

國立臺灣大學管理學院財務金融研究所



碩士論文

Graduate Institute of Finance

College of Management

National Taiwan University

Master Thesis

加總自現貨與波動率選擇權市場之波動率資訊

Volatility Information Aggregated from the Spot and Volatility
option markets

楊伯瑋

Hank Franklin Yang

指導教授：王耀輝 博士

Advisor: Yaw-Huei Wang, Ph.D.

中華民國 106 年 6 月

June, 2017

國立臺灣大學 (碩) 博士學位論文

口試委員會審定書

加總自現貨與波動率選擇權市場之波動率資訊

Volatility Information Aggregated from the Spot and Volatility
option markets

本論文係楊伯瑋君 (r04723032) 在國立臺灣大學財務金融學系、
所完成之碩 (博) 士學位論文，於民國 106 年 6 月 28 日承下列考試
委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

王耀輝 (簽名)

王之彥 (指導教授) 蔡弘

系主任、所長

曾郁仁 (簽名)

誌謝



碩士班兩年的生活，一眨眼就過了。認識了許許多多優秀的同學，也嘗試了許許多多的事情。商業競賽、實習、鐵馬行、香港金融機構參訪等等，都令我留下深刻的印象，化為我成長的養分。途中也遇到許多的挫折，不論是課業上的問題、找工作上的不順利、朋友圈的分崩離析、感情的未果，許多的許多都不斷地磨練著我的韌性。似乎總是要到要離去之時，才突然有些戀戀不捨。關關難過關關過，或許就是如此吧。不斷咬著牙前進，同時也會自己帶來成長。明知有些事情無能為力，卻也還想奮力一搏是我碩二心情的寫照。碩二面臨工作論文兩頭燒的情況，時間分配上的難度相當高，常常使我焦頭爛耳。許多個夜晚都會捫心自問，為何讓自己過得如此疲累又如此難過。但卻又知道怪不得人，自己選擇的道理，沒有責怪別人的餘地。越來越愛常抒發大道理的自己，是不是代表自己又更加成熟了呢？雖然在找工作及論文撰寫的進度上不如我想像中的順利，但仍是有些事情提醒著我是個幸運的人，提醒自己仍要不斷地學習、不斷地成長，成為更好的自己。武將的職責是守護，勿忘本心。

謝謝王耀輝教授的細心指導，給予了很多論文撰寫上的建議、研究方向的參考以及模型運用的細節等等，讓我受益良多，可謂讓學生我能夠順利完成論文的最大功臣。此外也感謝顏廣杰學長的樂情相助，除了耐心回答我的疑問之外，也願意提供電腦幫忙運算結果，為我省去相當多的時間。另外就是許多相當優秀又溫暖的同學們。感謝易達同學相伴圖書館一同奮鬥，互相監督之餘也彼此加油打氣。感謝靖堯同學時常給予勉勵，提醒自己要能堅持下去。感謝苡淇同學除了互相傾訴苦水外，也不忘叮嚀我適時的放鬆，讓自己充電再出發。感謝又慈同學每每在校園遇到之時，關心近況、噓寒問暖一番，也一再強調對於我的信心。這些朋友們的支持與陪伴，都是我碩士班生活最大的依靠。最後也特別感謝父母親對於我這段時間的照顧及體諒。謝謝你們！

學生

楊伯瑋

中文摘要



過往的文獻除了佐證了選擇權市場資訊內涵的價值外，也歸納出隱含波動率對於標的物資產未來的波動率而言是個良好的估計式，也探討了如何加總選擇權資訊內涵的方式，不過大部分的文獻僅著重於如何萃取標的物資產所對應選擇權市場的資訊內涵而已。然而以 S&P500 指數為例，投資人實現其波動率資訊的方式除了交易 S&P500 指數選擇權之外，也可以交易 VIX 選擇權。因此本文將採用 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的加總方式並建立迴歸模型分別檢驗 S&P500 指數選擇權和 VIX 選擇權的資訊內涵，探討這兩個選擇權市場的資訊內涵是否對於 S&P500 指數的波動率有著顯著的預測能力。其檢驗結果為 S&P500 指數選擇權的波動率資訊內涵尚未顯示具有顯著的預測能力，而 VIX 選擇權的波動率資訊內涵則是不論使用哪個加權方式皆呈現顯著性，再次佐證資訊交易者會選擇在 VIX 選擇權市場中交易有關於 S&P500 指數的波動率資訊。

而針對 S&P500 指數選擇權市場與 VIX 選擇權市場兩個市場呈現不同的結果，本文也提出了一項解釋。其可能的原因為市場上多為實現其價格資訊的資訊交易者，雖然干擾了 S&P500 指數選擇權市場中萃取波動率變動的資訊內涵，但並沒有干擾在 VIX 選擇權市場中萃取其價格變動的資訊內涵，所以才使得 S&P500 指數選擇權的資訊內涵不具有預測能力，但同時 VIX 選擇權所萃取的資訊內涵卻具有顯著性。

關鍵字：委託單不均衡、資訊內涵、波動率資訊

ABSTRACT



Most of the literature focuses only on how to extract the information from spot options market. However, for the S&P500 index, for example, investors can process volatility information by trading S&P500 index options and VIX options, or both. Therefore, this article follows Holowczakm, Hu, and Wu (2014) to aggregate information in option transactions and implements a regression model to test the proxy of volatility information generated from S&P500 index options and VIX options. The result shows there is a lack of sufficient evidence to indicate the volatility information from the S&P500 index option has a significant predictive ability. Yet the volatility information from the VIX option is meaningful.

The reason for the different results is possibly the type of informed traders in the market. If there are much more price informed traders than volatility informed traders in the market, to extract volatility information may face the potential interference. The volatility information in S&P500 index option market may be interfered, but the volatility information about S&P500 index realized volatility is extracted from the price information of VIX options market. This is why information content of the S&P500 index option does not have the predictive ability, but at the same time information content extracted from VIX option is significant.

Keywords : order imbalance 、 information content 、 volatility information

目錄



口試委員會審定書	#
誌謝	i
中文摘要	iii
ABSTRACT	iv
目錄	v
表目錄	vi
第一章. 緒論	1
第二章. 資料敘述	5
第一節. 資料來源.....	6
第二節. 實際波動率 (Realized Volatility, RV)	6
第三章. 研究方法	8
第一節. 決定每筆交易的驅動方向.....	8
第二節. 加總同一合約的資訊.....	9
第三節. 加總不同執行價格、到期日的合約.....	12
第四節. 迴歸模型.....	16
第四章. 實證結果	17
第五章. 結論	22
參考文獻	24

表目錄



表一 S&P500 指數選擇權每日成交資料敘述統計.....	26
表二 VIX 選擇權每日成交資料敘述統計.....	27
表三 實際波動率敘述統計.....	28
表四 S&P500 指數選擇權和 VIX 選擇權加權公式.....	29
表五 S&P500 指數選擇權之資訊內涵相關係數矩陣.....	30
表六 VIX 選擇權之資訊內涵相關係數矩陣.....	31
表七 S&P500 指數選擇權之資訊內涵迴歸結果.....	32
表八 S&P500 指數選擇權之資訊內涵迴歸結果 (包含控制變數).....	33
表九 VIX 選擇權之資訊內涵迴歸結果.....	34
表十 VIX 選擇權之資訊內涵迴歸結果 (包含控制變數).....	35

第一章. 緒論



目前普遍用於選擇權評價的模型，主要是依據 Black and Scholes (1973)的研究結果。Black and Scholes (1973)假設資本市場是完美的，沒有稅和交易成本，股票對於買賣及價格上下限並無限制。此外也假設股價的隨機過程符合對數常態分配。根據這樣的假設並假定資本市場是效率市場，市場上沒有套利機會存在，Black and Scholes (1973)證明了以一個無風險投資組合，包含無風險債券及標的物資產，可以組出選擇權的報酬，並評價選擇權價值。

儘管理論上選擇權的報酬可以被複製，然而實務上市場對於選擇權仍有強烈的需求。主要原因包含以下四點，首先是避險功能。當投資人持有現貨資產時，可以利用選擇權來達成避險。例如，投資人持有股票時，若擔心承受未來股價下跌的損失，投資人可以先買入賣權並依照特定履約價格在未來某一點出售股票。當未來股價下跌時，投資人得以依照履約價格出售股票，補償持有股票所受到的虧損。此外若是當未來股價上漲時，投資人可以選擇放棄履約。因此，投資人可以藉由付出選擇權的權利金來降低持有股票的風險。第二點為槓桿效果，投資人若想享有現貨資產價格變動帶來的好處，可以選擇付出小額的權利金來持有選擇權，而不須支付足額的資金來持有現貨資產。Black (1975)也指出假如投資人預期未來股價會下跌時，投資人可能選擇賣買權而非直接放空股票，因為賣買權能先收取權利金。當投資人的資本有限時，相比於持有現貨資產，選擇權的槓桿效果更具吸引力。第三點為遞延投資決策的功能，由於選擇權的設定允許購買者在未來某一時點才決定是否履約，因此投資人可以遞延其決策的時間點，等到市場趨勢明顯或投資人備妥足額的資金後再行決定是否履約。第四點為選擇權的交易具有資訊內涵。Easley, O'Hara, and Srinivas (1998)指出如果將選擇權的交易量區分為正向及負向的交易量，其分別對於股價的正向及負向的變動有預測能力，證實選擇權的交易量具有資訊內涵。而後許多的文獻皆支持此項結果，包含 Chan, Chung and Fong(2002)、Chakravarty, Gulen and Mayhew (2004)、Cao, Chen and Griffin (2005)以及 Pan and Poteshman (2006)。而除了前述所提及的槓桿效果會吸引許多資本有限的投資人交易選擇權之外，考量選擇權市場對於單一標的物資產提供多種不同規格的選擇權，資訊交易者可以更好地隱藏自己的交易意圖，因此也吸引許多資

