

Print ISSN: 1738-3110 / Online ISSN 2093-7717
<http://dx.doi.org/10.15722/jds.13.5.201505.53>

Information in the Implied Volatility Curve of Option Prices and Implications for Financial Distribution Industry*

옵션 내재 변동성곡선의 정보효과와 금융 유통산업에의 시사점

Sang-Su Kim(김상수)**, Won-Suk Liu(유원석)***, Sam-Ho Son(손삼호)****

Received: April 09, 2015. Revised: April 14, 2015. Accepted: May 14, 2015.

Abstract

Purpose – The purpose of this paper is to shed light on the importance of the slope and curvature of the volatility curve implied in option prices in the KOSPI 200 options index. A number of studies examine the implied volatility curve, however, these usually focus on cross-sectional characteristics such as the volatility smile. Contrary to previous studies, we focus on time-series characteristics; we investigate correlation dynamics among slope, curvature, and level of the implied volatility curve to capture market information embodied therein. Our study may provide useful implications for investors to utilize current market expectations in managing portfolios dynamically and efficiently.

Research design, data, and methodology – For our empirical purpose, we gathered daily KOSPI200 index option prices executed at 2:50 pm in the Korean Exchange distribution market during the period of January 2, 2004 and January 31, 2012. In order to measure slope and curvature of the volatility curve, we use approximated delta distance; the slope is defined as the difference of implied volatilities between 15 delta call options and 15 delta put options; the curvature is defined as the difference between out-of-the-money (OTM) options and at-the-money (ATM) options. We use generalized method of moments (GMM) and the seemingly unrelated regression (SUR) method to verify correlations among level, slope, and curvature of the implied volatility curve with statistical support.

Results – We find that slope as well as curvature is positively correlated with volatility level, implying that put option pri-

ces increase in a downward market. Further, we find that curvature and slope are positively correlated; however, the relation is weakened at deep moneyness. The results lead us to examine whether slope decreases monotonically as the delta increases, and it is verified with statistical significance that the deeper the moneyness, the lower the slope. It enables us to infer that when volatility surges above a certain level due to any tail risk, investors would rather take long positions in OTM call options, expecting market recovery in the near future.

Conclusions – Our results are the evidence of the investor's increasing hedging demand for put options when downside market risks are expected. Adding to this, the slope and curvature of the volatility curve may provide important information regarding the timing of market recovery from a nosedive. For financial product distributors, using the dynamic relation among the three key indicators of the implied volatility curve might be helpful in enhancing profit and gaining trust and loyalty. However, it should be noted that our implications are limited since we do not provide rigorous evidence for the predictability power of volatility curves. Meaning, we need to verify whether the slope and curvature of the volatility curve have statistical significance in predicting the market trough. As one of the verifications, for instance, the performance of trading strategy based on information of slope and curvature could be tested. We reserve this for the future research.

Keywords: KOSPI 200 Index Options, Implied Volatility, Slope, Curvature, Seemingly Unrelated Regression(SUR), Financial Distribution Industry.

JEL Classifications: G11, G12, G13, G17.

1. 서론

옵션 가격에 내재된 정보를 찾아내기 위한 연구들은 매우 오랜 시간을 거슬러 올라갈 뿐 아니라 최근까지 매우 활발하게 진행되고 있다. 옵션 가격이 담고 있는 정보 중 시장에서 그 존재를 널리 인정하고 있는 것이 내재변동성(implied volatility)으로 대표되는

* This research was supported by Korea National Open University Research Fund((201400490001)

** First Author, Assistant Professor, Department of Economics, Korea National Open University, Korea. Tel: +82-2-3668-4618, E-mail: sskim512@knou.ac.kr.

*** Assistant Professor, Department of Economics, Kangnam University, Kangnam University, Korea. Tel: +82-31-280-3737. E-mail: wonsuk.liu@kangnam.ac.kr

**** Assistant Professor, Department of Economics and Finance, Soon chunhyang University, Korea. E-mail: sch35@sch.ac.kr

변동성 지표이다. 내재변동성은 Black-Scholes(1973)에 기반하여 등가격옵션에서 유도해 낸 것을 시작으로 옵션가격결정모형에 독립적인 위험중립변동성(risk-neutral volatility)을 유도해내는 것으로 발전해왔다. 이러한 연구들은 옵션의 내재변동성이 미래의 시장 변동성에 대한 정보효과를 담고 있을 뿐 아니라 파생상품의 헤지(hedge)와 가격결정에 매우 중요한 역할을 함을 밝혀왔다. 그럼에도 불구하고 변동성이 왜 발생하고 어떠한 경제적 요인에 의해 변해가는가 등의 궁극적 질문은 뒤로하더라도 내재변동성의 움직임 자체를 정확히 포착해 내는 작업마저도 뚜렷한 성과를 내고 있지 못한 것이 현실이다.

옵션의 내재변동성에 관한 연구가 활발하게 이루어지게 된 계기는 아이러니 하게도 1987년 10월 블랙먼데이(black-monday)로 불리는 주식시장 붕괴의 경험이었다. 동일한 만기와 동일한 기초 자산 하에 행사가격(strike price)만 다른 옵션은 Black-Scholes(1973)에 따라 동일한 내재변동성을 가져야 함에도 불구하고 실제 시장에서 발견되는 내재변동성은 행사가격에 따라 다르게 나타났다. 이른바 “변동성스마일(volatility smile)” 내지 “변동성스큐(volatility skew)” 등으로 불리는 내재변동성의 횡단면적 특성을 발견한 것이다.

이론적으로는 변동성 스큐가 나타나지 않아야함에도 불구하고 대부분의 실증적 연구결과들에서 지지되는 이유에 대해서 크게 다음의 두 가지 해석이 있어왔다. 우선 변동성 스큐의 현상이 모(true)변동성의 확률적 움직임을 무시한 데에서 발생하였다는 해석이다. 많은 이론적 연구들이 블랙-숄즈 모형 자체의 강한 가정을 현실화하여 조건부 분산의 움직임을 찾는 방향으로 진화되어왔다. 이러한 접근법은 모변동성의 확률적 동학을 찾아내고 이를 옵션가격에 정확히 반영하려는 시도이다. Hull and White(1987) 모형에서부터 변동성에 시간가변(time-varying)성을 고려한 Engle(1982)의 ARCH(Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) 모형과 이를 일반화한 Boller-slev(1986)의 GARCH(Generalized ARCH) 계열 모형, Heston(1993)의 추계적 변동성(Stochastic volatility) 모형, Merton(1976)의 도약-확장(Jump-diffusion) 모형에 이르기까지 수많은 연구들이 있다.

