ISSN 2288-4866 (Print)
ISSN 2288-4882 (Online)
http://www.jiisonline.org
J Intell Inform Syst 2020 March: 26(1): 119~133 http://dx.doi.org/10.13088/jiis.2020.26.1.119

비대칭적 전이효과와 SVM을 이용한 변동성 매도전략의 수익성 개선

김선웅
국민대학교 비즈니스IT전문대학원
(*swkim@kookmin.ac.kr*)

Fama에 의하면 효율적 시장에서는 일시적으로 높은 수익을 얻을 수는 있지만 꾸준히 시장의 평균적인 수익을 초과하는 투자전략을 만드는 것은 불가능하다. 본 연구의 목적은 변동성의 장중 비대칭적 전이효과를 이용하는 변동성 매도전략을 기준으로 투자 성과를 추가적으로 개선하기 위하여 SVM을 활용하는 투자 전략을 제안하고 그 투자성과를 분석하고자 한다.

한국 시장에서 변동성의 비대칭적 전이효과는 미국 시장의 변동성이 상승한 날은 한국 시장의 아침 동시호가에 변동성 상승이 모두 반영되지만, 미국 시장의 변동성이 하락한 날은 한국 시장의 변동성이 아침 동시호가에서 뿐만 아니라 장 마감까지 계속해서 하락하는 이상현상을 말한다. 분석 자료는 2008년부터 2018년까지의 S&P 500, VIX, KOSPI 200, V-KOSPI 200 등의 일별 시가지수와 종가지수이다. 11년 동안의 분석 결과, 미국 시장의 변동성이 상승으로 마감한 날은 그 영향력이 한국 시장의 아침 동시호가 변동성에 모두 반영되지만, 미국 시장의 변동성이 하락으로 마감한 날은 그 영향력이 한국 시장의 아침 동시호가뿐만 아니라 오후 장 마감까지도 계속해서 유의적으로 영향을 미치고 있다. 시장이 효율적이라면 미국 시장의 전일 변동성 변화는 한국 시장의 아침 동시호가에 모두 반영되고 동시호가 이후에는 추가적인 영향력이 없어야 한다.

이러한 변동성의 장중 비정상적 전이 패턴을 이용하는 변동성 매도전략을 제안하였다. 미국 시장의 전날 변동성이 하락한 경우 한국 시장에서 아침 동시호가에 변동성을 매도하고 장 마감시에 포지션을 청산하는 변동성 데이트레이딩전략을 분석하였다. 연수익률은 120%, 위험지표인 MDD는 -41%, 위험과 수익을 고려한 성과지수인 Sharpe ratio는 0.27을 기록하고 있다.

SVM 알고리즘을 이용해 변동성 데이트레이딩전략의 성과 개선을 시도하였다. 2008년부터 2014년까지의 입력자료를 이용하여 V-KOSPI 200 변동성지수의 시가-종가 변동 방향을 예측하고, 시가-종가 변동율이(-)로 예측되는 경우에만 변동성 매도포지션을 진입하였다. 거래비용을 고려하면 2015년부터 2018년까지 테스트기간의 연평균수익률은 123%로 기준 전략 69%보다 크게 높아지고, 위험지표인 MDD도 -41%에서 -29%로 낮아져, Sharpe ratio가 0.32로 개선되고 있다. 연도별로도 모두 수익을 기록하면서 안정적 수익구조를 보여주고 있고, 2015년을 제외하고는 투자 성과가 개선되고 있다.

주제어 : 효율적 시장, 비대칭적 전이효과, 변동성 매도전략, SVM, Sharpe Ratio

논문접수일 : 2020년 1월 16일 논문수정일 : 2020년 3월 9일 게재확정일 : 2020년 3월 15일
원고유형 : 일반논문 교신저자 : 김선웅

1. 서론

주식시장이 효율적이라면 주가는 공개된 모든 정보를 즉각적으로 반영하면서 움직일 것이다(Fama, 1970). 주가에 영향을 미치는 정보는 과거의 주가나 거래량 같은 1차적인 정보부터 기업의 실적, 나아가서는 거시경제 변수에 이르기까지 다양하다. 효율적 시장에서는 이러한 공개된 정보를 활용하는 어떠한 투자 전략도, 일시적으로는 높은 수익을 얻을 수 있어도, 장기적으로는 주식시장의 평균적 수익을 초과할 수는 없다. 그럼에도 불구하도 주식시장에 참여하는 대부분의 투자자들은 조금이라도 더 높은 수익을 얻기 위하여 다른 투자자들과는 차별화된 정보를 얻으려고 하며, 높은 수익을 가져오는 투자전략을 찾아내려 끊임없이 노력하고 있다. Fama(1970)의 효율적 시장가설(Efficient Market Hypothesis) 제안 이후 대부분의 연구 결과들은 효율적 시장가설을 기각하지 못하고 있지만 시장의 효율성에 대한 반례(counterexample)를 제시하는 논문들도 나타나고 있다. 본 연구도 주식시장의 여러 정보들 중에서 안정적인 수익을 가져다주는 전략을 찾아내기 위하여 정보의 전이효과(information spillover effect)를 활용하고자 한다. 정보의 전이효과란 어느 한 국가나 하나의 산업에서 발생한 주식시장의 정보가 다른 나라나 다른 산업의 주가에 영향을 전파하는 현상을 일컫는다.

최근의 전 세계 주식시장은 자본시장 개방화와 정보 통신의 발달 등으로 상호 연계성이 심화되고 있다. 한국 주식시장의 주가 움직임을 보면 전날 밤 미국 주식시장의 상승, 하락에 많은 영향을 받고 있다. 이에 따라 국내 투자자들은 밤새 미국 주가의 움직임을 관찰하거나 아침에 주요 뉴스로 확인하고 투자를 시작한다. 특히, 전날 밤 미국 주가가 폭락으로 마감한 경우는 우리나라 주식시장 역시 폭락으로 시작하는 경우가 대부분이다. 주가가 하락하면 주가 수익률의 변동성(volatility)은 증가하는 현상이 있다. 변동성은 일정 기간 동안의 수익률의 표준편차로 측정할 수 있다. 일반적으로 주가의 방향성보다는 변동성의 전이가 더 강하게 나타나는 특성이 있다(Kim and Choi, 2010a).

