

YATIRIM PROJELERİ ANALİZİNDE BLACK-SCHOLES OPSİYON FİYATLAMA MODELİNİN KULLANIMI

Yrd. Doç. Dr. Erkan Uysal

Ankara Üniversitesi
Siyasal Bilgiler Fakültesi

• • •

Özet

Bu çalışmada, finansal opsiyon fiyatlama modellerinin yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanımı incelenmektedir. Özellikle, belirsizlik ve riskin yüksek olduğu projelerde, geleneksel indirgenmiş nakit akımı (İNA) yaklaşımı zayıf sonuçlar vermektedir. Böyle yatırımlarda belirsizliği dikkate alan reel opsiyon yaklaşımı etkin biçimde kullanılabilir. Bir finansal opsiyon ile bir yatırım projesi arasındaki benzerlikler incelenerek, bir alım opsiyonu olarak ifade edilen yatırım projesinin ekonomik değeri Black-Scholes opsiyon fiyatlama modeli çerçevesinde hesaplanmıştır. Son olarak, hesaplanan proje değerinin iskonto oranı ve risklilikteki değişimlerden ne yönde ve ne ölçüde etkileneceği duyarlılık analizi yardımı ile incelenmiştir.

Using Black-Scholes Option Pricing Model in Investment Project Appraisal

Abstract

In this paper, I studied the application of the financial option pricing model in project appraisal. The traditional discounted cash flow (DCF) technique underestimates the value of a project that has high uncertainty and risk. As an alternative, the real option value approach can be used to enhance the results of the traditional DCF technique. By examining the similarities between an investment project and a financial option, an investment project can be defined as a call option. Furthermore, the Black-Scholes option pricing model can be used in valuing the investment project that is defined as a call option. Finally, the possible effects of changes in discount rate and risk level on project value are analyzed by applying sensitivity analysis.

Yatırım Projeleri Analizinde Black-Scholes Opsiyon Fiyatlama Modelinin Kullanımı

I. Giriş

Firmalar yatırım kararlarını değerlendirirken pekçok faktörü dikkate alır. Yatırım kararlarının amacı, firmanın piyasa değerini artırmak ve değişen koşullara uyum sağlamaktır. Hatta, sabit sermaye yatırımlarının işletmelerin varlıklarını devam ettirebilmelerinin temel nedeni olduğu söylenebilir (SARIASLAN, 1997: 24). Firmalar yatırımlar sözkonusu olduğunda çeşitli seçeneklerle karşı karşıya kalırlar. Bu seçenekler, birden fazla yatırım alternatifi olduğunda, bu alternatifler arasında kıt kaynakları en optimal biçimde dağıtmak için yatırımlardan hangisinin veya hangilerinin seçileceğine ilişkin olabileceği gibi, tek bir yatırım projesi sözkonusu olduğunda da, bu projenin hayata geçirilip geçirilmeyeceğine ilişkin olabilir. Yatırımı gerçekleştirip gerçekleştirilmeme tamamı ile firmanın insiyatifine bağlıdır. Bu insiyatif nedeni ile yatırım fırsatları birer opsiyon olarak değerlendirilebilir. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde opsiyon yaklaşımı, özellikle belirsizlik ve riskin yüksek olduğu ortamlarda, diğer geleneksel proje değerlendirme yaklaşımlarına göre daha doğru sonuçlar vermektedir.

Reel opsiyonların en çok karşılaşıldığı projeler ARGE projeleridir. Firmalar ARGE projeleri için büyük miktarda fonlar ayırdıkları için, bu fonların en doğru biçimde değerlendirilmesi firmalar için büyük önem taşır. Bir araştırma ve geliştirme projesi başladığında, projeye ilişkin nakit akımlarını belirlemek oldukça zordur. Çünkü, proje yöneticileri hem araştırma sonuçlarına ilişkin teknik belirsizlikle, hem de sonuçta elde edilecek ürünün talebine ilişkin piyasa belirsizliği ile karşı karşıyadır. Ancak, ARGE projelerindeki belirsizlik zaman ile azalır. Çünkü, proje ilerledikçe yeni bilgiler elde edilir ve alınan kararlar bu yeni bilgiler ışığında yeniden gözden geçirilerek gerekli düzeltmeler yapılır.