訊交易者選擇於選擇權市場進行交易。選擇權市場有利於資訊交易者實現其私有資訊而獲利，也因此選擇權市場具有資訊內涵的特性。

目前普遍認為選擇權市場的交易包含了對於市場未來預期的交易資訊，此外選擇權市場的出現也使得資本市場更加完備並改善市場效率，讓資訊交易者除了股票市場外，有另一項選擇實現其私有資訊並進行交易的市場。因此，許多的文獻探討了選擇權市場隱含的資訊與標的物價格變動的關係。Whaley (2000)即指出當隱含波動率指數高的時候，代表同時間市場的動盪程度也高。有交易員認為此時也代表市場呈現超賣的情況，視為之後可進場做多的信號，把隱含波動率指數作為判斷股票市場狀況的一個參考。而後的文獻包含 Giot (2005)、Guo and Whitelaw (2006)以及 Banerjee, Doran, and Peterson (2007)也皆指出當隱含波動率到達一定的程度時，隱含波動率可作為一個判斷進出股票市場時間點的有效工具。而除了觀察隱含波動率與股票市場報酬之間的關係外，更多的文獻也探討了隱含波動率對於標的物市場波動率的預測能力。Day and Lewis (1992) 和 Lamoureux and Lastrapes (1993) 分別建立各自的 GARCH 模型 (Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity)，將隱含波動率作為外生變數納入，發現標的物的歷史波動率及隱含波動率都有提供增額的資訊，不過卻認為歷史波動率比起隱含波動率而言，對於未來波動率有更好的估計能力。Canina and Figlewski (1993)更指出不論是隱含波動率或者歷史波動率，對於 S&P 100 指數的波動率皆不具足夠的預測能力。不過 Christensen and Prabhala (1998)卻提出不一樣的見解。Christensen and Prabhala (1998)重新檢驗了隱含波動率與實際波動率 (Realized Volatility, RV) 之間的關係，儘管結果顯示隱含波動率對於標的物資產的波動率並非是不偏估計式，但卻佐證了隱含波動率確實對於未來的波動率有比歷史波動率更好的預測能力。而後的文獻也多為支持 Christensen and Prabhala (1998)的結果，包含 Fleming (1998)、Blair, Poon, and Taylor (2001)、Jiang, and Tian (2005)。Busch, Christensen, and Nielsen (2011)則是延伸考慮了三個市場，包含股票、外匯及債券市場。三個市場的結果都顯示隱含波動率針對標的物資產未來的波動率的確提供了增額資訊，且在外匯及股票市場中，隱含波動率是標的物資產未來波動率的不偏估計式。綜合以上，不論前述的文獻是驗證選擇權交易行為的資訊內涵或者是檢驗隱含波動率與標的物資產價格之間的關係，皆支持選擇權市場所隱含的資訊是具有一定的預測能力。

尤其是波動率具有可持續性及均值回歸(mean-reverting)的特性使得波動率有較好的可預測性，更讓藉由選擇權市場之資訊內涵所作的波動率預測特別有成效。

從選擇權市場中萃取資訊內涵來進行估計，最關鍵的挑戰之一是如何有效率地加總這些雖然是同一個標的物資產卻是不同合約規格的選擇權資訊。當一個投資人要實現其私有資訊，投資人除了有買權和賣權兩種選擇之外，還有不同執行價格、不同到期日等合約規格可作挑選。此外另一項挑戰即投資人可以透過這些不同合約規格的選擇權交易不同種類的資訊。例如當投資人看好標的物資產價格上漲的時候，除了可以選擇買進買權之外，投資人也可以選擇放空賣權的策略。若是投資人預期未來的波動率會上升的話，則可以同時買進買權跟賣權，避免標的物資產價格變動帶來影響的同時又能因標的物資產波動率上升而獲利。因此對於要估計選擇權市場的資訊內涵而言，找尋一個合適的方式去加總選擇權合約的資訊內涵是相當重要的。

過往的文獻常用的加總方式有兩種，第一種為僅考量單一選擇權合約的資訊內涵，另一種則是將所有合約的資訊內涵視為同等重要。採用前者的文獻包含 Chan, Chung and Fong(2002)、Holowczak, Simaan and Wu (2006)，後者則有 Easley, O'Hara, and Srinivas (1998)和 Pan and Poteshman (2006)。然而兩者的方式皆有各自的問題。僅看單一合約的問題在於忽略了大部分其他合約的資訊內涵，可能會出現估計失真的情況。例如選擇的單一合約成交量相較於其他合約較小，但是其資訊內涵推論的標的物價格變動方向卻與其他合約的結果相反。那麼相較於選擇的合約，其他被忽略但成交量較大的合約之資訊內涵很可能才是真正能推論出標的物資產價格變動的方向。將所有合約的資訊內涵視為同樣權重的問題則是資訊交易者並非隨意選擇某個合約進行交易。資訊交易者會考量市場的深度、合約的流動性及槓桿比例等因素來最適化配置其交易標的。因此每個合約所隱含的資訊內涵，其重要性並不相等。而後的文獻也提供調整權重的可能方向，例如 Bollen and Whalley (2004)檢驗以價格敏感度(delta)加權的選擇權委託單流量(order flow)對隱含波動函數的影響。而 Ni, Pan and Poteshman(2008)以價格規模和波動率敏感度(vega)加權的選擇權成交量去預測橫截面下的 RV。以上兩篇文獻提供後續文獻將 delta 和 vega 納入權重調整的想法。Holowczak, Hu, and Wu(2014)即彙整了過往文獻的想法，提出了更系統化加總不同執行價格和到期日選擇權合約資訊內涵的方式。該文獻



指出若是想要萃取有關標的物價格變動的資訊內涵，應要考慮到標的物資產價格變動對選擇權合約所帶來的風險。常見衡量價格變動風險的指標即為 delta 值，代表當標的物資產價格變動對選擇權價格變動的影響程度。同樣地，當想要萃取有關標的物資產波動率變動的資訊內涵時，其合適的衡量指標即為 vega 值，代表當標的物資產波動率變動對選擇價格變動的影響程度。綜合前文所述，該文獻即建立了兩項衡量資訊內涵的指標，分別為加總 delta 值委託單不平衡(aggregate delta order imbalance, ADOI)和加總 vega 值委託單不平衡(aggregate vega order imbalance, AVOI)，並佐證了 ADOI 對於同期及未來的標的物資產報酬率呈現正相關。同樣地，AVOI 對於同期及未來的標的物 RV 也呈現正相關，說明了這兩項指標能夠有效地加總選擇權交易的資訊內涵。

由前文的敘述可知，過往的文獻除了佐證了選擇權市場的資訊內涵，也歸納出隱含波動率是個標的物未來波動率良好的估計式。此外也探討了如何加總選擇權資訊內涵的方式，不過大部分的文獻僅著重於如何萃取標的物資產所對應的選擇權市場資訊而已。然而以 S&P500 指數為例，投資人實現其波動率資訊的方式除了交易 S&P500 指數選擇權之外，也可以交易 VIX 選擇權。Wang (2013)指出 S&P500 指數選擇權市場及 VIX 選擇權市場的交易行為都提供了有用的資訊內涵以預測 S&P500 指數的波動率，而且後者的交易行為比前者更有預測的能力。因此本文將採用 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的加總方式分別檢驗 S&P500 指數選擇權和 VIX 選擇權的資訊內涵，探討這兩個選擇權市場的資訊內涵是否對於 S&P500 指數的波動率有著顯著的預測能力。其檢驗結果為 S&P500 指數選擇權的波動率資訊內涵尚未顯示具有顯著的預測能力，而 VIX 選擇權的波動率資訊內涵則是不論使用哪個加權方式皆呈現顯著性，再次佐證資訊交易者會選擇在 VIX 選擇權市場中交易有關於 S&P500 指數的波動率資訊。

本文接下來的內容主要為四個部分。首先是資料敘述，說明資料的來源及性質。再來是研究方法，依照 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的方法計算 ADOI 及 AVOI 指標以便分別捕捉針對標的物資產價格變動及波動率變化的資訊內涵，而後並建立迴歸模型來檢測其預測能力。接著是列出實證結果並探討標的物資產選擇權市場與波動率選擇權市場資訊的預測成效。最後則是結論的部分。



第二章. 資料敘述

本文分析之標的物為 S&P 500 指數及其對應的指數選擇權(S&P 500 Index options, SPX)和波動率選擇權(VIX options)。S&P 500 指數是記錄美國 500 家上市公司的一個股票指數。這個股票指數由標準普爾公司創建並維護。此指數覆蓋的所有公司，都是在美國主要交易所，如紐約證券交易所、Nasdaq 交易的上市公司。涵蓋的公司較為廣泛，產業種類多樣，風險較為分散，因此也更能夠反映美國整體的市場變化，普遍被市場認為具有面向廣、代表性強、精確度高、連續性好等特點，是一種理想的指數選擇權合約標的。而其指數選擇權 SPX 由芝加哥選擇權交易所 (Chicago Board Options Exchange, CBOE) 所推出，是目前全球成交量最大的歐式選擇權合約之一。其良好的流動性提供交易者用於避險或投機，是市場上相當受歡迎的避險工具。

而波動率指數(Volatility Index, VIX)也是由 CBOE 在 1993 年推出，為 SPX 隱含波動率加權平均後所得之指數，反映 S&P500 指數未來 30 天的隱含波動率。早期的計算方式主要是先選取 S&P100 指數選擇權的近月份與次近月份中最接近價平的買權及賣權，並且在最接近價平的合約當中各挑選一個目前屬於價內及價外的合約，總共八個。然後分別計算其隱含波動率之後再加權平均所得出的指數。後來 CBOE 在 2003 年修正將選取標的從 S&P100 改為 S&P500 並將最接近價平的買權及賣權的合約改為所有合約。透過更廣泛的標的選取來提供市場參與者一個更能夠反映大盤整體走勢的指標。此指數反映出投資者對於股市未來情況的恐慌程度，因此又稱為「恐慌指數」。當指數愈高時，代表投資人預期股市的波動程度會增加，對於後市狀況感到不安；當指數愈低，則代表投資人預期股市的波動程度會減緩。由於該指數反映了指數選擇權市場的參與者對於股市未來波動程度的看法，因此便常被利用來判斷市場多空的逆勢指標。其所對應的選擇權即為波動率選擇權(VIX options)。



第一節. 資料來源

本文研究之 S&P500 指數選擇權及波動率選擇權，其交易資料皆來自 CBOE。其內容包含報價、交易日期、交易時間、到期日、買權或賣權、買入價、賣出價、買入數量、賣出數量及當時的標的物價格等資訊。資料日期從 2008 年 1 月 2 日開始至 2014 年 12 月 31 日止，共 7 年，1,761 個交易日。為了避免包含不必要的資訊，本文針對樣本內容依照以下條件進行過濾。第一，不納入盤前及盤後的成交資料。第二，不包含剛開盤後 15 分鐘及收盤前 5 分鐘的成交資料。第三，不包含到期日不到十天的選擇權。過濾後的樣本中，S&P500 指數選擇權有 12,131,929 筆成交筆數，波動率選擇權則有 3,668,074 筆成交筆數。

