

변동성지수(VKOSPI) 해설 및 실증분석

한국거래소 정보사업부 인덱스팀

최훈철 · 한석호

I. 서론	IV. 실증분석
II. 변동성지수(VKOSPI) 산출방식	V. 해외 변동성지수 사례조사
III. 복수모형 비교·분석	VI. 결론

- 요약 -

변동성지수는 옵션가격에 내재된 미래 기초자산의 변동성을 나타낸 지수로, 한국거래소(KRX)는 2009년 4월 13일부터 한국시장의 특성에 맞는 변동성지수(VKOSPI)를 산출·발표하였다.

VKOSPI는 투자자들이 향후 시황 변동의 위험을 파악하는 투자판단지표로 활용되고, 선물·옵션 파생상품으로 상장·거래될 경우 변동성 위험을 헤지·투자할 수 있는 유용한 수단으로 이용될 것으로 예상된다.

본고는 VKOSPI의 산출모형을 결정하는 과정에서 검토된 복수모형을 비교·분석하고, 시계열 자료의 실증분석을 통해 VKOSPI의 유용성과 예측력을 검증하였다.

실증분석 결과에 따르면, VKOSPI는 KOSPI 200과 음(-)의 상관관계가 성립하고, 1차에서 3차까지 자기상관관계를 가져 변화 추세에 지속성이 있는 것으로 분석되며, 음(-)의 교차상관관계가 있고 이는 동시에 반영되는 것으로 나타났다.

결론적으로, VKOSPI는 시황 변동 위험에 대한 상관성과 예측력이 우수한 것으로 평가되어, 향후 투자자들의 투자판단지표 뿐만 아니라, 다양한 금융상품의 기초자산으로 폭넓게 활용될 것으로 기대된다.

I. 서론

변동성지수는 옵션가격에 내재된 미래 기초자산(주가지수)의 변동성을 나타낸 지수로, 옵션 시장 투자자들이 예상하는 향후 주가 변동 가능성을 측정한 시장의 기대값이라 할 수 있다.

변동성지수는 1993년 미국 CBOE(Chicago Board Options Exchange)가 최초로 산출하기 시작하였으며, 2008년 하반기 글로벌 금융위기가 발생하면서 미국 S&P500 지수를 기초자산으로 하여 CBOE가 산출하고 있는 변동성지수인 VIX(Volatility IndeX)가 사상 최대치를 연일 갱신하면서 언론보도 등을 통해 국내 투자자에게도 널리 알려지게 되었다.

변동성지수는 일반적으로 기초자산(주가지수)과 음(-)의 상관관계가 있기 때문에 투자자들이 향후 시황 변동의 위험을 감지하는 중요한 투자지표로 활용됨은 물론, 증권시장을 관리하고 정책을 수립하는 판단지표, 학계·업계 등의 연구자료로도 폭넓게 이용된다.

또한, 변동성지수를 선물·옵션 파생상품으로 상장·거래하는 경우 효율적인 위험관리 및 투자수단으로 활용될 수 있다. 즉, 기존의 파생상품 거래는 기초자산의 상승·하락을 예상하여 거래하는 반면, 변동성지수를 이용한 파생상품 거래는 기초자산의 변동성이 확대·축소될지를 예상하여 거래하기 때문에 변동성 위험을 보다 정확하게 관리(헤지)할 수 있을 뿐만 아니라, 기존에 옵션을 이용한 복합투자전략(스트래들, 스트랭글 등) 보다 저렴한 거래비용(증거금 등)으로 일반투자자도 쉽고 편리하게 변동성에 투자할 수 있는 유용한 수단이 된다.

아울러, 변동성지수를 이용한 다양한 금융상품이 거래될 경우 선물·옵션 파생상품은 물론, ELS, ELW 등 주가연계상품의 거래가 활성화되고 가격발견기능이 제고되는 등 긍정적인 효과도 기대할 수 있다.

한국거래소(KRX)는 국내·외 전문가들의 연구결과를 토대로 지난 2년간의 개발과정을 거쳐 한국시장의 특성에 맞는 변동성지수를 개발하여 2009년 4월 13일부터 산출·발표하게 되었다. 동 지수의 한글명칭은 “변동성지수”이며, 영문약명은 국내·외 투자자들이 쉽게 인지할 수 있도록 변동성(Volatility)의 이니셜과 한국시장의 대표 지수 브랜드인 KOSPI를 조합하여 “VKOSPI(Volatility index of KOSPI 200)”로 하였다.

한편, 변동성지수는 옵션시장에서 거래가 활발하여 옵션가격이 합리적으로 형성되어야만 시장상황에 대한 설명력을 가질 수 있게 된다. 이런 이유로 변동성지수는 그동안 유동성이 풍부한 미국, 유럽 등 선진시장에서만 산출할 수 있는 첨단지수로 인식되어 왔다. 따라서, KRX의 변동성지수(VKOSPI) 산출은 KOSPI 200 옵션시장이 1997년 개설 이후 10년여의 단기간 동안 세계 1위 거래량의 선진시장으로 성장·발전하였음을 반증한다고 할 수 있다.

〈표-1〉 변동성지수(VKOSPI) 개발 추진경과

'07. 6월	변동성지수 도입방안 연구용역(연세대 경영대학교)
'07. 10월	용역결과에 대한 업계·투자자 대상 공청회 개최
'07. 11월 ~ '08. 2월	산출방안 마련 및 시스템 개발
'08. 2월 ~ 8월	복수모형(10개) 분석 및 최종산출모형 선정
'08. 9월 ~ 12월	실시간 지수산출시스템 개발
'09. 1월 ~ 3월	시스템 모니터링 및 외부연계 테스트
'09. 4. 13	대외 발표·제공

본 고는 VKOSPI의 산출방식을 우선 살펴보고, 동 모델이 도출되기까지 검토하였던 주요 복수모형을 비교·분석한 후, 변동성지수 시계열 데이터의 실증분석을 통해 VKOSPI의 예측력을 검증하고자 한다. 실증분석시 표본기간은 2003년 1월 1일부터 2009년 3월 31일까지이며, 복수모형 분석의 경우 표본기간을 달리 정할 수 있다.

II. 변동성지수(VKOSPI) 산출방식

1. VKOSPI 산출방식 개요

VKOSPI는 기본적으로 공정분산스왑(Fair Variance Swap)¹⁾ 방식을 이론모델로 채택하되, 한국시장의 특성에 맞게 산출방식을 독자적으로 개발하였다.

VKOSPI는 KOSPI 200 옵션시장에 상장된 최근월·차근월종목을 대상으로 산출하며, 결제월물 교체(Roll-over) 직후 최근월종목의 잔존기간이 30일 이상인 경우 최근월종목에 대부분의 거래가 집중되는 점을 감안하여 최근월종목만 사용하여 VKOSPI를 산출한다.

산출대상옵션은 등가격(ATM : At The Money) 및 외가격(OTM : Out of The Money) 옵션이며, 당해 옵션의 직전체결가(직전체결가가 없는 경우 옵션기준가격)²⁾를 이용한다. 다만, 상장 옵션이 부족하다고 판단되는 경우 블랙-숄즈가격결정모형(Black-Scholes Pricing Model)을 이용하여 추정된 옵션을 보충하여 산출하게 된다. 여기서, 외가격(OTM) 옵션은 등가격(ATM) 보다 높은 콜옵션 및 낮은 풋옵션을 의미한다.

기준월물 교체(Roll-over)는 최근월종목의 최종거래일 4거래일 전부터 최근월종목을 차근월종목으로 차근월종목을 차차근월물종목으로 각각 교체한다.

한편, VKOSPI의 산출시간은 9시 15분부터 15시 15분까지이며, 산출주기는 30초다. 이는

KOSPI 200 옵션시장 개시 15분 이후부터 장마감시까지 30초 단위로 산출함을 의미한다. 장개시 직후에는 체결가가 형성되지 않은 종목이 다소 존재하여 가격공백으로 인해 지수가 급등락 하는 경우가 발생하기 때문에 지수의 안정성 측면을 고려하여 장개시 15분 이후부터 VKOSPI를 산출하는 것으로 하였다.

아래 <표-2>는 VKOSPI 산출방식을 요약한 사항이다.

<표-2> 변동성지수(VKOSPI) 산출방식 요약

구 분	산 출 방 식
산출대상 결제월물	○ KOSPI 200 옵션시장에 상장된 최근월·차근월종목을 이용하여 잔존만기 30일 기준의 변동성지수 산출 - 결제월물 교체(Roll-over) 직후 최근월종목 잔존기간이 30일 이상인 경우에는 최근월종목만 단독 사용
옵션가격	○ 등가격(ATM) 및 외가격(OTM) 옵션가격 사용 (직전체결가, 없는 경우 옵션기준가격) ○ 상장옵션이 부족하다고 판단되는 경우 블랙-숄즈가격결정모형을 이용하여 추정된 옵션을 보충하여 산출
결제월물 교체 (Roll-over)	○ 최종거래일 4거래일 전부터 결제월물 교체
산출시간	○ 9:15 ~ 15:15(산출주기 : 30초) * KOSPI 200 옵션시장 중단(정지)시 미산출

2. VKOSPI 산출방법³⁾

VKOSPI는 다음 <식 1>에 따라 산출하게 되며, 소수점 셋째자리에서 반올림하여 소수점 둘째자리로 표시한다.

1) 계약시점에서 분산스왑 가격을 0이 되게 만드는 인도가격(Delivery Price)으로, 이러한 공정분산은 옵션시장 투자자들이 기대하는 현재 부터 만기까지의 기초자산의 변동성을 의미한다.

2) 직전체결가란 당일 중 가장 나중에 성립된 약정가격을 말하며, 당일에 성립된 약정가격이 없는 경우에는 전일(휴장일인 때에는 순차적으로 앞당긴다) 중 가장 나중에 성립된 약정가격(기세를 포함한다)으로 한다. 전일의 약정가격이 없는 경우에는 전전일 중 가장 나중에 성립된 약정가격으로 하되, 전전일의 약정가격이 없거나, 전전일의 약정가격이 파생상품시장업무규정시행세칙 제96조제2항에 따른 거래증거금 적용최대이론가격(5%상승콜옵션이론가격 및 5%하락풋옵션이론가격) 보다 높거나 거래증거금적용최소이론가격(5%하락콜옵션이론가격 및 5%상승풋옵션이론가격) 보다 낮은 경우에는 당일의 옵션이론가격으로 한다. 기타 약정가격과 관련된 사항은 파생상품시장업무규정 시행세칙 제57조에 따른 기준가격을 준용한다.

