

逢甲大學學生報告 ePaper

農作物保單定價及設計

Crop insurance policy pricing and design

作者：李品杉、鄭敏悅、王浩然、陳虹螭、黃羽臻

系級：財算四

學號：D0668780、D0648101、D0668759、D0648115、D0648220

開課老師：陳彥志 老師

課程名稱：金融商品設計與開發

開課系所：財務工程與精算學士學位學程

開課學年：109 學年度 第一 學 期

中文摘要

農作物易受天氣影響而今年全球氣候變遷快速，市場上發行了許多與農作物相關的保單，我們以荔枝為例，計算出天氣參數保單及收入保障型保單。天氣參數型的保單是透過兩個迴歸模型來模擬多次未來的溫度，再依照理賠標準計算出理賠金額及保費。

收入保障型也是用兩種方法，第一種是利用歷史資料計算理賠金額，第二種是先找出收入的分配並作檢定，確認為常態分配後，再用蒙地卡羅模擬出實際收入，依照理賠標準計算理賠金額及保費。但後來因為資料筆數不足，我們放棄第一種方法直接用第二種模擬的方式。再結合科技的進步，使得保險能夠更有效率的保障保險公司及農民雙方。

關鍵字：保險商品、農作物、天氣參數、迴歸分析、精算定價

Abstract

Crops are susceptible to weather and the global climate is changing rapidly this year. Many crop-related insurance policies have been issued on the market. Taking Litchi as an example, we calculated weather parameter insurance policies and income protection policies. Weather parameter insurance policies are based on two regression models. To simulate multiple future temperatures, and then calculate the claim amount and premium according to the claim standard.

The income protection type also uses two methods. The first is to use historical data to calculate the claim amount. The second is to find out and verify the distribution of income. After confirming it as a normal distribution, Monte Carlo simulates the actual income. , Calculate the claim amount and premium according to the claim standard. However, due to insufficient data, we gave up the first method and directly used the second simulation method. Combined with advances in technology, insurance can more efficiently protect both the insurance company and farmers.

Keyword : Insurance products, regression analysis, actuarial pricing

目 錄

中文摘要.....	1
ABSTRACT.....	2
第一章 前言.....	7
第二章 農業保險發展介紹.....	8
第一節 歷史沿革.....	8
第二節 現行保險商品介紹.....	13
第三章 現行市場問題.....	18
第四章 研究模型與研究資料.....	19
第一節 對應保單介紹.....	19
第二節 研究模型.....	21
第三節 研究資料.....	23
第五章 數值結果.....	24
第一節 參數估計.....	24
第二節 保費估算結果.....	35
第六章 結論與建議.....	36
第一節 結論.....	36
第二節 建議.....	38
第七章 參考代碼.....	42
第八章 資料來源.....	47

表目錄

表一 作物達風速起賠點	14
表二 甜柿、番石榴達累積雨量之個別賠付比例.....	14
表三 蓮霧、木瓜達累積雨量之個別賠付比例	14
表四 荔枝、梨達累積雨量之個別賠付比例	15
表五 荔枝低溫日數對應之數賠付比例	15
表六 各種荔枝預估保險金額	19
表七 荔枝理賠標準及賠付比例	21
表八 大里平均溫度模型變異數分析	24
表九 大里平均溫度模型迴歸分析結果	24
表十 大里平均溫度模型顯著水準.....	25
表十一 大里波動度模型變異數分析	26
表十二 大里波動度模型迴歸分析結果	26
表十三 大里波動度模型顯著水準.....	27
表十四 草屯平均溫度模型變異數分析	28
表十五 草屯平均溫度模型迴歸分析結果	28

表十六 草屯平均溫度模型顯著水準	29
表十七 草屯波動度模型變異數分析	29
表十八 草屯波動度模型迴歸分析結果	30
表十九 草屯波動度模型顯著水準	30
表二十 溪埔平均溫度模型變異數分析	31
表二十一 溪埔平均溫度模型迴歸分析結果	31
表二十二 溪埔平均溫度模型顯著水準	32
表二十三 溪埔波動度模型變異數分析	32
表二十四 溪埔波動度模型迴歸分析結果	33
表二十五 溪埔波動度模型顯著水準	33
表二十六 荔枝天氣參數型保單之各地區保費及費率	35

圖目錄

圖一 台灣歷史沿革圖	8
圖二 美國歷史沿革圖	9
圖三 日本歷史沿革圖	10
圖四 韓國歷史沿革圖	12
圖五 大里平均溫度模型殘差平方圖	25
圖六 草屯平均溫度模型殘差平方圖	29
圖七 溪埔平均溫度模型殘差平方圖	32
圖八 荔枝平均收入常態檢定圖	34



第一章 前言

農作物的成長過程容易受到天氣影響，且台灣地形特殊，颱風、雨季、乾旱等，都是習以為常的天然災害，再加上近年全球氣候快速變遷，世界各國極端氣候的情況也愈來愈明顯，造成農業損失更加嚴重，因此各國陸續推行農作物保險，是保障農民的好政策。

台灣近年來也開始推出各式不同的農作物保單，但農民只依賴政府補助的災害救助已不足以保障農民的收益及財產安全，政府希望農民透過農物保單，才能更完善保障農民之損失，但保險公司的參與度卻不高。

故我們希望探討農作物保單的現況，分析問題，了解為何相較其他類型保險，農業保險數量較少，並藉由科技的進步結合能幫助檢測理賠標準，以保障農民及保險公司雙方的權益，並更有效率地完成理賠。

第二章 農業保險發展介紹

第一節 歷史沿革

一、台灣



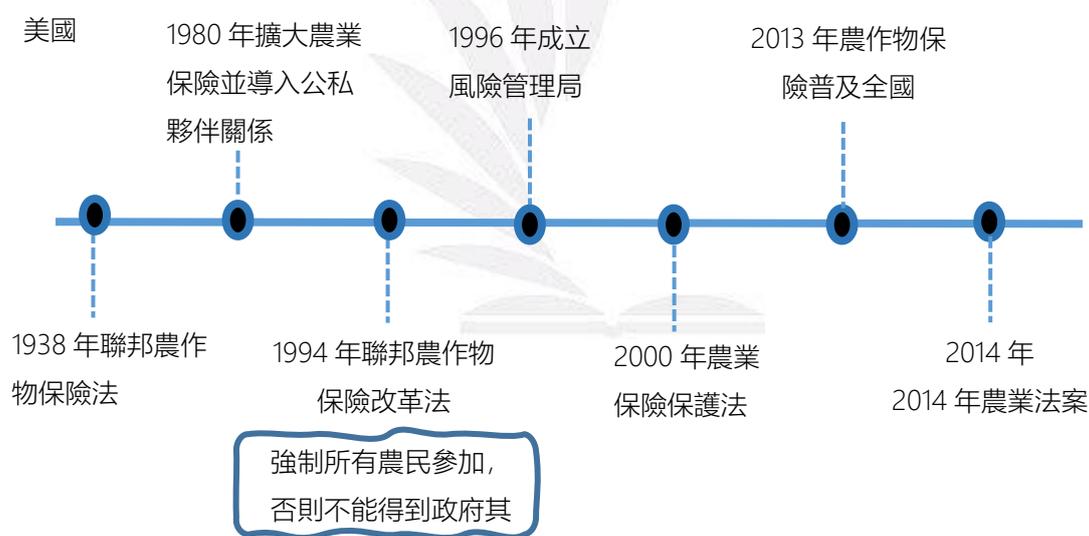
圖一 台灣歷史沿革圖

農業容易受氣候與自然環境影響，因此農民收入相當不穩定，可能因為自然災害或人為疏失而造成損失，為解決這個問題，自民國 80 年 8 月 31 日行政院農業委員會發佈了《農業天然災害救助辦法》讓農民災害救助及低利貸款，而農作物保單也是一種可行的避險方法，以保障農民所得，且世界各國都已行之有年，但各國自然環境所生產的農作物、生產農作物的方式以及政府對農作物保險的重視程度都不同，所以保單內容也會有所差別。