表一列出了 S&P500 指數選擇權過濾後樣本的敘述統計。其中可以看出每年成交筆數大致呈現走升的情況，不論是每日平均成交筆數或者每日成交筆數的中位數皆呈現走升趨勢，顯示 S&P500 指數選擇權的交易活動越來越熱絡，不過同時冷清的交易日與熱絡的交易日之間的成交筆數差異也越來越大。而表二則列出 VIX 選擇權過濾後樣本的敘述統計。相較於 S&P500 指數選擇權，VIX 選擇權成交筆數較少，不過也是呈現大致每年成交筆數持續走升的情況。兩個選擇權市場的成交筆數皆在 2012 年呈現略微下滑，顯示該年對於選擇權市場的需求略為降溫，不過 2013 年後即回復增長，也紛紛都在 2014 年創下七年來最多的成交筆數，可見兩個選擇權市場的發展也越來越成熟。

此外本文中的利率採用零息債券的收益率曲線，其資料來源為 OptionMetrics 資料庫，內容包含當天日期及不同長短天期的利率。除此之外，S&P500 指數及波動率指數(VIX)的收盤價、S&P500 指數選擇權及波動率選擇權的隱含波動率之資料也皆來自於 OptionMetrics 資料庫。

第二節. 實際波動率 (Realized Volatility, RV)

本文選定的檢測的標的為 S&P500 指數的 RV，其資料來源為 OlsenData。本文根據 Andersen, Bollerslev, Diebold, and Eben (2001)的文獻內容來計算 RV，其定義每日的 RV 為當日日內報酬率平方加總的平方根，而日內報酬率計算的頻率為每五分鐘一

次。表三列出了樣本期間內 S&P500 指數 RV 的敘述統計。其中可以看出前四年 RV 的平均值、標準差都明顯大於後三年，顯示前四年的波動較為劇烈，後三年的波動較為平緩，尤其以 2008 年金融海嘯當年之平均值、標準差、最大值皆為歷年之最。





第三章. 研究方法

本文依照 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的方法加總選擇權市場的委託單不平衡。其中包含四個步驟。第一步是必須先確定每筆交易的方向，即交易是由買方還是賣方發起。每筆交易都有兩個交易對手，而發起交易的那一方即是支付買賣價差進入交易，另一方（造市商或限價單提供商）通過向發起交易方提供流動性來收取價差。因此當交易的價格若在賣價(ask price)時，此交易會被認為是由買方發起，因為買方支付超過中間價(mid quote)來發起交易，同時賣方在此交易中收到超過中間價的價格。另一方面，當交易價格若在買價(bid price)時，賣方被視為是此交易的發起方，因為賣方收到的價格低於中間價，代表賣方付出中間價還加上一個利差來進入交易。第二步則加總在一定時間長短內買方和賣方驅動的交易，用以估計出加總的委託單不平衡。而此項估計的關鍵取決於考量的時間範圍長短和如何調整每個交易的權重大小。若只是考量股票市場的委託單不平衡，則只需要前面兩步即可，然而對於選擇權市場而言，還需考量針對同一標的物資產之不同到期日、不同執行價格的合約。因此第三步即先加總同一到期日、執行價格下買權和賣權的委託單不平衡。第四步即加總不同到期日、不同執行價格合約的委託單不平衡。最後更進一步建立迴歸模型來檢驗加總結果的預測能力。接下來本文將會詳細地描述每一步的執行細節。

第一節. 決定每筆交易的驅動方向

本文依照 Lee and Ready(1991)的判斷方式來決定每個選擇權合約每筆交易的驅動方向。如果成交價高於前一個有效的中間價，代表發起交易的那方願意出比中間價還高的價格成交，則此筆交易被視為是買方驅動。如果成交價低於前一個有效的中間價，說明此筆交易的發起方願意賣在比中間價還低的價格，則此筆交易即被視為是賣方驅動。若是成交價格剛好若於前一個有效的中間價上，則此時必須與前一個相異的成交價格進行比較。類同前面所述，如果此成交價格高於前一個相異的成交價格，則此筆成交將被歸類於買方驅動。若是低於前一個相異的成交價格，則此筆成交歸類於賣方驅動。此方式能夠判斷大部分交易的驅動方向，

S&P500 指數選擇權中僅有 5.62% 的交易是屬於無法判別，VIX 選擇權中則僅有 5.52%。這些交易無法判別的主因主要是沒有前一個有效的中間價或者是儘管有前一個有效中間價，但此中間價與成交價格相同，而前一個成交價也與此成交價格相同，導致無法判別。在本文後續的分析中，並未納入這些無法判別的交易，將其資訊內涵視為是無法判別，因此未予採納。

Lee and Ready(1991)在比較成交價與前一個有效中間價時有時間間格五秒鐘，即選擇成交價與五秒前的中間價進行比較。該文獻採用時間間格的考量是擔憂會有潛在的可能性出現報價延遲的情況。不過 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)認為不需要有時間間格，直接將成交價與前一個時間點最接近的中間價比較即可。該文獻發現在沒有採用時間間格的狀況下，其實大部分的交易即已落在買價或賣價，並無出現所謂系統性的報價延遲。

在本文所探討的整體樣本中，買賣方驅動的筆數呈現略為不平衡的現象，為賣方發動的筆數較多。S&P500 指數選擇權有 51.84% 的交易是由賣方所驅動，VIX 選擇權中則是有 51.81% 的交易是由賣方所驅動。兩個市場皆略有不平衡的現象，但差異並不大。

第二節. 加總同一合約的資訊

針對同一選擇權合約，本文也沿用 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的概念採用淨委託單不平衡(net order imbalance)來衡量在一段固定時間內的交易不平衡，其定義為在這段時間內的買方驅動筆數扣除賣方驅動筆數。本文以 $COI(K,T)$ 來代表執行價格 K ，到期日為 T 之買權的淨委託單不平衡，以 $POI(K,T)$ 來代表執行價格 K ，到期日為 T 之賣權的淨委託單不平衡。在計算淨委託單不平衡時必須考慮兩件事情。第一為多久加總一次委託單不平衡，第二為各個交易的權重多寡。

加總期間長短的選擇代表著在降低隨機的雜訊和捕捉資訊傳遞的週期這兩者之間做取捨。加總期間若選擇相當短的時間，期間內成交的筆數不多，恐容易產生有雜訊、不穩定的估計。增加加總的期間能夠包含更多的成交筆數，對於交易的不平衡也能有更準確的估計。然而，另一方面來說，若是交易頻率高且資訊傳遞很快的話，則委託單不平衡所帶有的資訊內涵也會很快地消失，因此不宜設置



過長的加總期間，否則難以真正地捕捉到委託單不平衡所帶有的資訊。將以上兩個面向都列入考量，即代表加總的區間必須夠長來包含合理且足夠的交易筆數，但也同時必須夠短來揭露資訊事件傳遞的過程。Holowczakm, Hu, and Wu(2014)考量不同的時間區間來加總淨委託單不平衡，最短為五秒鐘至最長為十五分鐘，其目的為藉由選擇不同的時間區間來探討標的物資訊傳遞的速度。而由該文獻所選擇的區間可知，Holowczakm, Hu, and Wu(2014)著重於分析短期(日內)資訊流對於標的物報酬率及波動率的影響。而本文所選擇的區間為一天，藉由分析一天內的淨委託單不平衡來檢驗其對於隔日波動率的預測能力，相較 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)之下屬於探討資訊流較為長期的影響。

文獻上普遍考慮兩種加權方式來處理加總同一時間區間內不同的交易。第一種是以該交易的交易量來加權，則淨委託單不平衡代表此區間內的淨買入量。第二種則是將每筆交易給予同樣的權重，無論其成交量的多寡，則淨委託單不平衡代表此區間內屬買方驅動交易的數量。採用成交量加權的問題在於會過度放大單一鉅額成交所隱含的資訊之重要性。這種鉅額的成交通常發起方會透過證券經紀商(brokerage firms)先行找好接手的對家並事先談好交易的條件，因此被視為是有延遲且較不具資訊內涵的交易。而採用每筆交易給於同樣權重的方式也有其問題，相對於第一種方式反而會被質疑過度看重一些極小額度交易的資訊內涵。在股票選擇權市場中，單筆僅成交一口的交易會被視為是零散不具資訊價值的交易。然而許多研究市場微結構理論的文獻發現交易的數量其實比交易量本身更具有資訊價值，例如 Jones, Kaul and Lipson(1994)、Ané and Geman(2000)以及 Izzeldin(2007)。因此本文採用第二種方式，給予每筆交易同樣的權重來進行加權同一合約的委託單不平衡。

同一個執行價格及到期日下的選擇權合約有兩種，一個為買權，另一個為賣權。此兩個合約對於標的物資產價格的變動風險呈現相反的方向，即當標的物資產價格上漲時，有利於買權的價格，但卻不利於賣權的價格。不過若是針對標的物資產的波動率風險，則此兩個合約呈現相同的方向，即當標的物資產的波動率上升時，皆有利於買權和賣權。因此如果想要萃取有關標的物資產價格變動的資訊，應該給予買權的淨委託單不平衡為正的權重，給予賣權的淨委託單不平衡為負的權重，加總出來的委託單不平衡才能反映標的物資產價格變動的資訊。同理

可證，若是想萃取有關標的物資產的波動率風險，則應該給予買權和賣權的淨委託單不平衡皆為正的權重，因為波動率上升都有利於買權和賣權。從有關於選擇權定價的文獻中可知常用於衡量標的物資產價格變動風險的指標即為 delta 值，為選擇權價格對於標的物資產價格的一階偏微分。而衡量有關標的物資產波動率變動風險的指標為 vega 值，為選擇權價格對於標的物資產波動率的一階偏微分。在加總同樣執行價格、到期日下的買權及賣權合約時，將用到此兩個指標作為權重的調整來建立兩個類型的委託單不平衡。此兩個類型分別為價格敏感度的委託單不平衡(delta order imbalance, DOI)和波動率敏感度的委託單不平衡(the vega order imbalance, VOI)，其定義如下：

$$DOI(K, T) = N(d) * COI(K, T) - (1 - N(d)) * POI(K, T) \quad (1)$$

$$VOI(K, T) = n(d) * \sqrt{T} * (COI(K, T) + POI(K, T)) \quad (2)$$

其中， $N(d)$ 和 $n(d)$ 分別代表標準常態分配的累加機率密度函數和機率密度函數。而

$$d = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \frac{1}{2} * \sigma^2 * T}{\sigma * \sqrt{T}} \quad (3)$$

