(7), x_7(7)) = 0.8852 & g(x_0(8), x_7(8)) = 0.8553 & g(x_0(1), x_8(1)) = 1.0000 \\
&g(x_0(2), x_8(2)) = 0.9910 & g(x_0(3), x_8(3)) = 0.9932 & g(x_0(4), x_8(4)) = 0.9877 \\
&g(x_0(5), x_8(5)) = 0.9921 & g(x_0(6), x_8(6)) = 0.9866 & g(x_0(7), x_8(7)) = 0.9855 \\
&g(x_0(8), x_8(8)) = 0.9855 & g(x_0(1), x_9(1)) = 1.0000 & g(x_0(2), x_9(2)) = 0.5382 \\
&g(x_0(3), x_9(3)) = 0.9733 & g(x_0(4), x_9(4)) = 0.7637 & g(x_0(5), x_9(5)) = 0.6857 \\
&g(x_0(6), x_9(6)) = 0.6002 & g(x_0(7), x_9(7)) = 0.4281 & g(x_0(8), x_9(8)) = 0.3719 \\
&g(x_0(1), x_{10}(1)) = 1.000 & g(x_0(2), x_{10}(2)) = 0.9033 & g(x_0(3), x_{10}(3)) = 0.8482 \\
&g(x_0(4), x_{10}(4)) = 0.975 & g(x_0(5), x_{10}(5)) = 0.9901 & g(x_0(6), x_{10}(6)) = 0.9901 \\
&g(x_0(7), x_{10}(7)) = 0.891 & g(x_0(8), x_{10}(8)) = 0.9033
\end{aligned}$$

6.計算灰關聯度：以權重為準：等權---  $b = 1/8$

$$\begin{aligned}
&g(x_0, x_1) = 0.7982 & g(x_0, x_2) = 0.7319 & g(x_0, x_3) = 0.6661 & g(x_0, x_4) = 0.6331 \\
&g(x_0, x_5) = 0.8007 & g(x_0, x_6) = 0.9551 & g(x_0, x_7) = 0.9107 & g(x_0, x_8) = 0.9902 \\
&g(x_0, x_9) = 0.6702 & g(x_0, x_{10}) = 0.9377
\end{aligned}$$

7.排出灰關聯序。

根據表 4-7 結果，灰關聯序由大至小排列：

通貨膨脹率>保費成長率>平均名目利率變化率>GDP 成長率>損失率>再保率>流動比率>平均名目利率>投資收益率>資產報酬率

表 4-7 內外部因素灰關聯結果

影響因素	再保率	流動比率	投資收益率	資產報酬率	損失率
灰關聯度	$g(x_0, x_1)$	$g(x_0, x_2)$	$g(x_0, x_3)$	$g(x_0, x_4)$	$g(x_0, x_5)$
	0.7982	0.7319	0.6661	0.6331	0.8007
影響因素	保費成長率	GDP 成長率	通貨膨脹率	平均名目利率	平均名目利率變化率
灰關聯度	$g(x_0, x_6)$	$g(x_0, x_7)$	$g(x_0, x_8)$	$g(x_0, x_9)$	$g(x_0, x_{10})$
	0.9951	0.9107	0.9902	0.6702	0.9377

從以上的灰關聯結果可以發現，外部因素的灰關聯度普遍大於內部因素的灰關聯度，這個訊息透露出，穩定的經濟環境對於產險業的發展是重要的因素，外在環境變化過大或過於激烈，則不利於整體產險業的發展。自身的經營管理能力的提升亦不容忽視，如果產險公司若未提升自身的經營管理能力，在產業激烈的競爭下，規模較小的公司，勢必遭到淘汰。

## 第二節 清償能力的監控

影響產險業清償能力的因素很多，因此要對每一個影響因素進行監控，往往不容易且可能無法達成預期效果，因此若能採取多指標聯合監控的方式，便可輕易的達成監管的目的，因本研究採用此方法進行監控。