3) 자세한 산식 유도과정은 <부록 1> 참조

$$VKOSPI = 100 \times \sqrt{\left\{ T_1 \sigma_1^2 \left[\frac{N_{T_2} - N_{30}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] + T_2 \sigma_2^2 \left[\frac{N_{30} - N_{T_1}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] \right\} \times \frac{N_{365}}{N_{30}}} \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

위 <식 1>에도 불구하고 KOSPI 200 옵션 최근월종목의 잔존기간(N_{T_1})이 30일(초 단위로 환산할 경우 2,592,000초) 이상인 경우 아래 <식 2>에 따라 산출한다.

$$VKOSPI = 100 \times \sqrt{\sigma_1^2} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

위 <식 1> 및 <식 2>에서 최근월·차근월종목의 변동성($\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2$)은 아래 <식 3>에 의하여 각각 산출한다.

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 &= \frac{2}{T_1} \sum_i^n \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{rT_1} Q(K_i) - \frac{1}{T_1} \left[\frac{F_1}{K_0} - 1 \right]^2 \\ \sigma_2^2 &= \frac{2}{T_2} \sum_i^n \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{rT_2} Q(K_i) - \frac{1}{T_2} \left[\frac{F_2}{K_0} - 1 \right]^2 \end{aligned} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

위 <식 1> 내지 <식 3>에서 사용된 변수는 다음과 같이 정의된다.

(1) N_{T_1} : 최근월종목의 잔존기간, N_{T_2} : 차근월종목의 잔존기간

N_{365} : 연간 기간, N_{30} : 30일 기간

여기서, “잔존기간”이라 함은 지수산출시점부터 만기 또는 최종거래일의 거래종료시점까지의 잔존기간을 말하며, 모든 기간은 초 단위로 산출한다.

(2) T_1 : $\frac{N_{T_1}}{N_{365}}$, T_2 : $\frac{N_{T_2}}{N_{365}}$

(3) e : 자연대수의 밑, r : 금리

여기서, “금리”라 함은 한국증권업협회가 산출하는 만기가 91일인 양도성예금증서의 전일 오전의 연 수익률(오전에 산출된 수익률이 없는 경우에는 전일의 최종 연 수익률)을 말한다.

(4) F_1 : 최근월종목의 선도지수, F_2 : 차근월종목의 선도지수

여기서, “선도지수”라 함은 콜옵션가격과 풋옵션가격이 최소인 행사가격을 기준으로 다음 산식을

적용하여 산출한다. 다만, 콜옵션가격과 풋옵션가격이 최소인 행사가격이 복수인 경우 그중 가장 높은 행사가격을 기준으로 한다.

$$F_1 = \text{행사가격}(S_1) + e^{rT_1} \times [\text{콜옵션가격}(C_1) - \text{풋옵션가격}(P_1)]$$

$$F_2 = \text{행사가격}(S_2) + e^{rT_2} \times [\text{콜옵션가격}(C_2) - \text{풋옵션가격}(P_2)]$$

(5) S_1 : 최근월종목의 콜옵션가격(C_1)과 풋옵션가격(P_1)이 최소인 행사가격

S_2 : 차근월종목의 콜옵션가격(C_2)과 풋옵션가격(P_2)이 최소인 행사가격

(6) K_0 : 선도지수와 같거나 낮은 행사가격 중 선도지수와 가장 가까운 행사가격

(7) K_i : K_0 보다 i 번째 높은 콜옵션의 행사가격 및 i 번째 낮은 풋옵션의 행사가격

(8) ΔK_i : 행사가격간의 간격(최근월·차근월종목의 경우 2.5 pt 간격)

(9) $Q(K)_i$: 행사가격이 K_i 인 옵션의 직전체결가격(없는 경우 옵션기준가격)

다만, 행사가격이 K_0 인 경우에는 당해 콜옵션과 풋옵션의 평균가격

3. 상장옵션 부족시 옵션 추정·보충방법

앞서 정의한 <식 1> 내지 <식 3>에 따라 VKOSPI를 산출하기에 앞서 KOSPI 200 옵션시장에 상장되어 있지 않은 행사가격(K_i)의 콜옵션가격(C_i) 및 풋옵션가격(P_i)을 아래 <식 4>에 따라 각각 추정한다.

$$C_i = SN(d_1) - K_i e^{-rT} N(d_2)$$

$$P_i = P_0 + (C_0 - C_i) + (K_0 - K_i) e^{-rT}$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/K_i) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

<식 4>

위 <식 4>에서 사용된 변수는 다음과 같이 정의된다.

(1) S : 산출시점 현재 KOSPI 200 지수

(2) $N(d)$: 누적표준정규분포함수

- 3) K_0 : 선도지수와 가장 가까운 행사가격, 복수인 경우 그 중 가장 높은 행사가격
 다만, 행사가격이 K_0 인 옵션이 상장되지 않은 경우 옵션이 상장되어 있는 행사가격 중에 K_0 와 가장 가까운 행사가격을 K_0 로 한다.
 여기서, 선도지수는 다음 산식을 적용하여 산출한다.

$$\text{선도지수} = \text{산출시점 현재 KOSPI 200 지수} \times e^{rT}$$
- (4) T : 당해 결제일종목의 잔존기간
- (5) σ : 행사가격이 인 콜옵션의 내재변동성
- (6) $C_0 \cdot P_0$: 행사가격이 K_0 인 콜 · 풋옵션의 직전체결가격(없는 경우 옵션기준가격)

위 <식 4>에 따라 선도지수와 가장 가까운 행사가격(K_0) 보다 높은 행사가격을 순차적으로 추정함에 있어서 $N(-d_2)$ 가 0.95 를 초과하거나 콜옵션가격(C_i)이 0이 되는 행사가격보다 높은 행사가격 콜옵션은 추정하지 않으며, 반대로 행사가격(K_0) 보다 낮은 행사가격을 추정함에 있어서 $N(d_2)$ 가 0.95를 초과하거나 풋옵션가격(P_i)이 0이 되는 행사가격보다 낮은 행사가격 풋옵션은 추정하지 않는다.

이상의 방법에 따라 추정된 콜옵션가격(C_i) 및 풋옵션가격(P_i)을 보충한 후 <식 1> 내지 <식 3>에 따라 VKOSPI를 산출한다.

4. 옵션을 추정 · 보충하는 이유

앞서 살펴본 바와 같이, VKOSPI는 KOSPI 200 옵션시장에 상장된 옵션 이외에 옵션을 추정 · 보충하여 산출된다. 이는 미국 CBOE의 VIX, 독일 DBAG(Duette Börse AG)의 VDAX-New 등 해외 변동성지수 산출방식과 달리 한국시장의 특성에 맞게 고안된 VKOSPI만의 독자적인 방식이다.

KOSPI 200 옵션시장에서는 전일의 종가지수를 등가격(ATM)으로 하여 당일의 상장옵션

개수(ATM±6개 이상)를 고정하고 장중에 실시간으로 행사가격옵션을 추가로 상장하지 않고 있어, 당일에 KOSPI 200 지수가 급등락할 경우 충분한 상장옵션을 확보하지 못해 VKOSPI가 시황을 정상적으로 반영하지 못하는 결과가 초래된다.

예를 들어, 글로벌 금융위기가 발생한 시기인 2008년 10월 24일의 경우, 전일의 종가지수(137.47 pt)를 기준으로 등가격(ATM)이 135.00pt로 설정되고 최소행사가격(ATM-6개)은 120.00pt, 최대행사가격(ATM+6개)은 150.00pt로 상장옵션이 설정되었다. 하지만, 당일 KOSPI 200 지수가 123.27 pt로 10.3% 급락하게 되면서, 동 시점에서 등가격(ATM)은 122.50 pt가 되고 VKOSPI 산출에 이용되는 풋옵션은 최소행사가격(120.00 pt)인 1개 풋옵션만 상장되어 있는 상황이 된 것이다. 이 경우 VKOSPI는 콜옵션의 정보만 비대칭적으로 반영되므로 시황을 전혀 반영하지 못하는 값으로 산출되는 문제가 발생하게 된다.

아래 <표-3>은 옵션을 추정 · 보충하지 않고 상장옵션만을 대상으로 VKOSPI 종가지수를 산출하는 경우 가장 적은 상장옵션이 사용되는 경우의 상장옵션 개수를 콜 · 풋옵션별로 집계한 내역으로, 상기 사례에서 언급된 2008년 10월 24일이 옵션부족현상이 가장 심각한 경우로 파악된다.

<표-3> 연도별 최소 상장옵션 개수(2003년 ~ 2008년)

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
콜옵션	3개	2개	3개	2개	3개	4개
풋옵션	3개	2개	2개	2개	3개	1개

한편, 미국 S&P500 옵션시장의 경우 실시간지수를 기준으로 등가격(ATM)을 설정하여 장중에도 행사가격옵션을 추가로 상장하기 때문에 충분한 수의 상장옵션을 기초로 하여 변동성 지수를 산출할 수 있다.

따라서, 한국시장의 상장옵션 부족현상을 감안하여 옵션을 추정·보충하여 VKOSPI를 산출함이 바람직하며, 아래 <표-4>에서와 같이 옵션 보충 후 VKOSPI와 KOSPI 200 간의 상관관계가 개선되었음을 알 수 있다. 특히, 2008년 급락장에서 풋옵션 부족현상이 심각하여 옵션 보충 후에 상관계수가 크게 상승(-0.38 → -0.67)하는 것을 확인할 수 있다.

<표-4> 옵션 보충 전·후 상관관계(2003년 ~ 2008년)

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
보충 전	-0.58	-0.59	-0.59	-0.62	-0.62	-0.38
보충 후	-0.59	-0.65	-0.57	-0.75	-0.61	-0.67

주) 옵션 보충 전·후 VKOSPI와 KOSPI 200 간의 상관관계를 나타낸 것으로, 피어슨 상관계수를 사용하며, 모두 신뢰수준 99%에서 유의한 결과를 나타냄

참고로, <표-5>에서와 같이 옵션 보충으로 인해 VKOSPI의 평균값(Mean)은 0.45pt 상승하여 차이가 미미하나, 최대값(Max)은 7.96 pt 상승하여 2008년 급락장에서 풋옵션 보충이 많았던 것으로 파악되며, <표-6>과 같이 보충된 옵션의 개수는 최근월·차근월종목이 각각 일평균 0.4개, 2.5개인 것으로 나타난다.

