

BİLİŞİM TEKNOLOJİSİ PROJELERİNDE REEL OPSİYONLAR

Aysun KAPUCUGİL İKİZ*
İpek DEVECİ KOCAKOÇ**

Özet

Çoğu zaman teknolojilerin olgunlaşmamış olması, karmaşıklığı, bu teknolojilerin kendilerinin tahmin edilemez gelişimi ve pazar talebini önceden tahmin etmenin zorluğu gibi nedenler Bilişim Teknolojisi (BT) projelerinde belirsizliğe neden olmaktadır. Belirsiz proje ve pazar karakteristikleri hakkında sürekli bilgi toplayabilen ve bu bilgiye dayalı olarak kararlarını ve aksiyonlarını revize edebilen bir yönetim söz konusu ise, yönetsel esneklik, belirsiz BT projeleri bağlamında bir değere sahiptir. Geleneksel sermaye bütçeleme (ya da proje değerlendirme) yöntemleri, projelerde gizli olan bu yönetsel esnekliği doğru değerleyemediğinden, son zamanlarda "reel opsiyonlar" olarak adlandırılan yeni bir değerlendirme yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Finansal opsiyon teorisine dayanan bir yatırım yönetimi yaklaşımı olarak "opsiyonlarla düşünme", projelerdeki belirsizlik durumlarında risklerden korunmayı sağlayabilir.

Bu çalışmanın amacı, büyüme esnekliğine sahip gerçek bir BT yatırımını reel opsiyonlar yaklaşımı ile analiz etmektir. Spesifik olarak, bir yazılım projesine yatırım yapmanın ve bu fırsatın barındırdığı esnekliklerin değeri, bir opsiyon sözleşmesi olarak modellenmiştir. Bu sözleşmede, temel alınan durum değişkenleri olarak, projenin tamamlanması ile elde edilen varlığın değeri ve projeyi tamamlamanın beklenen maliyeti söz konusudur. Binom yaklaşımına dayalı olarak elde edilen opsiyon değerleri, projenin değerlendirilmesinde dikkate alınmış ve bu değerlere bağlı olarak optimal yatırım politikası belirlenmiştir. Sonuç olarak, bir BT projesinin barındırdığı esnekliklere bağlı olarak değerinin, geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri ile elde edilen değerden daha farklı olabileceği ve kazançsız görülüp reddedilen bir projenin bu esnekliklerle daha karlı bir projeye dönüşebileceği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Reel Opsiyonlar, Bilişim Teknolojisi Yatırımları, Yazılım Projeleri, Risk Yönetimi.

REAL OPTIONS IN INFORMATION TECHNOLOGY PROJECTS

Abstract

Many sources such as the immaturity, complexity and unpredictable evolution of the technologies themselves, and the difficulty of predicting the market demand generally cause uncertainty in the Information Technology (IT) projects. Managerial flexibility has value in the context of uncertain IT projects, as management can continuously gather

* Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Kaynaklar Yerleşkesi Buca 35160 İzmir, Tel: +90 232 4128286 Faks: +90 232 4535062, aysun.kapucugil@deu.edu.tr

** Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dokuz Çeşmeler Yerleşkesi Buca 35160 İzmir, ipek.deveci@deu.edu.tr

information about uncertain project and market characteristics and, based on this information, change its course of action. As traditional capital budgeting (or project appraisal) approaches fail to consider embedded managerial flexibility in projects, the new investment evaluation approach called “real options” has come on the scene recently. “Options thinking,” an emerging investment management philosophy based on the theory of financial options can provide a promising foundation for hedging the risks under uncertainty.

This paper aims at analyzing a real IT investment having growth opportunities by using real options approach. Specifically, the value of investing in a software project as well as embedded flexibility in this opportunity is modeled as an option contract. The expected costs required for completing the project and thereafter the resulting asset value are considered as the base-case parameters of this contract. Option values derived from Binomial method are used for evaluating the project and the optimal investment policy is determined based on these values. As a result, it is shown that the value of an IT project having flexibility can differ from one obtained with traditional capital budgeting methods and a rejected project which was seen as unprofitable before can turn a profitable one through embedded flexibilities.

Key Words: *Real Options, Information Technology Investments, Software Projects, Risk Management.*

1. GİRİŞ

Firmalar bilişim teknolojisi (BT) projelerine gün geçtikçe daha fazla yatırım yapmaktadırlar. Bu projelerin pek çoğunda risk oldukça fazladır ve teknolojik yeniliklerin önceden net bir şekilde tahmin edilmesi zordur. Bu riskler pek çok sebepten dolayı oluşabilir: Teknolojinin karmaşıklaşması ve önceden tahmin edilemeyen gelişimi, pazarın tepkisinin zor tahminlenmesi risk yaratan faktörlerin başında gelmektedir. Wallace ve Keil (2004: 72) bilişim teknolojisi projelerinin bir parçası olan yazılım projelerinde karşılaşılabilecek 53 risk faktörü belirlemiş ve bunları müşteri ve kullanıcılar ile ilgili riskler, kapsam belirlemede proje yöneticisinin yaratacağı riskler, projenin yürütülmesine bağlı olarak ortaya çıkan riskler ve iç ve dış çevredeki değişikliklerden kaynaklanan riskler şeklinde dört ana başlıkta toplamıştır. Büyük çaplı BT projelerindeki risk faktörlerinin sayısı daha da fazla olabilmektedir.

Doğaları gereği bir çok dinamiği ve belirsizliği içlerinde barındıran BT projelerinde, yapılan yatırımların büyüklüğü ve firmanın pazardaki rekabet gücünü etkilemesi nedeniyle, oluşacak risklerin doğru yönetilmesi çok önemlidir. Belirsizlik, bilinmeyi tanımlamak için kullanılır ve dış dünyanın rassallığını temsil eder (Amram ve Kulatilaka, 1999: 8). Sübjektif bir kavram olduğundan, kişiden kişiye değişir. Merrill ve Wood (1991)’e göre, yönetimin kontrolü altında olmayan ve kesin olarak bilinmeyen faktörlerdir. Bu yüzden, yöneticiler, belirsizliğin seviyesini değiştiremezler. Risk ise, istenmeyen bir olayın gerçekleşme olasılığı ya da “kaybın” olasılığı olarak tanımlanmaktadır (Civelek ve Durukan, 1998: 23). Risk, bir firmanın belirsizliğe maruz kalmasının kötü sonucu olarak ortaya çıkar (Amram ve Kulatilaka, 1999: 8).

Finansal açıdan risk, bir getirinin geleceğin alternatif durumlarına bağlı olması ve bu durumlardan en az birinin negatif ya da pozitif bir getiriyle sonuçlanabilmesi durumudur. Risk bu tanımdan hareketle beklenen değer ile gerçekleşen değer arasındaki olumlu ya da olumsuz farktır. Yatırım projeleri çerçevesinde, bu tanım, proje ile ilgili bir şeyin yanlış gitmesi durumunda, firmanın başlangıçta bu projenin gerçekleştirilme kararını verirken temel aldığı beklenen getirileri elde edememe olasılığı şeklinde düşünülebilir.

Pek çok yatırım kararının üç özelliği bulunmaktadır: 1) gelecekteki getirileri hakkında belirsizlik bulunması, 2) geri dönülemez olması, bir başka deyişle, firmanın fikrini değiştirmesi durumunda telafi edilemeyecek bazı batık maliyetlerin var olması, 3) zamanlamanın seçimi, yani, yatırım kararını geciktirme fırsatı (Dixit ve Pindyck, 2000: 50). Belirsizlik, gelecekte firmanın yatırım yapmış olmaktan pişmanlık duyabileceği durumların olabileceğini ifade etmektedir. Geri dönülemezlik ise, firma şimdi yatırım yaparsa, böyle bir olası durumun gerçekleşmesi durumunda yatırım stoklarını maliyetsiz eritmenin mümkün olmayacağı anlamına gelmektedir. Yani, bir kere para harcadığında, ümit edilen getiriler gerçekleşmez ise, bu para geri getirilemez. Ancak, bir firma genellikle, yatırımın zamanlaması konusunda bazı esnekliklere sahiptir. Örneğin, bekleme fırsatı, belirsiz gelecek hakkında daha fazla öğrenme ve böyle bir pişmanlık olasılığını azaltma olanağı sağlamaktadır.

Son zamanlarda, opsiyon teorisi ve analizi, yatırımlar hakkında düşünme şeklini kökten değiştirmiştir. Finansal opsiyonlar teorisine dayalı olarak geliştirilen reel opsiyonlar analizi, çeşitli endüstrilerde reel varlıklara ilişkin yatırım projelerini ekonomik olarak değerlendirmek için alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. ‘Belirsizlik’ ve ‘esneklik’, bir varlığın veya firmanın değerini belirleyen iki önemli faktördür (Trigeorgis, 2005: 32). Reel opsiyonlar yaklaşımı, projelerin yalnızca riskleri değil aynı zamanda fırsatları da barındırdığını ifade etmekte ve bunları değerlendirmektedir. Bu yaklaşıma göre bir firmanın piyasa değeri ile geleneksel yöntemler ile hesaplanan değeri arasındaki fark, şirketin sahip olduğu yatırım projelerindeki yönetsel esneklikler vb. fırsatlardan kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım, analistlere proje değerlemede farklı bir bakış açısı katarak, firmanın piyasa değeri ile geleneksel yöntemlerle hesaplanan değeri arasındaki farkın daha iyi tanımlanması imkânını sunmaktadır.