본 연구에서는 미국 주식시장의 변동성이 한국 주식시장의 장중 변동성에 영향을 미치는 패턴을 분석하고자 한다. 거래시간대의 차이로 인해 전날 밤 미국 주식시장에서 발생한 변동성 정보는 다음 날 한국 주식시장의 변동성에 영향을 미칠 것이다. 특히, 시장이 효율적이라면 전날 미국 주식시장의 변동성 정보는 다음 날 한국 시장의 아침 동시호가에 완전히 반영되어야 할 것이다. 분석 결과, 미국 주식시장의 변동성이 상승으로 마감한 날은 다음 날 한국 주식시장의 아침 변동성에 효율적으로 반영되고 있었다. 그러나 미국 주식시장의 변동성이 하락한 날은 다음 날 한국 주식시장에서 아침 시작시점에 변동성이 하락하며 일부가 반영되지만 변동성 하락이 오후 장 마감 때까지도 추가적으로 이어지고 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 이러한 변동성의 장중 비정상적 전이 패턴(anomalous intraday spillover pattern)을 이용하여 수익을 얻을 수 있는 장중 변동성 매도전략을 제안하였으며, 전략의 수익성을 분석하였다. 분석 결과 높은 수익성이 발생함을 확인하였고, SVM(Support Vector Machines)를 활용하여 추가적으로 수익성을 개선할 수 있는 방법론을 제안하였다.

본 연구의 전개는 다음과 같다. 제2장에서 선행연구를 조사하며, 제3장에서는 본 연구의 모형

을 제안한다. 제4장에서는 자료 소개, 비대칭적 변동성 전이효과와 SVM을 활용한 투자전략의 실증분석을 통해 수익성의 개선효과를 분석하고, 실제 투자자들에게도 중요한 투자 정보가 되는지를 검증하고자 한다. 마지막 장에서는 결론 및 본 연구의 한계점을 제시한다.

2. 선행 연구

Miyakoshi(2003)는 미국의 주식시장과 한국을 포함한 아시아 8개국 사이의 주가의 수익률과 변동성의 전이효과를 분석하였으며, 아시아 국가들은 변동성보다는 수익률에서 미국 주식시장의 영향을 강하게 받고 있다고 주장하였다. Ke et al.(2010)는 상하이증권시장과 뉴욕증권거래소를 비롯한 여러 나라의 증권거래소 사이의 변동성 전이효과를 분석하였다. 분석 결과 주가의 방향성에서는 유의미한 전이효과를 얻을 수 없었지만 변동성에서는 의미 있는 실증분석 결과를 보여주었다. 특히, 변동성 전이효과는 주가가 상승할 때보다 하락하는 경우 더 강하게 나타나는 특성을 보였다. Li and Giles(2015)는 미국과 일본, 중국, 인디아, 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 그리고 태국의 주식시장 사이의 변동성 전이효과를 분석하였으며, 미국 주식시장에서 일본 주식시장을 포함한 아시아 주식시장으로 유의적 변동성 전이효과가 존재함을 밝혔다. Clements et al.(2015)는 일본, 유럽, 미국 주식시장 사이의 변동성의 전이현상을 실증 분석하였으며, 미국 시장의 변동성은 다음 날 일본 주식시장의 시작 가격 변동성에 영향을 주고 있음을 보여주었다. Kaluge(2017)는 인도 주식시장에서의 변동성 전이효과를 분석한 결과 한국의 코스피지수의 변동성이 인도의 기초산업과 소비재산업에 강한 영향력이 있음을 밝혔다. Yarovaya(2017)는 미국을 비롯한 20개국에서 거래되고 있는 주가지수선물시장을 분석하여, 미국 주가지수선물시장으로부터 이머징마켓의 주가지수선물시장 변동성으로 강한 비대칭적 전이효과가 있음을 보여주었다. Santiago et al.(2019)는 미국을 포함한 선진 7개국의 주식시장 자료에서 변동성의 전이효과를 분석한 결과 미국 시장으로부터의 변동성 전이효과가 존재함을 보여주었으며 그 강도는 주식시장의 국면별로 편차가 존재하였다.

한국 주식시장에 나타나는 정보 전이효과에 대한 실증 분석 결과들을 보면 방향성보다는 변동성에서 전이효과가 더 강하게 나타나는 특징이 있다(Kim et al., 2010; Kim and Choi, 2010a; Kim and Choi, 2010b). Kim and Lee(2012)는 미국 등 선진국 주식시장에서 한국 등 아시아 주식시장으로의 변동성 전이효과를 분석한 결과 전이현상이 더욱 심화되고 있음을 확인하였다. Joung and Ryu(2013)은 2000년부터 2006년까지의 미국의 Dow Jones Index, 중국의 상해 A 지수, 그리고 한국의 코스피지수를 이용하여 전이효과를 분석한 결과, 주가의 방향성에서는 코스피지수가 미국의 Dow Jone Index의 영향을 강하게 받았지만 주가의 변동성에서는 오히려 상해 A 지수의 영향력이 더 크다고 주장하였다. Choi(2014)는 미국 주식시장의 주가수익률과 변동성이 모두 한국을 비롯한 동아시아 주식시장에 높은 수준의 전이효과가 있음을 밝혔다.