이와는 다른 방향으로 이론적 접근법은 아니지만 실제 관찰되는 옵션가격을 가장 잘 설명하는 변동성 스큐의 곡선을 찾아내는 접근법이 진행되고 있다. 일반적으로 리버스 엔지니어링(reverse engineering) 기법이라고 불리는 현실적인 방법론으로 Heynen(1994), Xu and Taylor(1994) 등 많은 연구가 있다. 이러한 연구들은 옵션의 행사가격과 만기일에 따라 서로 다른 내재변동성이 나타남을 밝혀왔다. 실제로 등가격(At The Money: ATM) 옵션보다 내·외가격(In-Out of Money: ITM, OTM) 옵션의 내재변동성이 더 높게 나타나며, 잔존만기에 따라서도 내재변동성이 달라진다는 사실을 밝혀왔다. 또한 최근 Bedendo and Hodges(2009) 등 연구에서는 행사가격과 잔존만기별 변동성을 3차원 형태로 결합, 즉 내재변동성의 횡단면적 특성인 변동성스큐와 변동성시간구조(volatility term structure)를 결합한 변동성 표면(volatility surface)을 동학적으로 추정하는 연구까지 진행되고 있다.

본 연구에서는 변동성 스큐의 원인을 규명하려고 시도하지는 않는다. 또한 변동성 곡선의 표면 전체를 추정하려는 것도 아니다. 우리의 질문은 간단하게도 내재변동성의 움직임에 시장의 정보가 담겨있다고 한다면 변동성 곡선(curve)의 주요 지표들에서 그 정보를 포착할 수 있지 않을까 하는 것이다. Manaster and Rendleman(1982)도 밝혔듯 옵션투자자에게 시장 정보가 주어졌다면 그 정보는 사전적으로나 사후적으로 내재변동성 움직임에 담겨있을 것이다. 만약 미래 시장의 큰 변화가 올 것으로 투자자가 예측할 경우 변동성 곡선의 움직임에 있어서 특별한 움직임이 포

착될 가능성이 있다. 변동성 곡선은 수학적으로는 수준(level), 기울기(slope), 곡률(curvature) 등의 지표로 특징지어진다. 여기서 변동성 곡선의 수준은 변동성 자체를, 기울기는 기준이 조금 다르긴 하지만 스큐(skew)를, 곡률은 기울기의 변화율을 의미한다. 그간의 연구들은 내재변동성의 위험중립확률분포의 고차적률의 특성과 가격도(moneyness)를 기준으로 한 변동성 스큐(skew) 현상에만 관심을 기울여 왔으나 우리는 이에 한발 더 나아가 변동성 곡선 자체의 지표들, 즉 기울기와 곡률이 중요한 정보가 됨을 밝혀려 한다. 만약 변동성 곡선이 예측가능하고 그 변화가 중요한 정보를 내포하고 있다면 두 가지 관점에서 중요한 연구가 될 수 있다. 첫째, 투자자에게 매우 중요한 정보인 현재 시장의 상황에 대한 정보를 제공할 수 있다. 둘째 포트폴리오의 리스크 관리 측면에서 동학적으로 효율적 리스크 관리를 가능하게 해 준다. 이러한 관심을 기초로 본 논문에서는 KOSPI200 지수옵션 자료를 이용하여 변동성 곡선의 특성을 분석하였다.

이후 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 분석에 사용된 자료의 특성과 분석 방법론 등을 간단히 제시한다. 특히 내재변동성 곡선의 기울기와 곡률을 정의하고, 기초자산인 주가지수와 관련된 기울기와 곡률간의 기초적인 관련성을 살펴본다. 이후 제 III장에서는 실증분석을 통해서 변동성 곡선의 특성, 즉 변동성 수준(level)과 기울기 및곡률간의 체계적인 관계를 추정해 본다. 또한 변동성 기울기와 곡률 간의 동학을 추정해봄으로써 시장의 변화를 보여주는 의미있는 정보가 내재되어있음을 확인해본다. 이를 기반으로 제 IV장에서는 주요 연구결과들의 시사점과 추가적인 연구 가능성 등에 대해 논의해본다.

2. 자료 특성 및 분석 방법론

1997년 7월에 시작한 KOSPI 200 주가지수 옵션시장은 짧은 역사에도 불구하고 가장 빠르게 성장하여 단일 종목으로 세계 1위 거래량을 기록하고 있다. 본 연구에 사용된 표본은 2004년 1월 2일부터 2012년 1월 31일까지의 8년간의 자료를 이용하였다. 증권거래소에서 제공되는 1분 간격의 체결 자료에서 오후 2시 50분 시가 자료를 일별로 구성하였다. 이는 기초자산인 주식시장에서 동시 호가가 오후 2시 50분에 시작하기 때문에 각 시장의 종가를 사용할 경우 옵션시장과 주식 시장의 상이한 장 종료 시간으로 인하여 발생할 수 있는 주식시장과 옵션 시장의 비동시적 거래 가능성을 제거하기 위해서다. 또한 매월 옵션 만기일 7일 이전의 경우에는 최근월물을 사용하였으나 만기일 7일 이내의 경우에는 익월물을 사용하였다. 만기가 가까워짐에 따라 퀴드러프위칭데이와 같은 가격변화가 심한 현상이 발생할 뿐 아니라 차기월물로의 만기 이동(roll-over)에 의해 거래량이 급감하여 유동성 위험을 지니고 있어 이 경우 옵션 가격의 정보 왜곡 가능성이 큰 점을 고려하여 만기에 가까운 7일 이내의 경우에는 익월물 옵션 가격을 사용하였다.