Firma, bir varlığı (örneğin, karlı bir pazara ulaşmak için bir yazılım geliştirme projesini) seçtiği ileri bir tarihte hiçbir zorunluluğu bulunmadan satın alma hakkına sahiptir. Yani, finansal alım opsiyonuna benzer bir opsiyonu elinde tutmaktadır (Dixit & Pindyck, 1994: 6). Yeni bilgi geldikçe ve yatırımın getirileri hakkındaki belirsizlik yavaş yavaş çözüldükçe, yönetim genellikle yatırım için benimsenen ilk operasyonel stratejiyi değiştirme esnekliğine sahiptir. Proje ortamındaki değişimlere reaksiyon/tepki gösterme yeteneği olarak bilinen “reel opsiyon”, finansal opsiyon teorisinin reel (finansal olmayan) alanlara (yatırım projelerinin değerlendirilmesi, firma stratejisinin belirlenmesi, vb.) uyarlanmış halidir. Bir reel opsiyon, önceden belirlenen bir zaman periyodunda (opsiyonun vadesi) önceden belirlenen bir maliyet karşılığında (uygulama fiyatı) hiçbir

zorunluluğu bulunmaksızın bir girişimde bulunma hakkıdır. Reel opsiyonlar yaklaşımının yatırım projelerini değerlendirmede kullanılan diğer tekniklere göre en önemli avantajı, projeleri dinamik bir şekilde değerlendirmesidir (Akın, 2006: 3). Örneğin, Net Bugünkü Değer (NBD) yöntemine göre, proje ya kabul edilir veya reddedilirken, reel opsiyonlar yaklaşımında bu seçeneklere ilaveten projenin ertelenmesi, beklenenden önce veya sonra sona erdirilmesi, küçültülmesi veya genişletilmesi durumları da göz önünde bulundurulabilmektedir.

Reel opsiyonlar yaklaşımının yatırımlara yönelik getirdiği en önemli görüşlerden biri, yatırımın getirilerinde belirsizlik arttıkça, yönetsel esnekliğin veya reel opsiyonun değerinin artmasıdır (Dixit & Pindyck, 1994: 26). Yönetsel esneklik, yöneticilerin, belirsiz proje ve piyasa karakteristikleri hakkında sürekli bilgi toplayıp, değişen koşullar altında, bu bilgiye dayalı olarak kararlarını ve aksiyonlarını revize etmeleridir (Huchzermeier & Loch, 2001: 85). Yeni bilgi geldikçe ve yatırımın getirileri hakkındaki belirsizlik yavaş yavaş çözüldükçe, yönetim genellikle yatırım için benimsenen ilk operasyonel stratejiyi değiştirme esnekliğine sahiptir. Yönetsel esnekliğin var olması durumunda belirsizliğin rolü, geleneksel zihniyetin bizi inandırdığı gibi, cezalandırmak değildir (Trigeorgis, 2005: 32). Esneklik mevcut maliyetler ile gelecek faydalar arasındaki karmaşık kıyaslamalardır. Yöneticiler seçimlerini yaparken daha yüksek gelir getiren stratejiyi seçerek gelecekteki değişimlerden kar edebilirler. Örneğin, beklenen planlardan olumsuz sapmaların olması durumunda, yöneticiler devam etmemeyi veya terk etmeyi seçerek potansiyel kayıpları sınırlama imkânına sahiptirler. Aynı şekilde, olumlu koşullar altında, yatırımın kapsamını genişleterek, yatırım projesinden beklenenden daha fazla getiri elde edebilirler. Yeni bir bilgiye cevap olarak uyarlanan bu esneklik, başlangıçtaki beklentilere göre kayıpları sınırlarken, kazanç potansiyelini artırarak yatırım fırsatının değerini artırır (Trigeorgis, 1996: 4). Sonuç olarak, belirsizliğin artması riski artırırken, esnekliğin artması bu riski azaltmaktadır.

BT yatırımlarını değerlendirme, çeşitli tipteki analizlerin kullanımını içeren kompleks bir problemdir (Powell, 1992: 29). Ekonomik analiz, bir yatırım kararından önce gelen en önemli analiz türlerinden biridir. Ekonomik teori bilişim sistemlerine ilişkin çalışmalarda yaygın olarak uygulanmaktadır (Bakos ve Kemerer, 1992: 365). NBD gibi geleneksel ekonomik analiz yöntemleri genellikle yatırım kararlarını düşük değerlemeye eğilimlidir (Kaplan, 1986: 89). Bu tekniklerin başlıca sınırlılıklarından biri, yönetimin yatırımın gidişatını değiştirme veya koşulların elverişsiz olduğu noktada yatırımı durdurma yeteneğini içermemesidir.

İşletme finansındaki bir yöntem olan reel opsiyon bakış açısının yatırım projelerine ve özellikle bilişim projelerine uygulanması bir süredir incelenmektedir. Bazı çalışmalarda BT yatırım projelerinin, finansal yatırım araçları üzerinde riskten korunma amacıyla uygulanan opsiyonlara benzer özellikler taşıdığı belirtilmiştir (Dos Santos, 1991: 73; Kumar, 2002: 65). Dos Santos (1991) geleneksel ekonomik analiz yöntemlerinin sınırlılıklarına ilişkin mükemmel bir tartışma sunmakta ve opsiyon fiyatlama teorisine dayalı bir

metodoloji önermektedir. Özellikle, bilişim sistemleri projelerini, riskli varlıklarla değiştirilen opsiyonlar olarak görülmesi fikrini sunmaktadır. Reel opsiyonlar teorisi ve BT yatırım planlaması arasındaki ilişki ile ilgili detaylı bilgi için Amram ve Kulatilaka (1999) ve Dos Santos (1991)'a başvurulabilir.

Bu çalışmada KRTMS¹ adlı bir yazılım geliştirme projesinin gelecekteki fırsatlarının ve yatırım kararlarının değerlendirilmesinde reel opsiyonlar yaklaşımından faydalanılmıştır. Bu yazılım projesine yatırım yapma fırsatının barındırdığı esnekliklerin değeri, bir opsiyon sözleşmesi olarak modellenmiştir. Bu sözleşmede, temel alınan durum değişkenleri olarak, projenin tamamlanması ile elde edilen varlığın değeri ve projeyi tamamlamanın beklenen maliyeti söz konusudur. Binom yaklaşımına dayalı olarak elde edilen opsiyon değerleri, projenin değerlendirilmesinde dikkate alınmış ve bu değerlere bağlı olarak optimal yatırım politikası belirlenmiştir. Sonuç olarak, bir BT projesinin barındırdığı esnekliklere bağlı olarak değerinin, geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri ile elde edilen değerden daha farklı olabileceği ve kazançsız görülüp reddedilen bir projenin bu esnekliklerle daha karlı bir projeye dönüşebileceği gösterilmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde BT yatırım analizinde kullanılan geleneksel proje değerlendirme yöntemlerinin sınırlılıklarından bahsedilecek ve ardından reel opsiyonlar ve BT alanındaki reel opsiyon uygulamaları anlatılacaktır. 3. bölümde reel opsiyonları değerlendirme yöntemleri açıklanacak ve çalışmanın BT projesini değerlendirme yöntemi olarak Binom modelleme yaklaşımı sunulacaktır. 4. bölümde, çalışmanın uygulama konusu olan KRTMS projesi geleneksel NBD yöntemi ve reel opsiyonlar yöntemi ile analiz edilecek ve araştırma sonucunda elde edilen bulgular tartışılacaktır. Çalışma, 5. bölümde sonuçlar ve gelecek araştırmalar ile sonlandırılacaktır.

2. BİLİŞİM TEKNOLOJİSİ PROJELERİNDE REEL OPSİYONLAR TEORİSİ

BT proje yatırımlarının analizi, şirketlerin kısa ve orta vadeli yatırım planlarını, ekonomik ve rekabetçi ortam açısından uygun parametreler içerisinde, dengede tutmalarına yardımcı olmaktadır. (Soro, 2006: 3). Ancak, BT projelerini değerlendirmek ve seçmek için kullanılan ekonomik analize dayalı geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinin, bu projelerin işletme değerini analiz etmesi açısından bazı eksiklikleri bulunmaktadır.

2.1. Geleneksel Sermaye Bütçeleme Yöntemlerinin Sınırlılıkları

Sermaye bütçeleme, uzun dönemde yatırım projeleri arasında yapılan kaynak tahsisi ile ilgilidir (Trigergois, 1996: 23). Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri, fabrika demirbaşı ve yeni fabrika yatırımları gibi uzun ömürlü olması beklenen yatırımları analiz etmek ve seçmek amacıyla geliştirilmiştir. Yeniliklerin çok hızlı gerçekleşmesinden dolayı bilişim teknolojilerinin beklenen ömrü daha

¹ KRTMS projesine bizi dahil eden ve proje ile ilgili bize gerekli olan tüm bilgi ve desteği sağlayan Kare Teknoloji Ltd. Şirketine ve AR-GE Müdürü Sayın Engin Devenci'ye teşekkür ederiz.

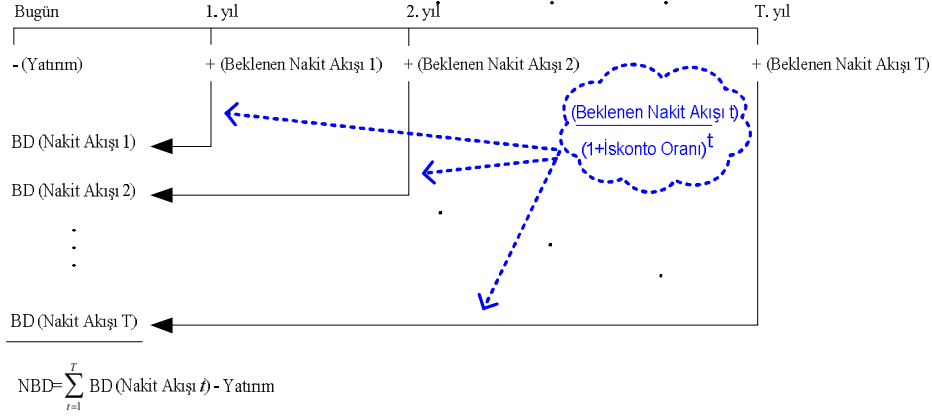
kısa olmasına rağmen, BT projeleri genellikle uzun dönemli sermaye yatırımları olarak düşünülmektedir.