ARGE projeleri aşamalı projelerdir ve farklı aşamalarda farklı riskler (belirsizlikler) barındırır. Bunun yanında, bu projeler yüksek belirsizlik içerir ve

yatırılan kaynakların getirisi çok ileri dönemlerde ortaya çıkar. Bu projelerin yüksek belirsizlik içermesi ekonomik değerlendirmenin zorlaşmasına neden olmaktadır. İlk olarak Myers, ARGE projelerinin ekonomik değerinin gelecekteki fırsatlardan dolayı bir opsiyon değeri barındırdıklarını ve bu tür opsiyon barındıran projelerin değerlendirilmesinde geleneksel İNA yöntemlerinden daha farklı yöntemlerin kullanımına ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır (MYERS, 1984: 128). Kester, ARGE projelerini birbirleri ile karşılaştırmış ve bunların değer yaratan yeni yatırım fırsatlarını gerçekleştirmeyi sağlayan opsiyonlara sahip olduklarını ortaya koymuştur (KESTER, 1984: 159). Morris, Teisberg ve Kolbe, aynı NBD'e sahip ancak farklı belirsizlik ve risk seviyelerindeki ARGE projelerini analiz etmişler geleneksel yaklaşımlar ile reel opsiyon yaklaşımının farklı sonuçlar verdiğini göstermişlerdir (MORRIS vd, 1991 aktaran HEMANTHA/CHAN, 1999: 1).

Reel opsiyon literatüründeki son gelişmeler, finansal opsiyonları fiyatlama teorisinin reel opsiyonları değerlendirmede de kullanılabileceğini göstermiştir (KROLL, 1998: 22). Özellikle, yatırım projesi hisse senedi sahiplerinin varlığının maksimizasyonu çerçevesinde NBD hesaplamaları ile değerlendirildiğinde ve bilgi elde edilebilirliğinde ex-ante ve ex-post farklılıklar olması durumunda reel opsiyonların kullanımının standart NBD yöntemini zenginleştirdiği görülmüştür. Ex-ante ve ex-post bilgi elde edilebilirliği arasında fark olması, yatırım projesi verilerine ilişkin açık bir belirsizliği ifade eder. Bu durumda, geçen süre belirsizliğin çözümüne önemli bir katkı yapabilir. Bugün yapılan bir yatırım (ARGE yatırımları, yeni bir pazarlama programı veya sermaye harcamaları) ileri dönemlerde yeni ürün veya yeni pazar fırsatlarını yaratabilir (BRIGHAM/GAPENSKI, 1994: 442). Bu tür yatırımları değerlendirirken geleneksel indirgenmiş nakit akımı analizleri, belirsizliği ele almadaki yetersizliklerinden dolayı yanlış sonuçlara neden olabilir (DIXIT/PINDYCK, 1994: 26). Bu nedenle, reel opsiyon yaklaşımı proje değerlendirmede son yıllarda artan oranda kullanılmaktadır.

II. Bir Reel Opsiyon Olarak Yatırım Projesi

Öncelikle, opsiyon kavramını biraz açalım. Opsiyonlar, sahiplerine önceden belirlenmiş bir fiyat üzerinden birşeyleri alma veya satma hakkını (zorunluluğunu değil) veren hukuki sözleşmelerdir (FRANCIS, 1991: 675). Opsiyonlar Avrupa tipi opsiyon ve Amerikan tipi opsiyon olmak üzere ikiye ayrılır. Avrupa tipi opsiyonlar sadece vadesi geldiği zaman işleme konulabilir. Oysaki, Amerikan tipi opsiyonlar vadesine kadar herhangi bir zamanda işleme konulabilir (LEVI, 1996: 85).

Yatırım projeleri firmalar için zorunluluk gerektirmeyen, yapılıp yapılmayacağı firmanın insiyatifinde olan projelerdir. Yatırım projesinde, alım

opsiyonunda olduğu gibi firma, bir zorunluluk olmadan bir aktifi elde etme hakkına sahiptir. Burada yatırımdan elde edilecek aktifler, ileri dönemlerdeki nakit girişleridir. Bu aktifi elde etmek için bir bedel ödemek gerekir. Bu bedel yatırımın gerektirdiği nakit çıkışlarıdır. Benzer biçimde, bir alım opsiyonunda opsiyonun sağladığı fırsatı değerlendirebilmek için işlem fiyatı kadar bir ödeme yaparak, bunun karşılığında daha fazla bir nakit girişi elde edebiliriz. Bir opsiyonun değeri, bu opsiyonun sağlayacağı fırsatların ekonomik değeri ile orantılıdır. Eğer, opsiyon out-of-money durumunda ise, yani işlem fiyatı piyasa fiyatından yüksek ise, herhangi bir fırsat sözkonusu değildir. Çünkü, opsiyonun işleme konulması zarar ile sonuçlanacaktır. Opsiyon in-the-money durumunda ise, yani işlem fiyatı piyasa fiyatından daha düşük ise önümüzde bir fırsat vardır. İşlem fiyatı kadar bir bedel ödeyerek elde edilen aktifi, bundan daha büyük miktarda bir karşılıkla piyasada satarak ek nakit girişi sağlayabiliriz. Bir opsiyon ile bir yatırım projesinin bu benzerliklerini Tablo-1'deki gibi ortak değişkenler aracılığı ile gösterebiliriz (LUEHRMAN, 1998: 52).