옵션가격 자료로부터 도출된 등가격(ATM) 옵션의 내재변동성의 움직임을 보면 기초자산인 주가지수와 반비례 관계가 있음을 아래 <Figure 1>에서 확인할 수 있다. 이는 옵션의 내재변동성과 주가는 일반적으로 둘 사이에 음(-)의 상관관계가 있다는 기존의 연구결과들과 일치한다. Giot(2005), Banerjee, et al.(2006) 등의 연구결과에 따르면 내재변동성이 주가와와 강한 음의 관계가 존재하며 내재변동성이 주가 수익률에 대한 예측력을 가지고 있다고 설명하였다. 특히 내재변동성의 확대는 주가의 하락과 밀접한 관계가 있으므로 VIX로 불리는 시장의 대표적인 위험지표로 내재변동성이 사용된다.



<Figure 1> Implied Volatility and KOSPI 200 Index

내재변동성 곡선의 특성을 파악하기 위해서 변동성 곡선의 기울기를 추출해야하는데, 변동성 스코를 측정하는 방법은 아직에도 이론적으로나 실무적으로 명확한 기준이 없다. 기존 이론 연구들에서는 변동성 스코 현상을 측정하기 위한 방법론이 다양하게 제시되어 있으며 그 중 최적의 방법론이 존재하는가에 대한 논의도 충분치 않다. 지금까지 진행된 방법론들은 크게 세 가지로 구분할 수 있는데, 첫째, Bakshi, et al.(2003)이 제시한 회귀분석에 기반한 방법론, 둘째, Bates(1991)이 사용한 외가격풋옵션 변동성과 콜옵션 변동성간의 산술적 차이를 moneyness에서의 %로 측정하는 방법론, 마지막으로, Hull, et al.(2004)가 정의한 외가격풋콜옵션 변동성간의 산술적 차이를 델타로 측정하는 방법론이 있다. 이외에도 풋콜 변동성의 차이로 정의된 마지막 두 가지 방법론을 표준화하여 근사치를 구한 Toft and Prucyk(1997), Carr and Wu(2007), Mixon(2009) 등의 연구들이 있다.

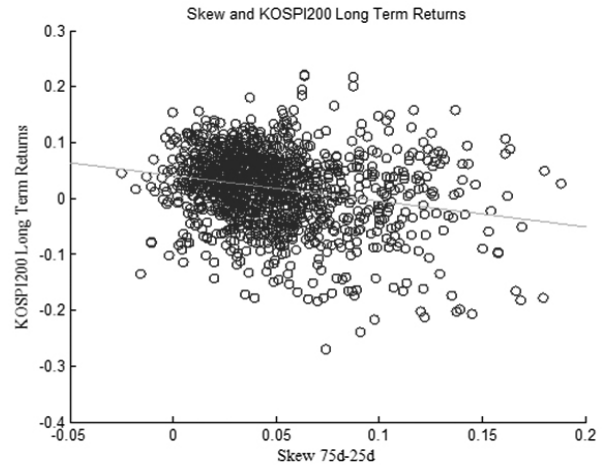
본 연구에서는 변동성 곡선의 특성을 포착하기에 적절한 델타 거리로 근사한 세 번째 방법론을 사용한다. 왜냐하면 변동성의 수준에 따라 결과가 민감한 반응을 보이는 첫 번째 방법론의 단점을 극복할 수 있을 뿐 아니라 만기 효과를 배제할 수 있는 장점이 있다. 또한 실증적으로 변동성 곡선이 행사가격 차원에서 보다 델타 차원에서 근사하는 것이 더욱 잘 표현되기 때문이다. 구체적으로 기울기를 정의하면 다음과 같다. 변동성 기울기는 85델타(delta)에 해당하는 풋옵션의 내재변동성에서 15델타에 해당하는 콜옵션 내재변동성을 빼준 것으로 정의한다. 다음의 식과 같이 표현할 수 있다. 단, 변동성 곡선의 기울기와 스코는 엄밀하게는 기준이 다른 개념이긴 하지만 유사하고 이해가 편하기 때문에 편의상스코(skew)라는 명칭을 그대로 사용하기로 한다. 다시 말해 등가격(ATM) 옵션에서 델타가 -0.15인 외가격(OTM) 풋 옵션의 내재변동성에서 델타가 +0.15인 외가격 콜 옵션의 내재변동성을 빼준 것을 변동성 곡선의 기울기라고 정의하며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{기울기: Skew} = (85\delta \text{ OTM Put Vol} - 15\delta \text{ OTM Call Vol})$$

이렇게 정의된 변동성 곡선의 기울기(slope)가 커졌다는 것은 외가격풋옵션의 내재변동성이 외가격콜옵션의 내재변동성 보다 더 커졌다는 것을 의미한다. 일반적으로 시장에서 베어마켓일 때 높은 변동성스코 현상이 발생하며, 통상 시장의 변동성이 심해질 때 변동성 곡선의 기울기가 커진다. 이는 옵션시장에서 변동성 곡선의 기울기와 주가수익률은 일정한 관계가 있음을 추론하게 해준다. Doran and Tarrant(2007), Doran and Krieger(2010) 등의 연구에서는 변동성 스코현상을 중심으로 이러한 관계를 추정하였는

데, 변동성 스코가 기초자산인 주식시장의 급등락에 대한 예측력을 가짐을 밝혔다.

한국 시장의 경우에도 변동성 곡선의 기울기와 주가 수익률은 일정한 관계가 있음이 <Figure 2>에서 확인된다. <Figure 2>에서 보듯 KOSPI 200 지수옵션의 변동성 곡선의 기울기와 KOSPI 200 주가 수익률은 상당히 유의하게 역의 관계가 있음을 확인할 수 있다.



<Figure 2> The Slope of Implied Volatility Curve and KOSPI 200 Returns

다음으로 변동성 곡선의 곡률(curvature)은 외가격풋옵션 변동성에서 외가격콜옵션 변동성을 차감한 것의 평균에서 등가격 옵션의 변동성을 차감한 것으로 정의한다. 다음의 식과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{곡률: Curvature} = \frac{(85\delta \text{ OTM Put Vol} - 15\delta \text{ OTM Call Vol})}{2} - \text{ATM Vol}$$

곡률을 이렇게 정의한 것은 곡률의 중심을 등가격 옵션의 변동성으로 보았을 때 이를 중심으로 스코를 측정하는 풋콜옵션까지의 거리를 측정하게 되면 곡률이 반영되기 때문이다. 다시 말해 외가격풋옵션 변동성에서 등가격 변동성까지의 거리와 외가격콜옵션 변동성에서 등가격 변동성까지의 거리의 가중합을 고려한 것이다. 이렇게 정의된 변동성 곡선의 기울기와 곡률의 움직임은 각각 내재위험확률 조건부 분포의 고차적률인 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)를 반영한다.