Mevcut durumda literatürde, sermaye bütçeleme amaçları için uygulanan pek çok proje değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Projeleri değerlendirmek için genellikle altı sermaye bütçeleme modeli kullanılmaktadır (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 274): net bugünkü değer (NBD), getiri oranı, geri ödeme süresi, fayda - maliyet oranı, karlılık endeksi ve iç verim oranı. Bu yöntemlerin çoğu, indirgenmiş nakit akışlarının (İNA) hesaplanmasına dayalı yöntemlerdir. Geleneksel İNA analizi, gelecekteki nakit akışlarının bilindiği ve analizin yapıldığı anda geçerli olan riskten arındırılmış bir oran (örneğin şirketin ağırlıklı-ortalama sermaye maliyeti, AOSM) üzerinden ıskontolandığı varsayılarak, bir yatırımı bugünkü değer terimleri cinsinden değerlemektedir (Damodaran, 2003: 89).

Son yıllarda geleneksel sermaye bütçeleme tekniklerinin genellikle bir projenin değerini firmanın hissedarlarına daha düşük gösterdiği konusuna ilişkin eleştiriler dile getirilmektedir (Triantis ve Hodder, 1990: 549). Geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri, belirsizliğin ve esnekliğin olmadığı bir dünyada değeri maksimize etme üzerine kurulmuştur. Stratejik fırsatların var olması durumunda, bu yöntemleri kullanmak beraberinde bazı problemleri getirmektedir. Başlıca problem alanları; mevcut durumda az nakit akışları sağlayan ya da hiç sağlamayan bir varlığın düşük değerlendirilmesi, zamanla AOSM ıskonto oranının sabit kalmaması, bir varlığın ekonomik ömrünün tahmini, gelecek nakit akışlarına yönelik tahmin hatalarının yapılması ve nihai sonuçların makul olup olmadığını test edecek yöntemlerin yetersizliği olarak sayılabilir (Mun, 2002: 57). Reel opsiyonlar teorisi kullanılarak analizler yapıldığında, bu problemler alanların bazılarının önüne geçilebilmektedir. Diğer durumda, finansal kar düzeyini gösteren NBD veya iç verim oranı gibi ölçütler yatırım değerine kapsamlı bir bakış açısı getirememektedir. Örneğin, Ryan & Ryan (2002)'nin gösterdiği gibi, NBD şu anda en fazla kullanılan İNA temelli değerlendirme tekniğidir.

Şirketlerin çoğu, NBD'yi 20 yıldır kullanmaktadır (Scheider ve diğerleri, 2008: 86). Standart NBD yönteminde, net nakit akışları, firma çapında kabul gören minimum getiri oranı yani "riske göre düzeltilmiş ıskonto oranı" ıskontolanıp, bu değerlerin toplamının alınmasıyla elde edilir (Şekil 1). Bu değerlere göre hesaplanan NBD, o anki proje değerinin ve kabul edilebilirliğinin bir ölçüsüdür.

Şekil 1: Standart NBD Analizi Prosedürü



NBD yaklaşımında, nakit akışlarının belirsizliği açıkça modellenmemektedir. Beklenen nakit akışları iskontolanmaktadır. Gerçekte, projenin başlangıcı ile bitişi arasında gerçekleşebilecek olası serbest nakit akışlarının izleyeceği pek çok yol bulunmaktadır. NBD kullanılırken bunların hiçbiri ayrıntılı olarak planlanmamaktadır. Yalnızca bugünden mevcut olan bilgi kullanılmaktadır. Bu matematiksel olarak, olası birbirinden ayrık alternatiflerin bulunduğu kümeden maksimum olanı seçmeye eşittir (Copeland ve Antikarov, 2001: 73):

$$NBD \text{ kuralı: } t=0 \text{ için, } \max\{0, E_0 V_T - X\}$$

Burada, $E_0 V_T$, gelecek değerın sıfır anındaki beklenen değerini, X ise yatırım maliyetini ifade etmektedir.

NBD yönteminde, nakit akışlarını tahmin etmenin yanı sıra, temel zorluk, bir firmanın aldığı riski temsil eden riske-göre düzeltilmiş doğru bir iskonto oranının bulunmasıdır (Trigeorgis, 1996: 51; Mun, 2002: 60). Bu amaçla ekonomide en yaygın kullanılan oran, Sermaye Varlıklarını Fiyatlama Modeli'ne (SVFM) dayanan riske göre düzeltilmiş iskonto oranıdır. Sharpe (1964) ve Lintner (1965) tarafından riski kantitatif olarak ölçmek için önerilen SVFM, ortalama-varyans modeli olarak bilinen ve Markowitz (1959) tarafından geliştirilen portföy kuramı üzerine inşa edilmiştir (Dogbe, 2006: 13).

SVFM, riskin ölçülmesi ve beklenen getiri oranının riskin derecesiyle ilişkilendirilmesi için temel ve oldukça önemli bir modeldir (Howell ve diğerleri, 2001: 225). SVFM, tüm yatırımcıların çok çeşitli olduğunu ve hepsinin yalnızca sistematik (yani, pazar ile ilgili) risk ile karşı karşıya kaldığını varsaymaktadır (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 273). Sistematik risk, tam çeşitlendirmeyi gerçekleştirdikten sonra geriye kalan risktir (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 469) ve bu, projenin betası ile ölçülmektedir. SVFM' inin en önemli ögesi olan Beta (β) indeksi, herhangi bir varlığın getirisinin piyasa portföyü getirisindeki dalgalanmalara karşı duyarlılığını göstermektedir.

SVFM' ye göre, herhangi bir menkul kıymetin beklenen risk primi, menkul kıymetin beta değeri ile piyasa risk priminin çarpımına eşittir (Brealey, Myers ve Marcus, 2001: 274). Bu değer, sermayenin kaçırılan fırsat maliyetinin, yani yatırımcıların finansal piyasalarda işlem gören ve aynı risk davranışını gösteren bir varlıktan elde edilebilecek getirinin hesaplanması ile elde edilmektedir. Bu hesaplama prosedüründen anlaşıldığı gibi, SVFM yöntemine göre, bir projenin teknik ya da coğrafik belirsizliği gibi piyasanın performansı ile ilişkisi olmayan risklerin piyasa fiyatı (değeri) yoktur. Aynı zamanda, SVFM yönteminde, β indeksinin hesaplanması çok zordur. Finansal varlıklar için, β , firmanın hisse fiyatları ile piyasa portföyü arasındaki kovaryansın piyasa portföyünün varyansına bölünmesi ile elde edilir (Civelek ve Durukan, 1998: 111). Buradaki problem, varlık fiyatlarının her birkaç dakikada değişiyor olmasıdır. Hesaplama için dikkate alınan zaman periyoduna bağlı olarak, β çok aşırı derecede dalgalanma gösterebilir. Buna ek olarak, işlem görmeyen fiziksel varlıklar için, makul bir β indeksinin bu şekilde hesaplanması mümkün değildir (Mun, 2002: 62).

Riske-göre düzeltilmiş getiri oranını tahmin etmek için bir diğer alternatif yaklaşım, ağırlıklı ortalama sermaye maliyetidir (AOSM). AOSM, firmanın yatırım projelerini ve faaliyetlerini finanse etmek için kullandığı kaynakların sermaye maliyeti ya da yatırımcıların projeden beklediği asgari kârlılık oranıdır. AOSM değerinin hesaplanması, kullanılan bütün özkaynakların ve yabancı kaynakların maliyetlerin ağırlıklarına göre hesaplanmasını gerektirir (Ross, Westerfield ve Jordan, 2003: 502). Bu hesaplama yapılırken, özsermaye maliyetinin değeri için genellikle SVFM ile elde edilen iskonto oranı kullanılmaktadır. AOSM de, SVFM' ye dayalı olarak hesaplandığı için bu yöntemin sahip olduğu tüm dezavantajlara maruz kalmaktadır. AOSM, yukarıda açıklandığı gibi, sabit değildir. Faiz oranlarındaki değişme AOSM' yi değiştirmektedir. AOSM değiştiğinde firma değeri ve varlık değeri değişecektir. Yani, AOSM' nin yükselmesi, varlık değerinde ve fiyatında azalmaya; AOSM' inin düşmesi, varlık değerinde ve fiyatında artışa neden olacaktır.

Doğru iskonto oranı bulunduğu ve NBD hesaplandığında, farklı projeler arasında seçim yaparken, basit bir karar kuralı uygulanmaktadır: Eğer proje önerisi pozitif bugünkü değere sahip (ve bütçe yetiyor) ise proje fonlanır. Aksi halde proje reddedilir. Ancak, beklenen nakit akışları ve iskonto oranları değiştiğinde, NBD değeri de değişmektedir. Bu nedenle, bugün negatif NBD' e sahip bir proje gelecekte pozitif bir NBD' ye sahip olabilir.