Tablo-1 Yatırım Projesi ve Hisse Senedi Opsiyonunun Karşılaştırılması

Yatırım fırsatı	Değişken	Alım opsiyonu
Projeden elde edilecek (nakit akımlarının) aktiflerin bugünkü değeri	P	Hisse senedi fiyatı
Proje aktiflerini elde etmek için gereken harcama	X	İşlem fiyatı
Yatırım kararlarının ertelenebileceği zaman dilimi	t	Opsiyonun işlem tarihine kalan zaman
Paranın zaman değeri	R_f	Risksiz getiri oranı
Proje aktiflerinin riskliliği	σ^2	Hisse senedi getirilerinin varyansı

Bir opsiyonun fiyatı, hisse senedinin bugünkü fiyatına, vade tarihinde opsiyonun işlem fiyatına, vadeye kadar olan süreye, risksiz getiri oranına ve hisse senedi değerindeki dalgalanmaya bağlıdır. Diğer yandan, bir yatırım projesinin değeri, projeden elde edilecek aktiflerin (nakit girişlerinin) bugünkü değerine, bu aktifleri elde etmek için gereken harcama tutarına, bu harcama tutarının ödenmesinin ertelenebileceği süreye, paranın zaman değerine ve projeden elde edilecek aktiflerin riskliliğine bağlıdır.

Yatırım projesinin başlangıç yatırımı, ileride elde edilecek nakit girişleri karşılığında ödenen bedeldir. İleride elde edilecek nakit akımları bir fırsatı temsil eder ve bu fırsatı elde etmek için harcanması gerekli tutar bir alım opsiyonunun işlem fiyatına (X) karşılık gelir. Benzer biçimde, projeden elde edilecek aktiflerin bugünkü değeri, hisse senedinin piyasa fiyatına eşittir. Firmanın, önündeki fırsatı kaybetmeden yatırımı erteleyebileceği zaman süresi opsiyonun vadesine(t), projenin gelecekteki nakit akımlarına ilişkin belirsizlik (projenin riskliliği) hisse senedi getirilerinin standart sapmasına (σ) ve son olarak, paranın zaman değeri her ikisinde de risksiz getiri oranına (R_f) karşılık gelmektedir.

Geleneksel İNA yaklaşımı, yatırım fırsatını bu yatırıma ilişkin nakit akımlarının net bugünkü değerini hesaplayarak değerlendirir. NBD yöntemine göre, projenin değeri ileri dönemlerde elde edilecek olan faaliyet aktiflerinin bugünkü değeri ile bu aktifleri elde etmek için harcadığımız miktarın bugünkü değeri arasındaki farka eşittir. Yani;

NBD = aktiflerin bugünkü değeri- gerekli sermaye harcamasının bugünkü değeri

NBD pozitif ise, elde edilecek aktiflerin değeri, bu aktifleri elde etmek için ödenen bedelden daha fazladır ve bu yatırımın yapılması firma değerini yükseltecektir. NBD negatif ise, yani, elde edilen aktifler ödenen bedelden daha az ise, firma bu yatırımı yapmayacaktır. Çünkü, NBD'si negatif olan bir projenin gerçekleştirilmesi firma değerini düşürecektir. İleri dönemlerdeki aktifleri elde etmek için ödenecek bedelin ertelenmesi sözkonusu değil ise, yani $t=0$ ise, projenin NBD'si ve opsiyon değeri birbirine eşittir. Çünkü, opsiyonun fiyatı ve dolayısı ile sağlayacağı fayda bellidir. Opsiyonun vadesi geldiğinde, opsiyonun değeri hisse senedinin o andaki fiyatı (P) ile işlem fiyatı (X) arasındaki farka eşittir. Eğer, bu fark negatif ise ($P-X < 0$), yani elde edilecek aktiflerin değeri ödenecek bedelden düşük ise, opsiyon işleme konulmayacaktır ve opsiyonun değeri sıfır (0) olacaktır. Yani, opsiyonun fiyatı, $P-X$ veya 0'dan hangisi büyükse o olacaktır. Benzer şekilde, projenin net bugünkü değeri de $P-X$ olacaktır. Projeden elde edilecek aktiflerin bugünkü değeri, bu aktifleri elde etmek için harcanacak miktarın bugünkü değerinden daha küçük ise NBD negatif ($P-X < 0$) olacaktır. Bu durumda yatırım fırsatının değeri sıfırdır ve projeye yatırım yapılmayacak, yani opsiyon işleme konulmayacaktır. Her iki yaklaşım da aynı sonuca ulaşır.