<표-5> 옵션 보충 전·후 변동성지수 통계(2003년 ~ 2008년)

구 분	평균값(Mean)	최대값(Max)	최소값(Min)
보충 전	26.47	81.33(2008. 10. 30)	13.99(2006. 11. 22)
보충 후	26.92	89.29(2008. 10. 29)	14.15(2006. 11. 14)

<표-6> 옵션 보충 개수(2003년 ~ 2008년)

구 분	최근월종목	차근월종목
일평균 옵션 보충 개수	0.4개	2.5개
최대 옵션 보충 개수	15개	20개

Ⅲ. 복수모형 비교·분석

1. 이론모델 : 공정분산스왑방식 vs 블랙-숄즈방식⁴⁾

변동성지수를 산출하는 이론모델은 1993년부터 CBOE가 최초로 S&P 100 지수를 기초자산으로 산출한 VXO의 블랙-숄즈방식과 2003년 이후 S&P500 지수를 기초자산으로 산출하는 VIX의 공정분산스왑방식이 있다.

아래 <표-7>은 공정분산스왑방식과 블랙-숄즈방식을 비교한 것이다.

<표-7> 공정분산스왑방식 vs 블랙-숄즈방식

구 분	공정분산스왑방식	블랙-숄즈방식
산출자료	최근월·차근월물 등가격(ATM)·외가격(OTM) 모든 옵션	최근월·차근월물 특정 옵션 (총 8개) ⁵⁾
산출방법	최근월·차근월물 각각의 변동성을 산출한 후 30일 만기로 내삽(Interpolation)	옵션별 내재변동성을 계산하고 최근월·차근월물 각각의 변동성으로 가중평균한 후 30일 만기로 내삽(Interpolation)
특 징	시장전체 변동성 측정 용이, 옵션 포트폴리오로 복제 용이 → 파생상품 상장용으로 적합	시장전체 변동성 측정 한계, 산출과정 간단 → 시황지표로만 활용가능
해외사례	CBOE(VIX), DBAG(VDAX-New) → 대부분 해외거래소 사용	CBOE(VXO), DBAG(VDAX) → 현재 산출 중지

4) 1993년 Whaley가 고안한 방법으로 이항모형(CRR : Cox-Ross-Rubinstein)을 이용하여 산출하나, 이항노드(Node)를 49 이상으로 할 경우 블랙-숄즈모형에 근사하게 되므로, 편의상 블랙-숄즈방식이라 명명한다. 구체적인 산출방식은 <부록 2> 참조

5) 최근월물·차근월물(2개) × 콜·풋(2개) × ATM±1개(2개) : 8개 옵션(Near ATM)만 사용

위 <표-7>과 같이, 블랙-숄츠방식은 등가격(ATM) 근방의 소수 옵션만을 이용함에 따라 시장 전체의 변동성을 측정하기가 곤란하고 변동성지수가 왜곡될 가능성이 높다는 한계가 있다.

따라서, VKOSPI는 시장전체의 변동성 측정이 용이하면서 옵션 포트폴리오를 이용한 복제가 쉬워 파생상품 상장용 대상지수로 보다 적합한 공정분산스왑방식을 이론모델로 채택하였다. CBOE의 VIX, DBAG의 VDAX-New 등 해외 변동성지수 대부분이 동 방식을 채택하고 있다.

2. 산출대상옵션 : 전체 옵션 vs 일부 옵션

VKOSPI는 산출방식을 선정함에 있어서 등가격(ATM) 및 외가격(OTM) 모든 옵션을 사용할 것인지, 등가격(ATM) 및 일부 외가격(OTM : ATM±10개) 옵션만 사용할 것인지 검토하였다. 이는 한국 KOSPI 200 옵션시장의 경우 행사가능성이 낮고 투기적 성향이 강한 과외가격(Deep OTM)에서의 거래가 활발한 바, 이를 산출대상에서 제외할 경우 VKOSPI의 시장상황에 대한 설명력이 제고될 것이라는 의견이 제기되었기 때문이다. 여기서, ATM±10개를 기준으로 한 이유는 아래 <표-8>에서와 같이 최소한 콜옵션 평균개수(10개) 이상은 사용되어야 시장 전체의 변동성 측정이 가능해지기 때문이다.

<표-8> 결재월물별 상장옵션 개수(2005년 ~ 2007년)

구 분	콜 옵션		풋 옵션	
	평 균	최 대	평 균	최 대
최근월물	10개	26개	17개	40개
차근월물	10개	25개	15개	36개

하지만, 분석결과 일부 옵션만 사용해도 전체 옵션을 사용한 경우와 VKOSPI의 차이가 평균적으로 0.84pt 미만으로 미미한 수준이었다. 이는 VKOSPI 산출방식상 과외가격(Deep OTM) 옵션으로 갈수록 VKOSPI 산출값에 미치는 영향력이 극히 적어지기 때문이다.

따라서, 일부 옵션으로 산출대상옵션을 제한할 실효성이 적으며, 일부 옵션만 사용할 경우 절사(Truncation)에 의한 오차로 변동성이 과소평가될 개연성이 있으므로, 전체 옵션을 사용하는 것이 타당한 것으로 분석되었다. 참고로 CBOE의 VIX, DBAG의 VDAX-New 등 해외 변동성지수 모두 전체 옵션을 사용하고 있다.

3. 옵션가격 : 직전체결가 vs 호가평균가격

변동성지수 산출에 사용되는 옵션가격은 미국 CBOE VIX의 경우 최우선매도·매수호가의 평균가격을 사용하고 있으며, 독일 DBAG의 VDAX-New의 경우 직전체결가⁶⁾를 사용하고 있다.

한편, 「변동성지수 도입방안 연구용역(2007년 6월, 연세대 엄영호 교수)」 결과에 따르면, 최우선매도·매수호가의 평균가격을 사용하되, 매도·매수호가의 내재변동성($\sigma_{Ask} \cdot \sigma_{Bid}$) 간의 간격(스프레드)이 일정 기준($\sigma_{Ask} \leq \frac{1.3}{0.7} \times \sigma_{Bid}$) 이상으로 확대되는 경우, 이를 이상 호가로 간주하여 제거(필터링)한 후 이로 인한 가격공백을 직전체결가(없는 경우 옵션기준 가격)로 보충하는 방식을 제안한 바 있다.

하지만, 동 연구용역 방안에 따라 호가평균가격을 사용하고 이상호가를 필터링한 경우에도 최우선매도·매수호가간의 간격(스프레드)이 10 호가단위(Tick)⁷⁾ 이상으로 벌어져서 체결가와 괴리되는 경우⁸⁾가 차근월물에서 다수 발생하는 것으로 나타났다.

6) 직전체결가가 없는 경우, 최우선매도·매수호가의 평균가격(다만, 호가 간의 스프레드가 시장조성자의 호가제출범위(매수호가 기준 10% 내외) 이내인 경우에 한한다), 전일 체결가 순으로 사용한다.

7) 1 호가단위(Tick) : 호가가격이 3 pt 이상인 경우 0.05 pt, 3 pt 미만인 경우 0.01 pt

8) 1분당 평균 발생건수(2007년 11월~2008년 4월)를 보면, 최근월물의 경우 발생하지 않았으나, 차근월물은 3건(전체 호가 중 12% 차지), 차차근월물은 7건(전체 호가 중 31% 차지)이다.

따라서, 시장참여자간에 합리적으로 거래가 형성된 가격으로서 실제 시장상황을 보다 정확하게 반영할 수 있는 직전체결가를 채택하였다.

직전체결가를 사용할 경우 제기될 수 있는 문제점은 직전체결가가 없어 가격공백이 발생할 가능성이 있고, 체결시간의 지체로 인하여 VKOSPI 산출시 과거 옵션가격이 주로 사용될 경우 비동시성(Non-synchronization)의 문제가 발생할 수 있다는 점일 것이다.

하지만, 2005년부터 2007년까지 분석결과, 당일에 체결가가 없어 전일 체결가를 사용하는 경우는 전체 옵션의 1% 미만으로 극히 미미하며, 전일 체결가를 사용한 경우에도 당해 체결가가 전·후 행사가격옵션의 당일 체결가 사이에 존재하여 적절한 가격수준을 유지하는 것으로 판단되므로, 가격공백이 발생할 우려는 없는 것으로 파악된다. 또한, KOSPI 200 옵션시장은 유동성이 풍부하여 평균체결시간이 최근월종목의 경우 10초 이내, 차근월종목의 경우 60초 이내로 체결이 지체되는 경우가 거의 없어 비동시성의 문제는 크지 않은 것으로 나타났다.

4. ATM 선정기준 : 풋·콜가격차이최소 vs 실시간지수

VKOSPI의 산출대상옵션을 선정함에 있어서 기준이 되는 등가격(ATM)은 풋·콜 패리티 이론⁹⁾에 입각하여 풋·콜옵션 가격차이가 최소인 행사가격을 기준으로 설정된다.

하지만, 2008년 하반기 글로벌 금융위기와 같은 지수 급락시 풋옵션가격이 과민하게 급등하는 경향이 있어, 풋·콜 패리티가 성립되지 않고 풋·콜가격차이가 최소인 행사가격이 실제 KOSPI 200지수와 괴리되는 사례가 발생하여, 등가격(ATM)을 실시간지수와 가장 가까운 행사 가격으로 설정하는 방식을 고려해 보았다.

이는 풋·콜가격차이가 최소인 행사가격이 실제 KOSPI 200 지수와 괴리될 경우, VKOSPI의 산출대상옵션 선정시 풋·콜옵션이 비대칭적으로 선정되어 어느 일방이 부족한 경우가 발생할 수 있기 때문이다.

하지만, 2005년부터 2007년까지의 분석결과, 풋·콜가격차이가 최소인 행사가격이 실제 KOSPI 200 지수와 5pt(행사가격간격 2개) 이상으로 괴리되는 경우는 거의 발생하지 않아, 이로 인해 옵션부족현상이 야기된다고 보기는 어려우며, 옵션을 추정·보충하는 경우 풋·콜 가격최소방식과 실시간지수방식을 각각 적용한 VKOSPI 산출값의 차이가 없는 것으로 분석되었다.

따라서, 이론적으로 적합하고 CBOE의 VIX, DBAG의 VDAX- New 등 해외 변동성지수가 채택하고 있는 풋·콜가격차이최소방식을 최종적으로 채택하게 되었다.