Bu yöntemde (NBD) ve diğer tüm geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinde, projelerin maliyetleri ve faydaları tahmin edilirken statik ve deterministik değerler kullanılmaktadır. Sonuç olarak, belirsizliğin etkisi genel olarak değerlendirilmektedir. Yönetimin gelecekte oluşacak çevre koşullarına uyum sağlayabilme esnekliği, NBD' in olasılık dağılımında bir asimetri ya da çarpıklık meydana getirmektedir. Bunun sebebi pasif yönetim altında oluşan başlangıçtaki beklentileriyle karşılaştırıldığında, esnekliğin yatırım fırsatının gerçek değerini, kayıpları sınırlayıp yükselme olasılığını artırarak genişletmesidir. Böyle bir yönetsel esnekliğin olmaması durumunda, statik beklenen NBD modla

çakışacak ve NBD' in olasılık dağılımı doğal olarak simetrik olacaktır (Trigeorgis, 1996: 55).

Özet olarak, geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri, maliyet, nakit akışı ve faiz (veya iskonto) oranlarının güvenilir tahminleri ile gelecekteki bir zamanda değişiklik ya da adaptasyon gerekmeyen ayrık projeleri değerlerken iyi yöntemlerdir. Ancak bu yöntemlerle yapılan hesaplamalar bazı durumlar için faydalı ve uygun olmasına rağmen, belirsizliğin, dinamizmin ve rekabetçi etkileşimlerin olduğu gerçek dünyada, gerçekleşen nakit akışları muhtemelen yönetimin başlangıçta yaptığı tahminlerden farklı olacaktır. Yeni bilgi geldikçe ve gelecekteki nakit akışlarıyla ilgili belirsizlik azaldıkça yönetim çeşitli projelerin farklı derecelerde esneklik içerdiğini ve başlangıçta tahmin edilen ilk operasyonel stratejisinden ayrılmak ve stratejiyi tekrar gözden geçirmek gerektiğini fark edebilir (Trigeorgis, 1996: 122). Bu koşullar altında bulunan projelerin, İNA temelli bir yöntemle tamamen değerlendirilemeyeceği açıktır.

BT projelerinin değerlemesine yönelik kullanılan geleneksel yaklaşımlarla ilgili problemler literatürde tanımlanmaktadır.

Myers (1987), geleneksel finansal modellerin, somut faydalar sağlayan projeler konusunda yanlış olduğunu ve yeni bir iş modelini test etmek veya karar destek sistemleri geliştirmek gibi daha stratejik ancak soyut faydalarla ilgilenen BT yatırımlarının değerini düşürdüğünü iddia etmiştir. Myers geleneksel İNA yaklaşımının yatırım projelerindeki belirsizliğin ve riskin etkisini ihmal ettiğini ve işlerin karlılık düzeyini artıran opsiyon değerini düşük değerlediğini belirtmiştir. Yani, hemen geri ödeme sağlamayan ancak gelecekte büyüme fırsatları sağlayan yatırımların, geleneksel NBD çerçevesinde dikkate alınmadığını ifade etmiştir.

Dos Santos (1991), maliyetlerin çoğunun belirgin ve somut olduğu ancak faydaların gelecekte ortaya çıkma ve soyut olma eğiliminde olduğu durumlarda, bir BT projesine yatırım yapmayı somut finansal faydalara dayalı olarak doğrulamanın ne kadar zor olduğunu vurgulamıştır. Geleneksel değerlendirme yöntemleri tüm maliyetlerin ve faydaların bilindiğini ve parasal terimlerle ifade edilebileceğini varsaymaktadır. BT projelerinde, bu varsayımlara yaklaşılabilsede, gerçekte nadiren sağlanmaktadır. Somut faydalar (maliyet tasarrufları) sayısallaştırılabilir ve bunlara parasal değer atanabilir. Bilgi düzeyini artırmak, müşteri hizmeti veya karar verme gibi soyut faydaların sayısallaştırılması ise daha zordur.

Willcocks (1994)' in de ifade ettiği gibi, önceki BT değerlendirme uygulamaları BT' nin fiyatı hakkında sorular sorulmasına neden olmakta ve geleneksel yaklaşımın faydalı cevaplar üretememektedir (Munoz, 2006). Gelecekte çözülmesi gereken şey, BT' yi değerlendirme problemini organizasyona taşımak ve ortaya çıkan soruları cevaplamaya yönelik bir yol tanımlayabilen teknikleri ve süreçleri oluşturmaktır.

McGrath (1997), iç karlılık oranı veya NBD gibi, proje değerlendirmede kullanılan geleneksel araçların, BT projelerinin pek çoğunu karakterize eden belirsizlik ve risk ile baş etme konusunda yetersiz olduklarını ifade etmiştir. Maliyetler ve faydalar, teknolojiye hızlı değişiklikler nedeniyle oldukça

belirsizdir. BT, projenin ortasında, beklenmeyen güncelleme gereksinimleri nedeniyle değişebilir.

Ryand, Harrison ve Schkade (2002), geleneksel değerlendirme yöntemlerinin kullanıcıları eğitime maliyetini, yeni teknolojilere uyum sağlamaya yönelik öğrenme eğrisini ve BT projelerinin sosyal sistem maliyetlerini ve faydalarını dikkate almadığını ileri sürmektedir.

2.2. Reel Opsiyonlar

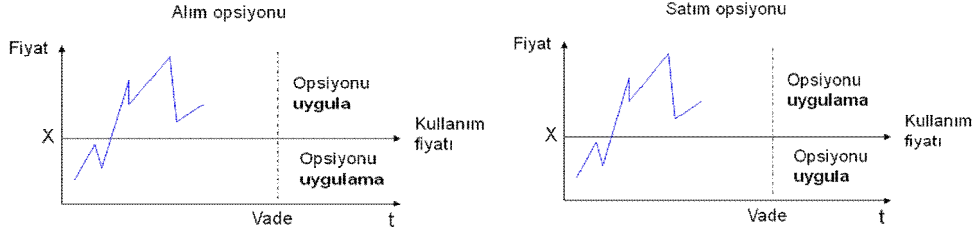
“Opsiyonlar” kavramı finans sektöründe ortaya çıkmıştır. 1997 yılında hem Myron Scholes hem de Robert Merton’ a Ekonomi alanında Nobel Ödülü’nü kazandıran, Black ve Scholes (1973) ve Merton (1973)’ın finansal alım opsiyonunu fiyatlamaya yönelik geliştirdikleri teorinin ardından, “reel opsiyonlar” terimi, ilk olarak finansal alım ve satım opsiyonları kavramlarını reel varlıkların analizine uyarlayan Stewart Myers tarafından ortaya konulmuştur (Myers, 1977: 163).

Opsiyon, gelecekte belirli bir konu üzerinde anlaşılan şartlarda zorunluluk olmadan hareket etme hakkıdır. Finansal opsiyon ise, belirli bir süre içerisinde, belirlenmiş bir fiyattan (kullanım fiyatı) bir mal veya menkul kıymeti (hisse senedi, tahvil gibi) alma ya da satma hakkına verilen addır (Hull, 2003: 6). Opsiyon sözleşmesi, alan tarafa, üzerine opsiyon yazılan mal veya kıymeti gelecekte belirli bir tarihte veya tarihe kadar, belli bir fiyattan, belirlenen miktarda alma veya satma hakkını sağlayan sözleşmedir (VOB, 2004). Dolayısıyla opsiyon sözleşmesi, alıcı taraf açısından bir hak sağlamakta, buna karşılık satıcı tarafı bu hakkı satan taraf olarak yükümlülük altına sokmaktadır. Opsiyon sahibi (sözleşmeyi satın alan) açısından yükümlülük içermeyen bir hak olması nedeniyle opsiyon sözleşmesi, bağlı olduğu (sözleşme konusu varlık) varlıktan farklı olarak finansal bir değere sahiptir. Bu değer, sözleşme konusu varlıktan türetildiği için türev ürün olarak adlandırılır.

Opsiyon hakkı, alım opsiyonu ve satım opsiyonu olarak ikiye ayrılır. Piyasa fiyatı kullanım fiyatını aşarsa, alım opsiyonu sahibi; piyasa fiyatı kullanım fiyatının altında kalırsa satım opsiyonu sahibi hakkını kullanır.

Alım ve satım opsiyonu sahiplerinin, opsiyonlarını kullanacakları durumlar Şekil 2’de gösterilmiştir. Yatırımcılar alım opsiyonları satın aldıklarında, küçük bir ödeme karşılığında o anda gelecekte esnekliklerini korumaya yönelik alternatiflere sahip olmaktadır. Aslında bu araca çok pratik ve faydalı bir “sigorta”da denebilir. Ödenecek küçük bir prim karşılığı çok ciddi bir hak kazanılmaktadır. Opsiyonlar ileri vadeli belli fiyatlar (kullanım fiyatı) için bir prim karşılığı alınır veya satılır. Ancak opsiyonlarda işlem yapmanın belli riskleri vardır. Her iki çeşit opsiyon satın almanın riski sadece prim ile limitlidir. Satma veya satın alma hakkı prim karşılığı alınır. Piyasa eğer yatırımcının isteği doğrultusunda giderse opsiyonunu uygular, yoksa uygulamaz ve kaybedeceği sadece primdir. Satılan opsiyonlar ise limitsiz risk taşır ve bu en riskli yatırımlardan biridir. Çünkü yatırımcı karşındakine o opsiyonu veriyor ve piyasa ters gittiği takdirde işleme koyup koymama opsiyon sahibine kalmıştır, satanın yapacağı bir şey yoktur. Piyasa tersine giderse limitsiz risk taşır.

Şekil 2: Alım ve Satım Opsiyonlarının Uygulanacağı Durumlar



Opsiyonlar, işlem görme zamanına göre sınıflandırılabilir: i. Avrupa tipi opsiyonlar, ii. Amerikan tipi opsiyonlar. Avrupa tipi opsiyonlar, sadece sözleşmenin vade tarihinde kullanılabilen opsiyon sözleşmeleridir. Bir yatırımı belirli bir tarihe kadar erteleme ve bu süre zarfında herhangi bir anda gerçekleştirilebilme hakkına sahip olunması Amerikan tipi opsiyonlarla ifade edilir (Hull, 2003: 8).