Ancak, yatırım kararı fırsatı elden kaçırmadan bir süre ertelenebiliyor ise, NBD ve reel opsiyon yaklaşımları farklı sonuçlara ulaşacaktır. Bunun başlıca iki nedeni vardır. Birincisi, ceteris paribus, her zaman için harcamaları geciktirmek daha avantajlıdır. Çünkü, harcanacak miktar üzerinden paranın zaman değerine göre bir miktar getiri elde edebiliriz. İkincisi, bu bekleme süresinde içinde bulunulan şartlarda değişimler olabilir. Şartların değişmesi sonucu elde

edilecek aktiflerin bugünkü değerleri de değişebilir. Eğer bu aktiflerin değeri artarsa, bizim açımızdan kaybedilen birşey yoktur, yatırımı yapabiliriz. Aksi durumda, yani şartlar aleyhte gelişip te, elde diledik aktiflerin değeri düşerse, kararımızı gözden geçirerek yatırım projesini tekrar inceleyebiliriz. Bekleyerek kötüye dönüşecek bir durumdan kurtulmuş oluruz ve bekleme sayesinde iyi sonuçlardan faydalanma ve kötü sonuçlardan da kaçınma avantajını elde ederiz. Bunlardan dolayı, beklemenin ekonomik bir değeri vardır. Geleneksel NBD yaklaşımı bu bekleme değerini gözardı etmektedir. Bu yaklaşıma göre, bir projenin gerçek değeri geleneksel NBD ile opsiyon değerinin toplamına eşittir (BRIGHAM, 1994: 443).

Gerçek NBD = Geleneksel NBD + Opsiyonun değeri

Burada, geleneksel NBD nakit akımlarını iskonto oranı üzerinden indirgeyerek kolayca bulunabilir. Ancak opsiyonun değerini hesaplamak biraz daha karışıktır.

III. Black-Scholes Opsiyon Fiyatlama Modeli

Opsiyon değerini hesaplamak için geliştirilen yöntemlerden en tanınmış Fisher Black ve Myron Scholes tarafından, hisse senedinin sürekli getiri oranlarının normal dağılıma sahip olduğu varsayımına dayalı olarak matematiksel formüllerden türetilen modeldir (FRANCIS, 1991: 690). Bu modelin temel eşitlikleri ve değişkenleri aşağıdaki gibidir.

$$V_0 = P N(d_1) - \frac{X}{e^{rft}} N(d_2)$$

Bu formüldeki d_1 ve d_2 aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_1 = \frac{\ln(P/X) + (R_f + \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

ve

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

Burada;

V = opsiyonun bugünkü değerini,

P = hisse senedinin bugünkü değerini,

X = opsiyonun işlem fiyatını,

$e = 2.71828$ (doğal logaritma)

t = opsiyonun vadesine kadar süreyi,

R_f = sürekli bileşik risksiz getiri oranını,

σ = hisse senedi sürekli bileşik yıllık getirilerinin standart sapmasını,

$\ln(P/X)$ = (P/X) 'in doğal logaritmasını,

$N(d)$ = standart normal bir dağılımda $(0,1)$ d'den daha az bir sapmanın olma olasılığını temsil etmektedir.

Hisse senedi getirilerinin normal dağılıma sahip olduğu varsayımına dayanarak türetilen bu formüller kullanılarak, risk altında bir opsiyonun değeri hesaplanabilir. Şimdi, reel opsiyon yaklaşımını bir yatırım projesine uyarlayarak yatırım projesinin değerini bulalım.

IV. Opsiyon Fiyatlama Modelinin Yatırım Projesine Uygulanması

Uygulama örneği için büyüme opsiyonu barındıran bir projeyi (örneğin bir ARGE projesi) ele alalım. Bu tür projelerde genellikle belli bir başlangıç yatırımı vardır. Daha sonraki bir dönemde de büyüme amacı ile yapılacak olan büyük bir nakit çıkışı daha (sermaye harcaması) görülür. Tablo-2'de bir yatırım projesine ait nakit akımları verilmiştir. Projenin ömrü 10 yıl olup, nakit akımlarının indirgenmesinde riske göre düzeltilmiş olan %15'lik bir iskonto oranı kullanılmaktadır.

Tablo-2 Projenin Nakit Akımları Genel Durumu

İskonto Oranı	% 15										
Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net Nakit Akımı		50	61	76	90	108	410	475	580	650	840
Hurda Değeri											1250
Yatırım Tutarı	-370					-2250					
İskonto Faktörü	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
Bugünkü Değer	-370	43,5	46,1	50,0	51,5	-1065,0	177,3	178,6	189,6	184,8	516,6

Örneğimizde, başlangıçta 370 birim nakit çıkışı (ilk yatırım) gerekmektedir. Yapılan bu yatırım karşılığında 10 yıl boyunca nakit girişi sağlanacaktır. Bu nakit girişlerine ek olarak 5. yılda firmanın önünde bir fırsat vardır. Bu fırsat, ek bir yatırım ile projenin nakit girişlerini artırmaktır. Ancak bu fırsatı değerlendirip değerlendirmemek firmanın insiyatifindedir. Yapılması planlanan bu ek yatırım sonucunda, başlangıç yatırımından sağlanan nakit