### 一、內部影響因素監控

以內部影響因素再保率  $x_1$ 、流動性比率  $x_2$ 、投資收益率  $x_3$ 、資產報酬率  $x_4$  及損失率  $x_5$  做為內部監控清償能力的指標，計算其結果如下：

$$\bar{u}_0=(0.6158,3.7015,0.0672,0.0354,0.585)$$

根據(3-14)式計算得：

$$w_1=0.22, w_2=0.20, w_3=0.18, w_4=0.17, w_5=0.22, s^2 = \sum_{i=1}^5 w_i^2 = 0.1981。$$

表 4-8 內部因素變異數矩陣

內部因素	再保率	流動比率	投資收益率	資產報酬率	損失率
再保率	0.0029				
流動比率	-0.0245	0.4650			
投資收益率	0.0007	-0.0107	0.0003		
資產報酬率	0.0003	-0.0023	0.0001	0.0002	
損失率	-0.0012	-0.0143	0.0007	0.0000	0.0119

根據表 4-8 及(3-15)式，查表計算出  $y$  在 95%的信賴區間為(0.8963,-0.8963)，將 1996 年到 2003 年的內部影響因素的數據代入(3-15)式，得到表 4-9 的結果：

表 4-9 內部因素  $y$  值

$y_{85}$	0.5628	$y_{89}$	-0.2635
$y_{86}$	0.7845	$y_{90}$	-0.2310
$y_{87}$	-0.5076	$y_{91}$	-0.1843
$y_{88}$	-0.0673	$y_{92}$	-0.0937

從表 4-9 的結果可知，國內產險業在 1996 年到 2003 年的  $y$  值均在 95%的信賴區間內，因此可判斷在此期間內整體產險業並無發生清償能力異常的情況。

為進一步了解各影響因素的變動對清償能力影響的程度，因此進行敏感度分析。在灰關聯分析中得知，損失率與再保率是影響產險業清償能力的最主要因素，因此假設將 2001 年到 2003 年的損失率  $x_5$  提高為 80%，其餘數據不變，重新計算  $y$  值，得到  $y'_{90}=0.97116$ ， $y'_{91}=1.00956$ ， $y'_{92}=0.93853$ ，發現  $y$  值均不在 95% 信賴區間內，若將 90 年到 92 年的損失率  $x_5$  為 70%，再保率  $x_1$  為 45%，其餘數據不變，重新計算  $y$  值，得到  $y'_{90}=1.82496$ ， $y'_{91}=1.67921$ ， $y'_{92}=1.34983$ ，發現  $y$  值也均不在 95% 信賴區間內。因此可知損失率過高以及再保險不足將致使清償能力出現異常情形，為驗證該監控方式的可行性，以最近發生財務危機的國華產險公司做為驗證範例。

國華產物保險公司在 2005 年發生財務危機被接管清算，若以國華產險公司 2001 年到 2003 年內部財務業務指標(表 4-10)，計算此期間清償能力是否在 95% 信賴區間內，檢視是否出現異常狀況。

表 4-10 國華產險財務業務比率

	再保率	流動比率	投資收益率	資產報酬率	損失率
92	0.5701	2.5489	-0.0014	0.0055	0.6642
91	0.4468	3.1964	-0.0115	-0.0019	0.6118
90	0.4692	4.0662	0.0201	0.0031	0.8025

在內部影響因素分析中得知，損失率與再保率影響清償能力的程度最大，因此若將 2001 年到 2003 年國華產險的損失率與再保率代入(3-15)式，則  $y'_{90}=-0.40632$ ， $y'_{91}=-1.19039$ ， $y'_{92}=1.59671$ ，明顯發現在 2002 年及 2003 年的  $y$  值皆不在 95% 的信賴區間內，因此判斷國華產險公司清償能力在 2002 年及 2003 年出現異常狀況，從表 4-10 可知其主要原因為損失率過高、再保率偏低，雖然