Opsiyonlar, temel varlığın gelecekteki değeri üzerinde bahis oynamaktır ve yalnızca belirsizlik olduğunda değeri vardır. Bunun bir örnek ile açıklanması gerekirse, örneğin, bugün Temmuz 2009'da hisse başına 1,50 TL fiyata ABC firmasının 100 tane hisse senedini almak için 3,0 TL ödenerek bu hakkın hiçbir zorunluluk olmadan satın alındığı varsayalım. Eğer Temmuz 2010'da ABC firmasının hissesinin değeri 1,50 TL'den fazla (örneğin, 1,75 TL) ise, rasyonel bir opsiyon sahibi hisseyi 1,50 TL'den satın alma hakkını kullanacaktır ve bu uygulamadan toplam $100 \times (1,75 - 1,50) = 25$ TL kar elde edecektir.

Eğer Temmuz 2010'da ABC firmasının hissesinin değeri 1,50 TL'den az ise, opsiyon sahibi 100 adet hisseyi satın alma hakkını kullanmayacak ancak Avrupa tipi alım opsiyonunun değeri olan 3,0 TL'yi kaybedecektir.

Öyleyse, bir opsiyonun temelini oluşturan anlayış, opsiyon sahibinin potansiyel olarak sınırsız kazançlar elde ederken, kayıp risklerini sabitleyebilmesi, yani, hiç bir zaman opsiyonun maliyetinden daha fazla kaybetmemesidir. Bu mantık, reel opsiyonlar teorisine yayılmış ve geniş çapta finans ve yönetim alanlarına uygulanmıştır.

Reel opsiyonlar, finansal opsiyonlar teorisinin finansal olmayan yani reel alanlara uyarlanmış halidir. Reel opsiyonlar yaklaşımı, belirsizlik altında reel yatırım fırsatlarını değerlemek için finansal opsiyon fiyatlama tekniğinin kavramlarını kullanmaktadır. Bir reel opsiyon, hiçbir zorunluluk bulunmaksızın, fırsat olduğunda bir yatırımı yaparak beklenen nakit akışlarının bugünkü değerine sahip olma hakkıdır. BT yatırım analizine uygulandığında, bu tanım, "bir firmanın hiçbir zorunluluk bulunmaksızın bir BT yatırımını yapma hakkına sahip olduğu bir alım opsiyonu" şeklinde yeniden ifade edilebilir. Yatırımı yapmak, opsiyonu uygulamaktır.

Reel opsiyonlar, NBD gibi deterministik değerlendirme yöntemlerinin belirsizlik altında yatırım kararlarının değerlendirilmesi sırasındaki

yetersizliklerine bir alternatif çözüm, bazı durumlarda da bu yöntemleri tamamlayıcı bir yöntem olarak literatürde önerilmektedir. Myers (1987: 11), stratejik opsiyonları içeren yatırımların değerlendirilmesinde, geleneksel İNA yaklaşımlarının sınırlılıklarını ilk inceleyen araştırmacıdır. Myers (1987: 13) opsiyon fiyatlama teorisinin bu tür yatırımları değerlemek için geleceği en parlak yöntem olduğunu ifade etmiştir. İNA temelli değerlendirme yaklaşımları, genellikle belirsizlik altında yatırımın değerini düşürmektedir. Ancak, reel opsiyonlar, geleneksel düşünce şekline farklı olarak, belirsizliğin yatırım fırsatının değeri üzerindeki rolüne ve etkisine yönelik yeni bir yaklaşım getirmektedir (Trigeorgis, 2005: 26). Bu nedenle, Reel Opsiyonlar Teorisi, bir sermaye bütçeleme ve stratejik karar-verme aracı olarak önerilmektedir (örneğin, Trigeorgis, 1996; Amram ve Kulatilaka, 1999; Bowman ve Moskowitz, 2001; Kogut ve Kulatilaka, 2001; Smit ve Trigeorgis, 2006).

Literatürde reel opsiyonların genel türlerine yönelik farklı sınıflandırmalar bulunmasına rağmen (örneğin, Trigeorgis, 1996: 2, 2005: 27; Copeland ve Keenan, 1998: 47; Amram ve Kulatilaka, 1999: 10; Brach, 2003: 67), bu çalışmalarda listelenen opsiyon türlerinin çoğu birbirinin aynısıdır. Reel opsiyonlar genellikle sağladıkları esneklik türüne ve kazanç potansiyeli elde etme veya kayba karşı koruma sağlama özelliğine göre sınıflandırılmaktadır. Aşağıda temel olarak, yatırım projeleri süresince uygulanabilecek esneklikleri tanımlayan opsiyon türlerinin bütünleştirilmiş bir listesi sunulmuştur. Ayrıca, Tablo 1’de bu opsiyonların özellikleri özet halinde gösterilmiştir.

Tablo 1: Reel Opsiyon Türleri ve Özellikleri

Reel Opsiyon	Esneklik türü	Karar kuralı	Karşılık gelen finansal opsiyon
Erteleme	Kazanç elde etme potansiyeli	Maks $[V-X; 0]$	Amerikan tipi alım opsiyonu
Terketme	Kayıplardan korunma	Maks $[V; V_v]$	Amerikan tipi satım opsiyonu
Ölçeklendirme (Genişleme veya küçülme)	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	Genişleme için: Maks $[g V-X; 0]$ Küçülme için: Maks $[X-k V; 0]$	Avrupa tipi alım opsiyonu
Değiştirme	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	Maks $[V_d-X; V]$	Alım ve satım opsiyonlarının kombinasyonu
Büyüme	Kazanç elde etme potansiyeli	Maks $[V-X; 0]$	Avrupa tipi alım opsiyonu Amerikan tipi alım opsiyonu
Aşamalandırma	Kazanç elde etme potansiyeli ve kayıplardan korunma	Maks $[V-X; 0]$	Avrupa tipi alım opsiyonu
V: Temel varlığın bugünkü değeri X: Uygulama fiyatı g: Genişleme opsiyonu için genişleme oranı k: Küçülme opsiyonu için küçülme oranı V _d : Değiştirme opsiyonunun uygulanması durumunda temel varlığın bugünkü değeri V _v : Yapılan ve satılabilecek yatırımların bugünkü değeri (hurda değeri)			

Erteleme opsiyonu (*zamanlama opsiyonu*), zayıf bir yatırım kararı vermektense, projenin operasyonel ortamı ve piyasa koşulları hakkında daha fazla bilgi elde edene kadar bekleme olanağına karşılık gelmektedir. McDonald ve Siegel (1986: 180), bu opsiyonu, “opsiyon sahibinin, hiç bir zorunluluk bulunmadan, belirsiz girdi ve çıktı maliyetleri nedeniyle değeri belirsiz olan bir projeyi elde etmek için belirli bir miktar yatırım yapmayı erteleme hakkına sahip olması” şeklinde tanımlamaktadır. Erteleme opsiyonu, özellikle yüksek belirsizliğin olduğu ve uzun dönemli yatırımlar gerektiren alanlarda önemlidir. Örneğin, doğal kaynakların çıkarılmasına yönelik endüstriler, çiftçilik, gayrimenkul yatırımları, tarımcılık, vb. gibi (Trigeorgis, 1996: 2; 2005: 28).

Terk etme opsiyonu (*çıkış opsiyonu*), kar etmeyen projeyi terk etme ve telafi olarak bir hurda değerine satma olanağını göstermektedir.. Terk etmenin olumlu tarafı, özellikle büyük ölçekli, geri dönülemez bir yatırımın var olması durumunda, nakit çıkışlarını azaltan kaybın daha da büyümesine engel olmasıdır (Adner & Levinthal, 2004: 78). Terk etme opsiyonu, havacılık endüstrisi, havayolları, demiryolları ve finansal hizmetler gibi varlıklarının ikinci el piyasasının olduğu sermaye yoğun endüstrilerde ve belirsiz pazarlara yeni ürün sürmede önemlidir (Trigeorgis, 2005; 30).

Ölçeklendirme opsiyonu (*genişleme veya küçülme*), projenin operasyonel ortamının veya piyasa koşullarının uygun olup olmamasına bağlı olarak yatırımın (örneğin, bir üretim tesisinin veya araştırma projesinin) ölçeğini değiştirme esnekliğini sunmaktadır. Koşullar beklenenden iyi ise, ölçeği genişleterek projeyi büyütme; koşullar beklenenden kötü veya zayıf ise, kapasiteyi ya da ölçeği küçültme; koşullar belirsiz ise geçici bir süre için üretimi/projeyi durdurma ve piyasa şartları düzeldiğinde yeniden başlama opsiyonları ölçek değiştirme kapsamında düşünülebilir (Kenç, 2003: 81). Ölçeklendirme opsiyonları, çıktı fiyatlarının sürekli değişebildiği doğal kaynaklar endüstrisinde, ticari gayrimenkul piyasasında ve moda ve tüketim malları gibi diğer dönemsel endüstrilerde önemlidir (Trigeorgis, 1996: 2).

Değiştirme opsiyonu, opsiyon sahibine belirsizliğin ortaya çıkışını izleme ve bir proje için gereken kaynaklar veya üretilen çıktılar üzerinde çeşitlendirmeler yapma imkanı sağlamaktadır (Margrabe, 1978: 181). Değiştirme opsiyonu sayesinde, faktör fiyatlarına bağlı olarak, bir yöntemin veya operasyonun iki veya daha fazla modu (girdiler veya çıktılar) arasında değişim yapılabilmektedir. Değiştirme opsiyonu, fiyatı sürekli değişen bir girdiye yüksek oranda bağımlı olan faaliyetlerde (petrol veya bir başka mal) ve değişken talebe bağlı ürün spesifikasyonlarının bulunduğu tüketici elektroniği, oyuncak ve otomobil endüstrilerinde önemlidir (Trigeorgis, 1996: 3).