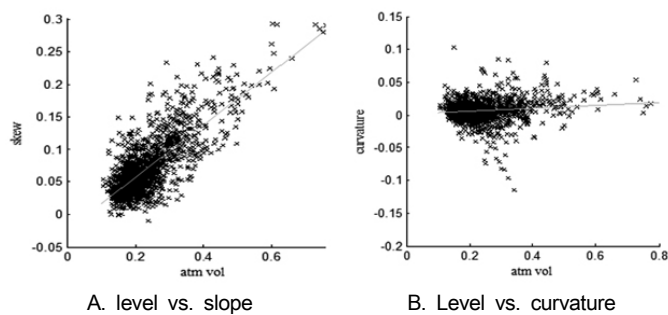
3. 연구결과 : 변동성 곡선(curve)의 특성

3.1. 변동성 곡선의 수준(level)과 기울기(slope), 곡률(curvature) 간의 관계

KOSPI 200 지수옵션 시장에서 변동성 수준과 기울기 간의 관계를 살펴보기 위해 일반화된 적률법(GMM)을 이용하여 추정하였다. GMM 추정은 $y_t = \alpha + \beta x_t + \epsilon_t$ 라는 선형관계식을 추정하였으며, 가중치행렬은 Newey-West 추정치를 사용하였다. 단, y_t 는 기울기, x_t 는 등가격 변동성이다.

일반화된 적률법(GMM)을 이용하여 추정한 결과 <Figure 3>의 A에서 보는 바와 같이 양(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. β 의 추정치는 0.4067, t-값은 25.37이다. 변동성 수준이 1% 증가할 때, 기울기도 0.41% 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 등가격 변동성이 증가할 때 변동성 곡선의 기울기가 유의하게 증가함을 확인할 수 있다.

또한 변동성 수준과 곡률간의 관계 역시 <Figure 3>의 B에서 보는 바와 같이 변동성 수준의 증가가 곡률의 증가를 가져오는 양(+)의 관계가 유의하게 나타났으나 그 영향은 미미하게 나타났다. 이 역시 $y_t = \alpha + \beta x_t + \epsilon_t$ 라는 선형관계식을 일반화된 적률법(GMM)으로 추정하였으며, y_t 는 곡률, x_t 는 등가격 변동성이다. 추정된 β 값은 0.0215, t-값은 2.47으로 나타났다.



<Figure 3> The Relation between Volatility Level and Slope, Curvature

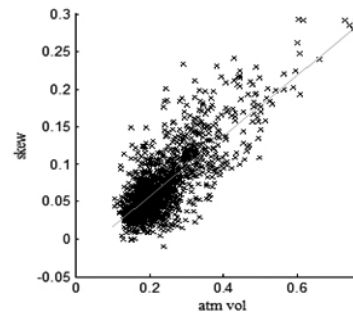
이렇듯 변동성 수준과 기울기 및 곡률간의 정비례 관계를 가진다는 것은 시장의 변동성이 커지는 경우 투자자들은 시장이 하락할 확률을 더 크게 보고 있다는 것을 의미한다. 시장이 하락하고 변동성이 확대될 경제상황에서는 일반적으로 옵션시장도 변동성이 커진다. 즉, 변동성 수준이 커질 경우 투자자들은 시장의 하락 위험을 헤지하기 위해서 현재의 현물가격과 멀리 떨어져 있는 행사 가격을 가진 심외가격(deep OTM) 풋옵션을 선호할 것이다. 만약 심외가격풋옵션에 대한 수요가 늘어날 경우 변동성 곡선의 기울기는 가팔라지게 된다. 따라서 변동성 수준이 커질 경우 기울기 역시 커지게 되며, 이로 인해 변동성 수준과 기울기는 정비례관계를 가지는 것으로 나타나는 것이다.

3.2. 변동성 기울기와 곡률 간의 관계

변동성 곡선의 기울기와 곡률 간의 관계를 추정하기 위해 이전과 동일하게 일반화된 적률법(GMM)을 이용하였다. $y_t = \alpha + \beta x_t + \epsilon_t$ 라는 선형관계식에서 y_t 는 곡률, x_t 는 기울기이다. 추정 결과 β 추정치는 0.0868, t-값은 3.98로 나타났다. 이는 기울기가 증가할 때 곡률이 유의하게 증가한다는 것으로 <Figure 4>에서도 확인되듯 기울기와 곡률 간에는 유의미한 양(+)의 상관관계가 평균적으로 나타났다.

변동성 곡선의 기울기와 곡률은 풋옵션과 콜옵션 모두에게서 영향을 받는다. 기울기가 더 커졌다는 것은 풋옵션의 변동성은 더 커지고, 콜옵션의 변동성은 등가격 변동성보다 더 낮아지는 비대칭적 구조를 형성하였다는 것을 의미한다. 일반적으로, 시장이 하락할 경우 기울기를 구성하는 풋옵션의 변동성의 상승과 콜옵션 변동성의 하락의 합으로 기울기의 상승이 나타나는 것으로 해석된다. 그렇다면 시장이 하락위험이 커져서 변동성이 확대되는 상황

에서 변동성 곡선의 기울기의 상승이 나타났다고 하면 변동성 곡선의 곡률은 어떻게 변하게 될 것인가. 변동성 곡선의 곡률은 외가격콜옵션 변동성이 등가격 변동성에서 떨어진 거리와 외가격풋옵션 변동성이 등가격 변동성에서 떨어진 거리의 평균이므로, 만약 곡률이 커진다면 두 외가격 옵션의 변동성 모두 등가격 변동성 대비 높아졌다는 것을 의미한다. 다시말해 외가격 옵션들의 평균 변동성이 커졌다는 것을 의미한다. 평균이 커졌다는 것은 두 옵션 모두 변동성이 커지는 경우와 콜옵션의 변동성이 떨어지더라도 풋옵션의 변동성의 상승폭이 더 커지게 되는 경우가 있을 수 있다. 따라서 분석결과로 나온 변동성 곡선의 기울기가 커질 때 곡률 역시 커지는 것은 후자의 경우에 해당된다. 시장의 하락위험을 헤지하기 위해서 외가격풋옵션에 대한 선호가 강해지게 되며 이로 인해 외가격콜옵션의 낮아지는 변동성보다 더 높은 변동성 상승폭을 가져오게 되어 외가격 옵션들의 평균 변동성을 상승시키는 것으로 해석할 수 있다.