F 為理論的遠期價格，其計算方式為 Se^{rT} ， σ 為針對標的物資產波動率的估計，而本文在實證上採用當日該選擇權合約的隱含波動率作為 σ 的合理估計式。此外本文探討的樣本為指數選擇權及其波動率指數的選擇權，因此假設股利率為 0，沒有股利發放。式(1)透過 delta 值的調整來加總委託單不平衡，用以衡量針對標的物資產價格變動的加總資訊。而式(2)則是透過 vega 值的權重調整，用以衡量針對標的物資產波動率的加總資訊。

股票的買賣通常只是表達對於股價變動方向的預期。買方代表預期未來的股價價格會上漲，而賣方代表預期未來股票的價格下跌。然而，選擇權的交易並非只是單純表達對於股價變動方向的預期，還包含對於波動率變動的預期，因此加總選擇權委託單不平衡的方法將攸關於想要從選擇權市場的交易中萃取出甚麼樣的資訊。Holowczakm, Hu, and Wu(2014)即透過式(1)和式(2)來區分從買權和賣權的委託單不平衡中加總甚麼樣類型的資訊。



第三節. 加總不同執行價格、到期日的合約

若要以加總不同執行價格、不同到期日選擇權合約中標的物資產價格變動和波動率變動的資訊，同時也必須要考慮來自其他風險維度的潛在干擾。一般而言，大部分的選擇權交易都集中於到期日短且為價平的選擇權合約。這類的選擇權合約有最窄的買賣價差，因此假設其他條件都相同的情況之下，資訊交易者最可能選擇配置其資本於這類最活躍的選擇權合約來減緩市場的影響和降低交易成本。另一方面來說，當交易落於深度價外(執行價格與現貨價格相去甚遠)或者到期日還非常長的選擇權合約時，交易的動機恐怕不同於想要從標的物資產短期的價格變動或波動率變動中獲利，尤其考量這類合約的交易成本相對較高。舉例而言，深度價外的賣權常常被用來做為避險的用途，以防範市場出現崩盤的情況。若是打算避開公司長期結構性交易，像是併購等交易所帶來的風險，交易者會選擇交易長到期日的選擇權合約，尤其這類合約較不受短期標的物資產價格波動的影響。

本文也參照 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的方式，列出六種計算不同執行價格、不同到期日合約的加權方式，並說明每一種加權方式的考量。前四種方式為 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)所率先提出的加權方法，後兩種方式則為以往文獻常用的方式，本文也會一併考慮此六種加權方式對於委託單不平衡之預測能力的影響。以下分別列述此六種方式：

1. 希臘字母加權法(Greek weighting, GK)：僅將 delta 值和 vega 值隱含的標的物資產風險視為相關的考量，不考量其他可能的影響。其針對標的物資產價格和波動率相關委託單不平衡的定義僅僅為式(1)和式(2)各自直接加總不同執行價格、不同到期日的選擇權合約，並無其他權重調整，公式如下：

$$ADOI_{GK} = \sum_{j=1}^N DOI(K_j, T_j) \quad (4)$$

$$AVOI_{GK} = \sum_{j=1}^N VOI(K_j, T_j) \quad (5)$$

其中，N 代表考慮所有不同執行價格、不同到期日的選擇權合約種類數量。

2. 到期日折現法(Maturity discount ,MD)：將委託單不平衡依照不同的到期日進



行權重調整。越遠期的選擇權合約權重越低，即代表越快到期的選擇權合約，其隱含的資訊內涵較為重要。公式如下：

$$ADOI_{MD} = \sum_{j=1}^N e^{-(M_j-1)^2} * DOI(K_j, T_j) \quad (6)$$

$$AVOI_{MD} = \sum_{j=1}^N e^{-(M_j-1)^2} * VOI(K_j, T_j) \quad (7)$$

其中 $M_j = \max(1, T_j * 12)$ 以月為單位來衡量到期日的長短，最小值為1，故不到一個月的 M_j 數值皆為1，其所獲得的權重皆為1，並無到期日折現。而超過一個月或者更長期的選擇權合約將會依照其到期日進行折現，所獲得的權重將會小於1，其折現的幅度呈現指數遞減。

3. 執行價格折現法(Strike discount, KD)：將委託單不平衡依照不同的執行價格進行權重調整。其執行價格越遠離現貨價格的選擇權合約權重越低，即代表越接近價平的選擇權合約，其隱含的資訊內涵較為重要。公式如下：

$$ADOI_{KD} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2} * DOI(K_j, T_j) \quad (8)$$

$$AVOI_{KD} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2} * VOI(K_j, T_j) \quad (9)$$

其中 d_j 即為式(3)計算的結果，代表此選擇權合約價內外的程度。當選擇權為價平時， d_j 值為0，該合約的權重即為1。而越遠離價平的選擇權合約，其權重會隨著 d_j 的絕對值增加而減少。

4. 到期日與執行價格折現法(Maturity and strike discount, MK)：將委託單不平衡同時考慮不同的執行價格、不同到期日進行權重調整，其概念即為結合前面兩種加權方式來調整。公式如下：

$$ADOI_{MK} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2(M_j-1)^2} * DOI(K_j, T_j) \quad (10)$$



$$AVOI_{MK} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2(M_j-1)^2} * VOI(K_j, T_j) \quad (11)$$

其中權重為 1 的選擇權合約即代表其為價平的選擇權($d_j = 0$)且該合約的到期日小於等於一個月。其他選擇權合約的權重則隨 d_j 的絕對值增加和到期日的增加而減少。

5. 單一合約法(One pair, OP): 僅僅選擇一個選擇權合約的委託單不平衡作為依據，其餘選擇權合約的資訊內涵皆選擇忽略不計。公式如下：

$$ADOI_{OP} = \sum_{j=1}^N 1_{d_j=0, M_j=1} (COI(K_j, T_j) - POI(K_j, T_j)) \quad (12)$$

$$AVOI_{OP} = \sum_{j=1}^N 1_{d_j=0, M_j=1} (COI(K_j, T_j) + POI(K_j, T_j)) \quad (13)$$

其中 $1_{d_j=0, M_j=1}$ 代表選擇權合約中到期日最接近一個月的價平選擇權，其權重為 1，其餘合約皆為 0，等於將選擇權合約中到期日最接近一個月的價平選擇權之資訊內涵視為最有價值。不同於前面四種方法有針對買權和賣權的委託單不平衡之權重進行 delta 值和 vega 值的調整，此方式僅考慮單一同樣執行價格和到期日的買權和賣權。針對標的物資產價格變動對於買權和賣權的影響為反向，標的物資產波動率變動對於買權和賣權的影響為同向來計算。此種只考慮一個選擇權合約的買權和賣權之較為極端的加權方式被採納於部分的文獻中，例如 Chan, Chung and Fong(2002)。

6. 平等權重法(Equal weighting, EQ): 考量所有種類的選擇權合約並將每個選擇權合約的資訊內涵視為是同等重要。公式如下：

$$ADOI_{EQ} = \sum_{j=1}^N (COI(K_j, T_j) - POI(K_j, T_j)) \quad (14)$$

$$AVOI_{EQ} = \sum_{j=1}^N (COI(K_j, T_j) + POI(K_j, T_j)) \quad (15)$$

此加權方式並未考量價格敏感度和波動率敏感度來調整權重，然而仍是以往

文獻中最常採用的方式，包含 Easley, O'Hara, and Srinivas (1998)和 Cao, Chen and Griffin (2005)。

本文前述曾提及投資人實現 S&P500 指數波動率資訊的方式除了交易 S&P500 指數選擇權之外，也可以交易 VIX 選擇權，或者兩者都交易。因此本文將依照 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的加總方式採用 ADOI、AVOI 的概念分別從 S&P500 指數選擇權和 VIX 選擇權來萃取其資訊內涵。為了區分從 S&P500 指數選擇權中萃取的波動率資訊與 VIX 選擇權中萃取的波動率資訊，前文所提及相關的變數將會以下標 SPX 代表從 S&P500 指數選擇權中所萃取的資訊內涵，以下標 VIX 代表從 VIX 指數選擇權中所萃取的資訊內涵。而本文選定的標的為 S&P500 指數的 RV，因此針對 S&P500 指數選擇權只會探討其資訊內涵有關於 S&P500 指數 RV 的部分，也就是與 vega 值有關的 AVOI。而針對 VIX 選擇權的資訊內涵，由於該選擇權合約的標的物為 VIX 指數，因此若是要萃取其選擇權合約有關於 S&P500 指數 RV 的資訊內涵，必須先區分該選擇權的買權和賣權受到 S&P500 指數 RV 變動影響的方向。當 S&P500 指數的 RV 上升時，VIX 指數會呈現上漲的現象，此時有利於 VIX 選擇權的買權價格，但卻不利於 VIX 選擇權的賣權價格。因此可知，VIX 選擇權的買權和賣權針對當 S&P500 指數的 RV 上升時，其受到影響的變動方向並不相同而且是呈現反向的變動。因此如果想要從 VIX 選擇權合約中萃取有關 S&P500 指數 RV 變動的資訊內涵，應該給予 VIX 選擇權之買權的淨委託單不平衡為正的權重，給予 VIX 選擇權之賣權的淨委託單不平衡為負的權重，加總出來的委託單不平衡才能反映 S&P500 指數 RV 的變動風險。此外 VIX 選擇權合約的 delta 值反應了 VIX 指數價格波動所帶來的風險，亦即代表 S&P500 指數 RV 變動的風險，因此若想探討 VIX 選擇權合約中有關於 S&P500 指數 RV 的資訊內涵，則必須選擇與 delta 值有關的 ADOI 來計算，不同於 S&P500 指數選擇權採用 vega 值有關的 AVOI 來計算。表四即列出針對 S&P500 指數選擇權和 VIX 選擇權在萃取自關於 S&P500 指數 RV 變動的資訊內涵時，六種加權方式分別採用的計算公式。

第四節. 迴歸模型

根據前文所列出的計算方式，S&P500 指數選擇權的資訊內涵指標為 $AVOI_{SPX}$ ，而 VIX 選擇權的資訊內涵指標為 $ADOI_{VIX}$ 。接著本文將檢驗這兩個資訊內涵指標對於未來 S&P500 指數 RV 的預測能力。其檢驗的迴歸模型將如下列所示：

$$RV_{t+1} = a + bX_t + c_1VIX_t + c_2RV_t + c_3RV_{t-1} + c_4RV_{t-2} + c_5RV_{t-3} + c_6RV_{t-4} + \varepsilon_t \quad (16)$$