5. 옵션추정·보충범위 : 95% vs 90%

VKOSPI는 KOSPI 200 옵션시장에 상장된 옵션이 부족하다고 판단되는 경우 블랙-숄즈 가격결정모형을 이용하여 추정된 옵션을 보충하도록 하였다. 여기서, 부족한 경우를 판단하는 기준으로 콜옵션의 경우 $N(-d_2)$ 가, 풋옵션의 경우 $N(-d_2)$ 가 0.95가 되는 범위까지 추정·보충하기로 정하였다. 이는 당해 옵션이 외가격(OTM) 옵션이 될 확률이 95%라는 의미로 해석될 수 있다.

추정범위는 95%와 90%의 경우를 비교하여 VKOSPI가 합리적인 수준으로 산출될 수 있도록 95%를 채택하게 되었다.

아래 <표-9>와 같이 추정범위 95%를 적용할 경우에 VKOSPI와 KOSPI 200 지수의 상관관계가 개선됨을 알 수 있고, 특히 2008년의 경우 상관관계수가 월등히 상승(-0.38 → -0.67)하는

9) 풋·콜 패리티($P+S=C+Xe^{-rt}$) 이론에서 등가격(ATM)에서 S(현물가격)과 X(행사가격)가 가장 근접하므로, P(풋가격)과 C(콜가격)이 가장 가까운 행사가격이 등가격(ATM)이 됨

것을 알 수 있다. 또한, 일반적으로 공정한스왑방식의 변동성지수가 블랙-숄츠방식의 변동성지수 보다 높은 수준을 유지하여야 한다는 이론¹⁰⁾에 입각하여, 공정한스왑방식 변동성 지수가 일반적으로 높은 수준을 유지하는 95%를 추정범위로 채택하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

〈표-9〉 옵션 추정범위 비교(95% vs 90%)

구 분	상관계수			블랙-숄츠 변동성지수가 높은 일수		
	보충전	90% 추정	95% 추정	보충전	90% 추정	95% 추정
2003년	-0.58	-0.58	-0.59	3일 (1%)	3일 (1%)	2일 (1%)
2004년	-0.59	-0.61	-0.65	16일 (6%)	16일 (6%)	6일 (2%)
2005년	-0.59	-0.59	-0.57	4일 (2%)	4일 (2%)	3일 (1%)
2006년	-0.62	-0.64	-0.75	32일 (13%)	29일 (12%)	5일 (2%)
2007년	-0.62	-0.62	-0.61	19일 (8%)	4일 (2%)	3일 (1%)
2008년	-0.38	-0.49	-0.67	101일 (44%)	83일 (37%)	46일 (20%)

6. 결제월물 교체(Roll-over) : 4거래일전 vs 5거래일전

VKOSPI는 최근월종목의 최종거래일 4거래일 전부터 최근월종목을 차근월종목으로, 차근월종목을 차차근월물종목으로 각각 교체한다. 이는 투자자들이 주로 주말이 지난 4거래일 전에 Roll-over를 하기 때문이며, 5거래일의 경우 주말이 있어 Roll-over 거래가 많이 일어나지 않고, 3거래일의 경우 대부분의 Roll-over가 완료되어 최근월종목의 가격공백이 급증하기 때문에 4거래일이 가장 적합하다 하겠다.

참고로, KOSPI 200 옵션시장에서도 4거래일을 Roll-over 시점으로 간주하여, 4거래일부터 차근월물에 대한 시장가호가 입력을 가능하게 하고, 시장조성이 가능하게끔 하고 있다.

7. 결제월물 교체(Roll-over) 직후 차근월물 유동성 부족 문제 : 최근월물 단독사용 vs 결제월물별 거래량가중치 부여

Roll-over 직후 최근월물에만 유동성이 집중되고 차근월물의 유동성이 극히 부족한 한국시장의 특성을 감안하여, 최근월물의 잔존기간이 30일 이상인 Roll-over 직후에는 최근월물만 단독으로 사용하여 VKOSPI를 산출하도록 한다.

이와 관련하여 최근월·차근월물의 과거 거래량(VKOSPI 산출시점 직전 6개월간의 거래량)을 기준으로 각 결제월의 변동성에 가중치를 부여하는 방식을 복수모형으로 검토하였다.

하지만, 거래량가중치 부여방식은 실제 변동성의 변화없이 거래량 가중치만 변화하여도 변동성지수가 변화할 수 있다는 이론적인 문제점이 있고, Roll-over 직후에만 거래량가중치를 부여할 경우 산출방식의 일관성이 결여될 뿐더러, 거래량가중치 부여 전·후에 산출된 VKOSPI에 큰 변화가 없어, 최근월물을 단독으로 사용하는 방식이 보다 바람직하다고 판단된다.

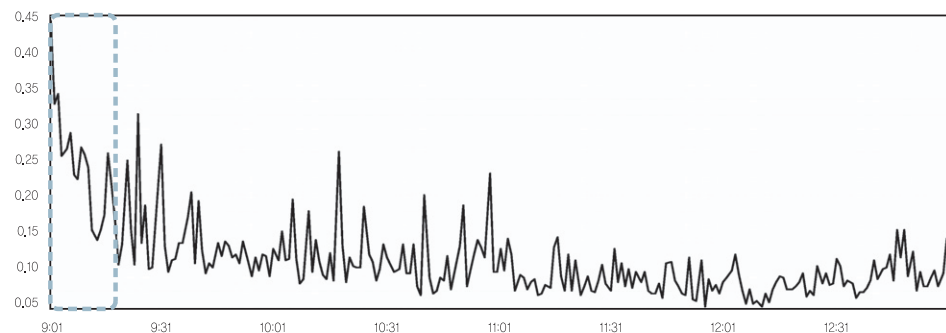
8. 지수산출 개시시간 : 9시 15분 vs 9시 30분

KOSPI 200 옵션시장 장개시 직후에는 체결가 미형성종목이 다수 존재하여 가격공백으로 인해 VKOSPI가 급등락할 가능성이 많기 때문에 지수의 안정성 측면을 고려하여 장개시 15분 이후인 9시 15분부터 산출한다.

10) 블랙-숄츠방식의 변동성지수는 등가격(ATM) 근방의 일부 옵션만 사용하는 반면, 공정한스왑방식의 변동성지수는 변동성이 큰 외가격(OTM) 옵션을 포함한 모든 행사가격옵션을 사용하므로, 일반적으로 공정한스왑방식의 변동성지수가 높게 산출되어야 한다.

아래 <그림-1>은 2008년 11월부터 2009년 2월까지 시간대별(30초 단위) VKOSPI의 평균 등락폭을 나타낸 그래프로, 장개시 직후 15분 동안 지수의 등락폭이 큰 것을 알 수 있다.

<그림-1> 시간대별 VKOSPI 등락폭(2008년 11월 ~ 2009년 2월)



참고로, CBOE의 VIX는 S&P500 옵션시장 장개시와 동시에 산출이 시작되며, DBAG의 VDAX-New는 VDAX 옵션시장 장개시 15분 후부터 산출된다.

지수의 안정성 측면을 더욱 고려해 9시 30분부터 산출해야 한다는 의견도 있었으나, 이 경우 전일 장종료 후에 공개된 정보가 9시 장개시 초반에 반영되는 측면을 고려할 때 지수산출개시 시간은 지나치게 지연시키면 시장상황을 신속하게 반영하지 못하는 문제점이 생길 수 있다.

9. 지수산출주기 : 30초 vs 1분

VKOSPI의 산출주기는 30초로 파생상품 등 거래에 적합하도록 설정하였다. KOSPI 200 옵션시장의 평균체결시간은 최근월·차근월종목이 각각 10초, 45초로 VKOSPI를 30초 주기 이하로 단축하기에는 다소 무리가 있을 것으로 판단되며, 1분으로 할 경우에는 파생상품 등의 차익거래시 한계가 있을 것이다. 참고로, CBOE의 VIX는 15초, DBAG의 VDAX-New는 1분을 산출주기로 하고 있다.

IV. 실증분석

1. VKOSPI의 추이 및 기초통계 분석

<그림-2>는 VKOSPI와 기초자산인 KOSPI 200 지수의 시계열 값을 나타내는 그래프이다. 분석 기간은 2003년 1월 2일부터 2009년 3월 31일까지(총 1,546 거래일)¹¹⁾이다.

<그림-2> VKOSPI 및 KOSPI 200 지수 추이



- 1) 이라크전쟁(2003. 3. 20)
- 2) 중국경제 긴축우려(2004. 4. 28)
- 3) 美 서브프라임사태 본격화(2007. 8. 17)
- 4) 베어스틴스 유동성위기(2008. 3. 17)
- 5) 리먼브러더스 파산(2008. 9. 15) 및 美 구제금융안 부결(2008. 9. 29)
- 6) 경기침체 장기화 우려(2008. 10. 24)

11) 2003년 1월 2일부터 자료를 사용한 이유는 그 이전에는 KOSPI 200 옵션시장의 행사가격종목이 부족(ATM±4개, 2006년 11월부터 ATM±6개로 확대) 하고, 최근월종목에 대부분의 거래가 집중되는 문제가 있기 때문이다.

분석기간 동안 VKOSPI 및 KOSPI 200 지수의 추이를 보면, 2003년 3월 이라크전쟁 발발시 VKOSPI는 2003년 최고치(42.90 pt, 2003년 3월 17일)를 기록한 반면, KOSPI 200은 동 일자에 사상 최저치(65.64 pt)로 하락하였다. 마찬가지로 2004년 4월말 중국경제가 긴축기조로 전환 될 것이라는 우려가 지속되면서 VKOSPI가 2004년 최고치(39.96 pt, 2004년 6월 16일)로 상승한 반면, KOSPI 200은 동 일자에 94.90 pt로 크게 하락하였다.

이 후 2004년 하반기부터 2007년 상반기까지 KOSPI 200이 견조한 상승 흐름을 이어가며 VKOSPI도 최대 32.97 pt(2004년 7월 8일)와 최소 14.15 pt(2006년 11월 14일) 범위에서 안정세를 보였다.

그러나, 2007년 하반기 미국 서브프라임 사태가 본격화되면서 VKOSPI가 다소 상승(46.69 pt, 2007년 8월 17일)하다가, 2008년 하반기 리먼브러더스 파산을 계기로 글로벌 금융위기가 가속화되고 경기침체가 장기화되면서 사상 최대치(89.9 pt, 2008년 10월 29일)로 상승하였고, KOSPI 200은 크게 하락(123.27 pt, 2008년 10월 24일) 하였다. 2009년으로 접어들어 증시가 다소 회복국면으로 전환되면서 VKOSPI도 안정세를 찾아가는 추세(2009년 3월말 현재 39.56 pt)이다.