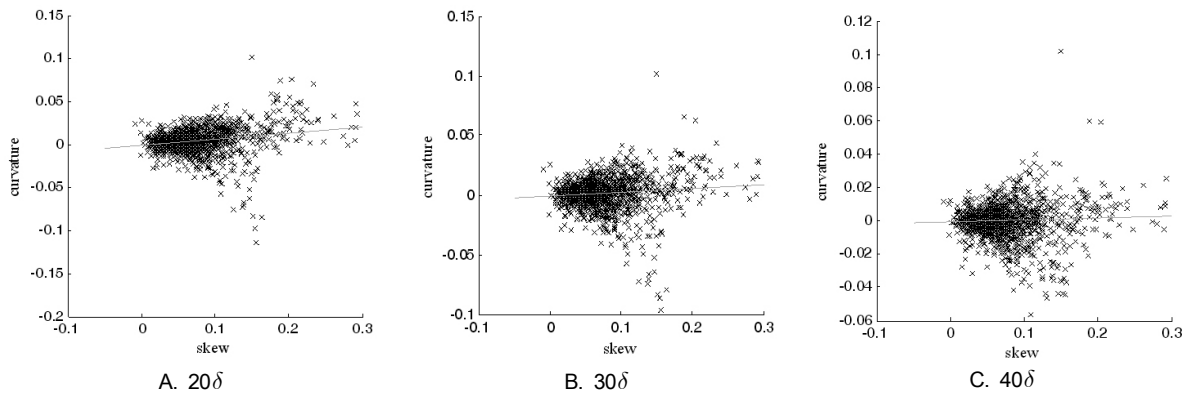


<Figure 4> The Relation between Slope and Curvature

3.3. 변동성 기울기와 곡률의 동학

변동성 곡선의 기울기와 곡률은 평균적으로 정비례 관계가 있음을 앞에서 확인했다. 그런데, 실제 시장에서는 하락위험이극에 달할 경우에 오히려 급한 반등을 기대하는 심리가 발생한다. 변동성이 확대되는 초기 시점에서는 시장이 하락할 것이라는 기대가 발생하여 변동성 곡선의 기울기의 상승과 이로 인한 곡률이 상승하는 결과를 가져오게 되지만, 변동성 확대가 일정 수준이 넘어서게 되면 오히려 시장의 급반등에 대한 기대감이 발생하게 된다. 실제로 시장이 빠른 하락 이후에는 급한 V자 반등이 자주 발생하곤 한다. 시장의 저점이 어디인지 아무도 모르고 저점 매수기회가 주어질 경우 매우 높은 수익률을 얻을 수 있기 때문에 투자자들은 변동성이 매우 커질 경우 시장과 반대로 포지션을 가져가려 할 것이다. 만약 시장의 움직임이 이렇하다면 변동성이 매우 커지고 이에 따라 변동성 곡선의 기울기가 매우 가팔라 지는 시점에 투자자들은 오히려 급한 반등을 기대하는 심외가격콜옵션을 선매수하려 할 것이다.

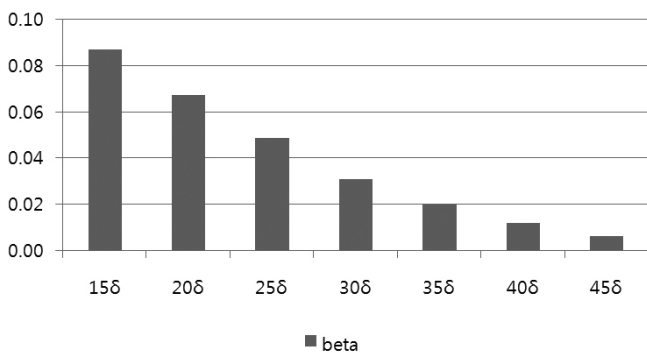
과연 실제 시장의 움직임은 그러한가를 확인해보기 위해서는 기울기와 곡률을 측정하기 위해 편의상 사용한 15델타(δ)를 보다 확대하여 좀 더 심외가격 옵션들의 변동성의 움직임을 확인해볼 필요가 있다. 심외가격 옵션들의 움직임들에서 저점에 대한 기대감이 먼저 반영되기 때문이다. δ 의 크기에 따라 기울기와 곡률의 분류하고 각각의 관계를 확인해보았더니 <Figure 5>와 같은 결과를 얻었다. 즉, δ 가 커짐에 따라 둘 간의 정비례 관계가 조금씩 약해지는 것을 확인할 수 있다.



<Figure 5> The Dynamics of Slope and Curvature depending on the δ

이에 좀 더 엄밀한 추정과 가설검증을 통해 과연 δ 가 커짐에 따라서 둘 간의 정비례 관계가 통계적으로 유의하게 작아질 것인가를 검증해보았다. 추정방법은 표면상무관회귀분석(Seemingly Unrelated Regression: SUR) 기법을 이용하였으며, 추정식은 $y_i = X\beta + \epsilon_i$ 이고 $i = 1, \dots, k$ 는 δ 의 크기에 따라 나열한 것이다. SUR을 통해 추정된 추정된 β 가 δ 가 커짐에 따라 단조적으로 감소하는 가라는 가설을 Wolak(1989) 부등호제약식 검정기법을 이용하여 검정하였다. 귀무가설과 대립가설은 각각 $H_0: \beta_1 = \dots = \beta_k$, $H_1: \beta_1 < \dots < \beta_k$ 이 된다.