在 2003 年提高再保險的比率，仍無法使得清償能力有所改善。

## 二、外部影響因素監控

利用此方法亦可建立出外部影響因素的信賴區間，以外部影響因素保費成長率  $x_1$ 、GDP 成長率  $x_2$ 、通貨膨脹率  $x_3$ 、平均名目利率  $x_4$  及平均名目利率變化率  $x_5$  做為外部監控清償能力的指標，計算其結果如下：

$$\bar{u}_0 = (3.072, 0.8967, 0.9884, 0.6405, 0.9277)$$

表 4-11 外部因素變異數矩陣

外部因素	保費成長率	GDP 成長率	通貨膨脹率	平均名目利率	平均名目利率變化率
保費成長率	0.00303621				
GDP 成長率	-0.0006988	0.00121609			
通膨率	-1.291E-05	1.1971E-05	1.7689E-07		
平均利率	-0.0003364	0.00026672	4.4784E-06	0.000208	
平均變化率	1.2045E-05	-4.164E-05	-1.0789E-06	-6.01E-05	2.9798E-05

將 1996 年到 2003 年的外部影響因素的數據代入(3-15)式，結果如表 4-12：

表 4-12 外部因素  $y$  值

$y_{85}$	0.6390	$y_{89}$	-0.0688
$y_{86}$	0.1129	$y_{90}$	-0.7763
$y_{87}$	0.1713	$y_{91}$	-0.0026
$y_{88}$	0.1297	$y_{92}$	-0.2052

從表 4-12 的結果可知，在 1996 年到 2003 年的  $y$  值均在 95% 的信賴區間內，因此可判斷在此期間內對整體產險業的影響並無發生清償能力異常的情況。

因此，若給定產險公司一年的財務經營數據，將其重新計算  $y$  值，如果  $y$  值不在信賴區內，則當年度清償能力發生異常狀況，就可針對每一個指標進一步分析，找出影響其清償能力的主要因素。同樣的，給定一年的經濟數據，計算其  $y$  值，如果  $y$  值不在信賴區內，可針對每一個經濟指標進一步分析，找出影響其清償能力的主要因素。

### 第三節 清償能力之灰預測

灰色理論的優點，就是能利用很少的數據(最少 4 筆)，即可達到預測的目的，因此本研究利用灰色理論的優點，對產險公司的清償能力比率進行預測。

#### 一、GM(1,1)模型

首先將清償能力比率數據資料以年度順序排列，依每 4 年為 1 組，如 1996 年到 1999 年為第 1 組，1997 年到 2000 年為第 2 組，餘此類推，依序共分為 4 組(如表 4-13)。接著每 5 年為 1 組，依序共分為 3 組(如表 4-14)，每 6 年為 1 組，依序共分為 2 組(如表 4-15)，每 7 年為 1 組，依序共分為 1 組(如表 4-16)，比較其不同的資料型態是否影響模型的準確度，並找出最佳的預測模式。

表 4-13 GM(1,1)每 4 年為 1 組

組別	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
1	0.1502	0.3425	0.4068	0.3971			
2		0.3425	0.4068	0.3971	0.4514		
3			0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	
4				0.3971	0.4514	0.4269	0.2957

表 4-14 GM(1,1)每 5 年為 1 組

組別	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
1	0.1502	0.3425	0.4068	0.3971	0.4514		
2		0.3425	0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	
3			0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	0.2957

表 4-15 GM(1,1)每 6 年為 1 組

組別	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
1	0.1502	0.3425	0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	
2		0.3425	0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	0.2957

表 4-16 GM(1,1)每 7 年為 1 組

組別	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
1	0.1502	0.3425	0.4068	0.3971	0.4514	0.4269	0.2957

以每 4 年為 1 組為例，利用 GM(1,1)模型預測產險業清償能力比率，實證結果分別列於表 4-17、4-18、4-19 及 4-20。

表 4-17 GM(1,1)每 4 年第 1 組預測結果

模型精度 $a=-0.0691$ $u=0.3333$			
$k$	預測值	實際值	error(%)
1	0.1502	0.1502	0
2	0.3559	0.3425	-3.9167
3	0.3814	0.4068	6.2435
4	0.4087	0.3971	-2.9245
$k=5$	0.438	平均殘差	3.2712
計算準確度		97.0%	