아래 <표-10>은 VKOSPI의 연도별 추이를 나타내고 있다.

<표-10> VKOSPI의 연도별 추이 (단위 : pt)

구 분	연 초	최 고	최 저	연 말	비 고
2003년	35.57	42.90	19.37	22.49	
2004년	20.89	39.96	18.93	21.29	
2005년	22.42	27.07	15.76	19.44	
2006년	20.80	30.91	14.15	15.40	'06. 11. 14 최저치
2007년	15.68	46.69	15.68	25.13	
2008년	27.01	89.30	20.41	48.61	'08. 10. 29 최고치
2009. 3월말	47.88	53.17	35.90	39.56	

참고로 <그림-3>는 미국 CBOE의 VIX와 기초자산인 S&P500의 시계열 값을 나타낸 그래프로 분석기간은 VKOSPI와 동일하게 2003년 1월 2일부터 2009년 3월 31일까지(총 1,572 거래일)이다.

VIX도 VKOSPI와 유사하게 2003년 3월 이라크전쟁 전후로 다소 상승(34.69 pt, 2003년 1월 27일)한 이후, 2003년 하반기부터 2007년 상반기까지 최대 23.81 pt(2006년 6월 13일)와 최소 9.89 pt(2007년 1월 24일) 범위에서 안정세를 보였다. 하지만, 2008년 하반기 리먼 브러더스 파산 이후 사상 최대치(80.86 pt, 2008년 11월 20일)로 상승하였다.

VIX 또한 VKOSPI와 마찬가지로 최근 안정추세로 전환(2009년 3월말 현재 44.14 pt)되고 있으나, 한국에 비해 상대적으로 글로벌 금융위기의 여파가 커(S&P500이 2009년 3월 9일 최저치 676.53 pt로 하락) 아직 안정세에 접어들었다고 판단하기는 이른 상태이다.

<그림-3> CBOE VIX 및 S&P500 지수 추이



- 1) 이라크전쟁(2003. 3. 20)
- 2) 美 서브프라임사태 본격화(2007. 8. 17)
- 3) 베어스틴스 유동성위기(2008. 3. 17)
- 4) 리먼브러더스 파산(2008. 9. 15) 및 美 구제금융안 부결(2008. 9. 29)
- 5) 경기침체 장기화 우려(2008. 10. 24)

〈표-11〉 CBOE VIX의 연도별 추이

(단위 : pt)

구 분	연 초	최 고	최 저	연 말	비 고
2003년	25.39	34.69	15.58	18.31	
2004년	18.22	21.58	11.23	13.29	
2005년	14.08	17.74	10.23	12.07	
2006년	11.14	23.81	9.90	11.56	
2007년	12.04	31.09	9.89	22.50	'07.01.24 최저치
2008년	23.17	80.86	16.30	40.00	'08.11.20 최고치
2009. 3월말	39.19	56.65	38.56	44.14	

한편, 분석기간 동안 VKOSPI 및 VIX와 기초자산인 KOSPI 200 및 S&P500의 위치모수, 표준편차 등 기초통계는 아래 〈표-12〉와 같다.

〈표-12〉 VKOSPI(KOSPI 200) 및 VIX(S&P500)의 기초통계

(단위 : pt)

구 분	VKOSPI	KOSP I200	VIX	S&P500
평균값(Mean)	26.92	153.67	19.91	1,202.30
최대값(Max)	89.30	261.82	80.86	1,565.15
3분위값(Q3)	30.39	186.34	21.68	1,345.81
중위값(Median)	24.05	153.06	16.30	1,213.50
1분위값(Q1)	20.14	110.88	12.95	1,095.29
최소값(Min)	14.15	65.64	9.89	676.53
표준편차(S.D.)	10.55	49.85	11.22	194.80

VKOSPI의 경우 중위값(Median)인 24.05 pt를 기준으로 50%의 데이터(Interquartile Range : IQR)가 20.14 pt와 30.39 pt 사이에 위치하고 있고, VIX의 경우 중위값은 16.30 pt이고 IQR은 12.95 pt에서 21.68 pt 사이에 위치하고 있다. 또한, 두 지수의 표준편차(Standard Deviation)는 각각 10.55 pt 및 11.22 pt로 유사한 수준이나, 평균이나 중간값은 VKOSPI (26.92 pt · 24.05 pt)가 VIX(19.91 pt · 16.30 pt) 보다 큰 것을 알 수 있다.

2. VKOSPI와 KOSPI 200과의 상관관계 분석

변동성지수는 기본적으로 미래 일정기간동안 시황 변동의 가능성(위험)을 판단하기 위한 지표이기 때문에 변동성지수와 기초자산(주가지수) 간에는 서로 밀접한 관계를 가지며, 앞서 VKOSPI 및 VIX의 시계열 값을 분석하는 과정에서 양 지수 모두 기초자산인 KOSPI 200 및 S&P 500과 각각 음(-)의 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. 이에 변동성지수와 기초자산의 상관관계를 분석하고 자기상관(Auto-correlation) 및 교차상관(Cross-correlation)에 대하여 검토하고자 한다.

우선 변동성지수와 기초자산의 상관관계를 분석함에 있어서, 변동성지수의 일별 차이(Δ)와 기초자산의 일별 수익률 간의 상관관계를 비교한다. 이는 기초자산인 KOSPI 200 및 S&P500 지수의 경우 기준지수에 대비한 수익률의 변화가 의미를 가지는 반면, 변동성지수는 기준지수가 없고 일정 시점의 변동성을 의미하므로 변화율이 아닌 변화량을 사용하여 비교하여야 정확한 분석이 가능하기 때문이다.

아래 〈표-13〉은 변동성지수의 일별 차이(ΔVKOSPI · ΔVIX)와 기초자산의 일별 수익률(KOSPI 200^R · S&P 500^R) 간의 상관관계를 나타내고 있다. 여기서 기초자산의 수익률은 당일의 종가지수를 전일의 종가지수로 나눈 값을 말한다.

〈표-13〉 변동성지수와 기초자산의 상관관계

변동성지수	기초자산	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
VKOSPI	KOSPI 200	-0.5910	-0.6489	-0.5710	-0.7474	-0.6061	-0.6717
VIX	S&P500	-0.6541	-0.7616	-0.8247	-0.7990	-0.8684	-0.8741

주) Pearson 상관계수를 사용하며, 모두 신뢰수준 99%에서 유의한 결과를 나타냄

위의 결과를 살펴 보면, VKOSPI 및 VIX 모두 기초자산인 KOSPI 200 및 S&P500과 뚜렷한 음(-)의 상관관계를 보여주고 있다. 한편, 상관계수가 -1에 가까울수록 더욱 높은 상관관계가 있으므로, VIX가 VKOSPI 보다 상대적으로 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다.

이는 미국 S&P500 옵션시장의 경우 시장조성자(Market Maker)가 유동성 공급을 통해 매도·매수호가간 간격(스프레드)을 지속적으로 축소시키기 때문에 가격형성에 보다 유리하며, 실시간지수를 기준으로 등가격(ATM)을 설정하여 장중에도 행사가격옵션을 추가로 상장하기 때문에 충분한 수의 상장옵션을 기초로 하여 변동성지수를 산출할 수 있어 시장상황을 보다 정확히 반영할 수 있기 때문이다.

반면, KOSPI 200 옵션시장은 시장조성자가 없는 순수한 주문주도형시장(Order-driven Market)으로 호가공백이 상대적으로 많으며, 전일의 종가지수를 등가격(ATM)으로 하여 당일의 상장옵션을 고정하고 장중에 실시간으로 추가상장하지 않기 때문에 시황 급등락시 상장옵션이 부족한 경우가 발생하여 VIX 보다 상관관계가 낮게 나타나는 것으로 분석된다.

한편, 변동성지수의 변화 패턴이 지속성을 가져서 미래 예측가능성이 높은지의 여부를 살펴 보기 위해 자기회귀모형(Autoregressive Model)을 이용하여 변동성지수의 일별 차이(Δ)에 대한 자기상관(Auto-correlation) 관계를 검정해 보면, 아래 <표-14>와 같다.

<표-14> 변동성지수의 자기상관관계

구 분	1차_AR(1)	2차_AR(2)	3차_AR(3)
VKOSPI	-0.1678** (0.0252)	-0.0868** (0.02551)	-0.1464** (0.0253)
VIX	-0.1725** (0.0253)	-0.1627** (0.0254)	0.0124 (0.0253)

주) **는 신뢰수준 99%에서 유의한 결과를 나타낸 수치임
주) 괄호 안의 값은 표준오차를 나타냄

1차에서 3차까지 시차를 두어 자기상관관계를 검정한 결과를 보면 VKOSPI의 경우 3차까지 모두 음(-)의 상관관계를 보이고 있으며, VIX의 경우 2차 자기상관 까지만 유의한 것으로 나타난다. 따라서, VIX에 비해 VKOSPI가 시차에 따른 지속성이 높다고 판단할 수 있다.

또한, 변동성지수와 기초자산 간의 교차상관(Cross-correlation) 관계를 검정하여 기초자산의 변화를 변동성지수가 어느 정도의 시차를 두고 반영하고 있는지를 살펴보면, 아래 <표-15>와 같다.

<표-15> 변동성지수의 교차상관관계

변동성지수	기초자산	Lag(-2)	Lag(-1)	0	Lead(+1)	Lead(+2)
VKOSPI	KOSPI 200	-0.002 (0.0177)	-0.013 (0.0179)	-0.551** (0.0178)	-0.043* (0.0179)	0.017 (0.0176)
VIX	S&P500	-0.030 (0.0191)	-0.007 (0.0109)	0.626** (0.0111)	0.001 (0.0109)	0.010 (0.0109)

주) **는 신뢰수준 99%에서, *는 신뢰수준 95%에서 유의한 결과를 나타낸 수치임
주) 괄호 안의 값은 표준오차를 나타냄

위의 결과를 보게 되면, VKOSPI와 VIX 모두 동일한 시차(0)에서 동시적으로 영향을 주며, 음(-)의 상관관계를 가진다는 것을 알 수 있다. 즉, 기초자산의 변화가 선반영되거나 지체되는 경우 없이 동시적으로 반영된다고 볼 수 있을 것이다.

3. VKOSPI의 예측력 분석

VKOSPI는 미래(잔존만기 30일) 기대변동성을 나타낸 지수이므로, 실제 미래에 실현된 변동성(이하 “실현변동성”이라 함)과 얼마나 근접하게 움직이는지 예측력을 평가하는 것은 매우 중요한 문제이다.