我國於民國 104 年由行政院農業委員會以高接梨推出第一張農作物天災保單，105 年將承保範圍擴大到所有梨種，並推出了芒果保單，為減輕農民負擔，由農委會補助部分保險費。同年受颱風影響，台東釋迦首當其衝造成

重大損失，因此，農委會將釋迦選為收入保險試辦項目，以保障農民收入，往後幾年也逐漸增加多款農作物，農業保險法除了原本的收入型也開始擴大保障範圍，包含動植物病蟲害，且由保險公司及農漁會擔任保險人，農委會也讓幫助研發農作物保單的保險公司可以免付特定的稅，農委會提供農民50%以內保險費用補助，而農委會也將盤點現有政策及救助方式，包括天然災害現金救助及農業保險，並成立農業保險基金，再利用保險業中的共保及再保機制，分散風險，建構完整的農業所得安全網。以下為外國農業保險例子：

二、美國

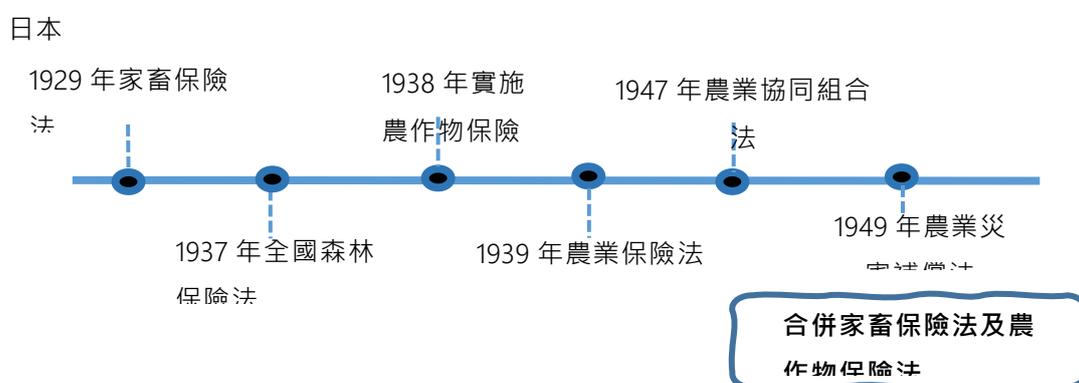


圖二 美國歷史沿革圖

1938年美國國會通過《聯邦農作物保險法》，但因投保成本偏高造成投保人數偏低，導致無法累積足夠理賠金，因此國會利用天災補助的方式來協助農民，1980年國會以結合民間部門的效率與政府部門的規範及財務支

持，解決長久以來的問題，此計畫確實提高了農民對保險的參與度，但仍遠低於國會預期，國會也開始反感這些逐漸增加的救助需求，一直到 1994 年美國政府啟動《聯邦農作物保險改革法》，進行農作物保險計畫的結構性再造，取消政府農業救助計畫，通過四大險種把所有農民都納入了農作物保險範圍，該法規定不參與者將不能得到政府其他計畫的福利，強制所有農民參加，讓投保率快速提升，且 1996 年在美國農業部轄下成立風險管理局(Risk Management Agency, RMA)，以管理聯邦農作物保險計畫，2000 年國會通過《農業風險保護法》。該法案的規定包括依過去的單位面積產量計算的收入保險和保障、提高保費補貼以鼓勵參與，以及降低欺騙、濫用、或浪費等問題，使得農民更易取得各種保險產品，此法明顯地促進農作物保險的發展，到了 2013 年，農作物保險計畫幾乎拓展到全國，保障多達 150 多種農作物，覆蓋面積 119 億公頃，占農作物種植面積的 90%。此外，養殖場、牧場等也納入農作物保險計畫的範圍。

三、日本

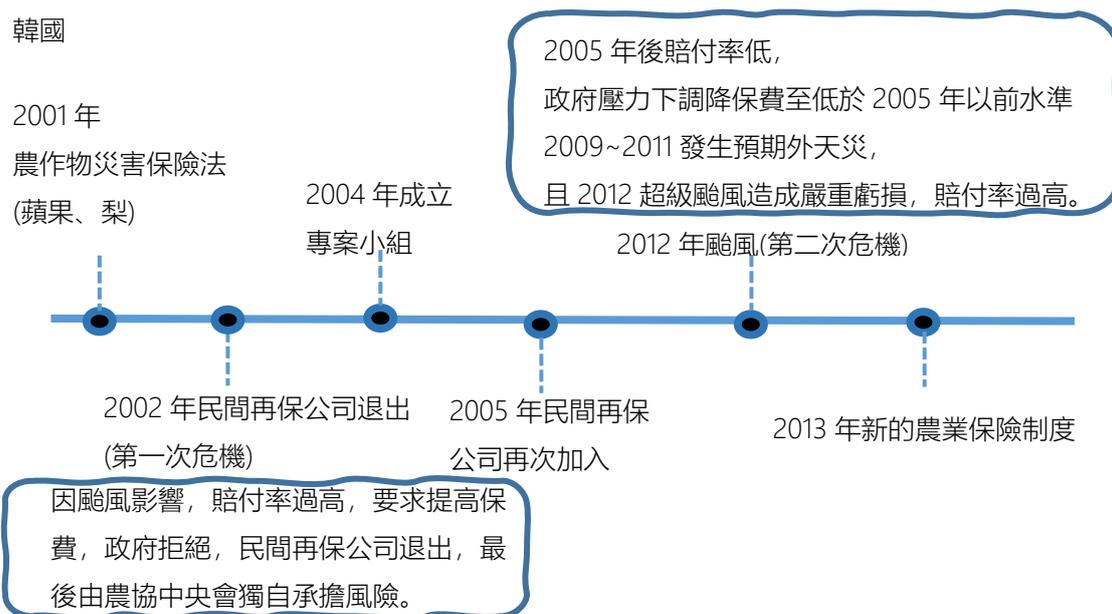


圖三 日本歷史沿革圖

日本的農業保險從 1929 年《家畜保險法》開始，作為災害救助的方式，在 1937 年又實施《全國森林保險法》，以補償林地所有者因火災、不利天候及火山爆發的損失，至於農作物保險則是從 1938 年開始實施，1947 年通過的《農業協同組合法》，使得農業協同組合(簡稱農協)成為推動現代化及民主化農村的主要農民團體。《農業災害補償法》的目標即在於提供農民意外災損的補償，並將家畜保險與農作物保險合併，就家畜或農作物因天候、病蟲害的損失予以救助。

日本實行的是互助共濟、三級共保，形成著名的共濟模式。基本上，日本實施農作物保險制度仰賴農民的高度共識，並由各個地方農協依農民保費所形成的基金(即為農業共濟組合)、都道府縣農業共濟組合聯合會，以及中央政府提供再保險的三級運作架構，將風險分散於更廣泛地域，並使個別組合無法承擔重大災害損失時有所保障。