表 4-18 GM(1,1)每 4 年第 2 組預測結果

模型精度 $a=-0.0546$ $u=0.3662$			
$k$	預測值	實際值	error(%)
2	0.3425	0.3425	0
3	0.3957	0.4068	2.7407
4	0.4179	0.3971	-5.2333
5	0.4414	0.4514	2.2239
$k=6$	0.4662	平均殘差	2.5495
計算準確度		90.8%	

表 4-19 GM(1,1)每 4 年第 3 組預測結果

模型精度 $a=-0.0339$ $u=0.3899$			
$k$	預測值	實際值	error(%)
3	0.4068	0.4068	0
4	0.4107	0.3971	-3.4344
5	0.4249	0.4514	5.8623
6	0.4396	0.4269	-2.9814
$k=7$	0.4548	平均殘差	3.0695
計算準確度		46.2%	

表 4-20 GM(1,1)每 4 年第 4 組預測結果

模型精度 $a=0.1895$ $u=0.5877$			
$k$	預測值	實際值	error(%)
4	0.3971	0.3971	0
5	0.4668	0.4514	-3.4151
6	0.3862	0.4269	9.5354
7	0.3195	0.2957	-8.047
$k=8$	0.2643	平均殘差	5.2494
計算準確度		96.2%	

將表 4-17 至 4-20 整理如表 4-21。

表 4-21 GM(1,1)每 4 年預測結果總表

組別	預測值	實際值	準確度%
1	0.438	0.4514	97.0%
2	0.4662	0.4269	90.8%
3	0.4548	0.2957	46.2%
4	0.2643	0.2747	96.2%
平均準確度： 82.6%			

每 5 年、每 6 年及每 7 年為 1 組的 GM(1,1)預測結果如表 4-22、4-23、4-24。

表 4-22 GM(1,1)每 5 年預測結果總表

組別	預測值	實際值	準確度%
1	0.4844	0.4269	86.5%
2	0.4497	0.2957	47.9%
3	0.3236	0.2747	82.2%
平均準確度： 72.2%			

表 4-23 GM(1,1)每 6 年預測結果總表

組別	預測值	實際值	準確度%
1	0.4709	0.4269	40.7%
2	0.3451	0.2747	74.4%
平均準確度： 57.6%			

表 4-24 GM(1,1)每 7 年預測結果

組別	預測值	實際值	準確度%
1	0.4709	0.2747	63.1%

將以上不同資料期間的預測結果彙整於表 4-25，很明顯的可以看出，以每 4 年為 1 組的平均預測準確度最高，其平均準確度達 82.6%，也就是說，以 4 年的數據資料來預測產險業的清償能力比率可以獲得最佳的預測準確度。

表 4-25 GM(1,1)預測結果彙整表

數據型態	準確度
每 4 年為 1 組	82.60%
每 5 年為 1 組	72.20%
每 6 年為 1 組	57.60%
每 7 年為 1 組	63.10%

## 二、GM(1, h)模型

利用 GM(1,1)模型對清償能力預測，已有很好的預測準確度，為使模型預測能有解釋能力，因此加入內外部影響因素進行多變量預測，本研究利用灰色理論中的 GM(1, h)模型進行清償能力比率的預測，從灰關聯分析中得知，當辨識係數  $z = 1$  時，其灰關聯度值均在 0.5 以上(見表 4-26)，顯示各影響因子對清償能力均有一定的影響，故將內外部所有因素進行 GM(1, h)模型預測，其步驟如下：

表 4-26  $z = 1$  之灰關聯結果

再保率	流動比率	投資收益率	資產報酬率	損失率	保費成長率	GDP 成長率	通貨膨脹率	平均名目利率	平均名目利率變化率
0.9425	0.5783	0.9438	0.9381	0.9444	0.6330	0.8680	0.9674	0.9394	0.9565