Büyüme opsiyonu, genişleme opsiyonunun bir başka versiyonudur. Büyüme opsiyonu, yeni bir pazara, yeni bir ürün hattına veya yeni bir teknolojiye başlangıç yatırımı yaparak elde edilmektedir. Böyle bir yatırım genellikle, başlangıçta beklenen gelirden daha fazla harcama yapmayı gerektirir, yani NBD’ si negatiftir (Brach, 2003: 92). Bu tarz yatırımlar, projenin başarılı olması durumunda yeni yatırım fırsatlarını yarattığı ve işletmeye uzun süreli bir rekabet pozisyonu

sağladığı için stratejik yatırımlar olarak da değerlendirilir. Büyüme opsiyonları genelde altyapı temelli yatırımlarda veya stratejik endüstrilerde, özellikle yüksek teknoloji çalışmalarda, Ar&Ge' de ve çoklu ürün nesilleri veya uygulamaları olan (örneğin, yarı iletken, bilgisayar, ilaç) endüstrilerde, çokuluslu operasyonlarda ve stratejik şirket ele geçirmelerinde görülmektedir (Trigeorgis, 1996: 3).

Aşamalandırma opsiyonu: Gerçek hayatta yapılan projelerin çoğunda, gereken yatırım tek bir aşamada ortaya çıkan harcama şeklinde değildir. Zamana bağlı olarak sermaye yatırımının bir harcamalar serisi şeklinde aşamalandırılması yani koşullu adımlara dönüştürülmesi, projeye devam etme veya her hangi bir aşamada projeyi terk etme gibi değerli opsiyonlar yaratmaktadır. Aşamalandırma opsiyonları özellikle biyoteknoloji ve farmakoloji gibi, Ar-Ge yoğun endüstriler, büyük ölçekli inşaatlar, enerji üretme tesisleri gibi belirsizlik derecesi yüksek, uzun süreli ve yüksek sermaye gereken endüstriler, şirket ele geçirme veya pazara giriş stratejileri ve risk sermayesi yüksek yatırımlar için çok önemlidir (Trigeorgis, 2005: 28).

Yukarıda bahsedilen opsiyonlar birbirinden tamamen ayrıklı opsiyonlar değildir. Her ikisi aynı fırsat için olsa bile, bir opsiyon türüne yatırım bir başka opsiyon türüne yatırımı engellemez. Aslında, opsiyonların çoğu iki veya daha fazla opsiyon türünden oluşmaktadır. Bu durum, opsiyonları sınıflandırırken bir miktar sübjektifliği getirmektedir. Örneğin, yabancı bir fabrikada ek kapasite yaratma opsiyonu aynı zamanda bu ülkenin içinde çeşitli ardışık büyüme opsiyonlarını da içerebilir.

Bileşik opsiyonlar, birden fazla opsiyonun birlikte kullanılması durumunda ortaya çıkmaktadır. Pek çok proje, opsiyonlardan oluşan bir kombinasyonu temsil eder ve bu kombinasyonun veya portföyün değeri genellikle her bir opsiyonun bağımsız değerlerinin toplamından küçüktür (Trigeorgis, 2005: 36). Bu nedenle bağımsız opsiyon değerlerini analitik bir değerlendirme formülü ile bulup, sonradan toplamını almak yanlış yönlendirmelere yol açabilir.

Bu opsiyonlar grubunun yardımıyla, pek çok yatırım problemi başarılı bir şekilde modellenebilmektedir.

2.3. Reel Opsiyonların BT Alanındaki Uygulamaları

Reel opsiyonların farklı endüstrilerde uygulamalarına ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Lander ve Pinches (1998: 539), Copeland ve Keenan (1998: 130), Merton (1998: 336), Miller ve Park (2002: 112) ve Trigeorgis (2005: 45) reel opsiyonların uygulandığı endüstrileri ve bu endüstrilerde reel opsiyonların nasıl kullanıldığını tanımlamışlardır. Reel opsiyonların literatürde karşılaşılan başlıca uygulamaları, doğal kaynaklar, gayrimenkul, biyoteknoloji, Ar&Ge, bilişim teknolojileri, üretim, eğlence ve altyapı alanlarından gelmektedir.

Son zamanlarda reel opsiyonların büyük ölçekli yatırım projeleri dışında, özellikle BT projelerinde de kullanımı söz konusu olmuştur. Reel opsiyonlar, donanım ve yazılıma sahip olma, yeni sistemlerin gelişimi, projelerin birleştirilmesi veya entegrasyonu gibi BT projelerinin analizinde kullanılmaktadır.

Kumar (1996), yeni bilişim teknolojilerine yatırım yapmanın opsiyon değerleri ile proje riski arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu ilişkinin finansal opsiyon fiyatlamada bilinen sonuçlardan önemli derecede farklı olduğunu göstermiştir. Riskli projelerin kabul edilebileceği koşulları belirlemiştir. Sullivan ve diğerleri (1999), yazılım tasarımı ve mühendisliğindeki kritik fikirlerin ve yazılımın yapısını anlamak için, fiyatlama tekniğinden ziyade opsiyon temelli düşünme şeklini örnek bir olay üzerinde göstermektedir. Benaroch ve Kaufmann (1999), Black-Scholes opsiyon fiyatlama modelini kullanarak İngiltere'nin elektronik bankacılık ağına yönelik bir BT projesine yatırım yapmanın zamanlaması üzerine çalışmışlar ve kullandıkları yaklaşımı genelleştirmek amacıyla dört farklı yatırım kurgusunu tartışmışlardır.

Kumar (2002), BT projelerindeki risklerin sistematik biçimde yönetilebilmesi için reel opsiyon teorisine dayalı bir yaklaşım önermiş ve riskleri yönetsel faaliyetlerle çözülecek olanlar ve korunma gerektirenler şeklinde kategorilere ayırmıştır. Önerdiği yaklaşımın, BT projelerinin yönetiminde gerçek uygulamalarda alınan yönetsel kararlar ile tutarlı olduğunu göstermiştir. Li ve Johnson (2002), BT yatırım fırsatlarını, teknoloji değiştirme maliyetleri ve rekabetin ortamına göre dört kategoriye ayırarak, kablosuz teknolojilere yatırım yapma kararını reel opsiyonlar teorisi ile irdelemiştir. Miller, Choi ve Park (2004), Kore'nin BT altyapısına ilişkin çok aşamalı yatırım kararını örnek bir uygulama ile göstermiş ve genel olarak, İNA tekniklerinin atladığı esneklik değerinin reel opsiyonlar yaklaşımı ile elde edilebileceği sonucuna ulaşmıştır. Harmantzis ve Tanguturi (2007), iki kablosuz teknoloji şirketinin yatırım yapma sürecine reel opsiyonlar metodolojisini uygulamış ve 3G ağ kurulumlarını genişletme veya erteleme kararlarını vermek için bu metodolojiyi uygulamanın güçlü yönlerini vurgulamıştır.

3. REEL OPSİYONLARLA DEĞERLEME

Hisse senetleri üzerine yazılan alım opsiyonları ile gerçek yatırım fırsatları arasında yakın benzerlikler bulunmaktadır. Myers (1977) ve Trigeorgis (1996)'in ifade ettiği gibi, bir reel opsiyonun temel varlığı, beklenen nakit akışlarının brüt proje değeridir; uygulama fiyatı, bu temel varlığı elde etmek için gereken yatırıma eşittir ve vadesi ise, karar vericinin yatırım fırsatının en son geçerli olduğu yatırımı erteleyebileceği zaman periyodudur (Tong ve Reuer, 2007: 5).

Aynı finansal opsiyonlarda olduğu gibi, reel opsiyonları değerlemede genellikle altı parametre kullanılmaktadır. Bunlar, temel varlığın değeri, uygulama (ya da kullanım) fiyatı, temel varlığın getirilerinin volatilitesi, vadesi, risksiz faiz oranı, kar paylarıdır. Bir hisse üzerindeki finansal alım opsiyonu ile bir proje üzerindeki reel opsiyon kavramları altında bu parametrelere karşılık gelen tanımlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Bir Hisse Üzerindeki Finansal Alım Opsiyonu ile Bir Proje Üzerindeki Reel Opsiyonun Karşılaştırılması

Finansal alım opsiyonu	Parametre	Bir proje üzerindeki reel opsiyon
Hisse senedinin mevcut değeri	V	Beklenen nakit akışlarının brüt bugünkü değeri
Uygulama fiyatı	X	Yatırım maliyeti
Vadesi	T	Yatırım fırsatının canlı kaldığı süre
Hisse senedinin değerindeki belirsizlik	σ	Proje değerindeki belirsizlik
Risksiz faiz oranı	r	Risksiz faiz oranı
Kar payı	δ	Yatırım yapamamanın veya başarısız olmanın kaçırılan fırsat maliyeti

Kaynak: Trigerios, 1996, s. 125' ten uyarlanmıştır.

Reel opsiyonlar için standart değerlendirme teknikleri kullanılırken, en büyük zorluklardan biri, opsiyon değerini elde etmek için kullanılan parametrelerin belirlenmesidir. Tablo 2'de bahsedilen parametrelerin hepsinin belirli düzeylerde sayısallaştırılma zorlukları söz konusudur. Problemler, uygulamanın değişmesinden, yani finansal opsiyonlardan reel opsiyonlara geçmekten kaynaklanmaktadır.