우선 SUR 추정결과를 보면 <Figure 6>과 <Table 1>에서와 보는 바와 같다. 추정된 β 가 δ 가 커짐에 따라 단조적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 추정치들은 30델타 이하의 옵션들에서 계산된 변동성 곡선의 기울기와 곡률 간의 관계는 통계적으로 유의하게 나타났지만, 30델타 보다 큰 경우에는 통계적 유의성이 떨어졌다. 또한 Wolak(1989) 부등호제약식검정 결과 목적함수 값이 23.96, p-값이 0.00으로 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. 추정된 β 가 δ 가 커짐에 따라 단조적으로 감소한다는 대립가설이 통계적으로 유의하다는 결과이다. 이는 변동성 곡선의 기울기가 커짐에 따라서 평균적으로 곡률 역시 커지게 되나, 심외가격 옵션으로 갈수록 점점 곡률의 커짐의 정도는 상대적으로 줄어들게 된다는 것을 의미이다. 다시 말해 변동성이 확대될수록 저점에 대한 투자자들의 기대가 심외가격으로 갈수록 크게 반영되고 있어 곡률이 커지는 정도가 상대적으로 약해지고 있는 것이다.



<Figure 6> The Relation between δ and β

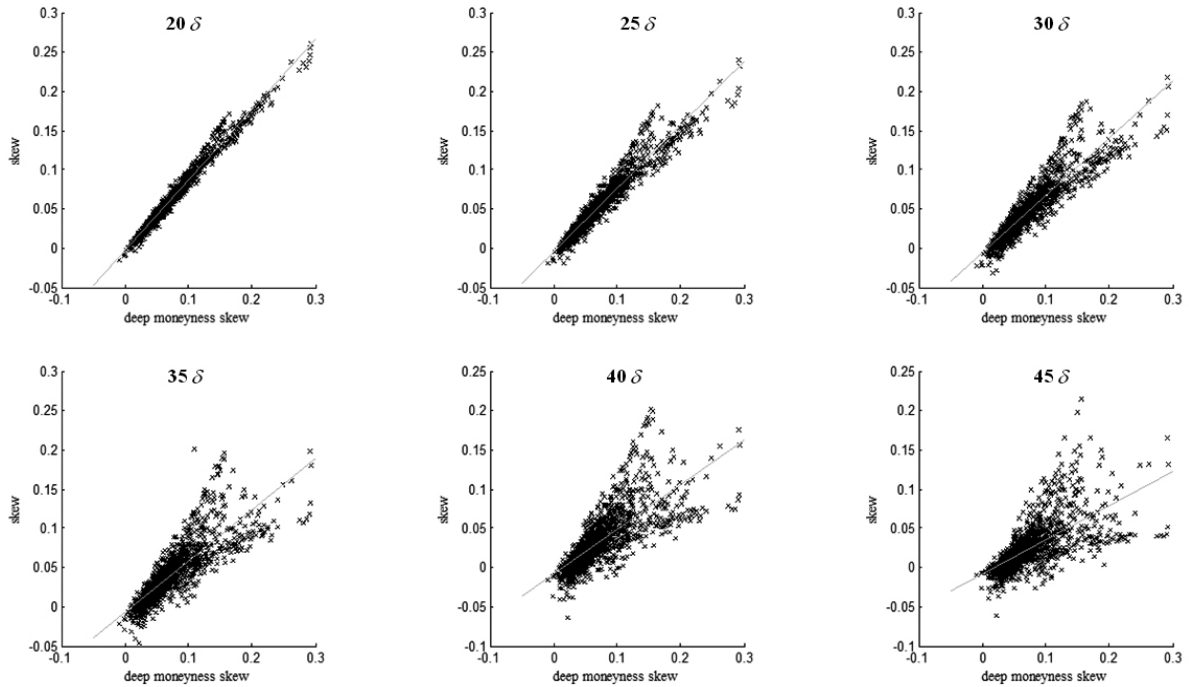
<Table 1> The Estimated Results of δ and β

δ	β	standard error	t-value	p-value
15 δ	0.0868	0.0218	3.9845	0.0001
20 δ	0.0672	0.0201	3.3394	0.0008
25 δ	0.0485	0.0185	2.6251	0.0087
30 δ	0.0308	0.0165	1.8688	0.0616
35 δ	0.0197	0.0133	1.4826	0.1382
40 δ	0.0116	0.0094	1.2322	0.2179
45 δ	0.0059	0.0059	1.0022	0.3163

변동성 곡선의 기울기가 커질수록 곡률 역시 커지나, 델타가 큰 심외가격 옵션의 경우 곡률의 커짐이 상대적으로 작아짐을 확인했다. 그렇다면 이러한 현상이 심외가격으로 갈수록 기울기 역시 커지는 정도가 상대적으로 줄어드는 결과를 가져올 수 있을 것이다. 왜냐하면 변동성 곡선의 기울기가 상대적으로 작다는 것은 풋옵션의 변동성은 줄어들고 콜옵션의 변동성은 커졌다는 것을 의미하기 때문이다. 시장의 하방위험이 커질수록 변동성 곡선의 기울기가 커지게 되는데, 위험이 커질수록 다시 재반등의 기대를 가지는 투자자는 심외가격콜옵션을 매수하려 하기 때문에 심외가격으로 갈수록 변동성 곡선의 기울기는 상대적으로 줄어들 가능성이 있다.

따라서 변동성 곡선의 기울기가 델타가 커짐에 따라서 상대적으로 더 작아지는가를 실제로 확인해보아야 한다. 실제 시장의 움직임이 그러한가를 확인해보기 위해서 기존의 15델타 기준기울기에 비해 델타가 커질수록 기울기가 어떻게 변하는지를 살펴보았다. δ 의 크기에 따라 얻어진 변동성 곡선의 기울기와 15델타를 통해서 얻은 기울기 간의관계를 각 델타별로 확인해보았더니 <Figure 7>과 같은 결과를 얻었다. <Figure 7>의 x축은 기존의 15델타 변동성 곡선의 기울기이다. δ 가 커짐에 따라 둘 간의 정비례 관계가 조금씩 약해지는 것을 확인할 수 있다.

앞의 분석과 동일하게 표면상무관회귀분석(Seemingly Unrelated Regression: SUR) 기법을 이용하여 과연 δ 크기에 따라서 둘 간의 기울기가 어떤 관계를 가지는 지 추정해보았다. 또한 Wolak(1989) 부등호제약식 검정기법을 이용하여 SUR을 통해 추정된 β 가 δ 가 커짐에 따라 단조적으로 감소하는 가라는 가설을 이용하여 검정하였다.