3. 변동성 전이효과(Volatility Spillover Effect)

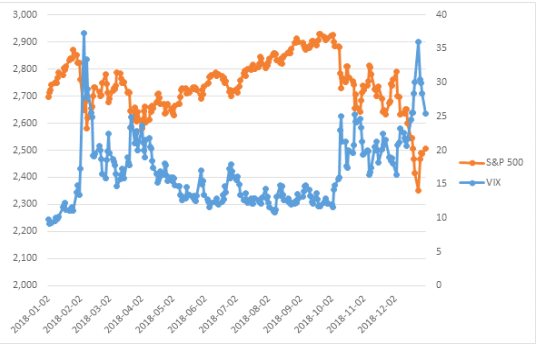
3.1 자료 소개

2003년 미국의 시카고옵션거래소(Chicago Board Option Exchange)는 블랙숄즈 옵션가격결정모형(Black-Scholes option pricing model)같은 가격결정모형을 사용하지 않고 옵션시장(options markets)에서 관찰된 옵션 가격으로부터 직접적으로 시장의 변동성을 계산하는 변동성지수(Volatility Index : VIX)를 개발하였다. 변동성지수는 주식시장에 참여하는 투자자들의 30일 후의 시장 변동성에 대한 예상 값이며, VIX 지수는 발표 이후 학계와 실무자들 사이에서 인용되면서 대표적인 변동성지수로 발전하였다.

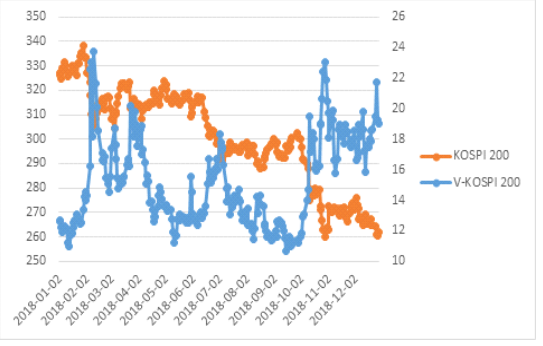
한국거래소는 2009년부터 “코스피 200 변동성지수(V-KOSPI 200)”를 실시간으로 발표하고 있으며, 코스피 200 변동성지수에 대한 과거의 일별 시가, 고가, 저가, 종가 자료를 2008년 3월 3일까지 소급하여 발표하였다. 2014년에는 거래승수를 25만원으로 하는 코스피 200 변동성지수 선물을 도입하였다.

본 연구에서는 미국 시장과 한국 시장의 변동성 전이효과를 분석하기 위하여 미국의 변동성지수인 VIX, 한국의 변동성지수인 V-KOSPI 200, 그리고 각각에 대한 기초 주가지수인 S&P 500 주가지수와 KOSPI 200 주가지수를 활용하였다. 자료의 분석 기간은 2008년 3월 3일부터 2018년 12월 31일까지의 주가 자료이다. 구체적으로 일별 지수들의 시가(open)와 종가(close) 지수를 분석하였다. 휴장 등으로 인해 영업일이 이틀 이상인 자료는 제거하였고, 한국과 미국의 시차를 조정하기 위하여 미국과 한국의 거래일은 하루의 시차를 고려하였다.

<Figure 1>과 <Figure 2>는 2018년 한국과 미국의 주가지수와 변동성지수의 움직임을 보여주고 있다.



〈Figure 1〉 S&P 500 and VIX(2018)



〈Figure 2〉 KOSPI 200 and V-KOSPI 200(2018)

전체적으로 주가지수가 상승하면 변동성지수는 하락하고, 반대로 주가지수가 하락하면 변동성지수는 상승하는 특성이 있고, 변동 폭도 주가의 상승과 하락국면에서 변동성의 하락과 상승의 폭이 다른 비대칭성을 보여주고 있다(Kim, 2010).

주가 자료의 일별 수익률(daily return)은 해당 지수의 전일 종가와 당일 종가의 로그차분값(log

difference)으로 계산하였다. <Table 1>은 한국과 미국의 주가지수와 변동성지수에 대한 일별 수익률의 기초 통계량을 보여주고 있다.

〈Table 1〉 Basic Statistics on Daily Return

(unit: %)

	USA		KOREA	
	S&P 500	VIX	KOSPI 200	V-KOSPI 200
Average	0.023	-0.002	0.007	-0.016
Std Dev	1.268	7.629	1.264	5.606
Skewness	-0.345	1.034	-0.422	1.041
Kurtosis	11.108	6.769	10.217	6.676
Min	-9.470	-35.059	-10.903	-30.268
Max	10.957	76.825	11.540	43.440
Correlation	-0.731		-0.637	

미국과 한국 주식시장에서 주가지수와 변동성지수의 일별 수익률은 비슷한 분포 특성을 보여주고 있다. 특히, 미국과 한국 주가자료의 수익률 분포는 첨도가 크고 정규분포를 벗어나고 있는데, 그동안 여러 나라의 주가 수익률의 분포에 대한 연구 결과들과 마찬가지로 꼬리가 두터운 분포(fat-tailed distribution) 형태를 보여주고 있다(Tokat and Schwartz, 2002). 한편, 주가지수 수익률과 변동성지수 수익률 사이의 상관계수는 미국의 경우 －0.73, 한국의 경우 －0.64로 강한 음의 상관성을 보이고 있다.

