

# 이익변동성 분석모형 정교화를 통한 기술가치 평가모델 개선 연구

김상국\* · 박현우\*\* · 성태웅\*\*\*

## I. 서론

기술가치평가에서 활용되고 있는 옵션기반의 평가모형은 시장 및 원가구조분석을 통해 기술기여이익을 추정하고 이를 근거로 상용화를 위한 투자금액과 상용화기간, 무위험이자율, 이익변동성 분석을 통해 옵션의 가치를 반영하여 최종적으로 기술의 가치를 추정하고 있다. 일반적으로 옵션의 적정가격 또는 프리미엄을 계산할 때, 변동성(volatility)은 아주 중요한 변수로 사용된다. 옵션가격에서 중요한 변수는 현재시점에서 만기일까지 실제 기초자산(underlying asset)의 변동성인 실제변동성이다.

그러나 이러한 변동성은 시간이 지나 실제 가격 움직임이 밝혀져야만 알 수 있기 때문에, 현 시점에서 실제변동성에 대한 대응치를 사용하게 된다. 옵션기반의 기술가치 평가모형에서도 대응치 개념의 역사적 변동성(historical volatility)을 사용하고 있으며, 이것은 과거 기업재무정보인 영업이익률들의 분산(표준편차)을 계산하여 이를 변동성의 대응치로 활용하고 있다. 이와 같은 과거 기업재무정보의 활용이 때로는 가격변동의 급격한 이탈을 초래하였으며, 옵션가격결정모형(Option Pricing Model)의 가정을 위배하는 상황을 발생시켰다. 이로 인해 영업이익률의 분산이 일정하지도 안정적이지 못한 상황이 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 옵션 모형에 사용되는 일반적인 변동성 추정방법에 대해서 고찰해보고, 기존의 문제를 해결할 수 있는 방법을 도출하고자 하였다.

블랙-숄츠 모형은 변동성을 제외한 나머지 입력 변수들은 시장에서 관찰가능하기 때문에 이런 입력변수들을 활용하여 간단하게 옵션의 가격을 계산할 수 있어 현재까지도 실무에서 광범위하게 이용되고 있다. 하지만, 블랙-숄츠의 모형 두 가지 핵심 가정인 상수변동성(constant volatility)과 로그정규분포(lognormal distribution)의 가정으로 인하여 주가지수 옵션의 내재변동성은 행사가격에 따라 감소하고 주가지수의 수준과 역의 관계(inverse relationship)를 보여준다. 이런 현상을 변동성 미소(volatility smile) 또는 변동성 기간구조(volatility term structure)라 한다. 이로 인해 옵션의 가치평가가 정확한 시장가격을 반영할 수 없는 문제가 발생한다(장재영, 2007).

따라서, 실무에서는 블랙-숄츠 가격결정모형을 활용하여 옵션가격을 입력변수로 놓고 행사가격과 만기 별 옵션의 내재변동성(implied volatility)을 산출하여 옵션의 가격결정에 활용하고 있는 실정이다. 하지만 내재변동성을 이용한 방법 또한 단순한 유러피언 옵션(European option)의 가격계산과 헤징(hedging)에 대해서는 비교적 유용하나 복잡한 구조의 이색옵션(exotic option)의 경우에 단순 가정에 의한 가격계산과 헤징으로 인한 심각한 가격계산 오류를 초래할 수 있다고 지적하였다(Schoutens et al., 2005).

이러한 블랙-숄츠 모형의 한계를 극복하기 위해 비현실적인 가정을 완화하는 다양한 대안 모형들에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다. 이런 대안 모형들은 크게 두 가지 범주로 구분할 수 있으며, 첫 번째로는 단일요인 모형으로 Cox and Ross(1976)에 의한 constant elasticity of

---

\* 김상국, 한국과학기술정보연구원, 02-3299-6294, sgkim@kisti.re.kr  
\*\* 박현우, 한국과학기술정보연구원, 02-3299-6051, hpark@kisti.re.kr  
\*\*\* 성태웅, 한국과학기술정보연구원, 02-3299-6172, ts322@kisti.re.kr

variance model과 내재변동성이 옵션만기와 행사가격에 의한 달라지는 현상으로부터 변동성을 시간과 기초자산과 가격의 함수형태로 가정한 변동성 함수모형(deterministic volatility function model)이 있으며(Derman & Kani, 1994; Dumas, Fleming & Whaley, 1998), 두 번째로는 다요인 모형으로 점프확산 모형과 확률변동성 모형이 연구되었으며, 확률변동성(stochastic volatility) 모형은 블랙-숄츠 모형의 변동성이 평균회귀(mean-reversion)하면서 기초자산 과정(underlying process)과 상관된 확률과정(stochastic process)을 갖는다고 가정하였다(Hull & White, 1987; Stein & Stein, 1991; Heston, 1993).