四、韓國



圖四 韓國歷史沿革圖

2001年通過《農作物災害保險法》，農作物的保險是由公民營合辦，並有政府大力支持。農作物保險是由農協中央會(National Agriculture Cooperative Federation, NACF)承保，NACF將保單再以配額方式由6家韓國民營保險公司再保。若賠付率超過110%到180%之間(2013年以後到150%)，則轉投國際再保市場。韓國政府是最後的再保者，承擔所有賠付率超過180%的部分(2013年以後超過150%部分)。

農作物保險制度2001年剛開辦時，只有蘋果和梨是承保作物，但在2013年承保範圍已擴及40項農作物，基本風險為冰雹與颱風，農民可自行選擇購買其他災害保險，2002年，超級颱風Rusa造成農作物嚴重損失，賠付率過高，民間再保公司要求提高保費，被政府拒絕後，民間再保公司退出，最後由農協中央會的NHPCI獨自承擔所有風險，但後面兩年NHPCI都

有嚴重歸損，2003 年是有政府撥特別預算來填補，2004 年組成公私部門聯合專案小組來設法恢復農作物保險制度，並提出改革：保費提高 50%、政府做為再保單位：賠付率超過 180%由政府承作再保、兩階段保險給付勘災。於是 2005 年民間再保公司再次加入農作物保險制度，後面幾年因賠付率低在政府的壓力下調降保費，將保費逐年降低至 2005 年以前水準，但 2009~2011 年發生預期外的天然災害，以及 2012 年的超級颱風 Bolauen 都造成嚴重虧損，造成賠付率過大，2013 年開始實施新的農業保險，有以下的改革：

1. 保費提高 33%，主要將巨災風險模型計入。
2. 政府再保門檻降低為賠付率 150%，且規定再保保費是整體保費的 5.5%。
3. 組成 200 人的保險給付勘災專責公司。

基本上，韓國政府在實施農作物保險制度的支持有四大項：

1. 中央政府補貼 50%保費。
2. 中央政府作為賠付金額超過總保費 150%以上時的再保承保單位，承受最大的風險。
3. 中央政府補助農協中央會辦理農作物保險所有的作業費用。
4. 中央政府透過農業部，積極參與保險產品的研究與開發。

第二節 現行保險商品介紹

一、天氣參數型保單

是以氣候狀況數值如風速、降水、溫度作為保險給付條件，與傳統以保戶實際損失金額作為理賠基礎不同。

1.風速參數—蓮霧、梨、文旦柚、甜柿、番石榴、棗、桶柑、木瓜

以約定氣象觀測站於颱風期間內測得最大陣風作為啟動賠付之標準，達約定條件即可啟動理賠，不須進行勘損，可迅速轉嫁因天災造成的損失。

表一 作物達風速起賠點

最大陣風		
蒲福風級	風速 (m/s)	作物起賠點
9級	20.8~24.4	文旦柚、桶柑
10級	24.5~28.4	梨、蓮霧、木瓜、番石榴
11級	28.5~32.6	棗
12級	32.7~36.9	
13級	37.0~41.4	甜柿
14級	41.5~46.1	
15級	46.2~50.9	
16級	51.0~56.0	
17級以上	56.1以上	

2.降雨量參數—蓮霧、梨、甜柿、番石榴、荔枝、木瓜

以約定氣象測得累積降雨資料為依據，達雨量啟動保險理賠。

表二 甜柿、番石榴達累積雨量之個別賠付比例

甜柿		番石榴	
5日			
累積降水量	賠付比例	累積降水量	賠付比例
400以下	0%	300~550	1%
400~500	2%		
500~800	2.50%	550~800	1.50%
800~900	8%	800~1050	4%
900~1000	15%		
1000~1200	25%	1050~1300	10%
1200以上	50%	1300以上	25%

表三 蓮霧、木瓜達累積雨量之個別賠付比例

蓮霧			木瓜		
5日					
累積降水量	賠付比例 (屏北)	賠付比例 (屏南)	累積降水量	賠付比例 (台南市)	賠付比例 (屏東縣)
450以下	0%		400~600	3%	1%
450~600	1%				
600~800	2%	6%	600~800	6%	
800~1000	5%	12%	800~1000	12%	
1000~1200	15%	18%	1000以上	18%	
1200以上	25%				

表四 荔枝、梨達累積雨量之個別賠付比例

荔枝		梨 (擇優)			
		3日		單日	
12日內降水日數	賠付比例	累積降水量	賠付比例	累積降水量	賠付比例
達7日	5%	359以下	0%	200~225	每日7%
		360~429	1%	225~250	每日8.5%
		430~499	5%	250以上	每日10%
		500~649	11%		
		650~799	22%		
		800~999	33%		
		1000~1099	48%		
		1100~1399	56%		
		1400~1499	78%		
		1500~1679	86%		
1680以上	100%				

3.溫度參數—荔枝

起賠點為約定氣象觀測站於保險期間測得低溫日數未達 5 日(暖冬現象)

保險期間內未達下列日平均溫度之日數總和：

玉荷包荔枝：攝氏 17 度；黑葉荔枝、糯米糍荔枝：攝氏 15.5 度

表五 荔枝低溫日數對應之數賠付比例

荔枝	
低溫日數	賠付比例
4天	5%
3天	10%
2天	15%
1天	20%
0天	60%

二、區域收穫型保單-芒果、鳳梨

被保險人於保險期間內，因發生天然災害或病蟲害，導致當期被保險標的之收穫量短缺時，依保險契約之約定計算賠償金額。

保險期間：保險契約之保險期間為一年，但被保險標的需於保險期間內採收。

起賠點：承保區域實際收穫量 < 承保區域保證收穫量

保單約定承保區域基準收穫量 x 保障程度 = 承保區域保證收穫量

1.實損實賠型保單-梨、香蕉

保險期間內每次保險事故發生時，承保之保險標的物於以賠償實際損失為基礎，以實際損失賠付不受低額保險比例分攤之限制，但保險期間內累計之賠償金額仍以不超過保險金額為限。

2.災助連結型保單-梨、芒果

因發生寒害、颱風或豪雨，導致被保險芒果受損害。當達一定損害程度，且符合政府農業天然災害現金救助資格時，僅需提供理賠申請書並且檢附該筆土地獲得政府現金救助之證明，無須現地勘損，保單將依約按政府核

定之受害面積來計算理賠金額。

三、收入保障型保單-釋迦、香蕉

避免天災或價格下跌造成農民收入不穩定，確保農民所得安定，並至少保障生產費用不致於血本無歸。



第三章 現行市場問題

目前台灣現行的農業保險有以下幾點問題：

一、因台灣的農作物種植大多都是少量多樣，無法使用保險的大數法則來進行風險分散，導致保費不易精準的計算。

二、台灣目前農作物保險相關的專業人員並不足夠，不管是定價保險費率的精算人員或是勘損與理賠鑑定的人員都並不足以應付。

三、作物災害會因季節與地區不同導致的損失差異很大，但是目前由於資料的不足與缺失，導致保險費率在計算上難以精確。

四、若依過去天災發生的頻率與損失幅度估算的話，投保人須繳的保費恐怕非農民所能負擔，若都藉由政府補助，亦導致政府財政上的負擔。

五、農作物保險無法迅速完成大區域勘災理賠，不利於產業迅速復耕，且作物易腐敗衍生衛生安全問題。

六、農民的保險知識與觀念不足，容易有道德危險及逆選擇的產生。

第四章 研究模型與研究資料

第一節 對應保單介紹

主要研究荔枝天氣參數型及收入保障型保單，蒐集荔枝的種植區域及分布狀況，選取台中、高雄、南投三個區域，通過各測站的計算數據，選取草屯、大里、溪埔三個測站找出對應的天氣參數（溫度），天氣參數型保單參考荔枝天氣參數型保單(華南產物保險公司)，相關數據依照原保單規定，其中資料如下：