1.對原始序列分別做一次累加生成：

$$x_0^{(0)}(t) = (0.1502, 0.4926, 0.8994, 1.2966, 1.7480, 2.1749, 2.4706, 2.7453)$$

$$x_1^{(0)}(t) = (0.7020, 1.3796, 2.0513, 2.6257, 3.2086, 3.7932, 4.3716, 4.9266)$$

$$x_2^{(0)}(t) = (3.0301, 6.0403, 9.5641, 12.7517, 16.3942, 19.9978, 24.6662, 29.6117)$$

$$x_3^{(0)}(t) = (0.0876, 0.1849, 0.2454, 0.3198, 0.3805, 0.4476, 0.4940, 0.5380)$$

$$x_4^{(0)}(t) = (0.0355, 0.1023, 0.1330, 0.1742, 0.1968, 0.2128, 0.2386, 0.2835)$$

$$x_5^{(0)}(t) = (0.6809, 1.2934, 1.6080, 2.2460, 2.8827, 3.5419, 4.1340, 4.6801)$$

$$x_6^{(0)}(t) = (3.0102, 6.0102, 9.1184, 12.2399, 15.2702, 18.3036, 21.4357, 24.5761)$$

$$x_7^{(0)}(t) = (1.1112, 2.2100, 3.2987, 4.3547, 5.4116, 6.4116, 7.4592, 8.4875)$$

$$x_8^{(0)}(t) = (0.200, 0.3992, 0.5986, 0.7975, 0.9968, 1.1965, 1.3943, 1.5930)$$

$$x_9^{(0)}(t) = (0.0579, 0.0939, 0.1511, 0.2011, 0.2473, 0.2882, 0.3120, 0.3268)$$

$$x_{10}^{(0)}(t) = (0.1356, 0.2777, 0.4026, 0.5397, 0.6759, 0.8109, 0.9538, 1.0958)$$

2. 利用 GM(1, h) 模型求最小平方解如表 4-27 :

表 4-27 GM(1, h) 最小平方解

a	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11
3.9488	-9.0026	0.6552	24.6510	-16.8698	-0.9236	-0.4528	1.6124	25.0765	26.7693	-17.9448
b/a	-2.2798	0.1659	6.2427	-4.2721	-0.2339	-0.1147	0.4083	6.3504	6.7791	-4.5444

4. 代入微分方程式可得 :

$$\frac{dx_0^{(1)}}{dt} + 3.9488x_0^{(1)} = -9.0026x_1^{(1)} + 0.6552x_2^{(1)} + 24.651x_3^{(1)} - 16.8698x_4^{(1)} - 0.9236x_5^{(1)} - 0.4528x_6^{(1)} + 1.6124x_7^{(1)} + 25.0765x_8^{(1)} + 26.7693x_9^{(1)} - 17.9448x_{10}^{(1)}$$

5. 微分方程的函數為 :

$$x_0^{(1)}(t) = (0.1502 + 11.23x_1^{(1)} - 4.9133x_2^{(1)} - 3.3584x_3^{(1)} + 1.211x_4^{(1)} + 1.095x_5^{(1)} + 2.818x_6^{(1)} - 3.4657x_7^{(1)} - 10.116x_8^{(1)} - 2.2154x_9^{(1)} + 4.98x_{10}^{(1)})e^{-3.9488t} - 11.23x_1^{(1)} + 4.9133x_2^{(1)} + 3.3584x_3^{(1)} - 1.211x_4^{(1)} - 1.095x_5^{(1)} - 2.818x_6^{(1)} + 3.4657x_7^{(1)} + 10.116x_8^{(1)} + 2.2154x_9^{(1)} - 4.98x_{10}^{(1)}$$

令  $t = 7$  代入函數，則  $\hat{x}_0^{(1)}(7) = 2.73441$

$t = 8$  代入函數，則  $\hat{x}_0^{(1)}(8) = 2.447046$

則可預測出第 8 年的清償能力比率為：

$$\hat{x}_0^{(0)}(8) = \hat{x}_0^{(1)}(8) - \hat{x}_0^{(1)}(7) = 2.73441 - 2.447046 = 0.280873$$

為檢驗本模型的預測準確度，計算其準確度如下：

$$\text{準確度} = 1 - \frac{|0.280873 - 0.274714|}{0.274714} = 0.977578 = 97.77578\%$$