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II 장에서는 변동성 개선을 위해 제안할 모형에 필요한 이론적 배경을 설명하고, III 장에서는 옵션 모형에서 사용되는 일반적인 변동성 측정모형들에 대해서 검토하며, IV 장에서는 제안된 변동성 분석 모형 사례분석을 통해 기존방법과 개선방법과의 비교결과를 제시한다. 마지막으로 V 장에서는 연구의 결과를 요약한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 블랙-숄츠(Black-Scholes) 모형

블랙-숄츠 모형은 기본적으로 기초자산의 가격이 연속적으로 변화한다는 것을 전제로 하고 있다. Black-Scholes (1973)는 옵션가격을 산출하기 위하여 기초자산가격, 행사가격, 무위험이자율, 옵션잔존만기, 기초자산가격의 변동성을 입력변수로 하는 닫힌 해(closed-form solution)를 도출하였다. 기본적으로 기초자산가격은 random walk를 보이며 음의 값을 가질 수 없다는 특징을 이용하여 주가는 기하학적 브라운 운동(geometric brownian motion)을 따른다고 정의하여 주가분포를 설명하기 위해 로그정규분포(lognormal distribution)를 사용하였다. 이러한 개념적 정립 하에서 주가는 다음과 같은 확률과정(stochastic process)을 따른다고 정의하였다.

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

$$d \ln S = \left[ \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right] dt + \sigma dz$$

여기서,  $S$ : 주가,  $\mu$ : 주가수익률의 평균

$\sigma$ : 주가수익률의 표준편차

$dz$ : 표준 위너 프로세스(*standard Wiener process*)

블랙-숄츠는 아래와 같은 7가지 추가 가정을 통해 옵션가격결정모형(Option Pricing Model)을 도출하였다.

- ① 주가는 로그정규분포를 따르며, 주가수익률의 평균  $\mu$ 와 표준편차  $\sigma$ 는 시간의 변화와 관계 없이 일정
- ② 증권의 공매(Short selling)는 허용된다.
- ③ 거래비용과 세금이 없으며, 증권은 완전분할이 가능하다.
- ④ 옵션의 만기일까지 배당금이 존재하지 않는다.
- ⑤ 차익거래의 기회는 존재하지 않는다.
- ⑥ 증권거래는 연속적이다.

⑦ 무위험이자율은 모든 만기에 대해 동일하며 일정하다.

위와 같은 추가가정을 통해 아래와 같은 옵션가격결정 공식을 도출하였다.

$$C = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

여기서,  $C$ : 콜옵션의 가치  
 $S_0$ : 기초주식의 현재가치  
 $X$ : 옵션의 행사가격  
 $r$ : 연간무위험이자율  
 $T$ : 만기까지의 잔여기간(연단위)  
 $N(d)$ : 누적표준정규분포에서  $d$ 값보다 작은 확률  
 $\sigma$ : 기초주식의 연간수익율의 변동성  
 $\ln$ : 자연대수

옵션의 가치는 만기일에 기초자산의 가치에 따라 달라지므로, 옵션평가를 위해서는 기초자산과 무위험자산을 이용해서 만기일 상황에 따른 옵션가치와 동일한 가치체계를 갖는 포트폴리오를 구성해야 한다. 블랙-숄츠는 이러한 무위험 헷지 포트폴리오 개념에 착안해서 주식을 기초자산으로 하는 유로피언 옵션에 대한 평가모형을 개발하였다. 특히, 옵션가격결정모형에서  $N(d_1)$ ,  $N(d_2)$ 는 모두 콜옵션이 만기에 내가격(in-the-money, ITM) 즉, 가치 있는 상태가 될 확률을 의미하며 만일 옵션이 행사될 가능성이 높아서  $N(d)$ 가 1에 접근하면 콜옵션 가치는 옵션의 내재가치와 같아지게 되고, 반대로 옵션행사 가능성이 거의 없어 0에 가까우면 옵션가치는 없어지게 된다. 따라서, 콜옵션의 가치는 만기에 옵션행사로 얻게 될 이익의 현재가치를 옵션이 행사될 확률로 조정한 경우이다. 특히  $N(d_1)$ 은 콜옵션의 헷지비율(hedge ratio)로서 기초주식 가격이 1원 증감할 때 콜옵션 가격은  $N(d_1)$ 만큼 증감함을 의미한다.

## 2. 변동성의 개념

변동성은 기본적으로 역사적 변동성(historical volatility)과 내재변동성(implied volatility) 두 가지로 분류된다. 주식시장에서 역사적 변동성은 주로 기초자산의 과거 로그수익률의 표준편차를 이용하는 방법으로 과거에 어느 정도의 변동성이 있었는지를 정규분포로 만들어서 이를 표준편차로 계산한 값을 의미한다. 역사적 변동성의 기본적인 한계는 과거에 존재하였던 변동성이 현재의 시점에서 과거의 변동성과 동일하게 존재할 것으로 가정한다는 것이다. 이러한 가정은 주식 및 채권 시장처럼 실시간으로 가격이 바뀌는 상황에서는 잘 들어맞지 않은 것이 사실이다. 이와는 다르게 내재변동성은 블랙-숄츠 모형을 이용하여 계산한 옵션가격을 시장가격과 일치시키는 변동성 값을 의미하며 옵션의 시장가격으로부터 역산해서 산출한 변동성 값을 말한다.