其中 RV_{t+1} 代表 t+1 期 S&P500 指數的 RV。 X_t 代表第 t 期要檢驗的資訊內涵指標，即檢驗 S&P500 指數選擇權的話， X_t 為 $AVOI_{SPX,t}$ ，而 VIX 選擇權的話， X_t 為 $ADOI_{VIX,t}$ 。 VIX_t 代表第 t 期的 VIX 指數。 RV_t 、 RV_{t-1} 、 RV_{t-2} 、 RV_{t-3} 、 RV_{t-4} 分別代表第 t、t-1、t-2、t-3、t-4 期 S&P500 指數的 RV。考量到 VIX 指數本身被證實能夠預測 S&P500 指數的 RV 以及 RV 具有波動率持續性的特性，故本文選擇採用 VIX 指數及前五期的 RV 作為控制變數。藉由式(14)的迴歸模型，本文可以探討分別從兩個選擇權市場中萃取出來的兩個資訊內涵指標各自對於 S&P500 指數 RV 的預測能力，以及六種不同加權方式對於預測能力之影響。

第四章. 實證結果



針對兩個選擇權市場各自計算所得的波動率資訊內涵指標，本文將考量六種加權方式(GK, MD, KD, MK, OP, EQ)來加權不同執行價格及不同到期日的選擇權合約，即 $AVOI_{SPX}$ 和 $ADOI_{VIX}$ 會有六種計算的方式。此外在採用迴歸模型實證的時候，本文也會檢驗兩種情況。第一種為沒有控制變數的情況下，檢驗波動率資訊內涵指標的預測能力。第二種即加入控制變數後，檢驗波動率資訊內涵指標的預測能力。

表五列出 S&P500 指數選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標、t+1 期的 S&P500 指數的 RV 以及控制變數的相關係數矩陣。首先可以觀察到，不論哪一種加權方式對於 t+1 期 S&P500 指數 RV 的相關係數皆呈現低度相關，且除了 OP 法是正相關外，其餘皆為負相關。相關性最高的為 EQ 法，其值為-0.175，最低的為 OP 法，僅 0.039。單就相關係數來看，無法說明這些資訊內涵指標是否具有解釋 t+1 期 S&P500 指數 RV 的能力。而這些資訊內涵指標與控制變數間也皆呈現低度相關，除了 OP 法也是呈現正相關以外，其餘也皆是為負相關。EQ 法與控制變數的負相關性較其他五種加權方式略高，最高為-0.239，但也屬低度相關，顯示這些資訊內涵指標與控制變數間並無共線性的問題。

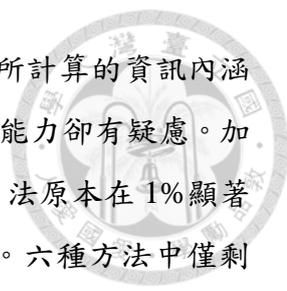
表六列出 VIX 選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標、t+1 期的 S&P500 指數的 RV 以及控制變數的相關係數矩陣。如同 S&P500 指數選擇權的情況，不論哪一種加權方式對於 t+1 期 S&P500 指數 RV 的相關係數皆呈現低度相關，不過除了 OP 法為負相關外，其餘皆為正相關。相關性最高的仍為 EQ 法，其值為 0.100，最低的為 OP 法，僅-0.011。如同 S&P500 指數選擇權的結論，單就相關係數來看，無法說明這些資訊內涵指標是否具有解釋 t+1 期 S&P500 指數 RV 的能力。而這些資訊內涵指標與控制變數間大部分皆呈現低度正相關，而 OP 法則是皆呈現負相關。EQ 法與控制變數的負相關性較其他五種加權方式略高，最高為 0.091，仍屬於低度相關，VIX 選擇權的資訊內涵指標也是與控制變數間並無共線性的問題。

綜合以上，不論是 S&P500 指數選擇權或 VIX 選擇權，其資訊內涵指標與 t+1 期 S&P500 指數 RV 的相關係數呈現低度相關，與控制變數也呈現低度相關，也無法說明這些資訊內涵是否有預測能力。此外加權的方式中，OP 法與其他五種方式皆呈現相異的結果，其相關性的方向不同於其他方式，顯示儘管有些文獻採用 OP

法作為加權的方式，但用來萃取選擇權交易的資訊內涵恐怕會得到與其他方式相異的結果，使得其合適性留有疑慮。

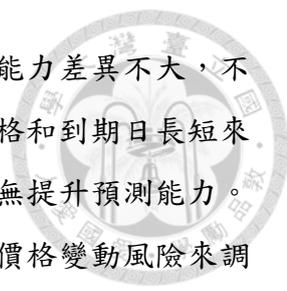
表七 S&P500 指數選擇權之資訊內涵迴歸結果表七列出 S&P500 指數選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 AVOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust)的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。六種方法中，僅有 MK 法和 EQ 法所計算出的 AVOI 在 1% 顯著水準下仍為顯著，GK 法則是在 5% 顯著水準下有預測能力，MD 法和 OP 法僅能在 10% 顯著水準下有預測能力，表現最差的方法為 KD 法，顯示僅僅透過執行價格進行權重調整對於預測能力並無幫助，不如選擇直接加總 VOI 的 GK 法。但從 MK 法預測能力優於 MD 法可知，當已經考量了到期日長短調整權重後，執行價格也做權重調整確實能提升預測能力。此外從 GK 法優於 MD 和 KD 法可知，若是要考慮執行價格和到期日長短來調整權重的話，兩者應一同考慮來調整權重，否則僅考慮其中一項對於預測能力的提升並無幫助。而部分文獻採納的 OP 法僅能在 10% 顯著水準下有預測能力，也代表其他被 OP 法所忽略的選擇權合約仍具有一定的資訊內涵價值。而表現最好的加權方式為 EQ 法，凸顯了其他四種(GK 法、MD 法、KD 法、MK 法)有考慮 vega 值來調整反而並無提升預測能力，這點與 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的結果不合(該文獻的結果顯示加總波動率資訊內涵以 MD 法表現最好)。不過是否代表 EQ 法是合適的加權方式也令人質疑，其迴歸係數(R^2)以及調整後的迴歸係數(Adjusted R^2)僅有 0.031，解釋能力相當低。因此綜合以上，考量大部分(除 OP 法外)皆與 S&P500 指數的 RV 解釋能力相當低，儘管部分方法(MK 法、EQ 法)具統計上顯著意義，但並不具備足夠說服力證明 S&P500 指數選擇權中萃取出來有關於波動率的資訊內涵對於 S&P500 指數的 RV 有預測能力。

表八列出 S&P500 指數選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 AVOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust)的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。包含的控制變數有六項，分別是第 t 期的 VIX 指數、第 t、t-1、t-2、t-3、t-4 期 S&P500 指數的 RV。與表七進行比較可以發現有截然不同的結果。首先是放入這些控制變數確實對於解釋 S&P500 指數 RV 的能力有顯著的提



升， R^2 可達 73.5%，Adjusted R^2 也有 73.4%，然而這六種方法所計算的資訊內涵指標 AVOI 是否有提升此迴歸模型對於解釋 S&P500 指數 RV 的能力卻有疑慮。加入控制變數後，所有方法的 AVOI 顯著性皆為下降，尤其是 MK 法原本在 1% 顯著水準下能有解釋力，但加入控制變數後呈現不具解釋力的情況。六種方法中僅剩 EQ 法能在 5% 顯著水準下具有解釋能力，其餘皆呈現不顯著的狀態，代表在表七中所表現出來的顯著性其實是包含了這些控制變數的解釋能力，計算所得的 AVOI 本身並不具有解釋能力。此結果的原因有三種可能，第一種可能為 S&P500 指數選擇權的交易行為中並不具備有 S&P500 指數 RV 的波動率資訊內涵，但由於 EQ 法在 5% 顯著水準下仍具有預測能力，說明 S&P500 指數選擇權的交易行為應仍含有針對 S&P500 指數 RV 的資訊內涵，故此項的可能性較低。而第二種可能的原因是考慮 vega 值調整權重，甚至還考慮執行價格、到期日長短等給予不同權重的方式並沒有有效地萃取出 S&P500 指數選擇權的波動率資訊內涵。Holowczakm, Hu, and Wu(2014)選擇的標的物資產為那斯達克 100 指數選擇權來檢驗，不過也許同樣的加權方式並不適用於 S&P500 指數選擇權。第三種可能性是資訊交易者買賣 S&P500 指數選擇權時，其交易的目的可能是為了 S&P500 指數價格變動的資訊或者 S&P500 指數波動率變動的資訊，抑或者是兩者都不是。其交易資訊的類型較為複雜，除了不容易將所有交易資訊歸類為價格資訊和波動率資訊兩類之外，萃取波動率資訊的計算過程可能也受到資訊交易者交易價格資訊或其他目的的資訊所干擾，因此使得 AVOI 的解釋能力不佳。故綜合以上，從 S&P500 指數選擇權的交易行為中萃取出來的 AVOI 對於 S&P500 指數的 RV 並不完全具有足夠的預測能力，僅 EQ 法可以在 5% 的顯著水準下具有預測性，其餘方法皆完全不具解釋能力。

表九列出 VIX 選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 ADOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust)的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。不同於 S&P500 指數選擇權，六種方法中，僅有 OP 法所計算出的 AVOI 完全不具備任何預測能力，其餘五種加權方法在 1% 顯著水準下皆為顯著。如同 S&P500 指數選擇權的結果，部分文獻採納的 OP 法並不具備良好的預測能力，也代表其他被 OP 法所忽略的選擇權合約仍具有一定的資訊內涵價值，顯示 OP 法不是一個合適萃取選擇權合約資訊內涵的方式。比較四種有考慮過 VIX 指數價格