(1)天氣資料使用原保單規定之中央氣象局指定測站

(2)低溫標準:黑葉、糯米糍 15.5°C，玉荷包 17°C

(3)保險比例 50%~110%(如下表)

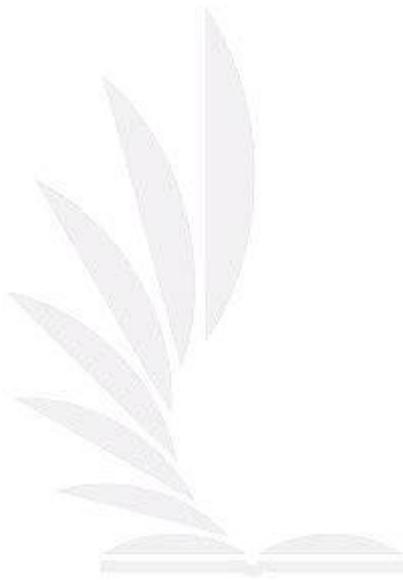
(4)黑葉、玉荷包、糯米糍保險金額、理賠標準及賠付比例(如表七、八)

(5)地區為台中、南投、高雄

(6)起賠點為低溫日數未達五日

表六 各種荔枝預估保險金額

預估保險金額		
保險比例	50%	110%
黑葉	\$88,036	\$193,680
玉荷包	\$192,176	\$422,787
糯米糍	\$192,176	\$422,787



表七 荔枝理賠標準及賠付比例

低溫天數	賠付比例
4 天	5%
3 天	10%
2 天	15%
1 天	20%
0 天	60%

收入型保單參考農會的釋迦收入保障型保單，相關數據依照原保單規定，其中資料如下：

(1)種植面積、產量、價格資料皆參考行政院農業委員會農糧署資料。

(2)保險比例 70%。

(3)保險每單位設定為 1 公頃。

荔枝的收入保障型保單中，三種品種中以玉荷包之價格作為基準價格。

第二節 研究模型

一、天氣參數型模型思路

引入變數：

$S(t)$:溫度長期平均

$\sigma^2(t)$:每日溫度波動度

$X(t)$ ：未來 t 時刻溫度

$$S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right) + a_3 \cos\left(\frac{2\pi t}{365}\right)$$
$$\sigma^2(t) = b_0 + b_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right) + b_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{365}\right)$$

所以，

$$X(t) = S(t) + \sqrt{\sigma^2(t)} * z^p$$

透過使用了兩次的線性迴歸，進行配適時間對於長期日平均溫度回歸模型以及波動度的迴歸模型，長期每日平均溫度模型中的變數分別包含了全球暖化因子(t)及季節變化因子(sin(wt), cos(wt))， $w=2\pi/365$ ，波動度模型則使用第一個迴歸式的殘差平方去配適波動度模型，其中變數則包含了季節變化因子(sin(wt), cos(wt))。通常假設殘差項服從常態分配 $(0, \sigma^2)$ ，變異數的算法是

$\sum r^2 - (\sum r)^2$ ，通常這種報酬率的平均數都很小，可以忽略不計。

二、收入保障型

我們運用基準價格、每公頃基準收穫量與保險比例的乘積作為每公頃基準收入，再用實際價格乘以每公頃基準收穫量作為每公頃實際收入，最終使用上述兩者之差值乘以投保面積獲得理賠金額。

公式如下：

每公頃基準收入=基準價格 x 每公頃基準收穫量 x 保險比例

每公頃實際收入=實際價格 x 每公頃實際收穫量

理賠金額=(每公頃基準收入—每公頃實際收入) x 投保面積

收入保障型分別以兩種方式進行計算，方式一直接利用歷史產量及歷史價格計算平均理賠，方式二則針對過去的歷史資料進行常見的分配檢定，再按照該分配進行蒙地卡羅模擬，此步驟為模擬一期保險中每位被保險人的實際收入，再依照理賠標準計算理賠金額，加總後取平均。將以上步驟重複十萬次後取得平均值作為保費。

第三節 研究資料

一、天氣參數型

我們利用中央氣象局提供的各地觀測站資料，採用原保單中指定的三個觀測站，並將資料缺失的部分使用最近的上下兩筆資料取平均後代入。把最早觀測日期資料設定為時間 $t = 1$ ，大里與草屯資料最早日期皆為 2011 年 11 月 1 日，溪埔資料最早日期則為 2013 年 12 月 1 日，並依照日期排序分別建立其季節變化因子的資料數據。

二、收入保障型

我們使用行政院農委會農業統計資料，將各年度的總產量與種植面積兩者相除後得到每公頃平均產量與玉荷包單位的價格，再用以上數值經過單位轉換後相乘即為該年度平均每公頃收入，並假設每年通貨率為 1%，將每年的平均每公頃收入複利到今年度。

第五章 數值結果

第一節 參數估計

一、天氣參數型模型

1. 大里區

(1) 平均溫度模型

表八 大里平均溫度模型變異數分析

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	59094.1	19698.0	4219.70	0.000
t	1	346.1	346.1	74.13	0.000
Sin(2 π t/365)	1	57145.7	57145.7	12241.69	0.000
Cos(2 π t/365)	1	486.8	486.8	104.27	0.000
Error	3310	15451.5	4.7		
total	3313	74545.6			

表八中 SSR 是可以被解釋的變異，SSE 是因為誤差造成而無法被解釋的變異。R 平方是 SSR/SST，在表中可以初步估算 R 平方。

表九 大里平均溫度模型迴歸分析結果

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	24.2062	0.0753	321.57	0.000	
t	0.000039	0.000039	8.61	0.000	1.01
Sin(2 π t/365)	-5.9132	0.0534	-110.64	0.000	1.01
Cos(2 π t/365)	-0.5402	0.0529	-10.21	0.000	1.00

表九中，VIF 值皆小於 10，可以看出變數間沒有共線性；p-值小於 α ，說明結果顯著性很高，各項係數不為零，雖然 t 的係數為 0.000039，接近於零，但是從 p-值的結果可以看出，t 的係數部分一定是不為零。

Regression Equation:

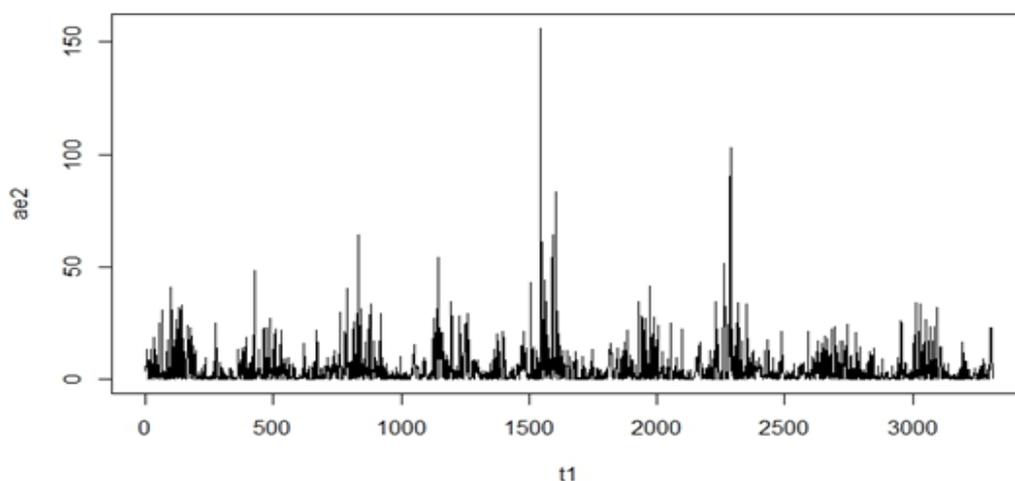
大里氣溫(°C)Temperature

$$= 24.2062 + 0.000339t - 5.9132\sin(2\pi t/365) - 0.5402\cos(2\pi t/365)$$

表十 大里平均溫度模型顯著水準

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.16058	79.27%	79.25%	79.22%

表十中，顯著水準 79.25%,調整后的值接近 80%，說明季節及氣候變遷因素對模型的解釋程度很高。



圖五 大里平均溫度模型殘差平方圖

(2) 波動度模型

表十一 大里波動度模型變異數分析

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	18713	9356.3	156.99	0.000
Sin(2πt/365)	1	17641	17641.3	296.01	0.000
Cos(2πt/365)	1	1107	1107.2	18.58	0.000
Error	3311	197328	59.6		
Lack-of-Fit	3278	194379	59.3	0.66	0.968
Pure Error	33	2949	89.4		
total	3313	216040			

表十一中，SSR 是可以被解釋的變異，SSE 是因為誤差造成而無法被解釋的變異；R 平方是 SSR/SST，在表中可以初步估算 R 平方，表中 SSR 占 SST 比例較小；p-值>α，表示沒有證據表明模型與資料不合適。

表十二 大里波動度模型迴歸分析結果

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	5.073	0.140	36.28	0.000	
sin(2πt/365)	3.563	0.198	17.95	0.000	1.00
cos(2πt/365)	-0.792	0.197	-4.02	0.000	1.00

表十二中，VIF 用來檢驗共線性，VIF 值皆小於 10，說明各變數間沒有共線性；p-值小於 α，說明結果顯著性很高，各項係數不為零。

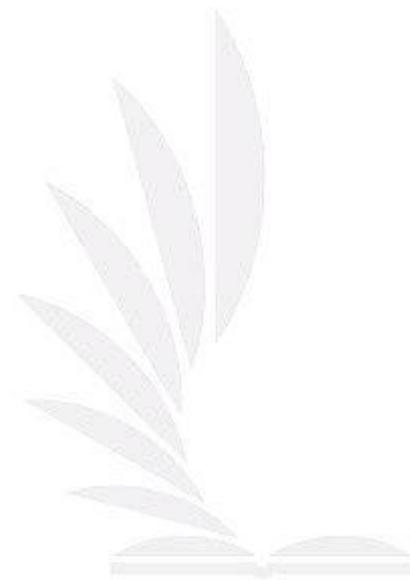
Regression Equation:

$$\text{大里殘差平方} = 4.662 + 3.275\sin(2\pi t/365) - 0.815\cos(2\pi t/365)$$

表十三 大里波動度模型顯著水準

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
7.71995	8.66%	8.61%	8.50%

表十三中，波動度顯著水準 8.61%，模式解釋度偏低，造成原因可能是變數量過少，只考慮時間季節性因素，無法預測到極端天氣的溫度。



2. 草屯區

(1) 平均溫度模型

表十四 草屯平均溫度模型變異數分析

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	58973.5	19657.8	3869.47	0.000
t	1	476.2	476.2	93.74	0.000
Sin(2πt/365)	1	56790.7	56790.7	11178.75	0.000
Cos(2πt/365)	1	479.9	479.9	94.47	0.000
Error	3311	16820.7	5.1		
total	3314	75749.1			

表十四中 SSR 是可以被解釋的變異，SSE 是因為誤差造成，而無法被解釋的變異。R 平方是 SSR/SST，在表中可以初步估算 R 平方。

表十五 草屯平均溫度模型迴歸分析結果

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	23.3181	0.0785	269.99	0.000	
t	0.000397	0.000041	9.68	0.000	1.01
sin(2πt/365)	-5.8942	0.0557	-105.73	0.000	1.01
cos(2πt/365)	-0.5363	0.0552	-9.72	0.000	1.00

表十五中，可以檢驗共線性，VIF 值皆小於 10，說明各變數間沒有共線性；

p-值小於 α ，說明結果顯著性很高，各項係數不為零。

Regression Equation:

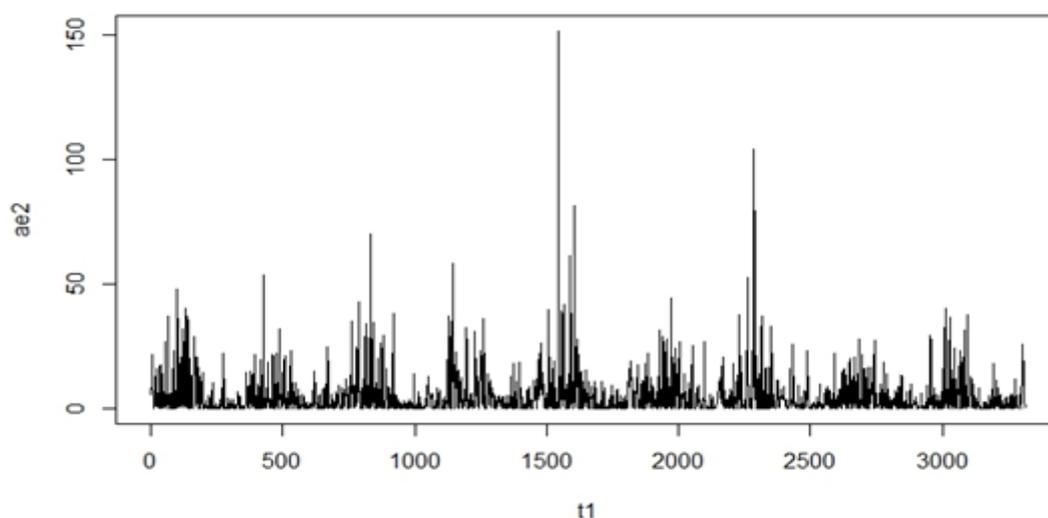
草屯氣溫(°C)Temperature

$$= 23.3181 + 0.000397t - 5.8942\sin(2\pi t/365) - 0.5363\cos(2\pi t/365)$$

表十六 草屯平均溫度模型顯著水準

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.25394	77.81%	77.79%	77.75%

表十六中，顯著水準 77.79%，調整后的值接近 80%，說明季節及氣候變遷因素對模型的解釋程度很高。



圖六 草屯平均溫度模型殘差平方圖

2.波動度模型

表十七 草屯波動度模型變異數分析

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	21895	10947.4	1568.92	0.000
Sin(2πt/365)	1	20888	20888.1	322.31	0.000
Cos(2πt/365)	1	1047	1047.0	16.16	0.000
Error	3312	214641	64.8		
Lack-of-Fit	3279	210770	64.3	0.55	0.997
Pure Error	33	3871	117.3		
total	3314	236536			

表十七中，SSR 是可以被解釋的變異，SSE 是因為誤差造成而無法被解釋的變異；R 平方是 SSR/SST，在表中可以初步估算 R 平方。p-值 $>\alpha$ ，表示沒有證據表明模型與資料不合適。