3.2 변동성 전이효과

전 세계 경제의 상호 연관성이 심화되고 통신 및 정보교환 수단의 발달로 세계 각국 주식시장 사이의 연결성도 점점 더 증가하고 있다. 이에 따라 한 국가의 주식시장의 변화는 다른 나라 주식시장으로 쉽게 전파될 수 있다. 특히, 변동성은 투자자들의 심리에도 영향을 많이 받기 때문에, 미국 주식시장의 폭락과 함께 나타나는 변동성의 증가는 우리나라 투자자들의 심리에도 악영향을 미치며 결국 한국 주식시장에서의 변동성이 민감하게 증가하는 결과를 낳는다. 실제로 많은 투자자들이 밤 시간 동안 미국 주식시장의 움직임에 촉각을 곤두세우고 투자에 참여하고 있다. <Figure 3>을 보면 두 나라 사이의 시간대(time zone) 차이에 의한 미국 주식시장과 한국 주식시장의 연결고리를 보여주고 있다. 미국 뉴욕 주식시장의 거래시간은 뉴욕시간 기준 9시30분부터 16시까지이며, 한국 시간으로는 다음 날 새벽 6시에 폐장한다. 뉴욕 주식시장 폐장 3시간 후 한국 주식시장이 개장하면서 전일 뉴욕 주식시장의 등락 정보가 동시호가에 반영되게 된다.

〈Figure 3〉 Trading hours

2018년 10월 10일 나스닥주가지수가 7738.02에서 7422.05로 4% 넘게 하락하면서 장이 마감되자 다음 날 코스피 주가지수도 동시호가에서 전일 대비 2.4%나 폭락하면서 시작되었다. 주가가 하락하면 주식시장의 변동성은 상승하기 때문에 하루 4% 넘는 나스닥 주가지수의 하락은 43%가 넘는 변동성 상승을 동반하였고, 당연히 한국 시장도 다음 날 오전 22%가 넘는 변동성 증가를 동반하면서 주식시장이 개장하였다. 이러한 변동성의 전이효과는, 주가가 하락하는 경우 변동성의 상승폭이 동일한 주가 상승에 수반하는 변동성 하락폭보다 커지는, 비대칭적 특성

을 보인다.

거래시간과 비거래시간을 고려하기 위하여 주가지수와 변동성지수에 대한 수익률을 다음과 같이 정의한다.

$$R^i_{cc,t} = \ln \frac{Close\ of\ Index\ i\ at\ Day\ t}{Close\ of\ Index\ i\ at\ Day\ t-1} \times 100$$

$$R^i_{co,t} = \ln \frac{Open\ of\ Index\ i\ at\ Day\ t}{Close\ of\ Index\ i\ at\ Day\ t-1} \times 100 \qquad (1)$$

$$R^i_{oc,t} = \ln \frac{Close\ of\ Index\ i\ at\ Day\ t}{Open\ of\ Index\ i\ at\ Day\ t} \times 100$$

for i = SP(S&P 500), VX(VIX), KP(KOSPI 200), VK(V-KOSPI 200)

$R^i_{cc,t}$는 i 지수의 (t-1)일 종가 대비 (t)일 종가 수익률, $R^i_{co,t}$는 i 지수의 (t-1)일 종가 대비 (t)일 시가 수익률, $R^i_{oc,t}$는 i 지수의 (t)일 시가 대비 (t)일 종가 수익률을 의미한다. 만약 미국 주식시장과 한국 주식시장 사이에 변동성 전이효과가 존재하고 시장이 효율적이라면, 전날 미국 주식시장의 변동성 움직임 정보는 다음 날 한국 주식시장의 시가 변동성에 모두 반영되어야 한다. 시가에서 완전 반영되지 않고 이후에도 장 마감까지 유의적인 영향을 미친다면 한국 투자자는 미국 주식시장의 변동성 정보를 이용하여 시장의 평균적인 수익을 초과하는 수익을 얻을 수 있을 것이다. 먼저 변동성의 전이효과가 존재하는지를 밝히기 위해 미국의 변동성지수 VIX 자료와 한국의 변동성지수 V-KOSPI 200 사이의 회귀식을 추정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

$$R^{VK}_{cc,t} = \underset{(-1.05)}{-0.10} + \underset{(24.3)}{0.32} \times R^{VX}_{cc,t-1}, \qquad (2)$$

회귀식 기울기는 +0.32, t value는 24.3으로 유의적이다. 결국 미국 주식시장의 변동성 정보는 다음 날 한국 주식시장의 변동성에 같은 방향으로 유의적인 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 시장이 효율적이라면 미국 시장의 변동성 정보는 이미 우리나라 아침 장 시작 전에 알려진 정보이므로 이 정보는 아침 주식시장 개장과 동시에 다 반영되어질 것이고 개장 이후에는 미국 시장의 변동성 정보가 더 이상 영향력이 없어야 할 것이다. 다음과 같은 회귀 분석을 통해 과연 변동성 정보가 아침 장 시작시점에 다 반영되고 이후에는 무작위로 영향을 미치는지를 분석하였다.

$$R^{VK}_{co,t} = \underset{(10.90)}{0.71} + \underset{(29.61)}{0.25} \times R^{VX}_{cc,t-1}, \qquad (3)$$

$$R^{VK}_{oc,t} = \underset{(-10.20)}{-0.82} + \underset{(6.04)}{0.06} \times R^{VX}_{cc,t-1}, \qquad (4)$$

식 (3)은 전날 밤 미국 주식시장의 변동성이 한국 주식시장의 다음 날 아침 시가의 변동성에 미치는 영향을 고려한 식으로서 회귀계수가 +0.25, t value가 29.61로 나타나, 매우 유의적인 영향을 미치고 있는 점은 미국 주식시장으로부터 한국 주식시장으로의 변동성 전이효과가 유의적임을 보여주고 있다. 한편, 식 (4)는 전날 밤 미국 주식시장의 변동성 정보가 다음 날 한국 주식시장의 아침 시작부터 저녁 장 마감 때까지 영향을 미치는지를 분석한 식으로서, 만약 효율적 시장가설이 성립한다면 변동성의 전이는 식 (3)에 완전히 반영되고 식 (4)에서는 추가적으로 유의적인 전이효과가 존재하지 않을 것이다. 그러나 식 (4)에서 회귀계수의 t value가 6.04로 유의

성 있게 나타나고 있다.