變動調整權重的方法(即 VIX 選擇權的 delta)，各個方式的預測能力差異不大，不過也可以從 GK 法略優於 MD 和 KD 法發現若是要考慮執行價格和到期日長短來調整權重的話，兩者應一同考慮來調整權重，僅考慮其中一項並無提升預測能力。此外由於 MK 法並無優於 GK 法，因此說明其實依照 VIX 指數價格變動風險來調整權重已足夠，並不需要特別考量執行價格與到期日長短來修正權重的大小，也顯示市場上交易波動率資訊內涵並不會侷限於短天期或接近價平的選擇權，各個選擇權合約都有資訊交易者進行交易，長天期或價外的選擇權合約也具有足夠重要的資訊內涵。故因為各個選擇權合約的資訊內涵皆具重要性，所以說明了六種方式中為何 EQ 法表現最好，考慮了所有的合約且並不另外進行權重調整，反而盡可能的萃取出完整的波動率資訊內涵，具有最顯著的預測能力。不過雖然 EQ 法為六種方式中表現最好的加權方式，但是與考慮過 VIX 選擇權 delta 值的加權方式差異並不大，因此也不能完全認定考慮 VIX 選擇權的 delta 值並無幫助。另外儘管加總的資訊內涵與 S&P500 指數的 RV 呈現正相關且其係數具有顯著性，然而 R^2 以及 Adjusted R^2 仍是相當的低。預測能力表現最好的 EQ 法， R^2 以及 Adjusted R^2 也僅有 0.010 與 0.009，解釋能力相當低，還低於 S&P500 指數選擇權的結果。因此綜合以上，雖然大部分(除 OP 法外)加權方法的係數具有顯著性，但僅靠資訊內涵指標並不具備足夠的解釋能力，因此還需要列入其他的控制變數來探討 VIX 選擇權中萃取出來有關於波動率的資訊內涵是否對於 S&P500 指數的 RV 有預測能力。

表十列出 VIX 選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 ADOI 針對以 $t+1$ 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust) 的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。包含的控制變數有六項，分別是第 t 期的 VIX 指數、第 t 、 $t-1$ 、 $t-2$ 、 $t-3$ 、 $t-4$ 期 S&P500 指數的 RV。與表九進行比較可以發現其結果大致吻合。一如 S&P500 指數選擇權的情況，放入這些控制變數有顯著的提升模型的預測能力， R^2 可達 73.7%，Adjusted R^2 有 73.6%。加入控制變數後，大部分方法的 ADOI 顯著性變動不大，皆呈現在 1% 顯著水準下能有解釋力。而原本表現最差的 OP 法，從原本的不具顯著性到加入了控制變數後，也能在 5% 顯著水準下有預測能力，但相較之下還是再一次佐證 OP 法並不是一個最合適的加權方式。若不考慮 OP 法的話，其餘五種加權方式的差異並不大。不過不同於表九的結果，MK 法雖略優於 MD



法，但並未優於 KD 法，顯示專注於價平的選擇權合約確實有提升其預測能力，而非是考慮到期日的長短。不過 GK 法略優於 KD 法的結果說明專注於提高價平選擇權合約權重的重要性並不高，而且 GK 法為六種方法中表現最好的加權方式，不同於表九是 EQ 法具有最好的預測能力，顯示在納入控制變數下，是否有針對 VIX 選擇權的 delta 值進行調整是重要的，支持 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)的想法。綜合以上，從 VIX 選擇權的交易行為中萃取出來的 ADOI 對於 S&P500 指數的 RV 具有顯著的預測能力，除了 OP 法皆可以在 1% 的顯著水準下具有預測性，而就算是 OP 法也能在 5% 的顯著水準下具有解釋能力，代表 VIX 選擇權的交易行為中所隱含的波動率資訊內涵確實對於 S&P500 指數的 RV 有預測能力，也再次佐證過往文獻所提到的資訊交易者可以選擇在 VIX 選擇權市場中交易有關於 S&P500 指數的波動率資訊。

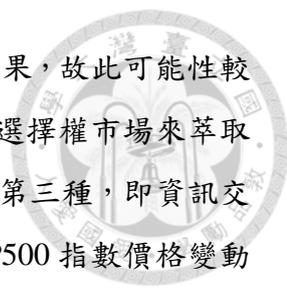
第五章. 結論



在股票市場中，過往的研究者已經發現到股票的委託單不均衡確實包含了對於未來股價波動的資訊內涵。而 Holowczakm, Hu, and Wu(2014)則探討了股票選擇權市場的委託單不均衡，並提出了加權不同到期日、不同執行價格選擇權合約中委託單不均衡的方法。不同於股票市場，資訊交易者交易選擇權合約時，除了可以實現其對於標的物資產價格變動的資訊外，也可以實現對於標的物資產波動率的資訊，甚至是公司的信用風險、市場崩盤的風險等等。因此在從選擇權市場中萃取資訊時，最大的挑戰即在萃取單一類型的資訊內涵時，有可能受到其他類型的資訊內涵干擾。然而同時也代表選擇權市場也提供了一個機會給資訊交易者實現其他類型的資訊，例如針對波動率變動的資訊內涵，尤其是這類的資訊難以在股票市場中實現的時候。不過由於波動率指數 VIX 的存在，資訊交易者若是想實現 S&P500 指數波動率變動的資訊，除了選擇 S&P500 指數選擇權市場外，也可以選擇交易 VIX 選擇權，因此本文更進一步探討兩個選擇權市場，即指數選擇權以及其對應的波動率選擇權，檢驗 S&P500 指數選擇權市場和 VIX 選擇權市場中是否包含了關於 S&P500 指數波動率變動的資訊內涵。

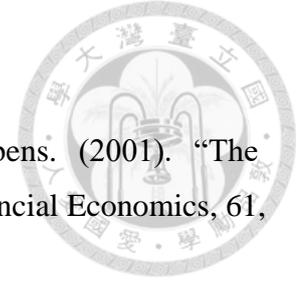
而根據本文的結果發現大部分加權方式從 S&P500 指數選擇權市場所萃取出來的波動率資訊內涵對於 S&P500 指數的 RV 解釋能力相當低。尚未納入控制變數的情況下，僅少部分方法(MK 法、EQ 法)具統計上顯著意義，但也仍不具備足夠的說服力證明其預測能力。而若是納入了控制變數，則更凸顯萃取出來的波動率資訊內涵不具備解釋能力，僅 EQ 法可以在 5% 的顯著水準下具有預測性。不過 VIX 選擇權市場則呈現不一樣的結果，大部分(除 OP 法外)的加權方法皆具有顯著性。即使納入了控制變數，其萃取出來 S&P500 指數的波動率資訊內涵也具有顯著的預測能力，除了 OP 法在 5% 的顯著水準下才具有預測性之外，其餘的皆是 1% 顯著水準下也具有預測能力，代表 VIX 選擇權的交易行為中所隱含的波動率資訊內涵確實對於 S&P500 指數的 RV 有解釋能力，也再次佐證過往文獻所提到的資訊交易者可以選擇在 VIX 選擇權市場中交易有關於 S&P500 指數的波動率資訊。

根據為何 S&P500 指數選擇權市場所萃取出來的波動率資訊內涵不具有顯著性，本文推測可能的原因可能有三個。第一種可能的原因為 S&P500 指數選擇權市場並



不包含 S&P500 指數的波動率資訊內涵，但不符合過往的文獻結果，故此可能性較低。第二種可能的原因是這些加權方法並不適用於 S&P500 指數選擇權市場來萃取 S&P500 指數的波動率資訊內涵。不過本文認為最可能的原因為第三種，即資訊交易者買賣 S&P500 指數選擇權時，其交易的目的可能是為了 S&P500 指數價格變動的資訊或者 S&P500 指數波動率變動的資訊，抑或者是兩者都不是。S&P500 指數選擇權市場中交易資訊的類型較為複雜，使得萃取波動率資訊的過程中較易受到其他類型的資訊內涵所干擾，導致萃取出來的波動率資訊內涵不具有足夠的解釋能力。例如假設市場上只有兩個類型的資訊交易者，一種類型為實現其價格資訊的資訊交易者，一種為實現其波動率資訊的資訊交易者。若此時市場上的資訊交易者多為實現其價格資訊的資訊交易者，而非波動率資訊的資訊交易者，則會干擾了萃取波動率資訊內涵的過程，導致 S&P500 指數選擇權的波動率資訊內涵不具顯著性。而 VIX 選擇權市場中交易其價格資訊的資訊交易者其實就是在實現對於 S&P500 指數波動率變動的資訊。換句話說，在 VIX 選擇權市場中要萃取 S&P500 指數的波動率資訊內涵其實即來自於價格資訊的資訊交易者，因此若市場上的資訊交易者多為實現其價格資訊的資訊交易者，雖然干擾了 S&P500 指數選擇權市場中萃取波動率變動資訊的資訊內涵，但並不會干擾在 VIX 選擇權市場中萃取價格變動的資訊內涵，所以才導致 S&P500 指數選擇權的資訊內涵不具有預測能力，但同時 VIX 選擇權所萃取的資訊內涵卻具有顯著性。

參考文獻



- [1] Andersen, T.G., T. Bollerslev, F.X. Diebold, and H. Ebens. (2001). "The distribution of realized stock return volatility." *Journal of Financial Economics*, 61, 43–76.
- [2] Ané, T., and H. Geman. (2000). "Order Flow, Transaction Clock and Normality of Asset Returns." *Journal of Finance*, 55, 2259-2284.
- [3] Banerjee, P. S., J. S. Doran, and D. R. Peterson. (2007). "Implied volatility and future portfolio returns." *Journal of Banking and Finance*, 31, 3183–3199.
- [4] Black, F. (1975). "Fact and Fantasy in Use of Options." *Financial Analysts Journal*, 31, 61-72.
- [5] Black, F., and M. Scholes. (1973). "The Pricing of Options and Corporate Liabilities." *Journal of Political Economy*, 81, 637-654.
- [6] Blair, B. J., S. Poon, and S. J. Taylor. (2001). "Forecasting S&P 100 volatility: The incremental information content of implied volatilities and high-frequency index returns." *Journal of Econometrics*, 105, 5–26.
- [7] Bollen, N.P., and R.E. Whaley. (2004). "Does Net Buying Pressure Affect the Shape of Implied Volatility Functions?" *Journal of Finance*, 59, 711-753.
- [8] Busch, T., B. J. Christensen, and M. Nielsen. (2011). "The role of implied volatility in forecasting future realized volatility and jumps in foreign exchange, stock and bond markets." *Journal of Econometrics*, 160, 48–57.
- [9] Canina, L., and S. Figlewski. (1993). "The information content of implied volatility." *Review of Financial Studies*, 6, 659–681.
- [10] Chakravarty, S., H. Gulen, and S. Mayhew. (2004). "Informed Trading in Stock and Option Markets." *Journal of Finance*, 59, 1235-1257.
- [11] Chan, K., Y.P. Chung, and W.-M. Fong. (2002). "The Informational Role of Stock and Option Volume." *Review of Financial Studies*, 14, 1049-1075.
- [12] Christensen, B., and N. Prabhala. (1998). "The relation between implied and realized volatility." *Journal of Financial Economics*, 50, 125–150.
- [13] Day, T.E. and C.M. Lewis (1992). "Stock Market Volatility and the Information Content of Stock Index Options," *Journal of Econometrics*, 52, 267-287.
- [14] Easley, D., M. O'Hara, and P.S. Srinivas. (1998). "Option Volume and Stock Prices: Evidence on Where Informed Traders Trade." *The Journal of Finance*, 53,