為找出最佳 GM(1,  $h$ ) 模型，因此根據內外部影響因素之灰關聯的大小，逐次淘汰灰關聯度最小的因素，代入 GM(1,  $h$ ) 模型計算將結果彙整於表 4-28。

表 4-28 GM(1,  $h$ ) 模型預測結果

GM(1, $h$ )	預測值	實際值	準確度
GM(1,10)	0.28087	0.27471	97.77%
GM(1,9)	0.17162	0.27471	62.47%
GM(1,6)	0.208816	0.27471	88.48%
GM(1,5)	0.200814	0.27471	76.01%
GM(1,4)	0.06899	0.27471	73.09%
GM(1,3)	0.117183	0.27471	42.65%
GM(1,2)	0.151936	0.27471	55.3%
GM(1,1)	-0.00020	0.27471	*

註：1. GM(1,7)及 GM(1,8)因無逆矩陣故無法求解。

2.\*表示預測結果失真。

從上述結果可知，加入影響因素後其預測準確度大幅提升，以 GM(1,10)模型所預測的準確度最高達 97.7%，因此產險業清償能力比率之最佳 GM(1,  $h$ ) 預測模型為

GM(1,10)模型。

## 第四節 其他時間序列預測方法

本節為驗證灰預測模型是否優於一般的預測方法，分別應用移動平均法、指數平滑法與最小平方法來建立預測模式，並與 GM 模型進行比較與分析。

### 一、移動平均法

移動平均法是一種最簡單的自適應預測模型，由於不同的期數會影響到預測的準確度，移動期數少，能快速的反映變化，但不能反映變化趨勢，移動期數多，能反映變化趨勢，但預測值會有偏差。

本研究使用 EXCEL 軟體，將不同期數所預測的準確度列於表 4-29，其中預測準確度最高是 60.4%，平均準確度是 53.7%。

表 4-29 移動平均法預測結果彙整表

期數(N)	準確度
7	60.4%
6	52.8%
5	50.2%
4	51.4%
平均準確度	53.7%

### 二、指數平滑法

在指數平滑法中，確定  $a$  值和初始值是非常重要的， $a$  值愈大， $t$  期的實際值對新預測值的貢獻就愈大， $a$  值愈小， $t$  期的實際值對新預測值的貢獻就愈小，

故本研究將不同的  $a$  值使用 EXCEL 軟體進行預測，預測結果彙整於表 4-30，其中預測平均準確度最高為 80.9%。

表 4-30 指數平滑法預測結果彙整表

a 值	平均準確度	a 值	平均準確度
0.1	80.9%	0.6	73.6%
0.2	79.6%	0.7	72.2%
0.3	78.2%	0.8	71.0%
0.4	76.8%	0.9	69.1%
0.5	75.3%	1.0	71.1%

### 三、簡單時間迴歸分析

本研究採用最小平方法，找出估計參數值， $a = 0.302848$ ， $b = 0.008958$ ，並假設其通過迴歸假設檢定，則其迴歸預測模型為  $y_t = 0.302848 + 0.008958 \times t$

表 4-31 最小平方法預測結果

年度	$t$	預測值	實際值	準確度
85	1	0.311807	0.15015587	-7.66%
86	2	0.320765	0.3424679	93.66%
87	3	0.329723	0.40681374	81.05%
88	4	0.338682	0.39713993	85.28%
89	5	0.34764	0.45141008	77.01%
90	6	0.356598	0.4269115	83.53%
91	7	0.365557	0.2956736	76.36%
92	8	0.374515	0.27471379	63.67%
平均準確度：69.11%				

從表 4-31 的結果可知，利用最小平方法預測清償能力比率的平均預測準確度為 69.11%，將 GM(1,10)預測模型、移動平均法、指數平滑法及簡單時間迴歸預測結果做一彙整比較(見表 4-32)。