한편, 기존에 KOSPI 200의 변동성을 측정하는 방법에는 두가지 방법이 있는데, KOSPI 200의 과거 수익률을 이용하여 계산하는 “역사적 변동성(Historical Volatility)”과 KOSPI 200 옵션의 이론가격을 산출하기 위해 사용되는 “평균내재변동성(Implied Volatility)”이 있다.

따라서, VKOSPI, 역사적변동성 및 평균내재변동성 중에 어느 시계열 값이 실현변동성과 가장 근접하게 움직였는지 비교·분석하여 VKOSPI가 과연 미래 예측력이 우수한지의 여부를 살펴 보도록 하겠다.

이 분석을 위해 실현변동성을 종속변수로 놓고, VKOSPI, 역사적변동성 및 평균내재변동성을 각각 독립변수로 설정하여 단순회귀분석(Bivariate Regression Analysis)을 실시하고자 한다. 세 개의 독립변수를 동시에 고려하는 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)의 경우 독립 변수인 VKOSPI, 역사적변동성 및 평균내재변동성의 상관관계가 높기 때문에 다중공선성의 문제가 발생하기 때문에 적절치 않은 방법론이다.

또한, 분석에 사용될 실현변동성, 역사적변동성 및 평균내재변동성을 구하는 방식은 각각 아래의 <식 5>, <식 6> 및 <식 7>과 같다.

실현변동성은 Fleming et al(1995년)에서 사용된 계산식을 사용하였다. 변동성지수가 향후 30일(22 거래일)의 잔존만기를 채택한 반면, 동 논문에서는 실현변동성 계산시 28일(20 거래일) 기준으로 계산하였다. 이는 1주(7일)을 기준으로 4주를 계산하여 주말이 추가로 반영되는 편향을 제고하고 계산상의 편의를 제고하기 위함이다. 구체적인 계산방식은 다음 <식 5>와 같다.

$$V_t^* = \left[\left(\frac{k-1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{k-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \right] (\widehat{V}_t^{*2})^{\frac{1}{2}}$$

$$\widehat{V}_t^{*2} = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k \left[\ln\left(\frac{S_{t+i}}{S_{t+i-1}}\right) - \overline{R}_t \right]^2 \quad \langle \text{식 5} \rangle$$

여기서, $k : 20$, S_t : 기초자산, \overline{R}_t : t 시점부터 $t+k$ 시점까지 기초자산 수익률의 표본평균, $\Gamma(\alpha) = \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x} dx$: 감마함수

다음으로 역사적변동성은 실현변동성과 마찬가지로 과거 28일(20 거래일) 동안의 기초자산 수익률의 표준편차를 구하고, 이를 연율화하기 위해 거래일에 제공근을 곱해주게 되며, 다음 <식 6>을 이용한다.

$$\sqrt{P} \times \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^k (R_t - \overline{R}_t)^2}{k-1}} \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

여기서, $k : 20$, P : 계산 일자가 포함된 년도의 총 거래일수

한편, 평균내재변동성은 콜옵션 및 풋옵션별로 2개 근월종목(계산일을 기준으로 최종거래일이 먼저 도래하는 2개 결제월종목) 중 행사가격피리울(전일의 기초자산 증가에서 당해 옵션의 행사가격을 뺀 수치의 절대값을 전일의 기초자산 증가로 나눈 비율)이 5% 이내인 종목을 대상으로 아래 <식 7>과 같이 산출한다.

$$\frac{\sum_{i=0}^N (IV_i \times VWF_i \times DWF_i)}{\sum_{i=0}^N (VWF_i \times DWF_i)} \quad \langle \text{식 7} \rangle$$

여기서, IV_i : 행사가격별 옵션(i)의 내재변동성, VWF_i : 행사가격별 옵션(i)의 전일의 약정수량으로 거래량가중치(Volume Weighting Factor), $DWF_i = \frac{(\text{행사가격피리울} - 0.05)^2}{0.05^2}$: 행사가격가중치(Distance Weighting Factor)

위와 같이 실현변동성, 역사적변동성 및 평균내재변동성을 계산한 후, 아래 <식 8>의 단순 회귀분석모형을 이용하여 VKOSPI, 역사적변동성 및 평균내재변동성 중 어느 독립변수가 실현변동성과 가장 근접하게 움직이는지 예측력을 비교·분석하도록 하겠다.

$$V_{Real,k,t} = \alpha + \beta \cdot VKOSPI_t, V_{Real,k,t} = \alpha + \beta \cdot V_{His,k,t} = \alpha + \beta \cdot V_{IV,k,t}$$

$$V_{Real,u,t} = \alpha + \beta \cdot VIX_t, V_{Real,u,t} = \alpha + \beta \cdot V_{His,u,t} \quad \langle \text{식 8} \rangle$$

여기서, $V_{Real,k,t} \cdot V_{Real,u,t}$: KOSPI 200 · S&P 500의 실현변동성, $V_{IV,k,t} \cdot V_{His,u,t}$
 : KOSPI 200 · S&P 500의 역사적변동성, $V_{IV,k,t}$: KOSPI 200의 평균내재변동성

우선, 아래 <표-16>은 VKOSPI, KOSPI 200의 실현변동성 · 역사적변동성 및 평균내재변동성의 상관관계를 나타내며, <표-17>은 VIX, S&P500의 실현변동성 및 역사적변동성의 상관관계를 나타낸다.

<표-16> VKOSPI, 실현변동성 등의 상관관계

구 분	VKOSPI	실현변동성	역사적변동성	평균내재변동성
VKOSPI	1			
실 현 변 동 성	0.7206	1		
역사적변동성	0.9271	0.7061	1	
대표내재변동성	0.9721	0.7183	0.9064	1

<표-17> VIX, 실현변동성 등의 상관관계

구 분	VIX	실현변동성	역사적변동성
VIX	1		
실 현 변 동 성	0.8158	1	
역사적변동성	0.9516	0.8246	1

위 <표-16>에서 역사적변동성(0.7061) 및 대표내재변동성(0.7183)과 비교해 VKOSPI(0.7206)가 실현변동성과 가장 높은 상관관계를 보이고 있어 예측력이 가장 우수한 것으로

나타난다. 이는 시황 변동의 위험을 사전에 감지할 수 있는 투자지표로 VKOSPI가 가장 유용하게 활용될 수 있음을 말한다. 참고로 VKOSPI와 대표내재변동성의 상관관계는 0.9721으로 가장 유사한 움직임을 보이고 있다. 한편, <표-17>과 같이 VIX(0.8158)의 경우 S&P 500의 역사적변동성(0.8246)에 비해 상관관계가 오히려 떨어지는 것으로 나타난다.

이제 VKOSPI, KOSPI 200의 역사적변동성 및 평균내재변동성의 회귀분석결과를 보면, 다음 <표-18>과 같다.

<표-18> VKOSPI, 역사적변동성 등의 회귀분석결과

C	VKOSPI	역사적변동성	평균내재변동성	adj. R ²	RMSE
1.8181** (0.5864)	0.8302** (0.0207)			0.5189	8.2451
7.1504** (0.4826)		0.7115** (0.0185)		0.4982	8.4204
3.2865** (0.5557)			0.7956** (0.0200)	0.5157	8.2725

주) **는 신뢰수준 99%에서 유의한 결과를 나타낸 수치임
 주) 괄호 안의 값은 표준오차를 나타냄

위 결과에서 알 수 있듯이 VKOSPI, 역사적변동성 및 평균내재변동성 모두 유의수준 1% 하에서 실현변동성과 유의한 선형관계를 갖고 있다고 할 수 있다. 하지만, 결정계수(adj. R²)는 “VKOSPI > 평균내재변동성 > 역사적변동성(0.5189 > 0.5157 > 0.4982)” 순이며, 추정치의 오차를 나타내는 RMSE(Root Mean Square Error)¹²⁾는 VKOSPI가 가장 낮은 것으로 보아 VKOSPI의 실현변동성에 대한 예측력이 가장 우수한 것을 확인할 수 있다.

12) $RMSE = \sqrt{\frac{1}{h+1} \sum_{t=s}^{s+h} (\hat{y}_t - y_t)^2}, t = s, s+1, \dots, s+h$

참고로, 아래 <표-19>는 VKOSPI, 실현변동성, 역사적변동성, 대표내재변동성의 요약통계이다.

<표-19> VIX, 역사적변동성 등의 요약통계

구 분	평균값(Mean)	표준편차(S.D.)	최소값(Min)	최대값(Max)
VKOSPI	26.357	10.317	14.150	89.300
실 현 변 동 성	23.700	11.887	7.5419	88.391
역사적변동성	23.261	11.797	7.8751	90.281
대표내재변동성	25.656	10.731	8.6000	101.000

한편, VIX과 S&P500의 역사적변동성의 회귀분석결과를 보면, 다음 <표-20>와 같으며, VIX가 역사적변동성에 비해 오히려 결정계수는 낮고 RMSE는 높은 것으로 관측되어, 앞서 <표-17>의 상관관계 분석에서와 같이 예측력이 상대적으로 떨어지는 결과를 얻을 수 있다.

<표-20> VIX, 역사적변동성 등의 회귀분석결과

Constant	VIX	역사적변동성	adj. R ²	RMSE
-0.0369** (0.0042)	0.0107** (0.0002)		0.6654	0.0772
0.0293** (0.0031)		0.8333** (0.0148)	0.6797	0.0755

주) **는 신뢰수준 99%에서 유의한 결과를 나타낸 수치임
주) 괄호 안의 값은 표준오차를 나타냄

4. 특정시기별 VKOSPI의 특징

먼저, 아래 <표-21>는 요일별 VKOSPI 관련 통계로써 월요일이 다른 요일에 비해 VKOSPI가

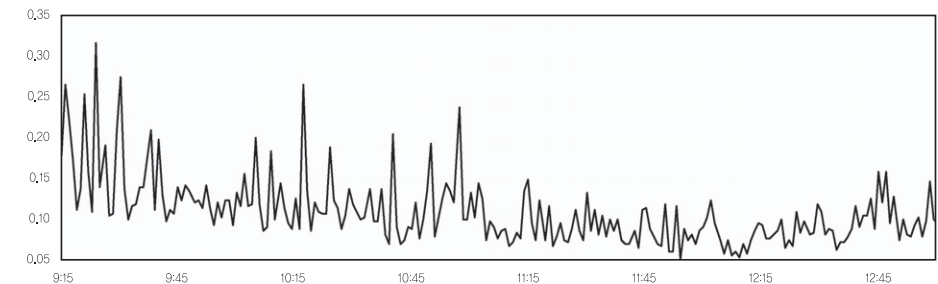
다소 높게 형성되는 것을 알 수 있다. 이는 금요일 장종료 후에 해외 증시 및 주말에 발생한 정보들이 월요일 오전에 반영되기 때문이라고 유추해 볼 수 있다. 하지만, 요일별 지수 차이를 통계적으로 검정해 본 결과, F-Value가 0.15(P-Value = 0.9623)로 통계적으로 유의성은 갖지 않는 것으로 나타났다.