- 431-465.
- [15] Fleming, J. (1998). “The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index option prices.” *Journal of Empirical Finance*, 5, 317–345.
- [16] Giot, P. (2005). “Relationships between implied volatility indexes and stock index returns.” *Journal of Portfolio Management*, 26, 12–17.
- [17] Guo, H., and R.F. Whitelaw. (2006). “Uncovering the risk-return relation in the stock market.” *Journal of Finance*, 61, 1433–1463.
- [18] Holowczak, R., J. Hu, and L. Wu. (2014) Aggregating information in option transactions, *Journal of Derivatives*, 21, 9–23.
- [19] Holowczak, R., Y.E. Simaan, and L. Wu. (2006). “Price Discovery in the U.S. Stock and Stock Options Markets: A Portfolio Approach.” *Review of Derivatives Research*, 9, 3-65.
- [20] Izzeldin, M. (2007). “Trading Volume and the Number of Trades: A Comparative Study Using High-Frequency Data.” Working paper, Lancaster University Management School.
- [21] Jiang, G. J., and Y. S. Tian. (2005). “Model-free implied volatility and its information content.” *Review of Financial Studies*, 18, 1305–1342.
- [22] Jones, C.M., G. Kaul, and M.L. Lipson. (1994). “Information, Trading, and Volatility.” *Review of Financial Studies*, 36, 127-154.
- [23] Lamoureux, C. G. and W.D. Lastrapes. (1993). “Forecasting stock return variance: Toward an understanding of stochastic implied volatilities.” *Review of Financial Studies*, 5, 293-326.
- [24] Lee, C.M.C., and M.J. Ready. (1991). “Inferring Trade Direction from Intraday Data.” *Journal of Finance*, 46, 733-746.
- [25] Ni, S.X., J. Pan, and A.M. Poteshman. (2008). “Volatility Information Trading in Option Market.” *Journal of Finance*, 63, 1059-1091.
- [26] Pan, J., and A.M. Poteshman. (2006). “The Information in Option Volume for Future Stock Prices.” *Review of Financial Studies*, 19, 871-980.
- [27] Wang, Y. H. (2013). “Volatility information in the trading activity of stocks, options, and volatility options.” *Journal of Futures Markets*, 33, 752–773.
- [28] Whaley, R. E. (2000). “The investor fear gauge.” *Journal of Portfolio Management*, 26, 12–17.

表一 S&P500 指數選擇權每日成交資料敘述統計

年	成交資料總數	平均成交筆數	中位數	標準差	最小值	最大值
2008	1,365,364	5,397	5,144	2,057	1,046	18,371
2009	1,415,915	5,641	5,440	1,576	2,628	11,725
2010	1,652,342	6,557	5,989	2,658	2,218	21,939
2011	1,653,804	6,563	6,135	2,553	2,777	22,387
2012	1,531,861	6,079	5,856	1,689	2,777	11,937
2013	1,969,730	7,816	7,419	2,313	2,777	17,001
2014	2,554,391	10,136	9,341	3,536	3,672	28,939
整體	12,131,929	6,893	6,297	2,849	1,046	28,939

本表列出 S&P500 指數選擇權每日成交資料，分別包含每一年成交筆數的總數，平均每日成交筆數，以及每日成交筆數的中位數、標準差、最小值、最大值等項目。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其中針對樣本內容依照以下條件進行過濾。第一，不納入盤前及盤後的成交資料。第二，不包含剛開盤後 15 分鐘及收盤前 5 分鐘的成交資料。第三，不包含到期日不到十天的選擇權。

表二 VIX 選擇權每日成交資料敘述統計

年	成交資料總數	平均成交筆數	中位數	標準差	最小值	最大值
2008	284,306	1,124	983	642	160	4,496
2009	251,626	995	948	390	202	3,036
2010	416,951	1,648	1,494	900	536	7,593
2011	665,967	2,632	2,384	1,379	650	11,156
2012	610,291	2,412	2,331	898	671	6,103
2013	715,283	2,827	2,491	1,293	737	8,016
2014	730,781	2,888	2,555	1,448	824	10,649
整體	3,668,074	2,081	1,824	1,295	160	11,156

本表列出 VIX 選擇權每日成交資料，分別包含每一年成交資料的總數，平均每日成交筆數，以及每日成交筆數的中位數、標準差、最小值、最大值等項目。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其中針對樣本內容依照以下條件進行過濾。第一，不納入盤前及盤後的成交資料。第二，不包含剛開盤後 15 分鐘及收盤前 5 分鐘的成交資料。第三，不包含到期日不到十天的選擇權。



表三 實際波動率敘述統計

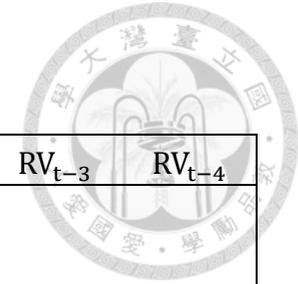
	天數(天)	平均值	標準差	最小值	最大值
2008	253	29.441%	21.227%	8.273%	144.502%
2009	252	22.458%	10.619%	5.901%	59.185%
2010	252	15.503%	8.416%	3.724%	63.709%
2011	252	18.026%	12.308%	4.639%	117.664%
2012	250	11.581%	4.406%	4.458%	29.058%
2013	250	9.532%	4.322%	2.061%	31.191%
2014	252	9.363%	4.587%	2.989%	38.798%
整體	1761	16.558%	12.964%	2.061%	144.502%

本表列出實際波動率的敘述統計，分別包含每一年的天數，平均值、標準差、最小值、最大值等項目。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其中實際波動率的定義為當日日內報酬率平方加總的平方根，而日內報酬率計算的頻率為每五分鐘一次。

表四 S&P500 指數選擇權和 VIX 選擇權加權公式

加權方式	SPX	VIX
GK	$AVOI_{SPX,GK} = \sum_{j=1}^N VOI(K_j, T_j)$	$ADOI_{VIX,GK} = \sum_{j=1}^N DOI(K_j, T_j)$
KD	$AVOI_{SPX,MD} = \sum_{j=1}^N e^{-(M_j-1)^2} * VOI(K_j, T_j)$	$ADOI_{VIX,MD} = \sum_{j=1}^N e^{-(M_j-1)^2} * DOI(K_j, T_j)$
MD	$AVOI_{SPX,KD} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2} * VOI(K_j, T_j)$	$ADOI_{VIX,KD} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2} * DOI(K_j, T_j)$
MK	$AVOI_{SPX,MK} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2(M_j-1)^2} * VOI(K_j, T_j)$	$ADOI_{VIX,MK} = \sum_{j=1}^N e^{-d_j^2/2(M_j-1)^2} * DOI(K_j, T_j)$
OP	$AVOI_{SPX,OP} = \sum_{j=1}^N 1_{d_j=0, M_j=1} (COI(K_j, T_j) + POI(K_j, T_j))$	$ADOI_{VIX,OP} = \sum_{j=1}^N 1_{d_j=0, M_j=1} (COI(K_j, T_j) - POI(K_j, T_j))$
EQ	$AVOI_{SPX,EQ} = \sum_{j=1}^N (COI(K_j, T_j) + POI(K_j, T_j))$	$ADOI_{VIX,EQ} = \sum_{j=1}^N (COI(K_j, T_j) - POI(K_j, T_j))$

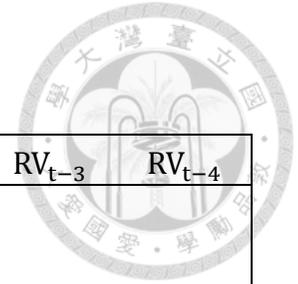
本表分別列出兩種選擇權合約與六種加權方式的計算公式。其中 SPX 代表 S&P500 指數選擇權，VIX 代表 VIX 選擇權。GK 代表希臘字母加權法(Greek weighting)，MD 代表到期日折現法(Maturity discount)，KD 代表執行價格折現法(Strike discount)，MK 代表到期日與執行價格折現法(Maturity and strike discount)，OP 代表單一合約法(One pair)，EQ 代表平等權重法(Equal weighting)。



表五 S&P500 指數選擇權之資訊內涵相關係數矩陣

	RV_{t+1}	GK_t	MD_t	KD_t	MK_t	OP_t	EQ_t	VIX_t	RV_t	RV_{t-1}	RV_{t-2}	RV_{t-3}	RV_{t-4}
RV_{t+1}													
GK_t	-0.070												
MD_t	-0.075	0.703											
KD_t	-0.044	0.973	0.666										
MK_t	-0.072	0.893	0.798	0.912									
OP_t	0.039	0.090	0.207	0.121	0.130								
EQ_t	-0.175	0.744	0.718	0.616	0.678	0.038							
VIX_t	0.836	-0.102	-0.094	-0.065	-0.093	0.038	-0.239						
RV_t	0.797	-0.070	-0.070	-0.036	-0.057	0.045	-0.185	0.855					
RV_{t-1}	0.782	-0.064	-0.073	-0.025	-0.051	0.032	-0.194	0.843	0.797				
RV_{t-2}	0.735	-0.086	-0.090	-0.048	-0.077	0.032	-0.216	0.824	0.782	0.797			
RV_{t-3}	0.717	-0.101	-0.094	-0.064	-0.086	0.030	-0.217	0.818	0.734	0.782	0.799		
RV_{t-4}	0.694	-0.121	-0.102	-0.088	-0.097	0.051	-0.222	0.802	0.710	0.730	0.782	0.799	

本表分別列出 S&P500 指數選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標、 $t+1$ 期的 S&P500 指數的 RV 以及控制變數的相關係數矩陣，樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其中 RV_{t+1} 代表 $t+1$ 期 S&P500 指數的 RV。 GK_t 、 MD_t 、 KD_t 、 MK_t 、 OP_t 、 EQ_t 分別代表依照希臘字母加權法、到期日現法、執行價格折現法、到期日與執行價格折現法、單一合約法、平等權重法所計算出來第 t 期 S&P500 指數選擇權的 AVOI。 VIX_t 代表第 t 期的 VIX 指數。 RV_t 、 RV_{t-1} 、 RV_{t-2} 、 RV_{t-3} 、 RV_{t-4} 分別代表第 t 、 $t-1$ 、 $t-2$ 、 $t-3$ 、 $t-4$ 期 S&P500 指數的 RV。