girişlerine ek olarak yeni nakit girişleri elde edilecektir. Yani, projeyi iki aşamalı bir proje gibi düşünebiliriz. İlk aşama başlangıçta yatırılan tutar karşılığı elde edilen nakit akımları, ikinci aşama da 5. yıl yapılan ek yatırım sonucunda elde edilen ek nakit akımlarından oluşacaktır. Yatırımın ekonomik ömrü sonunda 1250 birimlik bir hurda veya tasfiye değeri vardır. Burada, yatırım projesinin ikinci aşamasını, belli bir aktifi (ileride sağlanacak nakit girişlerinin bugünkü değeri) elde etmek için işleme koyacağımız bir alım opsiyonu gibi düşünebiliriz. Çünkü ikinci aşama firmanın önündeki bir fırsattır ve bunu değerlendirmek tamamen keyfiyete bağlıdır. Bu durumda projenin değerlendirmesini ikiye ayırmak gerekir.

$$\text{NBD (toplam proje)} = \text{NBD (birinci aşama)} + \text{alım opsiyonu değeri (ikinci aşama)}$$

Birinci aşama başlangıç yatırımını ve buna ilişkin nakit akımlarını, ikinci aşama ise büyüme fırsatını ifade etmektedir. Bu fırsatı değerlendirmek zorunlu değildir ve değerlendirme kararı şartlara göre verilecektir. Projenin değerini doğru olarak saptayabilmek için ikinci aşamayı iyi analiz etmek gereklidir. Opsiyon açısından, sözkonusu aktifin değeri (P), opsiyonun işleme konulması halinde elde edilecek olan aktiflerin bugünkü değeridir. Opsiyonun işlem fiyatı (X) ikinci aşamadaki aktifleri elde edebilmek için gerekli harcama tutarına (yatırım miktarı) eşittir. İNA tablosuna göre opsiyonun vadesi 5 yıldır. Risksiz faiz oranı %7 ve nakit akımlarını indirgemedeki kullanılan riske göre düzeltilmiş iskonto oranı %15'tir. Ayrıca, aktiflerin getirilerinin standart sapmasının da %40 olduğunu varsayalım. Burada sadece projenin riskliliği varsayımına dayalı olarak alınmıştır. Bir projeye ilişkin riskin analizi ve ölçümü, projenin ekonomik ömrünü kapsayan belirsizliklere ilişkin bilgiler gerektirdiği için oldukça güç bir iştir (SARIASLAN, 1997, 230). Bu nedenle, bu aşamada bu değişkeni varsayımına dayalı olarak ele alacağız.

Yapılması gereken ilk iş, projenin birinci ve ikinci aşamalarına ait nakit akımlarını ayrı ayrı belirlemektir. Çünkü, bu sayede ikinci aşamanın marjinal etkilerini analiz edebiliriz. Bu ayrımı yapmak zor bir iş değildir. Yatırım projesi hazırlanırken her nakit akımının kaynağı ve miktarı detaylı olarak bellidir.

Tablo-3'te ve Tablo-4'te yatırım projesinin aşamalarına göre detaylandırılmış nakit akımları verilmiştir. Bu tablolardaki rakamlar toplandığında projenin genel nakit akımlarının verildiği Tablo-2'deki rakamlar elde edilecektir.

Tablo-3 Projenin 1. Aşamasına İlişkin Nakit Akımları

1. Aşama

İskonto Oranı % 15

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net Nakit Akımı		50	61	76	90	108	125	160	185	210	240
Hurda Değeri											275
Yatırım Tutarı	-370										
İskonto Faktörü	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
Bugünkü Değer	-370	43,48	46,12	49,97	51,46	53,70	54,04	60,15	60,48	59,70	127,3

Tablo-3'te, başlangıçta yapılan 370 birimlik yatırım karşılığı 10 yıl boyunca elde edilecek nakit akımları ve yatırımın hurda veya tasfiye değeri verilmiştir. Bu nakit akımları %15'lik riske göre düzeltilmiş iskonto oranından indirildiğinde projenin 1. aşamasının NBD'si 236.4 birim olarak bulunur. Yani, 5. yıldaki ek yatırım yapılmadan da İNA yaklaşımına göre proje kabul edilebilir bir projedir.

Tablo-4 Projenin 2. Aşamasına İlişkin Nakit Akımları

2. Aşama

İskonto Oranı % 15

Yıllar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Net Nakit Akımı							285	315	395	440	600
Hurda Değeri											975
Yatırım Tutarı						-2250					
İskonto Faktörü	1,00	0,87	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25
Bugünkü Değer						-1118,6	123,2	118,4	129,1	125,1	389,3

Tablo-4'teki verileri kullanarak, İNA yaklaşımına göre projenin ikinci aşamasının NBD'sini hesaplayabiliriz. 1. aşamada olduğu gibi riske göre düzeltilmiş %15'lik iskonto oranını kullanarak nakit akımlarını indirmediğimizde projenin 2. aşamasının NBD'sini -233.5 birim olarak buluruz. Projenin 2. aşamasının NBD'si negatiftir ve bu aşamayı gerçekleştirmek firma değerini olumsuz yönde etkileyecektir.