비대칭적 변동성 특성으로 인해 변동성의 전이효과 역시 미국 시장의 변동성이 상승하는가, 하락하는 가에 따라 우리나라 주식시장에 비대칭적으로 영향을 미칠 수 있음을 예상해볼 수 있다. <Table 2>는 미국 주식시장 변동성의 상승과 하락 국면별로 나누어 추정한 회귀식 (2), (3), (4)의 결과를 보여주고 있다. Up은 전날 미국 주식시장의 변동성지수가 +1% 이상 상승한 날, Down은 -1% 이상 하락한 날이다.

〈Table 2〉 Volatility Spillover Patterns

US Vol.	Eq. No.	Coefficient	Slope	R^2
Up	2	-0.99(-3.73)**	0.39(13.98)**	0.17
	3	-0.40(-2.45)*	0.36(21.03)**	0.32
	4	-0.59(-2.78)**	0.03(1.34)	0.00
Down	2	0.35(1.58)	0.36(11.43)**	0.10
	3	0.94(6.07)**	0.25(11.28)**	0.10
	4	-0.59(-3.29)**	0.11(4.42)**	0.02

* significant at 95%, ** significant at 99%

대체적으로 전일 미국의 변동성이 하락한 날보다 상승한 날 우리나라의 변동성에 대한 영향력은 더 강하게 나타나고 있다. 재미있는 현상은 전날 미국의 변동성이 상승한 경우는 우리나라도 다음 날 변동성이 유의적으로 상승하는데, 미국 변동성이 상승한 경우의 회귀식 (3)과 (4)의 결과에서 보듯이 변동성의 전이는 대부분 아침 주식시장의 개장 시점에 반영되고 이후 장 마감까지는 유의미한 영향력은 사라지고 있다. 반면, 전날 미국의 변동성이 하락한 경우는 전이 패턴이 다르게 나타나는데, 우리나라의 아침 변동성에 전부 반영되지 않고, 추가적으로 당일의 종가까지도 그 영향력이 유의적으로 존재하고 있음을 보여주고 있다. <Table 2>와 같은 변동성 전이효과의 이상현상(volatility spillover anomaly)은 본 연구에서 새롭게 규명된 패턴으로서 변동성 전이의 효율성에 대한 반례이며, 투자자들에게 중요한 투자 전략적 의미를 주고 있다.

4. 변동성 매도전략의 수익성 개선

4.1 변동성 매도전략의 제안 모형

전날 미국의 변동성이 하락한 날은 우리나라에 나타나는 변동성 전이의 패턴에서 이상현상이 나타나고 있다. 이러한 비대칭적 변동성 전이효과를 이용하여 다음과 같은 장중 변동성 매도전략을 제안한다. 즉, 전날 미국 시장의 변동성이 하락한 날은 우리나라의 아침 시간에 변동성이 하락으로 출발하더라도 이 시점에서도 향후 유의적인 추가 하락이 예상되므로 변동성을 매도하고, 장 마감 시점에서 포지션을 청산한다. 반대로 미국의 변동성이 상승한 날은 거래를 하지 않는다. 이러한 장중 변동성 매도전략(Short Volatility Strategy: SVS)은 다음 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
&Short\ \ Volatility\ \ Strategy(SVS)\\
&If\ R^{VX}_{cc,t-1} < -level\ then\ Sell\ \ VK\\
&Open\ at\ Day\ t;\\
&If\ Market\ \ Close\ then\ Exit\ \ VK\\
&Close\ at\ Day\ t;
\end{aligned}
\tag{5}
$$

SVS는 변동성 매도포지션을 장 마감 시점에서 청산하는 데이트레이딩전략으로서, 다음 날 미국 주식시장의 주가 급락에 따른 변동성 급등

의 오버나이트 리스크(overnight risk)를 제거하는 전략이다. SVS 전략을 일정 기간(T) 동안 실행하면 다음 식 (6)과 같은 수익률의 성과함수 TR(Total Return)를 구할 수 있다.

$$TR_T = \sum_{t=1}^{T} ln\left[\frac{VK\ Close\ at\ Day\ t}{VK\ Open\ at\ Day\ t}\right] \times 100 \times D_t, \quad (6)$$
$$D_t = -1 \text{ if } R_{cc,t-1}^{VX} \leq -1,\ 0\ otherwise$$

TR 함수는 (t-1)일 미국의 변동성지수 VIX가 -1% 이상 하락으로 마감하면 $D_t = -1$이 되어 한국의 (t)일 아침에 변동성지수 V-KOSPI 200을 매도한 후 그 날의 장 마감 시점에 보유 포지션을 청산하는 매도전략의 수익을 누적한 함수이다.

4.2 변동성 매도전략의 수익성 분석

비대칭적 변동성 전이효과를 이용한 코스피 200 변동성지수의 장중 매도전략의 2008년~2018년 전체 분석 기간에서의 성과를 <Table 3>에 정리하였다.

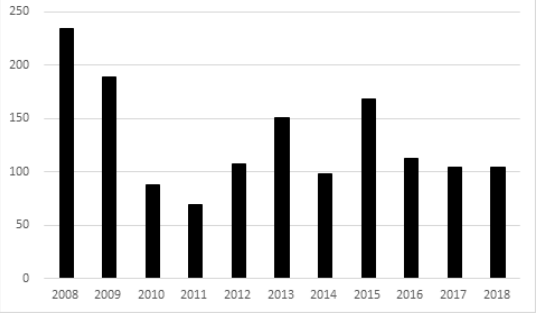
〈Table 3〉 Trading Performance

(unit: %)

	Performance	
	SVS	Benchmark
Total Return	1426.41	364.53
Transaction No.	1174	949
% Profitable	68	60
Max Draw Down	-41.27	-101.85
Average Profit	1.22	0.38
Std. Dev.	3.75	4.53
Sharpe Ratio	0.32	0.08
Return after Costs	839.41	-109.97