表十八 草屯波動度模型迴歸分析結果

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	5.073	0.140	36.28	0.000	
Sin(2 π t/365)	3.563	0.198	17.95	0.000	1.00
Cos(2 π t/365)	-0.792	0.197	-4.02	0.000	1.00

表十八中，可以檢驗共線性，VIF 值皆小於 10，說明各變數間沒有共線性；p-值小於 α ，說明結果顯著性很高，各項係數不為零。

Regression Equation:

$$\text{草屯殘差平方} = 5.073 + 3.563 \sin(2\pi t/365) - 0.792 \cos(2\pi t/365)$$

表十九 草屯波動度模型顯著水準

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8.05028	9.26%	9.20%	9.09%

表十九中，顯著水準為 9.20%，模式解釋度偏低，造成原因可能是變數量過少，只考慮時間季節性因素，無法預測到極端天氣的溫度。

3. 溪埔區

1. 平均溫度模型

表二十 溪埔平均溫度模型變異數分析

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	29506.6	9835.5	2276.39	0.000
t	1	367.3	367.3	85.02	0.000
Sin(2 π t/365)	1	17225.1	17225.1	3986.68	0.000
Cos(2 π t/365)	1	11125.1	11125.1	2574.85	0.000
Error	2550	11017.7	4.3		
total	2553	40524.3			

表二十中 SSR 是可以被解釋的變異，SSE 是因為誤差造成而無法被解釋的變異。R 平方是 SSR/SST，在表中可以初步估算 R 平方。

表二十一 溪埔平均溫度模型迴歸分析結果

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	24.0968	0.0827	291.47	0.000	
t	0.000518	0.000056	9.22	0.000	1.01
sin(2 π t/365)	-3.6950	0.0585	-63.14	0.000	1.01
cos(2 π t/365)	-2.9522	0.0582	-50.74	0.000	1.00

表二十一中，可以檢驗共線性，VIF 值皆小於 10，說明各變數間沒有共線性；p-值小於 α ，說明結果顯著性很高，各項係數不為零。

Regression Equation:

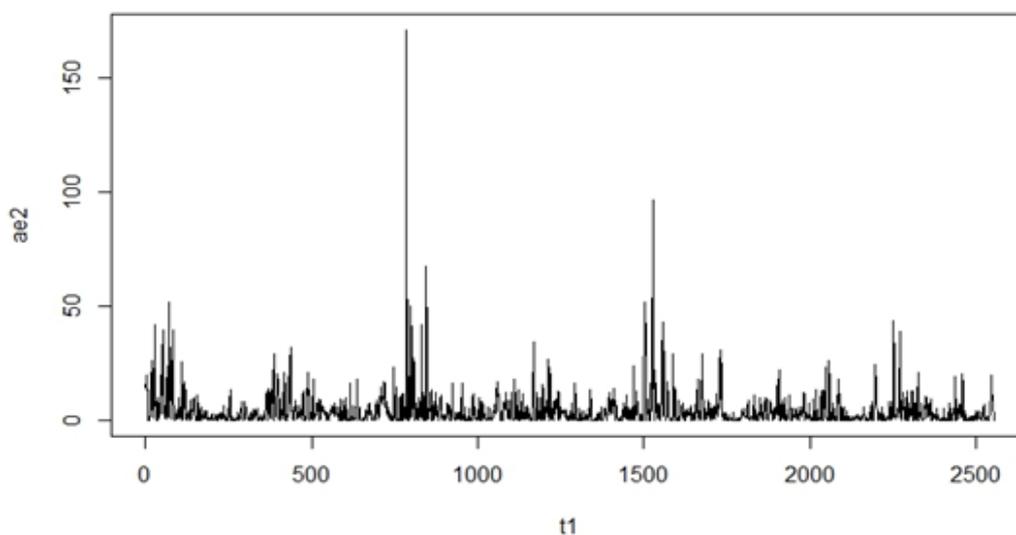
溪埔氣溫(°C)Temperature

$$= 24.0968 + 0.000518t - 3.6950\sin(2\pi t/365) - 2.9522\cos(2\pi t/365)$$

表二十二 溪埔平均溫度模型顯著水準

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.07862	72.81%	72.78%	72.73%

表二十二中，顯著水準為 72.78%。調整后的值接近 80%，說明季節及氣候變遷因素對模型的解釋程度很高。



圖七 溪埔平均溫度模型殘差平方圖

2. 波動度模型



表二十三 溪埔波動度模型變異數分析

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	7787	3893.49	69.34	0.000
sin(2πt/365)	1	6765	6764.59	120.46	0.000
cos(2πt/365)	1	1022	1022.38	18.21	0.000
Error	2551	143250	56.15		
Lack-of-Fit	367	20628	56.21	1.00	0.487
Pure Error	2184	122622	56.15		
total	2553	151036			

表二十三中，SSR 是可以被解釋的變異，SSE 是因為誤差造成而無法被解釋的變異；R 平方是 SSR/SST，在表中可以初步估算 R 平方。殘差符合常態缺適性檢定： $p\text{-值} > \alpha$ ，表示沒有證據表明模型與資料不合適。

表二十四 溪埔波動度模型迴歸分析結果

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	4.314	0.148	29.10	0.000	
$\sin(2\pi t/365)$	2.301	0.210	10.98	0.000	1.00
$\cos(2\pi t/365)$	0.895	0.210	4.27	0.000	1.00

表二十四中，可以檢驗共線性，VIF 值皆小於 10，說明各變數間沒有共線性； $p\text{-值}$ 小於 α ，說明結果顯著性很高，各項係數不為零。

Regression Equation:

$$\text{溪埔殘差平方} = 4.314 + 2.301\sin(2\pi t/365) + 0.895\cos(2\pi t/365)$$

表二十五 溪埔波動度模型顯著水準

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
7.49361	5.61%	5.08%	4.93%

表二十五中，顯著水準為 5.08%；模式解釋度偏低，造成原因可能是變數量過少，只考慮時間季節性因素，無法預測到極端天氣的溫度。

透過以上檢定可得出三個地區長期每日平均溫度模型及每日波動度模型。利用以上模型模擬 1000 萬次下一期保險期間的溫度並判斷是否理賠，再把總理賠金額平均得出三地區的保費。