İNA yaklaşımını kullanarak benzer biçimde Tablo-2'de verilen değerleri %15'lik iskonto oranını kullanarak indirmediğimizde projenin NBD'sini 2.9 birim olarak buluruz. Bu rakam aynı zamanda 1. ve 2. aşamada bulduğumuz değerlerin toplamına eşittir. (236.4 birim + -233.5 = 2.9 birim)

Opsiyon yaklaşımına göre projenin toplam NBD'si en az 236.4 birim

olmalıdır. Çünkü, opsiyonel bir fırsat olan ikinci aşamanın toplam proje değerine katkısı ya sıfır ya da pozitif bir değer olmalıdır. Bizim nakit akım tablomuzaya göre, ikinci aşamanın NBD'si -233.5 birimdir. Aslında burada, 5. yılın başındaki opsiyonel yatırımı indirgemedeki kullanılan iskonto oranından dolayı bir hata vardır. Bu hata, 5. yıldaki yatırım tutarının da projenin nakit akımlarına uygulanan %15 üzerinden iskonto edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu oran başlangıç yatırım tutarını indirgemedeki kullanmak için çok yüksektir. Çünkü, yatırım tutarını geçen süre içinde değerlendirebileceğimiz oran projenin iskonto oranından daha düşük olmalıdır. Aksi takdirde, eğer elimizdeki paraya projenin sağladığı getiri oranı kadar getiri sağlayabiliyor isek, o takdirde elimizdeki kaynakları yatırım yapmak için kullanmaya hiç gerek yoktur . Bu nedenle, bu miktarı risksiz getiri oranı üzerinden iskonto etmek daha doğru olacaktır. Yatırım tutarının olması gerekenden yüksek bir oranla indirgenmesi projenin NBD'sini olumlu biçimde etkileyecektir. Eğer, 5. yılın başındaki yatırım tutarını risksiz getiri oranı (%7) üzerinden indirgersek (diğer nakit akımları %15 üzerinden indirgenecektir), projenin ikinci aşamasının NBD'si -719.1 birim olacaktır. Bu durumda, projenin genel NBD'si de daha da düşecek ve -482.7 birim olacaktır.

Yukarıda İNA yaklaşımına göre yapılan hesaplamalar 2. aşamanın reddedilmesi gerektiğini göstermektedir. Şimdi Tablo-1'de gösterilen ilişkiler çerçevesinde projenin ikinci aşamasını reel opsiyon yaklaşımına göre değerlendirelim. Opsiyon değerini hesaplayabilmek için değişkenlerin değerlerini saptamamız gerekmektedir. Bu durumda, P opsiyonun işleme konulması sonucu elde edilecek aktiflerin, yani nakit akımlarının net bugünkü değerine eşit olacaktır. 5. yıldan sonraki nakit akımlarının bugünkü değerleri toplamı 885.2 birim, opsiyonun işlem fiyatı olan yatırım tutarı 2250 birim, vadeye kadar olan süre 5 yıl ve risksiz getiri oranı %7'dir. Proje aktiflerinin riskliliğinin %40 olduğunu varsayalım. Bu değişkenlerin değerlerini belirledikten sonra opsiyonun değerini hesaplayabiliriz.

$$d_1 = \frac{\ln(P/X) + (R_f + \sigma^2/2) t}{\sigma \sqrt{t}}$$

$$d_1 = \frac{\ln(885.2 / 2250) + (0.07 + 0.16 / 2) 5}{0.40 \sqrt{5}}$$

$$d_1 = -0.20452$$

ve,

$$d_2 = d_1 - \sqrt{t}$$

$$d_2 = -0.20452 - 0.40 (2.2361)$$

$$d_2 = -1.09895$$

olarak bulunur. Daha sonra opsiyonun değerini de,

$$V_0 = P N(d_1) - \frac{X}{e^{rt}} N(d_2)$$

$$V_0 = 885.2 N(-0.20452) - \frac{2250}{e^{(0.07)(5)}} N(-1.09895)$$

$$V_0 = 155.39 \text{ birim}$$

olarak buluruz. Reel opsiyon yaklaşımına göre projenin ikinci aşamasının değeri İNA yaklaşımının aksine pozitif olmaktadır. Buna göre projenin toplam değeri:

$$\text{NBD (toplam proje)} = \text{NBD (birinci aşama)} + \text{alım opsiyonu değeri (ikinci aşama)}$$

$$\text{NBD (toplam proje)} = 236.4 \text{ birim} + 155.4 \text{ birim}$$

$$\text{NBD (toplam proje)} = 391.8 \text{ birim}$$

olarak bulunur. Görüldüğü gibi indirgenmiş nakit akımları yaklaşımı belirsizliğin yüksek olduğu bir projenin değerini olduğundan daha düşük göstermektedir. Belirsizliğin yüksek olduğu riskli projelerde, yatırımın yapılması insiyatife bağlı ise, reel opsiyon yaklaşımı daha iyi sonuçlar vermektedir.