결과적으로 내재변동성은 현재의 옵션가격으로 변동성을 추출한 것이기 때문에 옵션가격이 높으면 변동성 또한 높게 산출되고, 옵션가격이 낮으면 변동성 또한 낮게 나오는 특징을 갖는다. 이것은 결국 변동성이 확대됨으로써 옵션가격에서 어떠한 변화가 올지를 기대하는 상황에서 근본적으로 문제를 갖고 있는 내재변동성의 한계로 인식된다. 이런 근본적인 한계를 보유하고 있음에도 불구하고 내재변동성을 보는 이유는 역사적 변동성과 비교하여 현재의 변동성이 크지 또는 작은

지를 알기위한 것이다. 만일 현재 시점에서의 내재변동성이 역사적 변동성보다 클 경우에는 옵션이 시장에서 높게 평가된다고 볼 수 있으며, 이것은 곧 옵션 매도전략이 유리하다고 인식할 수 있는 것이다. 이와는 반대로, 현재시점에서 내재변동성이 역사적 변동성 보다 작은 경우에는 옵션이 시장에서 낮게 평가되었다고 볼 수 있으며, 이것은 곧 옵션 매수전략이 유리하다고 인식할 수 있는 것이다.

블랙-숄츠 모형인 단헨 해에 의하면 개별 투자자의 선호(preference)가 반영된 수익률이 감안되지 않기 때문에 쉽게 옵션의 가치를 구할 수 있다. 하지만, 블랙-숄츠 모형의 로그정규분포 가정과 상수변동성 가정으로 인해 실제 옵션의 가치평가 시 대부분의 구간에서 과대평가 또는 과소평가 되는 현상이 발생하는 것이 다양한 연구결과에 의해 입증되었다(Rubinstein, 1985).

### 3. 옵션기반의 기술가치평가

기술가치평가에서 주로 활용되고 있는 기존의 DCF 방법은 연속된 투자에 대한 고려와 상호 연관된 프로젝트의 보완성에 대한 평가, 경영의 유연성 미반영, 전략적 문제 미해결, 가격변화 등 프로젝트에 내재한 불확실성을 반영하지 못하는 문제점들을 극복하기 위해 실물옵션 기반의 가치평가방법이 하나의 대안으로 고려되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 한국과학기술정보연구원(<http://www.itechvalue.org>)에서는 블랙-숄츠 가격결정모형과 기존 DCF방법을 접목시킨 옵션기반의 기술가치평가 방법을 고안하였다.

여기에서는 블랙-숄츠 모형의 주요 입력변수 중 하나인 기초자산의 현재가격을 기존의 DCF방법을 활용하여 도출하고 행사가격은 상업화를 투자비용으로 옵션잔존만기는 상업화 소요기간을 근거로, 그리고 기초자산의 수익률의 변동성은 미래현금흐름의 변동성으로 대체하여 기술의 가치를 평가하도록 하였다. 이러한 주요 입력변수들 중에서 미래 현금흐름의 변동성은 현재 평가대상 기술 관련 대표업종이나 유사기업들의 재무정보 중 영업이익률을 활용하여 이들의 표준편차 값인 대응치 개념의 이익변동성을 적용하고 있다. 이런 대응치를 적용하면서 도출된 문제점은 이익변동성이 일정하고 안정되게 도출되지 못하는 문제를 야기하고 있으며, 근본적으로 미래현금흐름의 변동성을 반영하지 못하는 문제로 인해 옵션가치의 부적절하게 계산되는 문제를 야기할 수 있는 근본적인 문제를 앓고 있다.

### III. 이익변동성 분석 방법

옵션 모형에 사용되는 가장 일반적인 변동성 측정방법은 법은 로그현금흐름수익법(로그주가수익법), 로그현재가치수익법, 자기회귀 조건부 이분산 모형(GARCH 모형), 관리가정 및 추정, 비교 가능한 시장지표 이용 방법이 주로 활용되고 있다(김태식, 2007).

로그현금흐름수익법은 주로 주식과 같은 금융옵션(financial options)의 변동성을 계산하는데 사용되지만, 때때로 유가와 같은 실물자산에도 이용된다. 이 방법의 단점은 현금흐름이 작은 DCF 모형의 변동성이 일반적으로 과대하게 제시될 가능성이 높다는 것이며, 이 방법은 (-)의 현금흐름이 발생할 때에는 사용할 수 없다는 것이다. 장점으로는 계산상의 수월성, 투명성, 그리고 모델링의 유연성 등이 있으며, 또한 변동성을 평가하기 위한 시뮬레이션이 필요치 않은 장점이 있다.

로그현재가치수익법은 주로 현금흐름으로 자산의 변동성을 계산할 때 사용된다. 이 방법의 단점은 단일 변동성을 구하기 위해 시뮬레이션이 필요하며, 이것은 주가와 같이 거리가 활발한 유동적 자산에는 적용되지 않는다는 점이다. 장점으로는 특정한 음의 현금흐름을 다룰 수 있다는 점이며,

이것은 로그현금흐름수익접근법보다 더 엄격한 분석을 적용하여 자산을 분석할 때 변동성을 보다 정확하고 신중하게 평가할 수 있다.