二、收入保障型

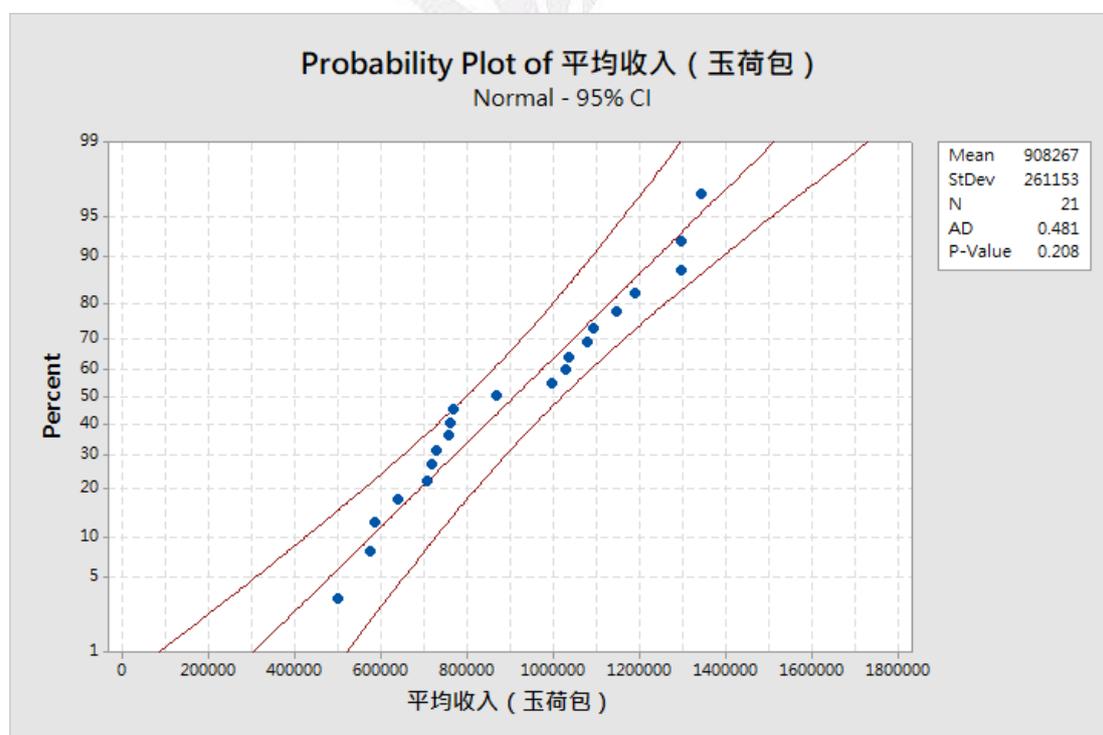
方法一：

將三區域資料分別利用前 25 年平均價格、前 5 年去極值後的單位面積產量及保險比例之乘積預估基準收入，並用近 12 年之每年平均價格及單位面積產量相乘，算出實際收入，比較兩者之差，得出理賠金額，再將 12 年之理賠金額平均後得出保費。

方法二：

首先針對資料進行常態檢定，ad 值為 0.481，p 值甚至大於 0.05，確認荔枝的收入偏向常態分配(如圖八)。

因方法一歷史資料筆數不足，最後選擇方法二模擬之結果，較為精準。



圖八 荔枝平均收入常態檢定圖

第二節 保費估算結果

一、天氣參數型：

表二十六 荔枝天氣參數型保單之各地區保費及費率

品種		大里	草屯	溪埔
黑葉	保費	\$4677~\$10290	\$534~\$1174	\$25603~\$56327
	費率	5.31%	0.61%	29.08%
	原保單費率	18.05%	7.09%	29.73%
糯米糍	保費	\$10210~\$22462	\$1165~\$2653	\$55889~\$122956
	費率	5.31%	0.61%	29.08%
	原保單費率	18.05%	7.09%	29.73%
玉荷包	保費	\$49~\$108	\$0	\$10505~\$23115
	費率	0.02%	0%	5.46%
	原保單費率	8.89%	3.05%	18.05%

造成差異的部分原因是我們是只考慮了發生率的問題，意味著我們算出的是純保費的部分，通常而言一般保單還會有其他要考慮的因素；例如，再保險與開發成本或保單維持與核保理賠等費用。造成零的可能原因是保險公司透過 3 地區算出的金額做加總後再依據產量或其他我們未考慮的因素將保費分攤後再加上附加費用率計算而成。

二、收入保障型：

使用蒙地卡羅的方式產生大量未來的收入，透過這個檢定後我們使用這筆資料的平均數與標準差產生十萬實際收入的隨機變數並依照保費均衡原則把需要理賠的金額做加總後平均，接著重複計算十萬次後的平均理賠金額再取平均得到的每公頃保費為\$48487.03(元/公頃)，費率為 6.32%。

第六章 結論與建議

第一節 結論

從計算結果得知，溪埔地區因所處緯度較低溫度較高，故較為容易達到理賠標準，造成理賠機率高於大里與草屯地區，保費也遠高於大里與草屯。三個品種間也因為理賠標準與保險金額不同造成相當的差距，因此我們模擬的保費高低依序為糯米糍、黑葉、玉荷包。

但因我們的模型中變數過少，僅包含全球暖化與季節變化因素，儘管三個地區的長期每日平均溫度模型顯著水準很高，但是波動度模型的顯著水準偏低，我們保費計算中僅考慮了發生率的問題，實務上應該再加入其他因素，如再保險與其他作業程序費用等。

收入型保單的歷史資料筆數僅 21 筆，對於統計分析而言資料量是不足的，所以我們不採用方法一僅使用歷史資料得出的保費，而使用方法二，針對歷史資料進行分配檢定，再利用模擬結果彌補我們資料筆數不足的問題。

農作物易受到天氣影響，因此政府為保障農民利益，聯合保險公司陸續推出農作物保單保障農民，但我們發現現行農作物保險市場上有許多問題，主要矛盾在於農民和保險公司立場及認知的不同，使得農民購買意願低迷，保險公司收益不佳，且相較於其他保險種類發行意願不高。台灣的農作物種植大多是少量多樣，且需要大量的民眾購買才能滿足保險的大數法則來進行風險分散。



第二節 建議

結合未來發展趨勢，物聯網裝置對農作物保險更加有幫助，可精確取得該地區天氣資料，而不是鄰近觀測站資料，也不須人員到場勘災，能降低人力成本，也提高理賠效率及數據的準確度。

因此未來可能推出基因檢測農作物保單之附加險，保費之計算方式應以目前保單之保費加上該儀器成本，及每次檢測之耗材費用。

一、使用物聯網裝置設計保單

近年來，由於科技快速的進步與產業結構的改變，農業保險也可以結合相關的科技或其他產業，利用物聯網蒐集大數據後再利用區塊鏈的技術應用在農業保險上，除了提供保戶快速的理賠機制，更提供保險公司高效率且低成本的理賠程序，也間接幫助保戶降低了保費。

在我們的農作物保單中為了監控作物生長的情形與病原菌的危害程度，在保單一開始會利用基因檢測檢測作物罹病的風險，另外會有一個固定檢測的裝置讓農民固定時間檢測並自動上傳檢測結果，以此減少道德風險的問題。

(1) 基因檢測

做法:農地在要保期間前抽樣進行基因檢測，並在種植期間定期進行基因檢測，從檢測結果的病原菌含量來判斷是否會影響該種植作物的生長與品質，若超出該作物所能承受的範圍，保險公司會要求農民予以改善。

目的:事前與事後定期的基因檢測能幫助保險公司減低目前市面農作物保險資訊不對稱的問題，讓保險公司能透過檢測結果準確評估風險，也能檢驗作物的品質是否合乎保單要求的標準。

(2) 環境感測儀器

做法:於農地中安裝溫溼度檢測裝置能隨時感測土地的溫溼度狀態，再搭配物聯網即可即時回傳當前環境資料。

目的:監測溫、濕度可以更準確地掌握作物的生長環境是否維持在該作物生長的最適條件及農地的排水系統是否需要改善，以降低可能造成損失的各項風險。

(3) 物聯網監測資訊結合區塊鏈技術

應用農業物聯網所蒐集到保戶的種植數據，包含土壤特性、微氣候資料、溫濕度、光照度等生長環境參數，結合區塊鏈技術能使其數據擁有真實有效、不可偽造且無法篡改的特性，將能有效強化大數據資料分析的價值。