Yapılan analizlerin güçlendirilmesi için duyarlılık analizi yapılabilir. Duyarlılık analizi bir projenin değerini belirleyen değişken ve parametrelerin proje değerlendirmesi üzerindeki etkilerini inceler. Bu analiz yapılırken her değişken tek başına ele alınır ve diğer değişkenler sabit tutularak (ceteris paribus) sadece bir değişkenin proje değeri üzerindeki etkisini araştırılır (SARIASLAN, 1997: 230).

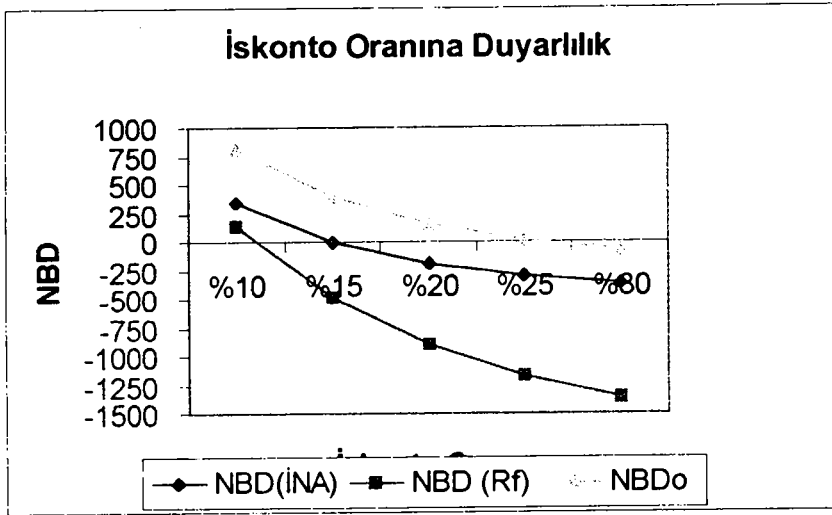
V. Duyarlılık Analizi

Örnek projede duyarlılık analizi iskonto oranı ve proje aktiflerinin riskliliğine göre yapılabilir. Bu sayede, iskonto oranındaki ve risk seviyesindeki değişmelerin opsiyon değerini ve dolayısı ile proje değerini ne ölçüde ve ne yönde etkilediği saptanabilir. Tablo-5'te iskonto oranına göre opsiyon yaklaşımı altında (NBD₀) ve İNA yaklaşımı altında (NBD_{İNA}) göre projenin değerleri verilmiştir. İNA yaklaşımına göre, 5. yıldaki yatırım tutarının hem risksiz getiri oranı üzerinden indirgenmesine göre (NBD_{Rf}) hem de %15'lik riske göre düzeltilmiş iskonto oranından indirgenmesine göre (NBD_{İNA}) değerler gösterilmiştir.

Tablo- 5 İskonto Oranına Göre Duyarlılık Analizi

İskonto Oranı	% 10	% 15	% 20	% 25	% 30
NBD_{INA}	341,63	2,9	-191,13	-301,02	-361,60
NBD_{RF}	134,49	-482,68	-891,12	-1167,96	-1359,83
NBD_0	805,22	391,78	159,80	23,98	-60,94

Grafik- 1



Tablo-5 ve Grafik-1'den de görüldüğü gibi opsiyon yaklaşımı altında projenin değeri iskonto oranındaki değişimlerden daha az etkilenmektedir. Ayrıca, projenin reddedilmesi de ancak iskonto oranı %25'i geçtiği zaman sözkonusudur. Oysaki, İNA yaklaşımı altında iskonto oranı %10-15 civarında iken proje reddedilmektedir.

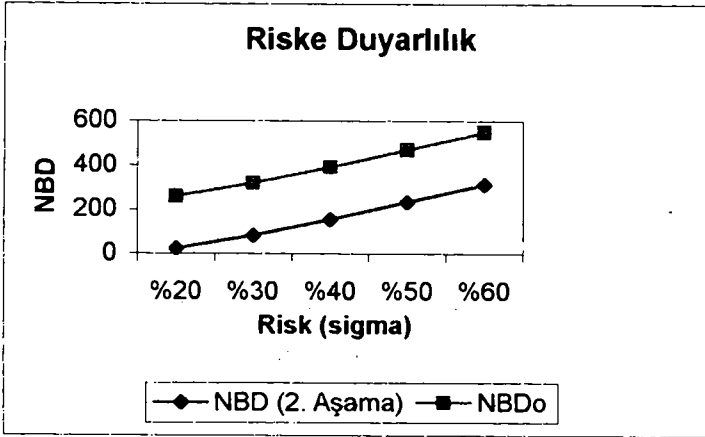
Şimdi de, proje aktiflerinin riskliliğini esas alarak duyarlılık analizi yapalım. Proje aktiflerinin riskliliği %20 ile %60 arasında değiştiğinde projenin 2. aşamasının değerinin ve dolayısıyla projenin genel değerinin nasıl etkilendiği Tablo-6'da gösterilmiştir. Projenin 1. aşamasında İNA yaklaşımı kullanıldığı için proje aktiflerinin riskliliği bu aşamayı etkilememektedir.