表六 VIX 選擇權之資訊內涵相關係數矩陣

	RV_{t+1}	GK_t	MD_t	KD_t	MK_t	OP_t	EQ_t	VIX_t	RV_t	RV_{t-1}	RV_{t-2}	RV_{t-3}	RV_{t-4}
RV_{t+1}													
GK_t	0.092												
MD_t	0.073	0.948											
KD_t	0.068	0.979	0.928										
MK_t	0.073	0.975	0.981	0.966									
OP_t	-0.011	0.399	0.432	0.449	0.418								
EQ_t	0.100	0.926	0.884	0.918	0.918	0.371							
VIX_t	0.836	0.064	0.054	0.039	0.053	-0.041	0.076						
RV_t	0.797	0.071	0.057	0.059	0.057	-0.015	0.091	0.855					
RV_{t-1}	0.782	0.030	0.009	0.006	0.011	-0.046	0.036	0.843	0.797				
RV_{t-2}	0.735	0.003	-0.007	-0.016	-0.007	-0.048	0.008	0.824	0.782	0.797			
RV_{t-3}	0.717	0.017	0.016	-0.004	0.013	-0.040	0.023	0.818	0.734	0.782	0.799		
RV_{t-4}	0.694	0.005	0.002	-0.014	0.001	-0.048	0.010	0.802	0.710	0.730	0.782	0.798	

本表分別列出 VIX 選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標、t+1 期的 S&P500 指數的 RV 以及控制變數的相關係數矩陣，樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其中 RV_{t+1} 代表 t+1 期 S&P500 指數的 RV。 GK_t 、 MD_t 、 KD_t 、 MK_t 、 OP_t 、 EQ_t 分別代表依照希臘字母加權法、到期日現法、執行價格折現法、到期日與執行價格折現法、單一合約法、平等權重法所計算出來第 t 期 VIX 選擇權的 ADOI。 VIX_t 代表第 t 期的 VIX 指數。 RV_t 、 RV_{t-1} 、 RV_{t-2} 、 RV_{t-3} 、 RV_{t-4} 分別代表第 t、t-1、t-2、t-3、t-4 期 S&P500 指數的 RV。

表七 S&P500 指數選擇權之資訊內涵迴歸結果

	GK 法	MD 法	KD 法	MK 法	OP 法	EQ 法
截距	0.168*** (0.000)	0.168*** (0.000)	0.166*** (0.000)	0.168*** (0.000)	0.165*** (0.000)	0.175*** (0.000)
GK _t	-3.531** (0.011)					
MD _t		-6.392* (0.051)				
KD _t			-2.421 (0.113)			
MK _t				-4.481*** (0.009)		
OP _t					3.712* (0.064)	
EQ _t						-0.702*** (0.000)
R ²	0.005	0.005	0.002	0.005	0.004	0.031
Adjusted R ²	0.005	0.004	0.001	0.004	0.004	0.031

本表分別列出 S&P500 指數選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 AVOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust)的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其迴歸模型如下：

$$RV_{t+1} = a + bX_t + \varepsilon_t$$

其中 RV_{t+1} 代表 t+1 期 S&P500 指數的 RV。 X_t 即資訊內涵指標 AVOI 的計算結果並除以 10000，包含 GK_t 、 MD_t 、 KD_t 、 MK_t 、 OP_t 、 EQ_t ，其分別代表依照希臘字母加權法、到期日現法、執行價格折現法、到期日與執行價格折現法、單一合約法、平等權重法所計算出來第 t 期 S&P500 指數選擇權的 AVOI。而***、**、*分別代表顯著水準為 1%、5%、10%，括號內的數字為 p 值。

表八 S&P500 指數選擇權之資訊內涵迴歸結果
(包含控制變數)

	GK 法	MD 法	KD 法	MK 法	OP 法	EQ 法
截距	-0.028*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.030*** (0.000)
GK _t	0.336 (0.531)					
MD _t		-0.005 (0.998)				
KD _t			0.002 (0.997)			
MK _t				-0.298 (0.672)		
OP _t					0.198 (0.768)	
EQ _t						0.081** (0.040)
VIX _t	0.509*** (0.000)	0.508*** (0.000)	0.508*** (0.000)	0.508*** (0.000)	0.509*** (0.000)	0.514*** (0.000)
RV _t	0.244*** (0.000)	0.244*** (0.000)	0.244*** (0.000)	0.245*** (0.000)	0.244*** (0.000)	0.242*** (0.000)
RV _{t-1}	0.192*** (0.000)	0.193*** (0.000)	0.193*** (0.000)	0.194*** (0.000)	0.193*** (0.000)	0.192*** (0.000)
RV _{t-2}	0.018 (0.649)	0.018 (0.649)	0.018 (0.647)	0.018 (0.648)	0.018 (0.646)	0.019 (0.626)
RV _{t-3}	0.010 (0.785)	0.010 (0.790)	0.010 (0.791)	0.010 (0.794)	0.010 (0.789)	0.011 (0.773)
RV _{t-4}	0.012 (0.716)	0.011 (0.722)	0.011 (0.721)	0.011 (0.729)	0.011 (0.728)	0.012 (0.690)
R ²	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735
Adjusted R ²	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734

本表分別列出 S&P500 指數選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 AVOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust)的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其迴歸模型如下：

$$RV_{t+1} = a + bX_t + c_1VIX_t + c_2RV_t + c_3RV_{t-1} + c_4RV_{t-2} + c_5RV_{t-3} + c_6RV_{t-4} + \varepsilon_t$$

其中 RV_{t+1} 代表 t+1 期 S&P500 指數的 RV。 X_t 即資訊內涵指標 AVOI 的計算結果並除以 10000，包含 GK_t、MD_t、KD_t、MK_t、OP_t、EQ_t，其分別代表希臘字母加權法、到期日現法、執行價格折現法、到期日與執行價格折現法、單一合約法、平等權重法所計算出來第 t 期 S&P500 指數選擇權的 AVOI。 VIX_t 代表第 t 期的 VIX 指數。 RV_t 、 RV_{t-1} 、 RV_{t-2} 、 RV_{t-3} 、 RV_{t-4} 分別代表第 t、t-1、t-2、t-3、t-4 期 S&P500 指數的 RV。而***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5%、10%，括號內的數字為 p 值。

表九 VIX 選擇權之資訊內涵迴歸結果

	GK 法	MD 法	KD 法	MK 法	OP 法	EQ 法
截距	0.165*** (0.000)	0.165*** (0.000)	0.165*** (0.000)	0.165*** (0.000)	0.166*** (0.000)	0.165*** (0.000)
GK _t	1.221*** (0.003)					
MD _t		1.275*** (0.007)				
KD _t			1.187*** (0.007)			
MK _t				1.087*** (0.005)		
OP _t					-0.698 (0.348)	
EQ _t						0.602*** (0.001)
R ²	0.008	0.004	0.004	0.004	0.000	0.010
Adjusted R ²	0.006	0.004	0.003	0.004	0.000	0.009

本表分別列出 VIX 選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 ADOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust) 的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其迴歸模型如下：

$$RV_{t+1} = a + bX_t + \varepsilon_t$$

其中 RV_{t+1} 代表 t+1 期 S&P500 指數的 RV。 X_t 即資訊內涵指標 ADOI 的計算結果並除以 10000，包含 GK_t、MD_t、KD_t、MK_t、OP_t、EQ_t，其分別代表依照希臘字母加權法、到期日現法、執行價格折現法、到期日與執行價格折現法、單一合約法、平等權重法所計算出來第 t 期 VIX 選擇權的 ADOI。而***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5%、10%，括號內的數字為 p 值。

表十 VIX 選擇權之資訊內涵迴歸結果
(包含控制變數)

	GK 法	MD 法	KD 法	MK 法	OP 法	EQ 法
截距	-0.027*** (0.000)	-0.027*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.027*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.027*** (0.000)
GK _t	0.617*** (0.003)					
MD _t		0.673*** (0.008)				
KD _t			0.675*** (0.003)			
MK _t				0.558*** (0.005)		
OP _t					0.873** (0.044)	
EQ _t						0.227*** (0.008)
VIX _t	0.499*** (0.000)	0.500*** (0.000)	0.502*** (0.000)	0.501*** (0.000)	0.509*** (0.000)	0.500*** (0.000)
RV _t	0.239*** (0.000)	0.240*** (0.000)	0.238*** (0.000)	0.240*** (0.000)	0.242*** (0.000)	0.238*** (0.000)
RV _{t-1}	0.195*** (0.000)	0.197*** (0.000)	0.196*** (0.000)	0.196*** (0.000)	0.194*** (0.000)	0.196*** (0.000)
RV _{t-2}	0.023 (0.542)	0.022 (0.560)	0.022 (0.560)	0.022 (0.564)	0.019 (0.628)	0.023 (0.540)
RV _{t-3}	0.011 (0.766)	0.009 (0.795)	0.011 (0.771)	0.010 (0.787)	0.009 (0.797)	0.011 (0.766)
RV _{t-4}	0.014 (0.645)	0.013 (0.666)	0.014 (0.658)	0.013 (0.668)	0.012 (0.706)	0.014 (0.647)
R ²	0.737	0.736	0.736	0.736	0.735	0.736
Adjusted R ²	0.736	0.735	0.735	0.735	0.734	0.735

本表分別列出 VIX 選擇權六種加權方式所得到的資訊內涵指標 ADOI 針對以 t+1 期的 S&P500 指數的 RV 作為被解釋變數的迴歸結果，採用 Newey West 穩健(robust) 的標準誤來處理誤差項的異質變異數問題。樣本期間為 2008 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日。其迴歸模型如下：

$$RV_{t+1} = a + bX_t + c_1VIX_t + c_2RV_t + c_3RV_{t-1} + c_4RV_{t-2} + c_5RV_{t-3} + c_6RV_{t-4} + \varepsilon_t$$

其中 RV_{t+1} 代表 t+1 期 S&P500 指數的 RV。 X_t 即資訊內涵指標 ADOI 的計算結果並除以 10000，包含 GK_t、MD_t、KD_t、MK_t、OP_t、EQ_t，其分別代表希臘字母加權法、到期日現法、執行價格折現法、到期日與執行價格折現法、單一合約法、平等權重法所計算出來第 t 期 VIX 選擇權的 ADOI。 VIX_t 代表第 t 期的 VIX 指數。 RV_t 、 RV_{t-1} 、 RV_{t-2} 、 RV_{t-3} 、 RV_{t-4} 分別代表第 t、t-1、t-2、t-3、t-4 期 S&P500 指數的 RV。而***、**、* 分別代表顯著水準為 1%、5%、10%，括號內的數字為 p 值。