자기회귀 조건부 이분산모형(GARCH 모형)은 주로 금융옵션에서 주식 같은 유동적인 거래 가능 자산에서 변동성을 계산하는데 사용되며, 때때로 유가와 같은 실물 자산에도 이용된다. 하지만, 많은 데이터가 필요하고, 계량 경제 모델링 전문기술이 필요하며, 사용자가 조작할 가능성이 매우 높다는 점이다. 장점은 최적의 변동성 곡선(volatility curve)을 찾기 위해 엄격한 통계분석을 실시하여, 시간에 따른 다양한 변동성 평가를 제공한다는 점이다.

관리 가정 및 추측에 의한 방법은 금융옵션과 실물옵션에 모두 사용된다. 단점은 변동성 평가의 신뢰도가 매우 낮으며, 주관적인 최선의 추측에 불과하다는 점이다. 이 접근법은 단순하므로 실행 및 해석에 있어 경영진에게 변동성 개념을 설명하기가 매우 쉬운 장점이 있다.

마지막으로, 비교 가능한 시장 지표를 이용하는 방법은 비교 가능한 시장, 부문, 또는 산업 고유의 데이터를 입수하여 주로 유동자산과 비유동자산을 비교하는데 사용된다. 단점은 적절한 비교 가능 기업을 찾기가 어렵고, 주관적으로 특정 기업을 포함시키거나 제외시킴으로써 전체적으로 조작할 수 있다는 점이다.

본 연구에서는 미래 현금흐름의 변동성과 직접적으로 관련이 깊은 로그현금흐름수익법과 로그현재가치수익법을 세부적으로 검토하였다.

## 1. 로그현금흐름수익법

로그현금흐름수익(로그주가수익법)은 개별 향후 현금흐름 평가나 비교 가능한 현금흐름 평가, 또는 역사 가격을 이용하여 변동성을 계산하여 아래의 표와 같이 그에 상응하는 로그상대수익을 제시한다. 일련의 예측된 향후 현금흐름이나 역사적 가격으로 시작하여, 그것을 상대수익으로 전환한다. 그리고 나서 이 상대 수익의 자연로그를 구한다. 이 자연로그 수익의 표준편차는 일련의 현금흐름의 주기적 변동성(periodic volatility)이다. 어떤 방법을 사용하든지 간에 옵션 또는 금융 옵션에서도 사용되는 주기적 변동성은 연간화(annualized)되어야 한다.

<표 1> 로그현금흐름수익법을 이용한 변동성 추정

기간( $t$ )	현금흐름	현금흐름의 상대수익	현금흐름의 자연로그( $x_t$ )
0	$CF_0$	-	-
1	$CF_1$	$\frac{CF_1}{CF_0}$	$\ln\left(\frac{CF_1}{CF_0}\right)$
2	$CF_2$	$\frac{CF_2}{CF_1}$	$\ln\left(\frac{CF_2}{CF_1}\right)$
⋮	⋮	⋮	⋮
n-1	$CF_{n-1}$	$\frac{CF_{n-1}}{CF_{n-2}}$	$\ln\left(\frac{CF_{n-1}}{CF_{n-2}}\right)$
n	$CF_n$	$\frac{CF_n}{CF_{n-1}}$	$\ln\left(\frac{CF_n}{CF_{n-1}}\right)$

위의 표에서 나온 값을 이용하여 변동성을 구하면 다음과 같다.

$$Volatility = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}$$

여기서  $n$ 은  $x$ 의 수,  $\bar{x}$ 는  $x$ 의 평균

이 방법은 실행하기가 매우 쉬우며, 변동성 평가를 위해 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)이 필요치 않다. 이 접근법은 수학적으로 타당하며, 금융 자산의 변동성을 평가하는데 널리 이용된다. 그러나 실물옵션 분석의 경우에는 적용에 신중하여야 한다. 왜냐하면, 특정 시기에 현금흐름이 음(-)일 경우, 상대 수익은 음의 값일 것이며, 음의 값의 자연로그는 존재하지 않기 때문이다. 따라서 변동성을 측정할 값은 (-)현금흐름을 완전히 포착하지 않으며, 잘못된 결과를 가져올 수 있다. 또한 시계열 예측을 이용하여 평가한 자동상관 현금흐름(autocorrelated cash flows)이나 정적 성장률에 따른 현금흐름은 잘못된 변동성 측정을 가져올 것이다.

이 접근법은 역사적 데이터가 많은 유동적 거래 자산의 변동성 측정에 적합한 방법이다. 이 접근법이 리얼 옵션 분석을 목적으로 DCF에서 현금흐름의 변동성을 계산하기에 타당하지 않은 이유는 역사적 데이터가 부족하기 때문이다. 따라서 이 방법을 역사적 데이터 수가 적은 경우에 적용할 때에는 매우 주의하여야 한다.

음의 값이 아닌 역사적 데이터와 주가에 적용할 경우, 이 접근법은 쉽고 타당하다. 그러나 실물 옵션에 사용할 경우, DCF 현금흐름은 음의 값을 뿔 가능성이 높으며, 계산에 오류를 가져올 수 있다(즉, 음의 값의 로그는 존재하지 않는다.). 그러나 이러한 오류를 피하기 위해 특정한 접근법을 취할 수 있다. 첫 번째는 잉여현금흐름(free cash flows)에서 순이익(net income)으로, 영업이익(EBITDA)으로, 그리고 계속해서 모든 값이 양(+)인 수익과 가격으로 DCF 모형을 이동시키는 것이다. 이런 식으로 할 경우 비교가 가능하도록 다른 모든 옵션과 프로젝트를 이런 식으로 모델링하기 위해 주의해야 한다. 또한 이 접근법은 변동성, 위험, 불확실성이 특정 변동원인에서 유래하는 상황에서만 정당화된다.