Tablo-6 Proje Aktiflerinin Riskliliğine Göre Duyarlılık Analizi

Risk (σ)	% 20	% 30	% 40	% 50	% 60
NBD (2. Aşama)	23,53	81,63	155,39	233,91	311,98
NBD ₀	259,92	318,02	391,78	470,30	548,37

Tablo-6 ve Grafik-2'de görüldüğü gibi proje aktiflerine ilişkin belirsizlik arttıkça, yani risklilik yükseldikçe opsiyon değerindeki artış nedeni ile projenin genel değerinde bir artış gözlenmektedir. Bu da finansal opsiyonları fiyatlama modelleri ile uyumlu bir sonuçtur.

Grafik- 2



VI. Sonuç ve Değerlendirme

Firmalar varlıklarını devam ettirebilmek, piyasa değerlerini artırmak ve değişen koşullara uyum sağlamak için yatırım yapmak zorundadır. Bazı yatırım projeleri, yapıları itibari ile yüksek belirsizliğe sahiptir ve projenin ileri aşamalarında proje yapısını değiştirmek mümkündür. Bu gibi durumlarda firmalar ileri aşamalarda yatırım harcamalarını yapıp yapmama opsiyonunu ellerinde bulundurur. İleri aşamalarda yatırım harcamasının yapılacağı zamana kadar geçen süre içinde projeyi çevreleyen şartlarda değişimler olabilir. Firma değişen şartları gözönüne alarak projeyi yeniden gözden geçirip gerekli değişiklikleri yapabilir. Bu bakımdan yatırım harcamasını geciktirmek firmaya bir esneklik kazandırır. Bu yapıdaki projelerin değerlendirilmesinde reel opsiyon

yaklaşımı daha sağlıklı sonuçlar verir. Geleneksel İNA yaklaşımı yatırım projelerinin değerini, opsiyonları dikkate almadıkları için, olduğundan daha düşük göstererek projelerin reddine yol açar. Oysa ki, reel opsiyon yaklaşımı fırsatları da dikkate alarak projenin değerini daha gerçekçi bir biçimde hesaplar.

Reel opsiyonların değerlendirilmesinde finansal opsiyonları fiyatlama modeli rahatlıkla kullanılabilir. Bu yaklaşımda, projenin değerini belirleyen değişkenler opsiyon fiyatlama modeli değişkenlerine uygun biçimde tanımlanarak proje değeri hesaplanır. Bu amaçla, Black-Scholes opsiyon fiyatlama modeli kullanılabilir. Yüksek belirsizliğe sahip ve zaman içinde projenin gidişatını değiştirme imkanı olan durumlarda yatırım projesi Black-Scholes opsiyon fiyatlama modelindeki beş değişken ile ifade edilebilir. Değişkenler tanımlandıktan sonra değerleri yerine konularak projenin gerçek değeri bulunabilir.

Kaynakça

- BRIGHAM, Eugene F./GAPENSKI, Louis C. (1994), *Financial Management: Theory and Practice* (The Dryden Press-Harcourt Brace College Publishers).
- DIXIT, A./PINDYCK, RS. (1994), *Investment under Uncertainty* (Princeton: Princeton University Press).
- FRANCIS, J. Clark (1991), *Investments: Analysis and Management* (McGraw Hill, 5. Edition).
- HEMANTHA, S.B./CHAN, S. Park (1999), "Economic Analysis of R&D Projects: An Options Approach," *Engineering Economist*, 44/1 (Spring): 1-14.
- KESTER, W.C. (1984), "Today's Options for Tomorrow's Growth," *Harvard Business Review*, March-April: 153-160.
- KROLL, Karen (1998), "Keeping Options Open," *Industry Week*, 247/4: 22.
- LJEHRMAN, Timothy A. (1998), "Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers," *Harvard Business Review*, July-August: 51-67.
- LEVI, Maurice D. (1996), *International Finance*, (McGraw Hill, 3rd edition).
- MORRIS, P.A./ TEISBERG, E.O./KOLBE, A.L. (1991), "When Choosing R&D Go With Long Shots," *Research-Technology Management*, January-February: 35-40.
- MYERS, S.C. (1984), "Financial Theory and Financial Strategy," *Interfaces*, 14/January-February: 126-137.
- SARIASLAN, Halil (1997), *Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi*, (Ankara: Turhan Kitabevi, Genişletilmiş 3. Baskı).