

DEĞİŞKEN DÖVİZ KURLARI ORTAMINDA GLOBAL BİR ŞİRKETTEKİ ESNEKLİĞİN DEĞERİ VE OPTİMUM KULLANIMI

Mehmet Aktan
Atatürk Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum.

Özet: Döviz kurlarındaki değişimler, farklı ülkelerde operasyonları olan şirketlerin karları üzerinde önemli etkiye sahiptir. Hammaddenin sağlandığı, üretimin yapılacağı, ve ürünün satılacağı ülkelerin seçimindeki esneklik, bir reel opsiyonlar grubu olarak tanımlanabilir. Değişken döviz kurları ortamında, bu esnekliğin parasal bir değeri vardır. Bu çalışmada, farklı ülkelerde operasyonları olan bir şirket için, değişken döviz kurları ortamında belirlenmiş reel opsiyonlar arasında geçiş esnekliğinin değerinin hesaplanabilmesi, ve bu esnekliğin optimum bir şekilde kullanılabilmesi için stokastik bir model sunulmaktadır. Bu amaçla, bir Monte Carlo simülasyon yaklaşımı geliştirilmiştir. Sunulan modelde birden fazla opsiyon, bu opsiyonlar arasında geçiş maliyetleri, ve bu opsiyonlar için birden fazla uygulama noktası bulunmaktadır. Geliştirilen yaklaşımın uygulaması, global bir tedarik zinciri üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Risk Analizi ve Yönetimi, Stokastik Modeller, Simülasyon, Tedarik Zinciri Yönetimi

VALUATION AND OPTIMUM UTILIZATION OF FLEXIBILITY IN A GLOBAL FIRM UNDER CURRENCY EXCHANGE RATE VOLATILITY

Abstract: Currency exchange rate volatility has significant effects on profits of firms that have operations in different countries. Flexibility in selecting suppliers, plants, and market regions from different countries can be defined by a number of options. Such flexibility has a value under an environment of uncertain exchange rates. In this study, a stochastic model for a firm that has operations in different countries is developed for the valuation and the optimum utilization of the flexibility to switch between options which are generated by volatile currency exchange rates. A Monte Carlo simulation approach is developed to value the flexibility. The valuation model has multiple options, switching costs between these options, and multiple exercise points. An application of the approach is presented on a global supply chain network with exchange rate uncertainty.

Key words: Risk Analysis and Management, Stochastic Models, Simulation, Supply Chain Management

1. Giriş

Global pazarlarda artan rekabet, şirketlerin ayakta kalabilmeleri için esnek yapıda faaliyet göstererek değerlerini artırmalarını zorunlu kılmaktadır. Reel opsiyonlar, şirketlerin sahip oldukları esnekliği değerlendirmede kullanılacak en uygun yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, volatil döviz kurları ortamında, esnekliğini artırarak karını maksimize etmek isteyen bir global firma için reel opsiyon analizi sunulmaktadır.

Söz konusu global firma, ürettiği ürün için hammaddenin sağlandığı, üretimin yapılacağı, ve ürünün satılacağı ülkelerin seçimindeki operasyonel kararlarla esnekliğini arttırmaktadır. Belirli sayıdaki karar verme noktalarında daha önce seçilmiş olan ülkeler değiştirilebilmekte, böylece geçiş opsiyonları değerlendirilmektedir. Geçiş opsiyonları problemi kompleks duruma getirmektedir. Esnekliğin değeri ve optimum kararlar, volatil döviz kurları ortamında ve belirli bir zaman aralığı için reel opsiyonlar sayesinde belirlenmektedir. Belirlenen optimum stratejiler sonucunda tahmini kar maksimize edilmektedir.

Problem tanımı 2. bölümde verilmektedir. Bu tür kompleks yapıdaki geçiş opsiyonları için geliştirilen Monte Carlo simülasyon yöntemi, 3. bölümde sunulmaktadır. 4. bölümde ise sonuçlar verilmektedir.