Reel opsiyonlar teorisi yatırım fırsatlarını zorunluluğu bulunmayan haklar olarak görmektedir. Reel opsiyon analizi, eldeki bir yatırım fırsatına yeterince benzeyen bir finansal opsiyon bulunabildiği takdirde, opsiyonun değerinin bu fırsatın değerini tahmin etmek için kullanılabilceğini varsayar. Genellikle yatırım fırsatları karmaşık ve kendine özgü olduğundan, finansal piyasada yatırım fırsatı ile benzer özellikler gösterecek bir opsiyon bulmak zordur. Finansal opsiyonların fiyatını hesaplarırken bu değerleri elde etmede kullanılan varsayımların ve veri kaynaklarının pek çoğu reel opsiyonlar için ya bulunmamaktadır ya da modifikasyona ihtiyaç vardır. Bu nedenle reel opsiyonlar analizi, arbitraj fırsatları ile reel yatırımları değerlemeye olanak sağlayan sentetik (yapay) opsiyonlar oluşturmaktadır. Herhangi bir yatırım analizini gerçekleştirebilmek için, yatırımın özellikleri ile bir finansal opsiyonun değerini belirleyen değişkenler arasında ilişki kurulabilmesi gerekmektedir.

3.1. Reel Opsiyonları Değerleme Yaklaşımları

Reel opsiyon analizi, projeleri değerlemede, finansal opsiyonları fiyatlama modellerinde kullanılan matematiğin aynısını temel almaktadır. Bir opsiyonu değerlemede kullanılan iki temel modelleme yaklaşımı bulunmaktadır: i. Sürekli zaman yaklaşımı (Kapalı formda denklemler, stokastik diferansiyel denklemler ve Monte Carlo Simülasyon teknikleri) ve kesikli zaman yaklaşımı (Binom/multinom ağaçları).

Kapalı form denklemler sınıfına giren Black-Scholes-Merton'un büyük yenilik yaratan Black-Scholes modeli 1973'te kar payı ödenmeyen bir hisse senedi üzerindeki Avrupa tipi alım ve satım opsiyonlarını fiyatlamak için geliştirilmiştir

(Black & Scholes, 1973: 637). Black-Scholes modeli, finansal piyasalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, ancak kısıtlayıcı varsayımları nedeniyle reel opsiyonlara uygulanması zor olmaktadır (Trigeorgis, 1996: 72).

Bir reel opsiyonun değeri, temel varlığın davranışını açıklayan kısmi diferansiyel denklemin tanımlanması (örn. Geometrik Brownian Hareketi ya da Markov Süreci) ve bu denklemin Ito Matematiği ile çözülmesi yoluyla belirlenebilir (Dixit ve Pindyck, 1994: 69). Bu yaklaşımın dezavantajı; ileri düzey diferansiyel hesaplama yöntemlerinin bilinmesini gerektirmesidir. Ancak proje değerlendiricileri uygulamada pek bu tür hesaplamaları bilmezler ya da kullanmazlar. Bu nedenle, bugün reel opsiyon problemleri nümerik yaklaşımlar ile çözülmektedir. Black-Scholes ve diğer kısmi diferansiyel denklemler gibi tam formüllerin olmadığı, uygulanmadığı veya uygulamanın pratik olmadığı durumlarda, projelerdeki reel opsiyonları değerlemek için, binom yöntemleri, simülasyon ve sonlu fark yöntemi gibi nümerik yöntemler önerilmektedir (Wang ve Neufville, 2005). Temelde, tüm bu nümerik yöntemlerin yaptığı şey, farklı yaklaşımlar kullanarak temel varlığın davranışını doğrudan simüle etmeleridir. Bu nedenle, sistemin davranışını açıklayan kısmi diferansiyel denklemler yazmaya gerek bulunmamaktadır. Bu değerlendirme tekniklerinin pek çoğu aslında Black-Scholes modelinin bir alt kümesidir. Örneğin, periyot sayısı arttıkça, Binom modelinin sonucu Black-Scholes modeli ile elde edilen sonuca yakınsamaktadır (Copeland ve Antikarov, 2001: 208; Mun, 2002: 140).

Binom ağaçları ile değerlendirme: Binom yöntemi, Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından geliştirilmiştir, temel varlığın davranışını yaklaşık olarak tahmin etmek için binom ağaçlarını kullanmaktadır. Bu ağaçların, her bir zaman periyodunda, ilgili varlığı belirli bir oran ile yükselmekte ya da düşmekte olduğu varsayılmaktadır. Bu yukarı-aşağı hareketler ve bunlara karşılık gelen olasılıklar, risksiz bir ortamda varlığın doğru ortalama ve standart sapma değerine sahip olacağı şekilde belirlenir. Opsiyon fiyatı, risksiz faiz oranı ile paranın zaman değeri iskontolanarak ağacın en sonundan başa doğru hesaplama yaparak bulunur (Şekil 3).

Şekil 3' deki temel varlığın değer ağacını oluşturmak için, Binom yaklaşımı, Tablo 2' deki parametrelere ek olarak, yukarı-aşağı hareketleri temsil eden u ve d faktörlerinin ve bunlara karşılık gelen risk-nötr olasılıkların (p ve $1-p$) belirlenmesini gerektirmektedir. u ve d faktörleri, temel varlığın volatilitesi ile ilgilidir. Bu değerler aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanabilir (Copeland ve Antikarov, 2001: 204):

$$\text{Yukarı (artış) hareketi: } u = e^{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{Aşağı (azalış) hareketi: } d = \frac{1}{u}$$

$$\text{Risk-nötr olasılık ölçütü: } p = \left[\frac{u}{1+r_f} \right] \frac{(1+r_f) - d}{u - d}$$

Copeland ve Antikarov (2001)'in önerdiği RO modelleme yaklaşımında dört aşama bulunmaktadır. Birinci aşama, standart İNA yöntemlerini kullanarak üzerinde herhangi bir esnekliğin bulunmadığı bir “temel durum” projesi için bir değer belirlemektir. İkinci aşama, projenin içerdiği kritik belirsizlikleri açıkça tanımlamak ve modellemek, ve zamana bağlı olarak bu belirsizliklerin nasıl geliştiğini anlamaktır. Bu geçmiş verilerin ya da yöneticilerin tahminlerinin kullanılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Üçüncü aşama, yönetimin sahip olduğu yönetsel esnekliğin bulunduğu yerleri tanımlamak için analiz edilebilecek bir karar ağacını oluşturmaktır. Bu noktalarda, esneklik proje üzerine inşa edilebilir. Dördüncü aşama ise, reel opsiyonun değerini belirlemek için Black-Scholes, Binom ağaçları veya simulasyon gibi reel opsiyon değerlendirme tekniklerini kullanmaktır. Belirlenen bu değer, opsiyonu satın almanın çekiciliğini belirlemek amacıyla, opsiyonun maliyeti ile karşılaştırılmaktadır.

4.1. KRTMS Projesi için Reel Opsiyonlar Analizi

Kare Toplu Mail Sistemi (KRTMS) yazılımının geliştirilmesi, bu çalışmada bir yatırım projesi olarak ele alınmıştır. Bu projeye yatırım yapma konusu ve projenin sahip olabileceği esneklikler reel opsiyonlar metodolojisi ile analiz edilmiştir. Reel opsiyonlar analizinin çıktısı, geleneksel İNA analizinde olduğu gibi, yapılan varsayımlara ve girdi parametrelerine bağlıdır. Bu çalışmada, sektör tarafından genel kabul görmüş normlara ve yöneticiler ve teknik çalışanlarla yapılan görüşmelere dayalı olarak yapıldığından, varsayımlar oldukça gerçekçidir. KRTMS projesi için karma bir yaşam çevrimi yaklaşımı benimsenmiştir.

Kare yazılım firması, KRTMS projesi ile internetten kiralanabilir bir uygulama geliştirmeyi planlamaktadır. KRTMS farklı müşteri gruplarına göre özelleştirilmiş mail atabilen ve bu maillerin ulaşım ve okunma bilgilerine göre durumlarını raporlayabilen, hatalı mail adreslerini otomatik olarak ayıklayabilen bir toplu mail programıdır. Piyasada toplu mail gönderilmesini sağlayan birçok yazılım bulunmaktadır. Yapılan piyasa araştırmaları ve müşterilerden alınan bilgiler ışığında KRTMS' nin bu programlara göre öne çıkan özelliklerinin şu şekilde olması planlanmaktadır: Türkçe ara yüz, yabancı dil desteği, alıcıya özelleştirilmiş mail gönderilmesi, düz yazı ve HTML mail seçeneklerini bir arada destekleme, herhangi bir web sayfasını mail olarak gönderebilme, mailleri istenilen tarihte ve saatte otomatik olarak gönderebilme, gönderilen maillerin ulaşı/okundu bilgisinin raporlanması, hatalı maillerin otomatik olarak ayıklanması, gönderide farklı sunucu ve gönderim metodu destekleri, çoklu hesap desteği. KRTMS projesinin üç ana aşamada tamamlanması planlanmaktadır: Araştırma/ Tasarım, Yazılımı Geliştirme, Test/Kurulum.