表 4-32 預測結果彙整表

預測方法	預測準確度
GM(1,10)	97.7%
移動平均法	60.4%
指數平滑法	80.9%
最小平方法	69.1%

從表 4-32 可看出，常用的預測方法中，以指數平滑法較高，但仍不如 GM(1,10)模型的預測準確度高，準確度高達 97.7%。

## 第五節 本章小結

本研究以台灣地區 16 家本國產險公司為整體研究對象，首先以灰關聯分析法找出影響產險業清償能力的主要因素，得到各影響因素的權重，並建立其清償能力的信賴區間，最後應用灰預測 GM 模型找出最佳清償能力預測模式。

實證結果得知，在內部影響因素中以損失率對產險業的清償能力影響程度最大，其次是再保率，外部影響因素中則以通貨膨脹率對清償能力的影響程度最大，其次是保費成長率，而在內外部影響因素中以外部因素對清償能力的影響大於內部影響因素，也就是說，穩定的經濟環境對於產險業的發展是重要的因素，外在環境變化過大或過於激烈，則不利於整體產險業的發展。

對於產險業清償能力的預測上，本研究應用灰預測方法、移動平均法、指數平滑法以及最小平方法，找出最佳預測方法及模型，實證結果得知，以灰預測 GM(1,10)

模式預測產險業清償能力的準確度最高，其準確度達 97.7%，其次是指數平滑法 80.9%，移動平均法及最小平方法其預測準確度皆低於 70%，因此產險業清償能力最佳的預測模型為 GM(1,10)模式。

## 第五章 結論與建議

隨著台灣加入 WTO 以及保險市場的開放，使得產險公司彼此間的競爭更加激烈，為達經濟規模，各個公司積極的要擴大市場佔有率，不顧自身所能承受的風險，相互削價競爭，然後再依賴大量的再保，使得本身的獲利能力降低，再加上投資管道受到法令的限制，資金運用效益不高，直接或間接的影響到產險公司的清償能力。然而在經營的過程中，面臨諸多的風險，最終都歸結為對其清償能力的影響，而這個問題也正是保險監管單位首要監管的目標，從國華產險公司被接管清算事件，就可看出主管機關的高度重視。

為提升產險公司的清償能力，從資本額的提升，保險資金的運用，以及未來將全面實施的 RBC 制度，其最終的目的就是要避免其失去清償能力，進而提升其清償能力，而這正是本研究的重點。

### 第一節 結論

本研究以台灣地區 16 家本國產險公司為整體研究對象，研究期間從 1996 年至 2003 年，應用灰關聯分析法，從灰關聯度的大小找出影響清償能力的主要影響因素，並建立清償能力信賴區間，以檢視清償能力是否出現異狀。在清償能力的預測上，利用 GM 模型來預測產險業的清償能力，實證結果得知以 GM(1,10)模型的預測準確度最佳。

綜合本研究之研究結果計有下列 3 點：

- 1.利用灰關聯數據少的優點(最少 4 筆)，探討不同的風險對清償能力的影響程度，在本研究中，目前整個產險業面臨最大的內部主要風險為損失率與再保率，外部主要風險為通貨膨脹率與保費成長率。
- 2.藉由灰關聯分析所得灰關聯度值，予以加權平均建立清償能力信賴區間，以監控產險公司清償能力是否出現異常。
- 3.以 GM(1,10)模型來預測產險業清償能力，可得到最佳預測模式，其預測準確度達 97.7%。

## 第二節 後續研究建議

本研究試圖從不同於過去的方法進行研究探討，找出影響產險公司清償能力的重  
要因素，在此提出些建議，供後續研究者做更深入之探討，建議如下：

- 1.本研究變數僅考慮各項財務業務比率以及外在的總體經濟等因素，後續研究者可加入公司治理的因素做更深入的探討。
- 2.未來 RBC 的制度全面實施後，後續研究者則可以 RBC 的比率，做為最低的清償能力進行實證研究。
- 3.許多的產險公司都以已加入金控，後續研究者可從加入金控前及加入金控後對其清償能力的影響。