## 2. 로그현재가치수익법

로그현재가치수익법은 모든 미래현금흐름의 추정을 2개의 현재가치합계(하나는 0차년도와 현재가치 합계, 다른 하나는 1차년도 현재가치의 합계)에 모아서 변동성을 추정하는 방법이다. 로그현금흐름수익(로그주가수익법)에서는 다음과 같은 현금흐름의 자연로그 값을 구한 뒤 변동성을 구하였다. 그런데 만약 각 기간의 현금흐름이 과거의 데이터로부터 획득 가능한 것이 아니라 미래예상 현금흐름이라면 과연 어떻게 변동성을 구할 수 있을까? 이를 위해서는 미래 예상현금흐름 그 자체에 대한 변동성을 예측할 수밖에 없다.

로그현재가치수익법 역시 로그현금흐름수익 또는 로그주가수익법과 유사하게 로그값을 이용하여 변동성을 추정한다. 다만 0차년도 기준 현재가치의 합을 분모로 하고, 1차년도 기준 현재가치의 합을 분자로 하여 로그값(이를 매개변수  $X$ 라 한다.)을 구한 뒤, 이 로그값의 변동성을 시뮬레이션으로 구하는 것이다.

<표 2> 로그현재가치수익법을 이용한 변동성 추정

기간( $t$ )	현금흐름	0차년도 현재가치	1차년도 현재가치
0	$CF_0$	$\frac{CF_0}{(1+r)^0}$	-
1	$CF_1$	$\frac{CF_1}{(1+r)^1}$	$\frac{CF_1}{(1+r)^0}$
2	$CF_2$	$\frac{CF_2}{(1+r)^2}$	$\frac{CF_2}{(1+r)^1}$
⋮	⋮	⋮	⋮
n-1	$CF_{n-1}$	$\frac{CF_{n-1}}{(1+r)^{n-1}}$	$\frac{CF_{n-1}}{(1+r)^{n-2}}$
n	$CF_n$	$\frac{CF_n}{(1+r)^n}$	$\frac{CF_n}{(1+r)^{n-1}}$
합계	$\sum_{t=1}^n CF_t$	$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$	$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t-1}}$

상기 표에서 매기간에 발생하는 미래현금흐름을 할인율  $r\%$ (여기서는 미래기간 동안 고정된다고 가정한다)로 할인한 0차년도 기준 현재가치의 합이  $\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$ 이며, 1차년도 기준 현재가치의 합은  $\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t-1}}$ 이다. 여기서,  $\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$ 을 분모로 하고  $\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t-1}}$ 을 분자로 하여 자연로그값(매개변수  $X$ )을 구한다. 0차년도 기준 현재가치의 합을 분모로 하는 이유는 로그현재가치 수익 또는 로그주가수익법에서 0차년도 현금흐름을 분모로 하는 논리와 일관성을 유지하려고 하는 것이다.

한편, 자연로그값(매개변수  $X$ )을 보다 자세히 나타내면 다음과 같다.

$$X = \ln \left( \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t-1}}}{\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}} \right)$$

$$= \ln \left( \frac{\frac{CF_1}{(1+r)^0} + \frac{CF_2}{(1+r)^1} + \frac{CF_3}{(1+r)^2} \cdots + \frac{CF_n}{(1+r)^{n-1}}}{\frac{CF_0}{(1+r)^0} + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} \cdots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}} \right) = value$$

이와 같이 상기 매개변수  $X$  값은 value로 단일한 값을 갖게 된다. 이렇게 단일한 값을 가지게 되면 변동성은 0이 될 것이다. 그러므로 매개변수  $X$  값의 변동성을 구하기 위해서는 미래현금흐름의 현재가치 중 가장 중요한 요소인 미래현금흐름( $CF_0 \sim CF_n$ )의 변동성을 시뮬레이션 하여야

한다. 한편 미래현금흐름의 변동성을 구하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있지만, 가장 대표적인 방법은 각 기간별 수익의 분포(distribution)를 가정하는 것이다. 미래수익을 단일한 하나의 금액으로 예상한다면 변동성은 애초부터 고려하지 않겠다는 것이므로, 수익으로 대변되는 미래현금흐름의 분포를 가정하고, 이를 반영하여 시뮬레이션을 실행하게 되면 미래현금흐름( $CF_0 \sim CF_n$ )이 변동됨에 따라 매개변수  $X$ 의 변동성을 간접적으로 구할 수 있게 된다.