<표-21> 요일별 VKOSPI의 요약통계

요 일	평균값(Mean)	표준편차(S.D.)	최소값(Min)	최대값(Max)
월 요 일	153.08	50.103	65.64	260.4
화 요 일	153	49.738	67.79	259.24
수 요 일	153.24	49.401	67.65	260.42
목 요 일	154.69	50.314	67.84	261.82
금 요 일	154.19	80.037	68.51	257.31

다음으로, 장중 시간대별 VKOSPI의 특징을 살펴보면, <그림-4>의 시간대별(30초 단위) VKOSPI의 평균 등락폭을 나타낸 그래프(2008년 11월~2009년 2월)와 같다. 이를 통해 9시 15분 VKOSPI 산출 후부터 10시 사이에 등락폭이 가장 큰 것을 알 수 있으며, 이는 전일 장종료 후에 공개된 정보가 익일 장개시 직후에 반영되기 때문이라 판단된다.

<그림-4> 시간대별 VKOSPI 등락폭 (2008년 11월 ~ 2009년 2월)



마지막으로, 선물·옵션만기일(T일, 매월 둘째주 목요일)과 평일(T±10 거래일)의 VKOSPI를 비교해 보면, <표-22>에서와 같이 만기일이 평일에 비해 다소 높게 형성되는 것을 알 수 있다. 이는 선물·옵션만기일에 프로그램매매, 대량 Roll-over 거래 등이 집중되기 때문으로 파악된다. 하지만, 만기일의 VKOSPI 증가 현상을 통계적으로 검정해 본 결과, F-Value가 0.18(P-Value = 0.8324)로써 통계적으로 유의성을 갖지는 않는 것으로 나타난다.

<표-22> 만기일·평일의 VKOSPI의 요약통계

구 분	평균값(Mean)	표준편차(S.D.)	최소값(Min)	최대값(Max)
T-10일	26.413	10.782	14.68	83.57
T일	27.224	10.593	14.7	81.04
T+10일	26.259	9.8394	14.17	68.63

V. 해외 변동성지수 사례조사

1. 개요

변동성지수는 1993년 미국 CBOE가 최초로 산출을 시작한 이후 미국, 유럽 등 선진시장을 중심으로 산출·발표되어 왔고, 아시아 국가 중에는 인도(NSE)에서 S&P NIFTY50을 기초 자산으로 NIFVIX가 S&P에 의해 산출되고 있다. 따라서, KRX는 아시아 국가 중 최초로 변동성지수를 독자개발하여 산출·발표하는 것이라 평가할 수 있겠다.

전세계적으로 대표적인 변동성지수로는 미국 CBOE의 VIX, 독일 DBAG의 VDAX-New, 프랑스 Euronext의 VCAC, 스위스 SIX의 VSMI 등을 들 수 있겠다. 아래 <표-23>는 해외 주요국의 변동성지수 현황이다.

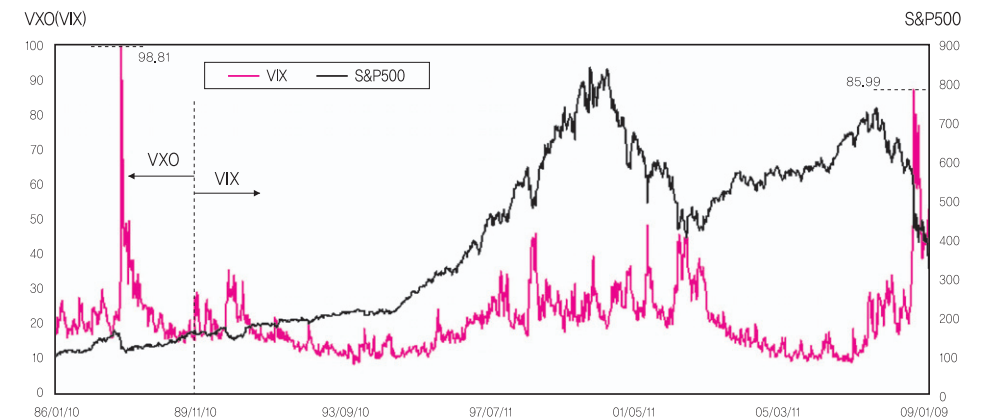
<표-23> 해외 주요국의 변동성지수 현황

국 가	거래소/지수기관	기초자산	변동성지수
미 국	CBOE	S&P500	VIX
	CBOE	NASDAQ100	VXN
독 일	DBAG	DAX	VDAX-New
	D&J STOXX	STOXX50	VSTOXX
프 랑 스	Euronext	CAC40	VCAC
스 위 스	SIX	SMI	VSMI
영 국	FTSE	FTSE100	VFTSE
네 델 란 드	Euronext	AEX	VAEX
인 도	S&P	NIFTY50	NIFVIX

2. 미국 : CBOE VIX

미국은 CBOE에서 1993년부터 블랙-숄츠방식을 적용한 변동성지수(VXO)를 산출하기 시작하였으며, 2003년부터 공정분산스왑방식을 적용한 VIX를 산출·공표하였다. 2004년 3월에는

<그림-5> CBOE VIX 추이

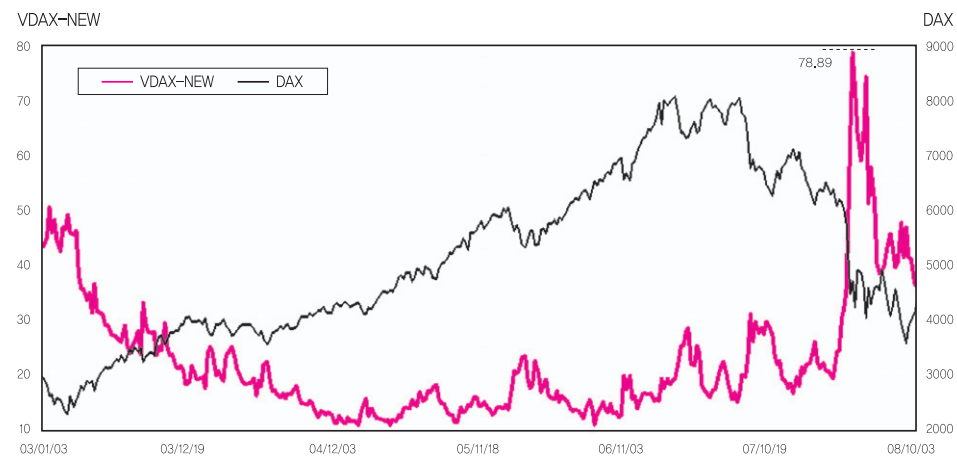


CFE(CBOE Futures Exchange)에서 VIX를 기초자산으로 하는 선물상품을 상장하였고, 2006년 CBOE에 옵션상품이 상장되었다.

3. 독일 : DBAG VDAX-New

독일거래소(DBAG)는 1994년부터 블랙-숄즈방식을 적용한 변동성지수(VDAX)를 산출하기 시작하였으며, 2005년 부터는 공정분산스왑방식을 적용한 VDAX-New를 산출·공표하였다. 2005년 9월에는 DBAG의 자회사인 Eurex에서 선물상품이 거래되고 있다. 참고로, VDAX-New 또한 2008년 하반기 글로벌 금융위기에 따라 78.89 pt(2008년 10월 17일)로 최고치를 기록하였고, 기초자산인 DAX 지수와 -0.6911(2003년 1월~2009년 3월)의 높은 상관관계가 있다.

〈그림-6〉 DBAG VDAX-New 추이



4. 프랑스 : Euronext VCAC

프랑스의 변동성지수는 VCAC로 공정분산스왑방식을 적용하여 산출하고 있으며, 과거에는 잔존만기를 다양하게 분화하여 여러 종류의 변동성지수를 산출하였으나, 현재는 VCAC만 산출하고 있다. VCAC 또한 2008년 하반기 글로벌 금융위기에 따라 73.45 pt까지 상승하였다.

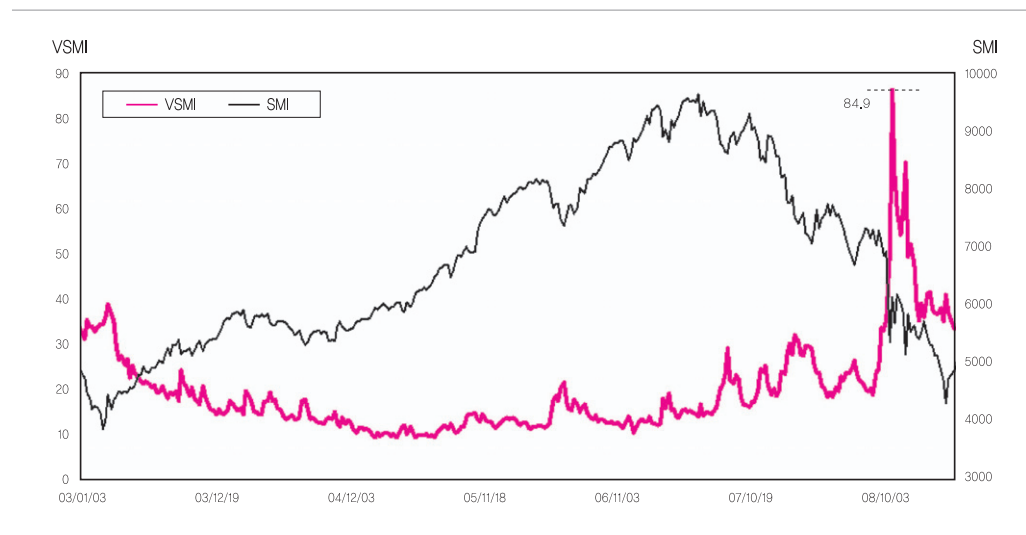
〈그림-7〉 Euronext VCAC 추이



5. 스위스 : SIX VSMI

스위스(SIX) 또한 공정분산스왑방식의 VSMI를 산출 중이며, 독일 Eurex에서 선물상품이 거래되고 있다.