# 參考文獻

## 中文部份

中華民國人壽保險商業同業公會編印(2004), 保險法及相關法規。

史開泉、吳國威與黃有評(1994), 灰色信息關係論, 台北：全華科技圖書。

江金山、吳佩玲、蔣祥第、張廷政、詹福賜、張軒庭與溫坤禮(1998), 灰色理論入門, 台北：高立圖書出版。

吳漢雄、鄧聚龍與溫坤禮(1996), 灰色分析入門, 台北：高立圖書出版。

保險業務發展基金管理委員會發行(2000, 2001, 2002, 2003), 保險年鑑。

周恆志與涂登才(2002), 「台灣綜合券商經營績效評估與績效持續性之研究：灰關聯分析之應用」, 朝陽商管評論, 第一卷第一期, 99-119 頁。

高子荃與詹淑慧(2001), 「壽險業喪失清償能力信賴區間之研究」, 保險專刊, 第六十三輯, 101-121 頁。

陳光武與易琇真(2002), 「銀行合併 - 灰關聯分析及層級分析法的應用」, 2002 年第七屆灰色系統理論與應用研討會論文集, 99-104 頁。

許文彥與羅依雯(2003), 「以動態財務分析作為產險業的早期預警系統」, *Journal of Risk Management*, Vol.5, No.2, 215-232 頁。

張簡永章(2000), 「產物保險業之資本結構的影響因素探討與實證研究」, 保險專刊, 第六十二輯, 145-163 頁。

溫坤禮、黃宜豐、張偉哲、張廷政、游美利與賴家瑞(2003), 灰關聯模型方法與應用, 台北：高立圖書出版。

謝坤民(1996), 「應用灰關聯分析於人壽保險投保率之探討」, 壽險季刊, 第一 0 一期, 60-71 頁。

龔昶元與林永吉(2004),「金融控股公司經營績效關聯因素之研究-灰關聯分析之應用」,臺灣銀行季刊,第五十五卷第三期,1-25頁。

## 西文部分

Amborse, Jan Mills and J. Allen Seward(1988), “Best’s Ratings, Financial Ratios and Prior Probabilities in Insolvency Prediction,” *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.55, pp.229-244.

A.M.Best(1999), “Insolvency: Will Historic Trends Return?” *Special Report*.

BarNiv, Ran and James B. McDonald(1992), “Identifying Financial Distress in the Insurance Industry: A Synthesis of Methodological and Empirical Issues,” *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.59, No.4, pp.543-574.

BarNiv, Ran and Adi Raveh(1989), “Identifying Financial Distress: A New Nonparametric Approach,” *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol .16, No.3, pp.361-383.

Browne, Mark J. and Robert E. Hoyt(1995), “Economic and Market Predictors of Insolvencies in the Property-Liability Insurance Industry,” *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.62, No.2, pp.643-659.

Browne, Mark J., James M. Carson and Robert E. Hoyt(1999), “Economic and Market Predictors of Insolvencies in the Life-Health Insurance Industry,” *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.66, No.4, pp.643-659.

Browne, Mark J., James M. Carson and Robert E. Hoyt(2000), “Dynamic Financial Models of Life Insurers,” at <http://www.soa.org/research/dynamic.html>.

Carson, James M. and Robert E. Hoyt(2003), “An Empirical Examination of Sample Selection Methods in the Context of Life Insurer Financial Distress,” *Journal of Insurance Issues*, pp.114-128.

Pinches, George E. and James S. Trieschmann(1974), “The Efficiency of Alternative Models for Solvency Surveillance in the Insurance Industry,” *The Journal of Risk and*

*Insurance*, Vol.41, pp.563-578.

Swiss Re.(1995), “Development of Insolvencies and Importance of Security in the Insurance Industry,” *Sigma*, No.7.

Swiss Re.(2000), “Solvency of Non-Life Insurers: Balancing Security and Profitability Expectations,” *Sigma*, No.1.

Trieschmann, James S. and George E. Pinches(1973), “A Multivariate Model For Predicting Financially Distressed P-L Insurers,” *The Journal of Risk and Insurance*, Vol.40, pp.327-338.