로그현재가치수익법은 실물옵션의 변동성을 추정할 때 더 적합한 방법이다. 이 방법은 역사적 데이터가 많지 않더라도 적용하기 쉽다. 그러나 변동성을 추정하기 위해서는 몬테카를로시뮬레이션이 필요하다. 한편 상기 매개변수  $X$ 의 변동성을 구하기 위한 시뮬레이션을 할 때, 분모의 할인율을 고정하고  $CF$ 의 변동성에 대해서만 시뮬레이션을 해야 한다. 왜냐하면,  $CF$ 의 변동으로 인한 현재가치의 변동성이 중요한 것인지 할인율로 인한 현재가치의 변동성은 중요한 요소가 아니기 때문이다.

경영자는 미래수익이 일정범위안에서 발생할 확률이 동일하다고 가정할 경우에는 일양분포(uniform distribution)로 가정할 수 있다. 한편 매개변수  $X$ 의 산식을 통해 시뮬레이션을 실행하면 매개변수  $X$ 의 표준편차를 구할 수 있으며, 이것이 바로 변동성이 된다.

#### IV. 이익변동성 분석 모형 사례분석

본 연구에서는 미래 현금흐름의 변동성과 직접적으로 관련이 깊은 로그현금흐름수익법과 로그현재가치수익법 중에서 옵션기반 기술가치평가 모형 내에 기초자산의 현재가치를 형성하고 있는 영업이익액의 현금흐름을 활용하기 위하여 로그현재가치수익법을 활용하여 기존사례와 비교분석을 수행하였다.

먼저, 현 옵션기반의 기술가치평가 시스템에서 활용되고 있던 대표업종 또는 유사기업 재무정보인 영업이익률의 표준편차를 변동성으로 활용하던 기존방식과 로그현재가치수익법 기반의 변동성인 두 변수 값들이 두 독립된 표본이 동일한 분포를 가진 모집단에서 추출되었는지를 검증하기 위하여 Kolmogorov-Smirnov with two sample 검정과 Mann-Whitney U-검정을 수행하였다. 또한 Kolmogorov-Smirnov with one sample 검정방법을 통해서 기존방식을 통해 산출하였던 변동성 값 자체가 개선된 방법을 통해 도출된 변동성과 동일한 균일분포(uniform distribution)를 따르면서 안정되고 일정한 변동성을 산출하는지의 여부를 검증하였다.

##### 1. 변동성 분석 대상 자료

변동성 분석을 수행하기 위하여 옵션기반의 기술가치평가 시스템에서의 실제 분석수행 사례 20건을 수집하여 변동성 분석대상 자료로 활용하였으며 간략한 사례에 대한 내용은 <표 3>과 같다.

로그현재가치수익법을 활용한 변동성은 미래현금흐름액을 영업이익을 근거로 균일분포를 가정한 후, 몬테카를로 시뮬레이션 1,000번을 수행하여 변동성 값을 도출하였다. 따라서 이렇게 도출된 변동성을 기초로 옵션기반의 가치평가사례는 <표 4>와 같이 조정되어 산출되었다.