2. Problem tanımı

Uygulanacak modelde değişik ülkelerden hammadde alabilen, bu ülkelerde kurulu olan fabrikalarda üretim yapabilen, ve bu ülkelere ürününü satan bir şirket gözönünde bulundurulacaktır. İncelenecek toplam zaman, eşit uzunlukta T adet periyoda bölünmüştür. Şirket, her periyotta N farklı üretim opsiyonundan birini seçmektedir. t periyodundaki O üretim opsiyonu, hammadde alınan, üretim yapılan,

ve ürünün satıldığı ülkelerin seçimine göre tanımlanmaktadır. Bir üretim opsiyonundan diğerine geçiş sonucu bir maliyet oluştuğu varsayılmış ve bu maliyetler bir matriste tanımlanmıştır.

Bu problemde, Huchzermeier (1991), ve Huchzermeier ve Cohen (1996)'da kullanılan opsiyon değerlendirme modeline benzer bir model kullanılacaktır. Şirket $t-1$ 'inci periyotta O_{t-1}^* opsiyonunu seçmişse, ve t periyodunda döviz kurları vektörü e_t ise, tahmini karı maksimize etmek için t periyodunda seçilebilecek opsiyonlar kümesinden bir opsiyon (O_t) seçmektedir. t periyodunda O_t opsiyonu seçilirse, bir periyot süresince elde edilecek kar $P_t(e_t, O_{t-1}^*, O_t)$ olsun. O_{t-1}^* opsiyonundan O_t opsiyonuna geçiş maliyetini $\delta(O_{t-1}^*, O_t)$ ile ifade edelim. Bu durumda, t periyodundan son periyot olan T periyoduna kadar elde edilecek tahmini maksimum toplam karı $V_t(e_t, O_{t-1}^*)$ ile gösterecek olursak, t ve T periyotlarındaki kar fonksiyonları aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$V_t(e_t, O_{t-1}^*) = \max_{O_t} P_t(e_t, O_{t-1}^*, O_t) - \delta(O_{t-1}^*, O_t) + E[V_{t+1}(e_{t+1}, O_t)],$$

$$V_T(e_{T-1}, O_{T-1}^*) = \max_{O_T} P_T(e_{T-1}, O_{T-1}^*, O_T) - \delta(O_{T-1}^*, O_T).$$

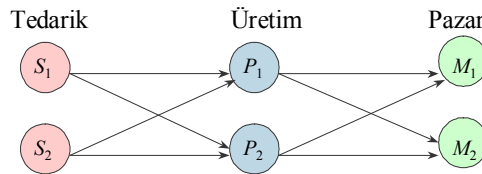
Karın kendi parasına göre hesaplanacağı merkez ülke ile i ülkesi arasındaki döviz kurunun aşağıdaki gibi geometrik Brownian hareketi yaptığı varsayılmaktadır:

$$\frac{de_{i,t}}{e_{i,t}} = \mu_i dt + \sigma_i dz_i.$$

Bu denklemde μ_i , i ülkesi için döviz kuru sapmasını (drift), σ_i , i ülkesi için döviz kuru volatilitisini, z ise standart Wiener prosesini temsil etmektedir.

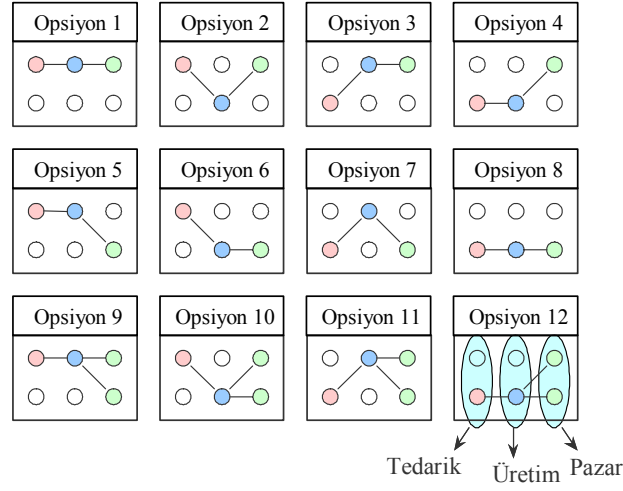
Huchzermeier (1991), ve Huchzermeier ve Cohen (1996), $n-1$ döviz kuru prosesini, n kollu ağaç kullanarak modellemiştir. Diğer ağaç modellerinde olduğu gibi, ağaçtaki hareketlerin büyüklüklerini u_i ve d_i olarak tanımlamışlardır. Bu modelde u_i , merkez ülkeye göre, bir periyotta i ülkesinin döviz kurundaki artış oranını, d_i ise bir periyotta i ülkesinin döviz kurundaki azalma oranını göstermektedir.