<그림-8> SIX VSMI 추이



VI. 결론

변동성지수는 옵션가격에 내재된 미래 기초자산의 변동성을 수치로 나타낸 지수로, KRX는 한국시장의 특성에 맞는 변동성지수(VKOSPI)를 2009년 4월 13일부터 산출·발표하였다.

VKOSPI는 KOSPI 200 옵션시장에 상장된 최근월·차근월종목을 이용하여 잔존만기 30일 기준으로 산출되며, 공정분산스왑방식을 적용하여 등가격(ATM) 및 외가격(OTM) 옵션의 체결 가격이 사용된다. 또한, Roll-over 직후 최근월물에만 유동성이 집중되고 차근월물의 유동성이 극히 부족한 KOSPI 200 옵션시장의 특성을 감안하여 Roll-over 직후에는 최근월물만 단독으로 사용되며, 상장옵션이 부족하다고 판단되는 경우 블랙-숄즈가격결정모형을 이용하여 추정된 옵션을 보충하는 등 한국시장의 특성에 맞게 독자적인 방식이 적용되었다.

본 고에서는 VKOSPI의 산출방식을 설명하고 동 모델이 도출되는 과정에서 검토된 복수 모형을 비교·분석한 후, 산출된 VKOSPI 시계열 자료를 실증분석하여 VKOSPI의 유용성과 예측력을 검증하였다.

실증분석을 통하여 VKOSPI는 KOSPI 200과 음(-)의 상관관계가 성립함을 검증하였고 특히, 2008년 하반기 글로벌 금융위기 발생에 따라 VKOSPI가 사상 최대치로 상승함으로써 시황 변동의 위험을 판단하는 중요한 지표가 될 수 있음을 확인하였다. 아울러 VKOSPI는 1차에서 3차까지 음(-)의 자기상관관계를 가지므로 VKOSPI의 변화 추세에 지속성을 가지고 있는 것으로 분석되며, KOSPI 200과 음(-)의 교차상관관계가 있고 시차 없이 동시적으로 반영되는 것으로 검증되었다. 즉, VKOSPI가 상승(하락)하면 KOSPI 200 지수는 하락(상승)하며, 이는 동시적으로 반영된다고 볼 수 있을 것이다.

또한, 기존에 변동성 측정을 위하여 사용되었던 역사적변동성, 평균내재변동성과 비교하여 예측력이 가장 우수하여 실현변동성과 가장 근접하게 움직이는 것으로 분석되었다.

결론적으로, VKOSPI는 시황 변동 위험에 대한 상관성과 예측력이 우수한 것으로 평가되어 투자자들이 향후 시황 변동의 위험정도를 파악하는 투자판단의 지표로 활용될 뿐만 아니라, 다양한 금융상품으로 폭넓게 활용될 것으로 기대된다.

〈부록 1〉

- VKOSPI 산출에 이용되는 산식의 도출 -

우선, 기초자산 S_t 가 Geometric Brownian Motion을 따른다고 가정하면,

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dZ_t \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

이 때, $\log S_t$ 에 Ito's Lemma를 적용하면,

$$d(\log S_t) = (\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)dt + \sigma dZ_t \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

따라서, $\frac{dS_t}{S_t} - d(\log S_t) = \frac{1}{2}\sigma^2 dt$ 가 성립하므로, 만기 T까지 실현변동성은 다음

〈식 3〉과 같이 산출된다.

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T \sigma^2 dt = \frac{2}{T} \left[\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} - \log\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \right] \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

위 〈식 3〉의 로그계약을 옵션포트폴리오를 이용하여 복제할 수 있으므로, 실현변동성의 기댓값은 다음 〈식 4〉와 같이 산출할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= E(V) = \frac{2}{T} E \left[\int_0^T \frac{dS_t}{S_t} - \log\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \right] \\ &= \frac{2}{T} \left[rT - \left(\frac{F}{S_*} - 1\right) - \ln\left(\frac{S_*}{S_0}\right) + e^{rT} \int_0^{S_*} \frac{P(K)}{K^2} dK + \int_{S_*}^{\infty} \frac{C(K)}{K^2} dK \right] \quad \langle \text{식 4} \rangle \end{aligned}$$

여기서, S_* : 등가격(ATM) 행사가격, F : 선도지수, $P(K) \cdot C(K)$: 행사가격(K)의 풋·콜 옵션

위 〈식 4〉에 의한 변동성을 이산화하는 과정을 거치게 되면 다음 〈식 5〉와 같이 근사시켜 최근월·차근월물의 변동성($\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2$)을 각각 산출한다.

$$\sigma^2 \approx \frac{2}{T} \left(\sum_0^{S_*} \frac{\Delta K \cdot P(K)}{K^2} e^{rT} + \sum_{S_*}^{\infty} \frac{\Delta K \cdot C(K)}{K^2} e^{rT} \right) - \frac{1}{T} \left(\frac{F}{S_*} - 1 \right)^2 \quad \langle \text{식 5} \rangle$$

위 〈식 5〉에 의하여 계산된 근월·차근월물의 변동성($\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2$)을 다음 〈식 6〉에 따라 잔존 만기 30일로 선형내삽(Interpolation)하여 VKOSPI를 산출한다.

$$VKOSPI = 100 \times \sqrt{\left\{ T_1 \sigma_1^2 \left[\frac{N_{T_2} - N_{30}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] + T_2 \sigma_2^2 \left[\frac{N_{30} - N_{T_1}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] \right\}} \times \frac{N_{365}}{N_{30}} \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

〈부록 2〉

– 블랙-숄츠방식에 의한 변동성지수 산출방식 –

블랙-숄츠방식을 이용한 변동성지수(VI_{BS})는 다음 〈식 1〉에 따라 산출한다.

$$VI_{BS} = 100 \times \left[\sigma_1 \left[\frac{N_{T_2} - N_{30}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] + \sigma_2 \left[\frac{N_{30} - N_{T_1}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] \right] \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

위 〈식 1〉에서 최근월·차근월종목의 변동성($\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2$)은 〈식 2〉에 의하여 각각 산출한다.

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_1^{X_l} \left[\frac{X_u - S}{X_u - X_l} \right] + \sigma_1^{X_u} \left[\frac{S - X_l}{X_u - X_l} \right] \\ \sigma_2 &= \sigma_2^{X_l} \left[\frac{X_u - S}{X_u - X_l} \right] + \sigma_2^{X_u} \left[\frac{S - X_l}{X_u - X_l} \right] \\ \sigma_1^{X_l} &= (\sigma_{c,1}^{X_l} + \sigma_{p,1}^{X_l})/2, \quad \sigma_1^{X_u} = (\sigma_{c,1}^{X_u} + \sigma_{p,1}^{X_u})/2 \\ \sigma_2^{X_l} &= (\sigma_{c,2}^{X_l} + \sigma_{p,2}^{X_l})/2, \quad \sigma_2^{X_u} = (\sigma_{c,2}^{X_u} + \sigma_{p,2}^{X_u})/2 \end{aligned} \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

여기서, $X_u \cdot X_l$: 등가격(S) 바로 위·아래 행사가격(ATM±1개), $\sigma_{c,1} \cdot \sigma_{p,1}$: 최근월종목의 콜·풋옵션 내재변동성¹³⁾, $\sigma_{c,2} \cdot \sigma_{p,2}$: 차근월종목의 콜·풋옵션 내재변동성

참고문헌

엄영호, “선물시장 시상품개발을 위한 KOSPI 200 변동성지수 개발”, 한국거래소, 2007

이재하·정제련, “KOSPI 200 옵션시장에서의 변동성지수 산출 및 분석”, 증권학회지 제 35권 2호, 2006, p.109-138

김명직, “주식시장의 변동성 예측: KOSPI 변동성지수(KoVIX)의 도입가능성을 중심으로”, 증권학회지 제 25권, 1999, p.229-264

장국현, “한국 옵션시장의 변동성 예측과 예측성 비교에 관한 연구”, 선물연구 제 9권 제1호, 2001, p.51-79

이재하·권상수, “KOSPI 200 옵션 내재변동성의 예측력”, 선물연구 제 9권 제1호, 2001, p.25-50

박유성·송석현, “SAS/ETS를 이용한 경영 경제자료 분석”, 정일출판사, 1998

CBOE, “New CBOE Volatility Index”, 2003

Deutsche B rse, “Guide to the Volatility Indices of Deutsche B rse”, 2007

Swiss Exchange, “Guide to the Volatility Index VSMI”, 2004

Black, F. and Scholes, M., “The pricing of options and corporate liabilities”, Journal of Political Economy, Vol. 81, 1973, p.637-659

Brenner, M. and Galai, D., “New Financial Instruments for Hedging Changes in Volatility”, Financial Analysts Journal July-August, 1989, p.61-65

13) 일반적으로 블랙-숄츠가격결정모형 또는 이항모형(CRR: Cox-Ross-Rubinstein)을 이용하여 내재변동성을 산출한다(KOSPI 200 옵션의 경우 이항모형을 이용).

Corrado, C. and Miller, T., “The forecast quality of CBOE implied volatility indexes”,
Journal of Futures Markets, Vol. 25, 2005, p.339–373

Cox, J., Ross, S. and Rubinstein, M., “Option pricing : A simplified approach”,
Journal of Financial Economics, Vol. 7, 1979, p.229–264

Demeterfi, K., Derman, E., Karal, M. and Zou, J., “More than you ever wanted to
know about volatility swaps”, Quantitative strategy research notes, Goldman
Sachs, 1999, p.1–50

Fleming, J., “The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index
option prices”, Journal of Empirical Finance, Vol. 5, 1998, p.317–345

Fleming, J., Ostdiek, B. and Whaley, R., “Predicting stock market volatility : A new
measure”, Journal of Futures Markets, Vol. 15, 1995, p.265–302

Jiang, E J. and Tian, G S., “The Model-Free Implied Volatility and Its Information
Content”, The Review of Financial Studies, Vol. 18, Issue 4, 2005, p. 1305–1342

Owain, G., “Forecasting volatility for options pricing for the U.K stock market”,
Journal of management and Analysis, Vol. 14, Issue 2, 2001, p.55–62

Skiadopoulos, G., “The Greek implied volatility index : construction and properties”,
Applied Financial Economics, Vol. 14, 2004

Whaley, R., “Derivatives on market volatility : Hedging tools long overdue”, Journal
of Derivatives, Vol. 1, 1993, p.71–84