<표 3> 대표업종 또는 유사기업 재무정보인 영업이익률 변동성을 활용한 옵션가치평가 사례

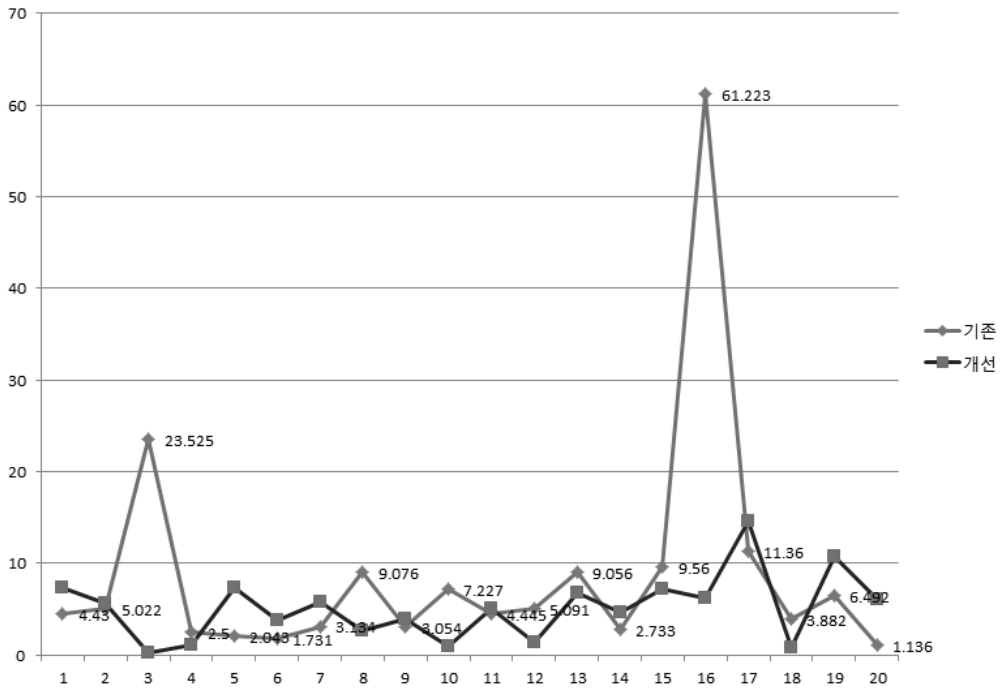
No.	평가대상기술	기초자산 가치(S_0) 하한	기초자산 가치(S_0) 상한	옵션의 행사가격 (X)	변동성 (sigma)	무위험 이자율 (r)	옵션행사 기간 (T)	옵션가치 하한	옵션가치 상한
1	P2P 서비스...	97.94	110.58	50	4.43	4.97%	0.5	89.97	102.16
2	경혈표시...	4164.77	4164.77	100	5.022	4.97%	0.5	4132.11	4132.11
3	반도체 제조...	5.83	6.86	100	23.525	4.97%	3	5.83	6.86
4	에너지저장...	727.98	844.46	2000	2.5	4.97%	5	722.49	838.53
5	유기박막...	1076.76	1272.53	300	2.043	4.97%	1	924.44	1111.72
6	초음파공명...	6121.21	6121.21	2000	1.731	4.97%	1	4935.66	4935.66
7	플렉서블...	2134.22	2477.06	2000	3.134	4.97%	3	2121.49	2463.36
8	화력발전소...	324.49	382.86	500	9.076	4.97%	1	324.49	382.86
9	탄소나노튜브...	420.54	494.64	1000	3.054	3.50%	1	341.72	408.42
10	독성분이 있는...	19380.84	22044.88	900	7.227	4.97%	3	19380.84	22044.88
11	나노섬유막...	9526.15	10840.1	1000	4.445	4.97%	1	9454.93	10765.03
12	된장을 함유한...	12.02	14.4	100	5.091	4.97%	1	11.67	14.02
13	프린트형...	2434.54	2783.58	100	9.056	4.97%	0.5	2433.94	2782.95
14	원광 금속환원...	2.84	3.31	10	2.733	4.97%	1	2.00	2.39
15	금나노입자...	322.96	759.38	200	9.56	4.97%	1	322.96	759.38
16	실리카드...	245.12	289.09	500	61.223	4.97%	3	245.12	289.09
17	생활, 장애...	2558.41	2558.41	23100	11.36	4.97%	5	2558.41	2558.41
18	자동차...	30.3	35.35	10	3.882	4.97%	1	29.44	34.43
19	의료용앵커...	364.14	414.37	1000	6.492	4.97%	0.5	351.43	400.75
20	비흑연계...	167283.32	197155.34	180000	1.136	4.97%	3	114925.19	140511.96

\* 평가대상기술의 내용은 대외비로 인해 자세한 명세를 생략하였음.

<표 4> 대표업종 또는 유사기업 재무정보인 영업이익률 변동성을 활용한 옵션가치평가 사례

No.	평가대상기술	기초자산 가치(S_0) 하한	기초자산 가치(S_0) 상한	옵션의 행사가격 (X)	변동성 (sigma)	무위험 이자율 ( r )	옵션행사 기간 (T)	옵션가치 하한	옵션가치 상한
1	P2P 서비스...	97.94	110.58	50	7.33	4.97%	0.5	97.28	109.89
2	경혈표시...	4164.77	4164.77	100	5.64	4.97%	0.5	4143.57	4143.57
3	반도체 제조...	5.83	6.86	100	0.21	4.97%	3	0.00	0.00
4	에너지저장...	727.98	844.46	2000	1.03	4.97%	5	470.27	563.85
5	유기박막...	1076.76	1272.53	300	7.33	4.97%	1	1076.62	1272.38
6	초음파공명...	6121.21	6121.21	2000	3.73	4.97%	1	5916.40	5916.40
7	플렉서블...	2134.22	2477.06	2000	5.78	4.97%	3	2134.22	2477.06
8	화력발전소...	324.49	382.86	500	2.64	4.97%	1	251.55	303.29
9	탄소나노튜브...	420.54	494.64	1000	3.99	3.50%	1	391.67	463.15
10	독성분이 있는...	19380.84	22044.88	900	1	4.97%	3	18667.53	21323.91
11	나노섬유막...	9526.15	10840.1	1000	5.09	4.97%	1	9495.87	10808.11
12	된장을 함유한...	12.02	14.4	100	1.38	4.97%	1	1.15	1.70
13	프린트형...	2434.54	2783.58	100	6.78	4.97%	0.5	2427.80	2776.49
14	원광 금속환원...	2.84	3.31	10	4.6	4.97%	1	2.73	3.19
15	금나노입자...	322.96	759.38	200	7.15	4.97%	1	322.87	759.25
16	실리카드...	245.12	289.09	500	6.27	4.97%	3	245.12	289.09
17	생활, 장애...	2558.41	2558.41	23100	14.54	4.97%	5	2558.41	2558.41
18	자동차...	30.3	35.35	10	0.84	4.97%	1	21.30	26.20
19	의료용앵커...	364.14	414.37	1000	10.81	4.97%	0.5	364.06	414.29
20	비흑연계...	167283.32	197155.34	180000	6.01	4.97%	3	167283.29	197155.31

기존방법과 개선방법을 통해 산출된 변동성의 비교 그래프는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 기존방식과 개선방식의 변동성 비교

## 2. 변동성 분포 검정

기존방법과 개선을 위한 방법을 통해서 변동성 측정에 이용된 두 변수 간의 분포의 동질성을 검증하기 위하여 비모수적 검정방법인 Kolmogorov-Smirnov with two sample 검증과 Mann-Whitney U-검정을 수행하였고, 기존방법이 개선방법에 의한 변동성 결과와 마찬가지로 안정적이면서 일정한 동일 균일분포를 따르는지를 검증하기 위하여 Kolmogorov-Smirnov with one sample 검정을 수행 하였다. 단일표본 검정방법을 사용할 때 가정한 누적분포함수(CDF)는 개선방법을 통해 도출된 확률변수를 균일분포로 가정하였다. 이와 같은 검정을 위해 Matlab2008a 버전을 활용하였으며 관련 내용은 <표 5>와 같다.