Şekil 1, bu çalışmada geliştirilen yöntemi uygulamak için kullanacağımız tedarik zinciri ağını göstermektedir. Şekilde, iki yabancı ülke hammadde alımı, üretim, ve satış için pazar durumundadır. Diğer bir deyişle, iki yabancı ülkenin herbirinde tedarikçi, üretici, ve pazar vardır. Sırasıyla, S_1 ve S_2 hammaddenin alındığı birinci ve ikinci yabancı ülkeyi, P_1 ve P_2 üretimin yapıldığı birinci ve ikinci yabancı ülkeyi, M_1 ve M_2 ise ürünün satıldığı birinci ve ikinci yabancı ülkeyi temsil etmektedir. Şekildeki oklar, hammaddenin ve üretilen ürünün hangi ülkeler arasında akabileceğini göstermektedir.



Şekil 1. Tedarik zinciri

Şekil 1'de verilen tedarik zinciri için belirlenmiş olan 12 adet üretim opsiyonu, Şekil 2'de verilmiştir. Opsiyonlardaki çizgiler, hangi ülkenin hammaddeyi sağladığını, bu hammaddeyle hangi ülkede üretim yapıldığını, ve üretilen ürünün hangi ülkelerde satıldığını belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle, opsiyonlar Şekil 1'de verilen bağlantıların, belirlenmiş olan kombinasyonlarını göstermektedir.



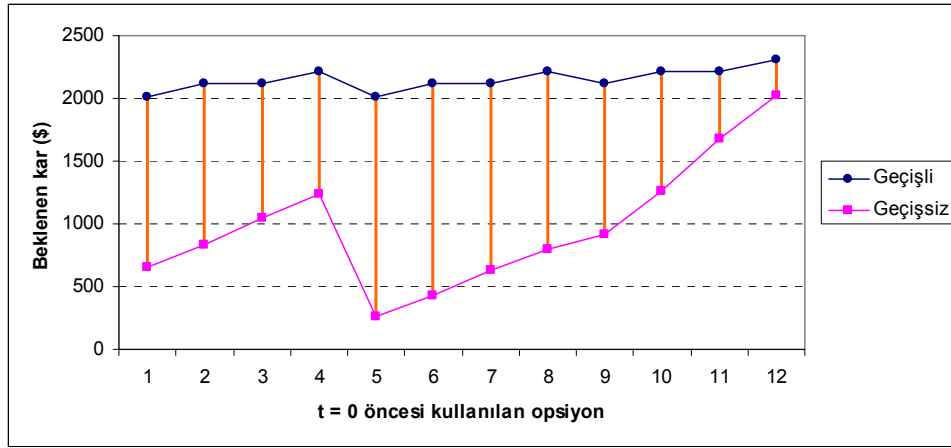
Şekil 2. Üretim opsiyonları

Modelde kullanılan parametreler sırasıyla, merkez ülke, birinci, ve ikinci yabancı ülkede risksiz faiz oranları $R=\%5$, $R_1=\%4$, ve $R_2=\%2$; birinci ve ikinci yabancı ülkeden gelen birim hammadde maliyeti $m_1=\$1.1$ ve $m_2=\$1$; birinci ve ikinci yabancı ülkede birim ürünün üretim maliyeti $c_1=\$1.05$ ve $c_2=\$1$; birinci ve ikinci yabancı ülkede birim ürünün satış fiyatı $r_1=\$2.3$ ve $r_2=\$2.2$; birinci ve ikinci yabancı ülkede bir periyotta ürüne oluşan talep $D_1=1100$ ve $D_2=1000$ birim ürün; birinci ve ikinci yabancı ülkede bir periyotta üretim kapasitesi $CAP_1=2500$ ve $CAP_2=2400$ birim ürün; birinci ve ikinci yabancı ülke para birimleri için volatiliteler $\sigma_1=0.2$ ve $\sigma_2=0.133$; birinci ve ikinci yabancı ülkenin para birimleri için korelasyon $\rho=0.3$ olarak kullanılmıştır. Bir opsiyondan başka bir opsiyona geçiş maliyetleri, Tablo 1'de merkez ülkenin para birimi cinsinden verilmiştir.