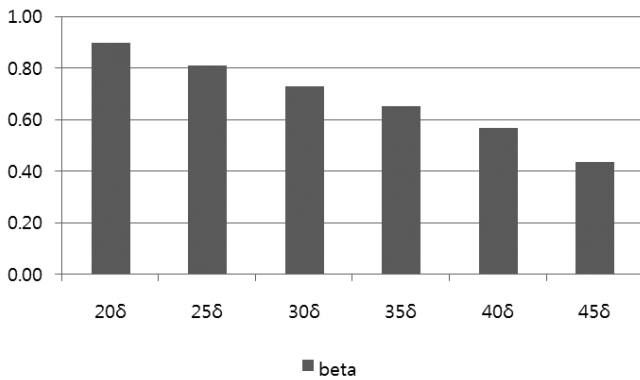


<Figure 7> The Dynamics of Slope depending on the δ

우선 SUR 추정결과를 보면 <Figure 8>과 <Table 2>에서와 보는 바와 같다. 추정된 β 가 δ 가 커짐에 따라 단조적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 추정치들은 모든 델타에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 또한Wolak(1989) 부등호제약식 검정 결과 목적함수 값이 193.08, p-값이 0.00으로 나타나 역시 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. 추정된 β 가 δ 가 커짐에 따라 단조적으로 감소한다는 대립가설이 통계적으로 유의하다는 결과이다. 이는 변동성 곡선의 기울기가 커짐에 따라서 심외가격 옵션에서 구한 기울기는 상대적으로 점점 작아진다는 것을 의미한다. 다시 말해 변동성이 확대될수록 저점에 대한 투자자들의 기대가 심외가격으로 갈수록 상대적으로 크게 반영되고 있음을 시사한다.

<Table 2> The Estimated Results of δ and β

δ	β	standard error	t-value	p-value
20δ	0.8990	0.0104	86.1981	0.0000
25δ	0.8088	0.0212	38.1442	0.0000
30δ	0.7298	0.0303	24.1213	0.0000
35δ	0.6509	0.0386	16.8521	0.0000
40δ	0.5693	0.0450	12.6380	0.0000
45δ	0.4352	0.0435	10.0071	0.0000



<Figure 8> The Relation between δ and β

4. 연구 결과 토론 및 시사점

4.1. 연구의 요약

본 연구는 KOSPI 200 지수옵션 시장의 내재변동성의 움직임에 시장의 정보가 담겨있다면 변동성 곡선(curve)의 지표들을 통해서 그 정보를 포착해 내보려는 시도이다. 본 연구에 사용된 표본은 2004년 1월 2일부터 2012년 1월 31일까지의 8년간의 자료를 이용하였다. 증권거래소에서 제공되는 1분 간격의 체결 자료에서 오후 2시 50분 시가 자료를 일별로 구성하였다. 또한 매월 옵션 만기일 7일 이전의 경우에는 최근월물을 사용하였으나 만기일 7일 이내의 경우에는 익월물을 사용하였다. 변동성 곡선의 주요 지표로는 수준(level), 기울기(slope), 곡률(curvature)를 사용하였다. 변동성의 기울기와 곡률을 측정하기 위해서 델타 거리로 근사하는 방법론을 사용하였으며 기울기의 경우 15델타에 해당하는 풋옵션의 내재변동성에서 15델타에 해당하는 콜옵션의 변동성을 빼 준 것으로 정의하였다. 곡률의 경우에도 15델타를 기준으로 등가격

변동성까지의 거리의 가중합과 등가격 변동성간의 격차로 정의하였다. 각 지표들 간의 관계와 동학을 분석하기 위해 일반화된 적률법(GMM) 기법과 표면상무관회귀분석(SUR) 기법을 사용하였다.

실증분석 결과, 변동성 수준이 커질 수록, 즉 시장의 하방 위험이 커지는 경우 변동성 곡선의 기울기와 곡률은 각각 통계적으로 유의하게 커짐을 확인하였다. 변동성 곡선의 기울기와 곡률 간의 관계 역시 상호 정비례 관계가 나타났다. 기울기가 커질 때 곡률 역시 커지게 된다는 것이다. 기울기가 커지면 커질수록 곡률 역시 커진다는 것은 투자자들이 커지는 시장의 하방 위험을 헤지하기 위해 풋옵션을 매수하려는 선호가 강해진다는 것을 의미한다. 시장이 급락하는 위험을 헤지하기 위한 외가격풋옵션에 대한 매수세가 외가격콜옵션의 낮아지는 변동성보다 더 높은 변동성 상승폭을 가져오게 되어 외가격 옵션들의 평균 변동성을 상승시키는 것으로 해석할 수 있다.

이렇듯 변동성 곡선의 기울기와 곡률은 평균적으로 정비례 관계가 있음에도 불구하고 실제 시장에서는 하방위험이 극에 달할 경우에 오히려 급한 반등을 기대하는 심리가 발생한다. 변동성이 확대되는 초기 시점에서는 시장이 하락할 것이라는 기대가 발생하여 변동성 곡선의 기울기의 상승과 이로 인한 곡률이 상승하는 결과를 가져오게 되지만, 변동성 확대가 일정 수준이 넘어서게 되면 오히려 시장의 급반등에 대한 기대감이 발생하게 된다. 만약 시장의 움직임이 이러하다면 변동성이 매우 커지고 이에 따라 변동성 곡선의 기울기가 매우 가팔라 지는 시점에 투자자들은 오히려 급한 반등을 기대하는 심외가격콜옵션을 선택하려 할 것이다. 실증분석을 통해서 15델타(δ)를 보다 심외가격 옵션들의 변동성의 움직임을 확인해본 결과, δ 가 커짐에 따라 둘 간의 정비례 관계가 조금씩 약해지는 것을 확인하였다. 다시 말해 변동성 곡선의 기울기와 곡률 간의 정비례 관계는 심외가격 옵션으로 갈수록 상대적으로 약화되었다. 또한 심외가격으로 갈수록 변동성 곡선의 기울기 역시 커지는 정도가 상대적으로 작아지는 결과를 가져왔다. 이러한 결과는 실제 시장에서 하방위험이 커져 변동성이 확대되는 상황일지라도 변동성이 일정수준을 넘어서면 오히려 투자자들은 시장의 급한 반등을 기대하는 심리가 발생하여 외가격콜옵션을 선택하려 하는 것 때문으로 해석된다.