벤치마크 전략은 전날 미국의 변동성이 상승한 날, 한국 주식시장의 아침 동시호가에 변동성지수 V-KOSPI 200을 매도하고 당일의 종가에서 포지션을 청산하는 비교 전략이다. 변동성 전이를 이용한 변동성 매도전략 SVS의 수익률은 전체 분석 기간에서 총 1426.41%(연평균 129%)로 벤치마크 전략보다 높으며, 거래에 따른 수수료 0.5%를 고려하더라도 수익률이 839.41%(연평균 76%)로 벤치마크 전략의 (-) 수익률과 그 차이를 확대하고 있다. 거래비용에는 증권회사의 위탁수수료와 주문 체결에 따른 주문 시점의 가격과 실제 체결되는 가격의 차이에 의한 slippage cost 등이 포함된다. 거래의 성공 확률도 68%로 비교 전략보다 높은 편이며, 투자자들에게 가장 민감한 지표 중 하나인 Max Draw Down(MDD) 역시 -41.27%로 낮은 편이다. MDD는 거래 기간 동안 누적 수익곡선에서 직전 최대 수익과 이후 최저 수익 사이의 차이가 가장 큰 손실 폭으로서 거래 기간 동안 나타날 수 있는 최대 손실 폭을 의미한다. Sharpe Ratio는 수익률을 위험으로 나누어 계산하는 지수로서 높을수록 위험 대비 우수한 수익성을 보이는 투자전략의 성과지표이며, 이 지표 역시 0.32로 벤치마크 전략의 0.08보다 높게 나타나고 있다.

연도별 수익률은 <Figure 4>와 같다.



〈Figure 4〉 Annual Returns on SVS(unit: %)

전체적으로 손실이 발생하는 연도가 없이 안정적인 수익 구조를 보이고 있다. 연도별 수익률은 2011년 68.67% 부터 2008년 233.74% 까지 비교적 골고루 분포하며, 연평균 수익률은 129.54%이다.

4.3 SVM을 활용한 변동성 매도전략의 수익성 개선

본 절에서는 비대칭적 변동성 전이효과를 이용한 변동성 매도전략의 수익성을 개선하기 위해 비선형관계를 보이는 자료의 분류문제를 해결하는 데 적합한 SVM을 활용한다. 변동성은 주가의 방향성뿐만 아니라 그에 따른 투자자들의 심리까지 복잡하게 얽혀 전개되기 때문에, 변동성 분석에서 SVM의 유용성은 클 것으로 예상된다(Kim and Ahn, 2010). SVM의 학습을 위한 입력변수로는 전날 미국 주식시장의 변동성지수 VIX의 수익률 $R_{\alpha,t-1}^{VX}$, 한국 주식시장의 다음 날 아침 동시호가에 반영되는 전이효과 수익률 $R_{\alpha,t}^{VK}$, 그리고 전날 미국 주식시장의 아침부터 저녁 장 마감 때까지의 변동성의 변화량 $R_{oc,t-1}^{VX}$ 변수이다. 전체 분석기간 중 2008년부터 2014년까지의 구간은 SVM 모형의 학습기간(training period), 2015년부터 2018년까지는 검증기간(testing period)이다. SVM 모형의 커널함수로는 linear function, radial basis function, 그리고 polynomial function을 사용하였다[1]. 학습기간에서 한국 주식시장 변동성의 장중 수익률 $R_{oc,t}^{VK}$가 상승한 경우는 U, 하락한 경우는 D로 상승과 하락을 구분하였으며, 장중 변동성 변화량의 상승(U)과 하락(D)의 분류 확률을 최대화시키도록 학습시켰다. 주어진 입력변수들을 이용하여 한국 주식시장 변동성의 장중 변화에 대한 상승과 하락 예측확률을 최대화하는 커널함수는 radial basis function로 나타났으며, 예측확률은 57%로 높은 편이다. 이 모형을 이용하여 검증기간인 2015년부터 2018년까지의 4년 동안에서 입력변수를 사용하여 장중 변동성의 상승과 하락을 예측하고 각각의 예측확률을 구하였다. 이렇게 구해진 예측확률을 이용하여 장중 변동성이 하락할 것으로 예측되는 확률이 50%를 넘는 경우 변동성 매도포지션을 진입하고 장 마감시점에서 청산하며, 이 예측확률이 50% 미만인 경우는 거래를 하지 않는다. 다음 식 (7)은 이러한 수정전략(m-SVS)을 정의하고 있다. <Table 4>는 수정된 변동성 매도전략의 검증기간(2015년-2018년) 4년 동안의 성과보고서이다.

$$
\begin{aligned}
&modified-Short\ \ Volatility\ \ Strategy(m-SVS)\\
&If\ \ SVM\ classifies\ \ D\ \ over\ 50\%\ then\ \ Sell\ \ VK\\
&Open\ at\ \ Day\ t;\\
&If\ \ Market\ \ Close\ then\ \ Exit\ \ VK\\
&Close\ at\ \ Day\ t;
\end{aligned}
\tag{7}
$$

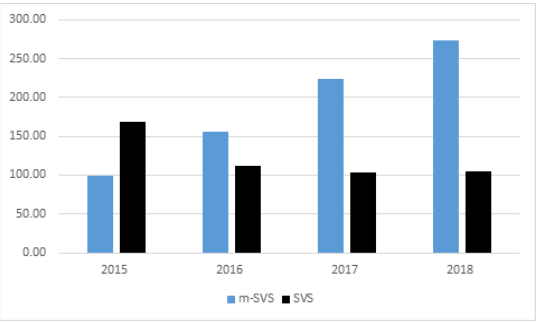
〈Table 4〉 Trading Performance

(unit: %)

	Performance	
	m-SVS	SVS
Total Return	752.89	488.99
Transaction No.	525	427
% Profitable	69%	67%
Max Draw Down	-29.49	-41.27
Average Profit	1.43	1.15
Std. Dev.	4.47	4.25
Sharpe Ratio	0.32	0.27
Return after Costs	490.39	275.49

1) $K(x,y)$가 각각 xy, $\exp(-\frac{(x-y)^2}{2\sigma^2})$, $(xy+1)^d$ (d: 다항함수의 차수) 형태의 함수이다.