<표 5> 변동성 표본의 검정결과

검정방법	Hypothesis	P-value	Zval	ranksum	ksstat	cv
Kolmogorov-Smirnov test with two sample	0	0.7710	-	-	0.2000	-
Mann-Whitney U-test	0	0.5608	0.5816	432	-	-
Kolmogorov-Smirnov test with one sample	1	0.0019	-	-	0.4031	0.2941

### 3. 분석결과

변동성 추정방법 중 기존방법과 개선방법에 대한 검정결과 두 방법 모두 동일한 확률분포를 가진 모집단에서 추출된 샘플자료로 볼 수 있었으며, 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 통해 기존방법은 개선방법을 통해 도출된 변동성과 동일한 균일분포를 따른다는 가설을 기각하게 되어 결국 기존방법이 개선방법 보다 일정하고 안정적이지 못하다는 사실 또한 도출할 수 있었다.

## V. 결론

본 연구에서는 시장 및 원가구조 분석을 통해 기술기여이익을 추정하고 이익변동성 분석을 통해 옵션의 가치를 반영하여 최종적인 기술의 가치를 추정하는 옵션기반의 기술가치평가 모형의 변동성 분석 정교화 모형을 제안하였다. 이를 위해서 먼저 기존 방법을 개선하기 위해 옵션모형에 사용되는 일반적인 변동성 측정방법들을 검토하였고, 이를 통해 현재의 문제를 가장 적절하게 해결할 수 있는 이익변동성 개선모형인 로그현재가치수익법을 제안하였다.

이 방법은 로그현금흐름수익법의 단점인 영업이익액이 (-)흐름으로 도출될시 활용할 수 없는 문제를 극복할 수 있는 좋은 방법으로 몬테카를로시뮬레이션을 통해 보다 안정적이면서 불확실성을 다소 해소시킬 수 있는 변동성을 도출할 수 방법이었다. 이처럼 로그현재가치수익법은 기존의 변동성의 fluctuation을 최소화하고 미래현금흐름에 대한 직접적인 변동성을 산출하는 방법으로서, 대응치 개념의 영업이익율의 표준편차를 이용하던 방법에 의해 도출된 옵션의 가치를 평가대상기술과 직접적으로 관련될 수 있는 이익변동성 모형을 제공하여 정교화 시킴으로써 결과적으로 기술의 가치평가에 대한 신뢰성을 제고시킬 수 있었다.

본 연구가 옵션기반의 기술가치 평가방법에서 변동성에 대한 새로운 방법을 제안하는 측면에서 긍정적인 의미가 있지만, 여전히 보다 더 많은 가치평가 사례를 통해 제안된 변동성 측정이 최종적인 옵션가치에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구의 필요성이 존재한다.

## 참고문헌

- 김태식 (2007), Simulation Real Option and IFRS, 이레테크
- 장재영 (2007), “확률변동성 모형을 이용한 KOSPI200 지수 옵션의 가치 평가 및 헤징 성과 분석-Heston 모형을 중심으로”, 한국과학기술원 금융공학 석사논문
- 최진열 (2002), “상장기업의 기업가치와 기업가치수익률변동성에 관한 연구-Merton 모형을 중심으로 한국과학기술정보연구원, 기술가치평가시스템 (<http://www.itechvalue.org>)
- Black, Fischer and Myron Scholes, (1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, 81, 637-659
- Cox, J., and Ross, S., (1976), "The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes", *Journal of Financial Economics*, 3, pp.145-166
- Derman, E., and Kani, I. (1994), "Riding on the Smile", *Risk*, 7, pp.32-39
- Dumas, B., Fleming, J., and Whaley, R., (1998) "Implied Volatility Functions: Empirical Tests", *Journal of Finance*, 53, pp.2059-2106
- Heston, S., (1993), "A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options", *Review of Financial Studies*, 6, pp.327-343

- Hull, J., and White, A., (1987), "The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities", *Journal of Finance*, 42, pp.281-300
- Schoutens, W., Simons, E., and Tistaert, J., (2004), "A Perfect Calibration! Now What?", *Wilmott Magazine*, March, 66-78.
- Stein, E., and Stein, J., (1991), "Stock Price Distributions with Stochastic Volatility: An Analytical Approach", *Review of financial Studies*, 4, pp.727-752
- Rubinstein, M.(1985), (1978), "Non-parametric tests of alternative option pricing models using all reported trades and quotes on the 30 most active CBOE option classes from August 23, 1976 through August 31", *Journal of Finance*, 40, pp.455-480