Tablo 1. Opsiyonlar arasında geçiş maliyetleri

	Geçiş yapılan opsiyon												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Önceki opsiyon	1	0	100	100	200	80	180	180	280	100	200	200	300
	2	110	0	210	100	190	80	290	180	210	100	310	200
	3	110	210	0	100	190	290	80	180	210	310	100	200
	4	220	110	110	0	300	190	190	80	320	210	210	100
	5	80	180	180	280	0	100	100	200	100	200	200	300
	6	190	80	290	180	110	0	210	100	210	100	310	200
	7	190	290	80	180	110	210	0	110	210	310	100	200
	8	300	190	190	80	220	110	110	0	320	210	210	100
	9	80	180	180	280	80	180	180	280	0	100	100	200
	10	190	80	290	180	190	80	290	180	110	0	210	100
	11	190	290	80	180	190	290	80	180	110	210	0	100
	12	300	190	190	80	300	190	190	80	220	110	110	0

Her bir periyot üç aylık bir süreyi kapsamak üzere, dört karar noktası için Huchzermeier ve Cohen'in geliştirdiği trinom ağacı yöntemiyle yukarıdaki parametrelerle yapılan dinamik programlama sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde altta kalan noktalar, opsiyonlar arası geçiş esnekliğinin olmadığı ortamda beklenen toplam karı, üstteki noktalar ise her karar noktasında opsiyonlar arası geçişin mümkün olduğu ortamda beklenen karı vermektedir. Yatay eksen, $t=0$ noktasının hemen öncesinde kullanılabilir her bir stratejiyi göstermektedir. Bu durumda, $t=0$ noktasının hemen öncesinde kullanılabilir 12 stratejiyle başlayan her bir problem için, üst ve alt noktalar arasındaki uzaklık (dikey çizginin uzunluğu), volatil döviz kurları ortamında opsiyonlar arası geçiş esnekliğinin değerini vermektedir.



Şekil 3. Trinom ağacı ile hesaplanan üretim opsiyonları arası geçiş esnekliği değerleri

3. Geliştirilen Monte Carlo simülasyonu yöntemi

Boyle (1977), Avrupa opsiyonlarının değerlendirilmesi için bir Monte Carlo simülasyon yöntemi geliştirmiştir. Broadie ve Glasserman (1997), Amerikan opsiyonlarının değerlerinin tahmin edilebilmesi için bir simülasyon yöntemi geliştirmişlerdir. Standart Monte Carlo simülasyonu ile yapılan Amerikan opsiyonu değerlendirilmesi, olması gerekenden yüksek sonuç verdiği için, Broadie ve Glasserman düşük değer verecek ikinci bir tahmin bularak, yüksek ve düşük tahminlerin ortalamasını almaktadırlar. Burada ele aldığımız problemde ise, bir Amerikan opsiyonundan daha kompleks opsiyonlar grubu vardır. 12 adet opsiyon arasında geçiş imkanı bulunmakta, ve her karar noktasında yeni bir problem başlamaktadır. Nembhard, Shi, ve Aktan (2002, 2003) opsiyonlar arasında geçişin maliyetinin olmadığı (sıfır maliyetli geçiş) durumlar için simülasyon yöntemleri sunmuşlardır. Burada verilen problemde ise, opsiyonlar arası geçişin maliyeti vardır (pozitif maliyetli geçiş), ve bu durum daha kompleks bir dinamik programlama yaklaşımıyla çözüm gerektirmektedir.

Bu çalışmada verilen kompleks problemi çözebilmek için, her düğümde beş kol bulunan bir simülasyon ağacında dinamik programlama kullanılarak, ilk etapta yüksek tahmin bulunmuştur. Düşük tahmini bulabilmek için şu yöntem kullanılmaktadır: beş kolün dördü kombinasyonları belirlenmekte, her bir dördü kombinasyondaki değerlere göre beklenen karı maksimize eden opsiyon seçilmekte, seçilen opsiyon kombinasyonunun dışındaki beşinci kola uygulanmaktadır. Bu işlem beş kombinasyona da uygulanmakta ve elde edilen beş kar miktarının ortalaması alınmaktadır. Bu ortalama, düşük tahmini vermektedir. Yüksek ve düşük tahminin aritmetik ortalaması ise Monte Carlo simülasyonunun her bir koşusu için beklenen karı vermektedir.