2008년부터 2014년까지의 학습기간에서 SVM을 이용하여 학습한 후 2015년부터 2018년까지의 검증기간에서 거래한 m-SVS의 수익성은 비교 전략인 SVS와 비교하여 성과가 큰 폭으로 개선되었다. 우선, 총수익률은 488.99%에서 752.89%로 54%의 수익성 개선효과를 얻었다. 거래 성공확률도 소폭 증가하고, 최대 손실폭 MDD도 29.49%로 낮아지고 있다. 위험 대비 수익성을 측정하는 Sharpe Ratio 역시 0.27에서 0.32로 개선되었다. 전체적으로 수정된 m-SVS의 전략은 수익성과 위험 두 요소에서 다 개선된 성과를 보여주었으며, 연도별로 수익률을 구분한 <Figure 5>를 보면 2015년을 제외하고 모든 연도에서 기본 전략보다 더 높은 수익을 시현하였음을 알 수 있다.



〈Figure 5〉 Trading Performance by Year

5. 결론 및 연구의 한계점

본 연구에서는 비대칭적 변동성 전이효과를 이용한 투자전략을 제안하고 그 수익성을 분석하였다. 시장이 효율적이라면 전날 밤 미국 주식시장에서 발생한 주가의 변동성 정보는 다음 날 아침 한국 주식시장의 변동성에 모두 반영될 것이다. 미국 주식시장에서 한국 주식시장으로의 변동성 전이효과에 대한 실증 분석 결과는 시장의 효율성에 반하는 이상현상을 보여주었다. 실증 분석을 위한 자료는 미국 주식시장의 주가지수인 S&P 500, 변동성지수인 VIX, 한국 주식시장의 주가지수인 KOSPI 200, 변동성지수인 V-KOSPI 200 등이며, 전체 분석기간은 2008년부터 2018년까지의 11년 동안의 일별 자료를 사용하였다. 실증 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 전날 미국 주식시장의 변동성은 다음 날 한국 주식시장의 변동성에 유의적으로 영향을 미치고 있음을 밝혀 그동안의 대부분의 연구들과 비슷하게 변동성의 전이효과가 강하게 나타남을 보여주었다. 둘째, 변동성 전이의 패턴을 구체적으로 분석한 결과 전날 미국 주식시장의 변동성이 하락한 날과 상승한 날 한국 주식시장에 전파되는 변동성의 전이에서 다른 패턴을 보이고 있음을 밝혔다. 미국 주식시장의 변동성이 상승한 날 다음 날은 한국 주식시장의 변동성이 아침 주식시장 시작 시점에 다 반영되고 그 이후에는 영향력이 없는 전형적인 효율적 시장의 패턴을 보여주었으나, 전날 미국의 변동성이 하락한 날 다음 날은 한국 주식시장의 아침 시장 시작 시점에 다 반영되지 않고 일부만 반영된 후 오후 장 마감시간까지 그 영향력이 유의적으로 나타나고 있어 비대칭적 전이효과를 보여주었다. 셋째, 비대칭적 변동성 전이효과를 이용하는 장중 변동성 매도전략을 제안하였고, 실증분석 결과 우수한 수익성을 보여주었다. 마지막으로는 투자자들의 심리까지 복잡하게 얽혀 움직이는 변동성의 상승과 하락처럼 복잡한 분류문제에서 상당히 우수한 분류 예측의 정확도를 보이는 SVM 모형을 활용하여 더 우수한 성과를 가

져다주는 변동성 매도전략의 개선을 통해 수익성이 더 개선될 수 있음을 보여주었다.

비대칭적 변동성 전이효과를 찾아내고 수익성 높은 투자전략을 제안하였다는 점에서 본 연구의 기여도가 크지만 또한 많은 한계점도 가지고 있다. 첫째, SVM의 목적함수로 예측확률 대신 샤프지수 등을 활용하여 새롭게 정의하거나, Up과 Down에 대한 라벨링 기준을 강화하여 적용하면 보다 개선된 전략을 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 둘째, 본 연구에서 제안한 변동성 매도전략의 수익성 개선을 위해 SVM을 포함한 다양한 기계학습방법의 추가적인 연구도 필요하다.

참고문헌(References)

Choi, W., "Stock price return and volatility spillovers across East Asian equity markets," *Journal of Industrial Economics and Business*, Vol.27, No.1(2014), 269~292.

Clements, A., A. Hurn, and V. Volkov, "Volatility transmission in global financial markets," *Journal of Empirical Finance*, Vol.32(2015), 3~18.

Fama, E. F., "Efficient capital markets: A review of theory and empirical work," *Journal of Finance*, Vol.25(1970), 383~417.

Joung, D. and D. Ryu, "Volatility spillover effect from the Shanghai stock market to the Korean stock market," *Journal of Asia-Pacific Studies*, Vol.20, No.2(2013), 221~253.

Kaluge, D., "Asymmetric spillover effect in Indonesian stock market," *International Journal of Economics and Management*, Vol.11(2017), 183~195.

Ke, J., L. Wang, and L. Murray, "An empirical analysis of the volatility spillover effect between primary stocks abroad and China," *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, Vol.8, No.3(2010), 315~333.

Kim, S. W., "Negative asymmetric relationship between VKOSPI and KOSPI 200," *Journal of the Korean Data Analysis Society*, Vol.12, No.4(2010), 1761~1773.

Kim, S. and H. Ahn, "Development of an intelligent trading system using Support Vector Machines and Genetic Algorithms," *Journal of Intelligence and Information Systems*, Vol.16, No.1(2010), 71~92.