4.2. 연구의 시사점 및 향후 연구방향

이러한 결과들은 시장의 움직임에 대한 정보를 변동성 곡선의 주요 정보인 변동성 수준, 기울기, 곡률을 이용하여 포착할 수 있음을 시사한다. 실무적인 측면에서는 시장 급락의 위험의 급속도로 확대되는 시점에 트레이딩 포지션을 어떻게 가져가느냐는 위험 관리 뿐 아니라 수익성 측면에서도 매우 중요하다. 시장참여자들의 기대심리는 시장의 저점이 어디에서 형성되느냐에 집중되기 때문에, 변동성 곡선의 기울기와 곡률이 시장의 저점에서 체계적인 움직임을 보여준다면 투자자들에게는 유용한 지표가 될 수 있다. 또한 정책당국과 증권시장 이외에 모든 산업 주체들 역시 시장의 급락을 예측하고 다시 반등하는 시점을 예측할 수 있는 정보가 있다면 매우 유용한 위험관리 수단이 될 수 있을 것이다. 특히 금융 시장에서 판매와 유통을 담당하는 셀링 파트에서 시장의 급락 위험을 미리 예측할 수 있다면 투자자들의 신뢰를 잃지 않을 뿐 아니라 수익률 제고에도 큰 기여를 할 것으로 기대된다. 글로벌 금융위기 이후 금융기관들이 시장전망과 매수 매도 권유의 오류로 인해서 어려움을 겪어왔다. 금융유통산업에 있어서 영업상 금융소비자들의 신뢰를 얻기 위해서는 무엇보다도 금융기관들이 투자권유에 있어서 매수 매도 시점이 적절해야 할 것이다. 이를 위해서는 시장의 급락을 대비한 영업전략이 필요하며 본 연구가 이러한

요구에 대응하는 기초적인 연구가 될 것으로 기대된다.

다만, 변동성 곡선의 기울기와 곡률이 실제 시장 저점을 예측할 수 있는 능력이 있는 지에 대한 보다 엄밀한 연구는 이루어지지 못한 것은 본 연구의 한계이다. 일례로 실제 두 지표를 이용하여 가상의 트레이딩 전략을 짜볼 수 있을 것이다. 투자자가 변동성 곡선의 시계열적 움직임에서 변동성 수준이 가장 높아지는 시장의 저점부근에서 변동성을 매도할 수만 있다면 수익률은 극대화될 것이다. 따라서 변동성 곡선의 기울기와 곡률을 이용하여 시장 저점의 확률을 포착하고 저점일 확률이 높은 시점에 변동성을 매도하는 전략을 취할 경우 실제 수익률이 개선되는지에 대한 추가적인 검증은 해볼 필요가 있겠다. 향후 이러한 추가적인 연구가 진행되길 기대해본다.

References

- Bakshi, Gurdip., Kapadia, Narendra, & Madan, Dilip (2003). Stock return characteristics, skew laws, and the differential pricing of individual equity options. *Review of Financial Studies*, 16(1), 101-143.
- Banerjee, Shantanu, & Gavriushchaka, Valeriy (2006). Support vector machine as an efficient framework for stock market volatility forecasting. *Computational Management Science*, 3(2), 147-160.
- Bates, David S. (1991). The crash of '87: Was it expected? The evidence from options markets. *The Journal of Finance*, 46(3), 1009-1044.
- Bedendo, Mascia, & Hodges, Stewart D. (2009). The dynamics of the volatility skew: A Kalman filter approach. *Journal of Banking & Finance*, 33(6), 1156-1165.
- Black, Fischer, & Scholes, Myron (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81, 637-654.
- Bollerslev, Tim (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307-327.
- Carr, Peter, & Wu, Liuren (2007). Stochastic skew in currency options. *Journal of Financial Economics*, 86(1), 213-247.
- Doran, James S., & Krieger, Kevin (2010). Implications for asset returns in the implied volatility skew. *Financial Analysts Journal*, 66(1), 65-76.
- Doran, James S., Peterson, David R., & Tarrant, Brian C. (2007). Is there information in the volatility skew?. *Journal of Futures Markets*, 27(10), 921-959.
- Engle, Robert F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of united kingdom inflation. *Econometrica*, 50, 987-1007.
- Giot, Pierre (2005). Relationships between implied volatility indexes and stock index returns. *The Journal of Portfolio Management*, 31(3), 92-100.
- Hang, Gao (2012). Study on changes and development trends of the trade structure between Korea and China. *The East Asian Journal of Business Management*, 2(1), 19-23.
- Heston, Steve L. (1993). A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and cur-

- rency options. *The Review of Financial Studies*, 6(2), 327-343.
- Heynen, Ronald (1994). An empirical investigation of observed smile patterns. *Review of Futures Markets*, 13, 317-317.
- Hull, John, Nelken, Izzy, & White, Alan (2004). Merton's model, credit risk, and volatility skews. *Journal of Credit Risk Volume*, 1(1), 05.
- Hull, John, & White, Alan (1987). The pricing of options on assets with stochastic volatilities. *The Journal of Finance*, 42, 281-300.
- Kwon, Young-Man, Park, Jin-Soo, & Kim, Myung-Gwan (2014). Beacon-based O2O marketing for financial institutions. *The International Journal of Industrial Distribution & Business*, 5(4), 23-29.
- Lee, Jung-Wan, & Zhao, Tianyuan F. (2014). Dynamic relationship between stock prices and exchange rates : Evidence from chinese stock markets. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 1(1), 65-14.
- Manaster, Steven, & Rendleman, Richard J. (1982). Option prices as predictors of equilibrium stock prices. *The Journal of Finance*, 37(4), 1043-1057.
- Merton, Robert C. (1976). Option pricing when underlying stock returns are discontinuous. *Journal of Financial Economics*, 3, 125-144.
- Mixon, Scott (2009). Option markets and implied volatility: Past versus present. *Journal of Financial Economics*, 94(2), 171-191.
- Toft, Klaus B., & Prucyk, Brian (1997). Options on leveraged equity: Theory and empirical tests. *The Journal of Finance*, 52(3), 1151-1180.
- Wolak, Frank A. (1989). Testing inequality constraints in linear econometric models. *Journal of econometrics*, 41(2), 205-235.
- Xu, Xinzhong, & Taylor, Stephen J. (1994). The term structure of volatility implied by foreign exchange options. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 29(01), 57-74.