長期蒐集資料後經由統計分析將能建立不同作物的最佳栽培方案，後續可以用來發展農作物外溢保單分類機制的標準。

二、使用其他創新科技

(1) 無人機勘查

在國外，無人機已大量被使用在勘查保險標的物的狀況與損失，因為無人機可以快速且安全的了解標的物的狀況。目前台灣也已跟進利用無人機勘

查作物生產情況(例如:富邦香蕉植株農作物保險),使用無人機勘損與勘查作物種植情況不僅可以大幅減低人力成本,也能快速蒐集作物的實際生長情形,以增加物聯網資料的準確性。

(2) 智能合約 (區塊鏈應用)

因農業保險需要評估的相關資料包含:作物種類、面積、產量、交易行情等資訊,若將區塊鏈技術與農業保險結合,透過區塊鏈技術進行以上資訊的整合,將能提高農業保險核定的效率與精準度,同時將有助於簡化農業保險的流程。另外,將智慧合約的概念用到農業保險領域,一旦檢測到農業災害,就會自動啟動賠付流程,可有效地提高賠付效率。

透過以上科技的應用,皆可有效地降低保險費用中的附加費用率,不僅降低保險公司成本,也降低保戶需繳保費。

三、建立農業保險生態系

為了因應未來的產業發展,產業生態系已然成為新的發展趨勢。生態系統的內涵是一個逆向工程,開始由需求端來驅動生產端或供應端的經濟行為。以一個健康外溢保單為例,保險公司結合保戶日常生活的運動、飲食、睡眠習慣等資料推出任務,客戶再藉由完成任務累積健康點數,來換取有機商品、健康食品、運動器材,甚至旅遊的機會,該服務與零售、運動、食品、娛樂、航空、信用卡業者結合,正是以保險公司為核心來串連生態系。利用此概念套用在農業保單上,透過與農民、農委會、中盤商、產銷班、合

作社、學校等組織合作創造一個農業的保險生態系。



第七章 參考代碼

天氣參數模型：

```
data1 = read.csv(file.choose())

t1 = data1[,1]

sin = data1[,6]

cos = data1[,7]

temperature = data1[,3]

ert = lm(formula = temperature ~ t1 + sin + cos)#預測回歸溫度

anova(ert)

View(data1)

#預測每日均溫

a0 = ert$coefficients[1]

a1 = ert$coefficients[2]

a2 = ert$coefficients[3]

a3 = ert$coefficients[4]

et = function(t){

  a0+a1*t+a2*sin(2*pi*t/365)+a3*cos(2*pi*t/365)

}

et(t1) #預測每日均溫

#預測每日波動度

ae = ert$residuals#殘差

ae2 = ae^2
```



農作物保單定價及設計

```
b = lm(formula = ae2 ~ sin + cos)
```

```
b0 = b$coefficients[1]
```

```
b1 = b$coefficients[2]
```

```
b2 = b$coefficients[3]
```

```
#回歸預測波動
```

```
esigma = function(t){
```

```
  b0+b1*sin(2*pi*t/365)+b2*cos(2*pi*t/365)
```

```
}
```

```
#模擬預測溫度
```

```
r = function(t){
```

```
  z = NULL
```

```
  for (i in t) {
```

```
    x = et(i)+(esigma(i)^0.5)*rnorm(1,0,1)
```

```
    z = c(z,x)
```

```
  }
```

```
  return(z)
```

```
}
```

```
t2 = seq(3316,3405,by = 1)
```

```
#大理 草屯
```

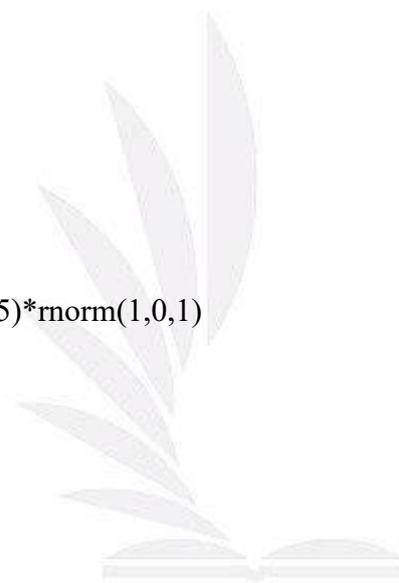
```
#t2 = seq(3316,3405,by = 1)
```

```
#xipu
```

```
#t2 = seq(2556,2645,by = 1)
```

```
r(t2)
```

```
#a=(r(t2)<17)*1
```



```
hist(r(t2))
```

```
#模擬 n 次的溫度並計算總共會產生多少次理賠
```

```
#黑葉
```

```
n = 10000000
```

```
p = NULL
```

```
for (i in 1:n) {
```

```
  p[i] = sum(ifelse(r(t2)<15.5,1,0))
```

```
}
```

```
p4 = sum(ifelse(p == 4,1,0))
```

```
p3 = sum(ifelse(p == 3,1,0))
```

```
p2 = sum(ifelse(p == 2,1,0))
```

```
p1 = sum(ifelse(p == 1,1,0))
```

```
p0 = sum(ifelse(p == 0,1,0))
```

```
min_m1 = 88036    #保險金額
```

```
min_pmt1 = min_m1*(p4*0.05+p3*0.1+p2*0.15+p1*0.2+p0*0.6)/n
```

```
max_m1 = 193680
```

```
max_pmt1 = max_m1*(p4*0.05+p3*0.1+p2*0.15+p1*0.2+p0*0.6)/n
```

```
#糯米糍
```

```
min_m2 = 192176
```

```
min_pmt2 = min_m2*(p4*0.05+p3*0.1+p2*0.15+p1*0.2+p0*0.6)/n
```

農作物保單定價及設計

max_m2 = 422787

max_pmt2 = max_m2*(p4*0.05+p3*0.1+p2*0.15+p1*0.2+p0*0.6)/n

#玉荷包

p = NULL

for (i in 1:n) {

 p[i] = sum(ifelse(r(t2)<17,1,0))

}

p4 = sum(ifelse(p == 4,1,0))

p3 = sum(ifelse(p == 3,1,0))

p2 = sum(ifelse(p == 2,1,0))

p1 = sum(ifelse(p == 1,1,0))

p0 = sum(ifelse(p == 0,1,0))

min_m3 = 192176

min_pmt3 = min_m3*(p4*0.05+p3*0.1+p2*0.15+p1*0.2+p0*0.6)/n

max_m3 = 422787

max_pmt3 = max_m3*(p4*0.05+p3*0.1+p2*0.15+p1*0.2+p0*0.6)/n

#黑葉保費

min_pmt1

max_pmt1

#黑葉費率

min_pmt1/min_m1

max_pmt1/max_m1

#糯米糍保費

農作物保單定價及設計

min_pmt2

max_pmt2

#糯米糍費率

min_pmt2/min_m2

max_pmt2/max_m2

#玉荷包保費

min_pmt3

max_pmt3

#玉荷包費率

min_pmt3/min_m3

max_pmt3/max_m3



第八章 資料來源

農情報告資源網。取自 https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_menu.jsp#

行政院農業委員會資料開放平台。取自 <https://data.coa.gov.tw/Default.aspx>

行政院農業委員會農糧署 PX-Web 統計資料庫。取自

<http://210.69.71.166/Pxweb2007/Dialog/statfile9L.asp>

農業統計資料查詢網。農業生產統計。取自

<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>

交通部中央氣象局。取自 <https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>

Alaton P, Djehince B, and Stillberg D (2002) On modelling and pricing weather derivatives. Applied Mathematical Finance 9:1-20, Temperature : OU model with seasonality. Volatility : constants in each month.