Kim, S. W. and H. S. Choi, "A study on developing an intra-day volatility trading systems using volatility spillover effect," *Journal of the Korean Data Analysis Society*, Vol.12, No.5(2010a), 2725~2739.

Kim, S. W. and H. S. Choi, "Overnight information effects on intra-day stock market volatility," *The Korean Journal of Applied Statistics*, Vol.25, No.3(2010b), 823~834.

Kim, S. W., H. S. Choi, and B. H. Lee, "A study on developing a profitable intra-day trading system for KOSPI 200 Index Futures using the US stock market information spillover effect," *Journal of Information Technology Applications and Management*, Vol.17, No.3 (2010), 151~162.

Kim, K. and K. H. Lee, "A study on the contagion effects among stock markets between developed countries and ASEAN," *Korean Corporation Management Review*, Vol.19, No.4(2012), 65~85.

Li, Y. and D. Giles, "Modelling volatility spillover

effects between developed stock markets and Asian emerging stock markets," *International Journal of Finance and Economics*, Vol.20 (2015), 155~177.

Miyakoshi, T., "Spillovers of stock return volatility to Asian equity markets from Japan and the US," *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Vol.13, No.4(2003), 383~399.

Santiago, G., G. Jose Eduardo, H. Jorge Luis, and M. Luis Fernando, "Volatility spillovers among global stock markets: Measuring total and directional effects," *Empirical Economics*, Vol.56, No.5(2019), 1581~1599.

Tokat, Y. and E. Schwartz, "The impact of fat tailed return on asset allocation," *Mathematical Methods of Operations Research*, Vol.55, No.2(2002), 165~185.

Yarovaya, L., J. Brzeszczynski, and C. Lau, "Asymmetry in spillover effects: Evidence for international stock index futures markets," *International Review of Financial Analysis*, Vol.53(2017), 94~111.

Abstract

Performance Improvement on Short Volatility Strategy with Asymmetric Spillover Effect and SVM

Sun Woong Kim*

Fama asserted that in an efficient market, we can't make a trading rule that consistently outperforms the average stock market returns. This study aims to suggest a machine learning algorithm to improve the trading performance of an intraday short volatility strategy applying asymmetric volatility spillover effect, and analyze its trading performance improvement.

Generally stock market volatility has a negative relation with stock market return and the Korean stock market volatility is influenced by the US stock market volatility. This volatility spillover effect is asymmetric. The asymmetric volatility spillover effect refers to the phenomenon that the US stock market volatility up and down differently influence the next day's volatility of the Korean stock market. We collected the S&P 500 index, VIX, KOSPI 200 index, and V-KOSPI 200 from 2008 to 2018. We found the negative relation between the S&P 500 and VIX, and the KOSPI 200 and V-KOSPI 200. We also documented the strong volatility spillover effect from the VIX to the V-KOSPI 200. Interestingly, the asymmetric volatility spillover was also found. Whereas the VIX up is fully reflected in the opening volatility of the V-KOSPI 200, the VIX down influences partially in the opening volatility and its influence lasts to the Korean market close. If the stock market is efficient, there is no reason why there exists the asymmetric volatility spillover effect. It is a counter example of the efficient market hypothesis.

To utilize this type of anomalous volatility spillover pattern, we analyzed the intraday volatility selling strategy. This strategy sells short the Korean volatility market in the morning after the US stock market volatility closes down and takes no position in the volatility market after the VIX closes up. It produced profit every year between 2008 and 2018 and the percent profitable is 68%. The trading performance showed the higher average annual return of 129% relative to the benchmark average annual return of 33%. The maximum draw down, MDD, is -41%, which is lower than that of benchmark -101%. The Sharpe ratio 0.32 of SVS strategy is much greater than the Sharpe ratio 0.08 of the Benchmark

* Corresponding Author: Sun Woong Kim
Graduate School of Business IT, Kookmin University
77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 02707, Korea
Tel: +82-2-910-5471, Fax: +82-2-910-4017, E-mail: swkim@kookmin.ac.kr

strategy. The Sharpe ratio simultaneously considers return and risk and is calculated as return divided by risk. Therefore, high Sharpe ratio means high performance when comparing different strategies with different risk and return structure. Real world trading gives rise to the trading costs including brokerage cost and slippage cost. When the trading cost is considered, the performance difference between 76% and -10% average annual returns becomes clear.

To improve the performance of the suggested volatility trading strategy, we used the well-known SVM algorithm. Input variables include the VIX close to close return at day t-1, the VIX open to close return at day t-1, the VK open return at day t, and output is the up and down classification of the VK open to close return at day t. The training period is from 2008 to 2014 and the testing period is from 2015 to 2018. The kernel functions are linear function, radial basis function, and polynomial function. We suggested the modified-short volatility strategy that sells the VK in the morning when the SVM output is Down and takes no position when the SVM output is Up. The trading performance was remarkably improved. The 5-year testing period trading results of the m-SVS strategy showed very high profit and low risk relative to the benchmark SVS strategy. The annual return of the m-SVS strategy is 123% and it is higher than that of SVS strategy. The risk factor, MDD, was also significantly improved from -41% to -29%.

Key Words : Efficient Market Hypothesis, Asymmetric Spillover Effect, Volatility Short Strategy, Support Vector Machines, Sharpe Ratio

Received : January 16, 2020 Revised : March 9, 2020 Accepted : March 15, 2020
Publication Type : Regular Paper Corresponding Author : Sun Woong Kim

저 자 소 개

김선웅
현재 국민대학교 비즈니스IT전문대학원 교수로 재직 중이다. 서울대학교 경영학과에서 경영학사를 취득하고, KAIST 경영과학과에서 투자론을 전공하여 공학석사와 공학박사 학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 트레이딩시스템, 투자공학, 헤지펀드와 자산운용이다.