4. Sonuç

Geliştirilen Monte Carlo simülasyon yönteminin 1000 koşu için verdiği değerlerin, Huchzermeier ve Cohen'in (1996) trinom ağacı yöntemi sonuçları ile karşılaştırması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Geliştirilen Monte Carlo simülasyonunun ve trinom ağacının opsiyon hesabı sonuçları

t=0 öncesi strateji	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Düşük tahmin	2011.7	2112.8	2097.2	2208.9	2003.0	2107.6	2110.1	2204.2	2100.7	2208.9	2209.8	2299.1
Yüksek tahmin	2019.4	2128.4	2131.8	2238.1	2040.9	2121.4	2128.4	2223.5	2134.2	2231.6	2229.8	2326.5
Tahminlerin ortalaması	2015.5	2120.6	2114.5	2223.5	2021.9	2114.5	2119.2	2213.8	2117.5	2220.3	2219.8	2312.8
Trinom ağacı sonuçları	2015.3	2115.3	2115.3	2215.3	2015.3	2115.3	2115.3	2215.3	2115.3	2215.3	2215.3	2315.3
Fark (%)	0.01	0.25	0.04	0.37	0.33	0.04	0.19	0.06	0.10	0.22	0.20	0.11

Geliştirilen simülasyon yöntemi ile trinom ağacı yöntemi sonuçları arasındaki fark, her başlangıç stratejisi için %0.4'ün altında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, geliştirilen Monte Carlo simülasyon yönteminin, verilen problem için ağaç yöntemine çok yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ağaç yöntemleriyle yapılan opsiyon değerlemelerinin analitik çözümlere yakın sonuçlar verdiği ise, Amin ve

Khanna (1994), Boyle (1988), Boyle, Evnine, ve Gibbs (1989), Kamrad ve Ritchken (1991), ve Nembhard, Shi, ve Aktan (2002, 2003)'in çalışmalarında gösterilmiştir.

Ağaç yöntemlerinin uygulamasında en önemli zorluk, problemde bulunan değişken sayısının yüksek olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu durumu, burada verilen problemde örneklediğimizde, modeldeki ülke sayısı yüksek olduğu zaman ağaç yöntemlerindeki kol sayısı çok yüksek olmakta, fakat bu çalışmada geliştirilen simülasyon yönteminde kol sayısı sabit kalmaktadır. Diğer bir ifadeyle, problemdeki ülke sayısı ne olursa olsun, simülasyon ağacındaki kol sayısı değişmemektedir. Bu yüzden, geliştirilen simülasyon yöntemi, çok değişkenli problemlerde uygulaması en kolay olan yöntemdir.

Kaynaklar

Amin, K. I. ve Khanna, A., Convergence of American Option Values from Discrete to Continuous-Time Financial Models, *Mathematical Finance*, 4, 289-304, 1994.

Boyle, P. P., Options: A Monte Carlo Approach, *Journal of Financial Economics*, 4, 323-338, 1977.

Boyle, P. P., A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 23(1), 1-12, 1988.

Boyle, P. P., Evnine, J., ve Gibbs, S., Numerical Evaluation of Multivariate Contingent Claims, *The Review of Financial Studies*, 2(2), 241-250, 1989.

Broadie, M. ve Glasserman, P., Pricing American-style Securities Using Simulation, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 21, 1323-1352, 1997.

Huchzermeier, A., Global Manufacturing Strategy Planning under Exchange Rate Uncertainty, Decision Sciences Department, The Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, *Doktora Tezi*, 153 sayfa, 1991.

Huchzermeier, A. ve Cohen, M. A., Valuing Operational Flexibility under Exchange Rate Risk, *Operations Research*, 44(1), 100-113, 1996.

Kamrad, B. ve Ritchken, P., Multinomial Approximating Models for Options with k State Variables, *Management Science*, 37(12), 1640-1653, 1991.

Nembhard, H. B., Shi, L., ve Aktan, M., A Real Options Design for Quality Control Charts, *The Engineering Economist*, 47(1), 28-59, 2002.

Nembhard, H. B., Shi, L., ve Aktan, M., A Real Options Design for Product Outsourcing, *The Engineering Economist*, 48(3), 199-217, 2003.