KRTMS projesinde, gelecekteki talep durumu ve fiyat düzeyi belirsizdir, aynı zamanda Kare yazılım firmasının kazançlarını oldukça değiştirebilecek çok önemli bir fırsat bulunmaktadır. Rekabet Kurulu tarafından bugünden itibaren 12 ay sonra aracı kurumlarla SMS gönderiminin yasal olup olmayacağına ilişkin bir karar çıkması beklenmektedir. Eğer yazılım firması toplu SMS gönderme bileşenini eklerse ve Rekabet Kurulu'nun kararı aracı kurumlarla SMS gönderiminin yasal olması yönünde çıkarsa, yazılım firması geliştirdiği program ile

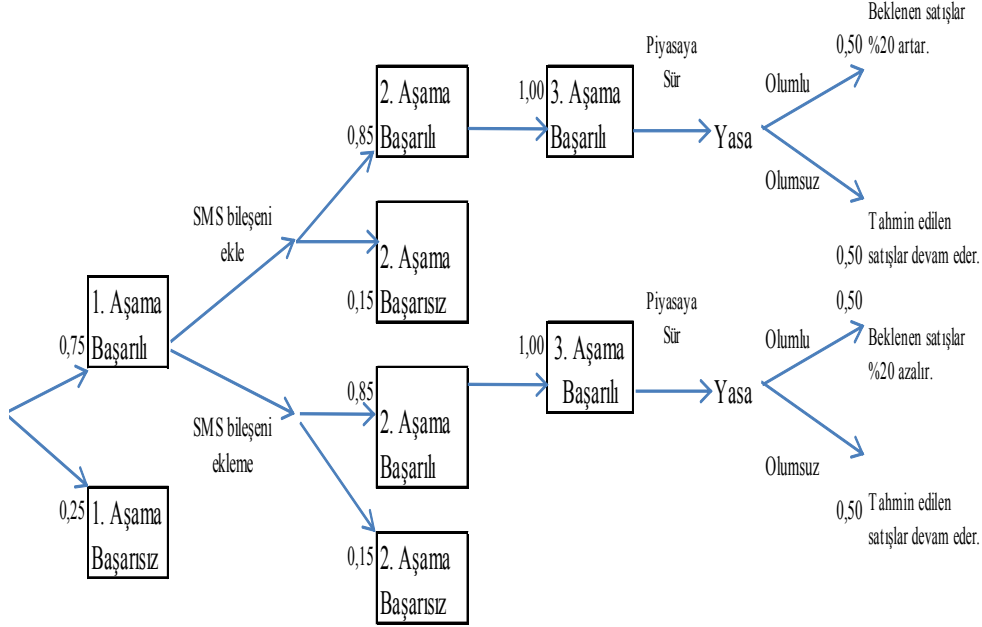
potansiyel müşteri sayısını artırma fırsatına sahip olabilecektir. Bu nedenle, Kare firmasının, yazılım geliştirme aşamasında geliştirilen uygulamaya, ayrıca SMS bileşeninin eklenip eklenmemesi konusunda karar vermesi gerekmektedir. Bu bağlamda, SMS bileşenini ekleme, firma için bir büyüme opsiyonudur. Eğer piyasa koşulları beklentilerin altında oluşursa, Kare firması, bu yazılım haklarını rakip bir firmaya katılan proje maliyetinin %75'ine herhangi bir zaman satabilmektedir. KRMS projesinin bugünden öngörülen fırsatları, bu fırsatların gerçekleşme olasılıkları ve beklenen fayda ve maliyetleri firma yetkililerinden alınan bilgiler doğrultusunda bir karar ağacı şeklinde düzenlenmiştir (Şekil 4).

Reel opsiyonlar yaklaşımını kullanarak, bir firmanın belirsizlik altında bir yazılım projesine yatırım yapma yeteneğinin ekonomik açıdan değerlendirilmesi problemi şu şekilde tanımlanabilir:

Amaç, yatırımdan beklenen tahmini nakit akışları (V), yazılım projesini gerçekleştirmek için yapılan yatırımın maliyeti (X), yatırım yapma opsiyonunun uygulanabileceği zaman periyodu (T), yatırımdan kaynaklanan nakit akışlarının belirsizliği (σ), risksiz faiz oranı (r) ve firmanın yatırımı yapmamasının veya başarısız olmasının maliyeti (δ) bilgileri verildiğinde, yatırımdan doğan nakit akışlarındaki ve firmanın yazılım ürününe olan talepteki belirsizliği dikkate alarak, yatırım yapma opsiyonunun değerini maksimize etmektir. Bu çalışmanın kapsamında, pazar payını artırmak için yeni bir yazılım projesine yatırım, bir hisse senedi üzerindeki bir alım opsiyonuna benzetilmektedir.

Yazılım projesinin yaşam çevirimi içerisinde üç aşama bulunduğundan, her bir aşamaya yapılan yatırım ayrı birer opsiyon olarak ele alınabilir. İlk aşamaya yatırım yapma, ikinci aşamaya yatırım yapma hakkı; aynı şekilde ikinci aşamaya yatırım yapma üçüncü aşamaya yatırım yapma hakkı sağladığından, bu süreç bileşik opsiyonlar içermektedir. Aynı zamanda, reel opsiyonlar çerçevesinde, yazılımın özelliklerini daraltma ya da genişletme kararı bir başka opsiyon olarak görülebilir. Reel opsiyonlar teorisi, ekonomik olarak elverişli olduğunda, yönetimin yazılım projesine yatırım yapma opsiyonunu, ardından genişleme opsiyonunu uygulama seçeneğine sahip olduğunu varsaydığından, Kare firması, KRMS projesine yatırım yaparak mevcut pazarını büyütme hakkına sahiptir, ancak bunun hiçbir zorunluluğu bulunmamaktadır.

Şekil 4: KRTMS Projesine İlişkin Kararlar



Araştırma/ Tasarım	Yazılım Geliştirme	Test/Kurulum
2500 TL yatırım?	15000 TL yatırım ? 2500 TL ek bileşene yatırım ?	3500 TL yatırım?

4.2. Geleneksel İNA Yaklaşımı ile Temel Durum Analizi

KRTMS projesinin altı aylık bir zaman periyodunda tamamlanabileceği öngörülmektedir. Yöneticiler, projenin 1 yıl içinde gerçekleştirilmesinin uygun olduğunu düşünmektedir. Yani, 1 yıl süresince herhangi bir altı aylık dönem içerisinde projenin gerçekleştirilmesi uygundur, bu süreden sonra projenin stratejik olarak oldukça geç kalacak ve finansal açıdan anlamsız hale gelecektir. Ayrıca, projenin herhangi bir aşamasında başarısız olunması durumunda, proje terk edilmekte, ancak bu durumda başarısız aşamalar içermesi nedeniyle projenin herhangi bir hurda değeri bulunmamaktadır. Projenin hurda değeri aşamaların başarı ile tamamlandığı noktalarda söz konusudur ve bu değer, katlanılan maliyetin %75'ine karşılık gelmektedir.

Projenin tamamlandıktan hemen sonra nakit akışlarının gerçekleşeceği ve bu nakit akışlarının 3 yıl boyunca süreceği düşünülmektedir. Proje ile internetten kiralanabilir bir uygulama geliştirildiği için, sunucu kiralama maliyetleri projenin sabit maliyetleri olarak ortaya çıkmaktadır. Projenin her aşamasının maliyeti sırasıyla 2500 TL, 15000 TL ve 3500 TL olarak tahmin edilmiştir. Yazılımın geliştirilmesi aşamasında SMS bileşeninin eklenmesi 2500 TL ek bir maliyet

oluşturmaktadır. Projenin beklenen nakit akışları, Kare firması tarafından Tablo 3 ve 4' deki gibi tahmin edilmiştir. KRTMS projesinin nakit akışlarını ıskontolomak için belirlenen AOSM oranı yıllık % 12 olarak belirlenmiştir. Risksiz faiz oranı olarak ise, Merkez Bankası tarafından verilen, bir yılın devlet iç borçlanma senetlerindeki gösterge faiz oranı (% 19,02) kullanılmıştır. Bu oran, yıllık ortalama enflasyon oranına (% 10) göre düzeltilmiştir. Buna göre, bu çalışmada söz konusu risksiz faiz oranının yıllık ortalama değeri % 9,02' dir (ilgili dönem: 01/06/2008 – 01/06/2009). Ayrıca, bu projenin kar payı ödemediği varsayılmıştır.

Bu parametreler ile geleneksel NBD analizi yapılarak, sahip olduğu esneklikler dikkate alınmadan KRTMS projesinin değeri belirlenmiştir. NBD yaklaşımına göre, KRTMS projesini değerlerken, SMS bileşeninin eklenmesi durumuna göre birbirinden ayrılan iki farklı proje değeri hesaplanır. Buna göre, SMS bileşenini içermeyen proje ile SMS bileşenini içeren proje şeklinde iki ayrık alternatif arasında karşılaştırma yapılır ve NBD' si pozitif ve büyük olan alternatif seçilir. Her iki durum için yapılan NBD analizleri, sırasıyla Tablo 3 ve 4'de gösterilmiştir. Bu verilerin değerlendirilmesi ile her iki proje alternatifinin negatif NBD değerine sahip olduğu görülmektedir. NBD kuralına göre, bu şartlar altında projeye yatırım yapmak akılcı değildir, bu yüzden reddedilmelidir.

Tablo 3: KRTMS Projesinin Net Bugünkü Değeri (SMS Bileşeni İçermeyen Program)

Aylar	Nakit akışları 6. aydan itibaren başlamaktadır											
	0	1	5	6	12	18	24	30	36	42		
Aşama maliyeti	2.500,0 TL	15.000,0 TL	3.500,0 TL									
Başarı olasılığı	75%		85%									
AOSM (% 12)	0,01	0,040	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
riskiz faz oranı (%0,02)	0,008	0,030	0,008	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451
Sabit Maliyetler				1.200,0 TL	1.254,1 TL	1.310,7 TL	1.369,8 TL	1.431,6 TL	1.496,1 TL	1.563,6 TL		
Değişken Maliyetler				10,0 TL	11,2 TL	12,5 TL	14,0 TL	14,7 TL	16,4 TL	18,4 TL		
Fiyat (Beklenen büyüme oranı %1,96)	94,0	95,8	97,7	99,7	101,6	103,6	105,6	107,7	109,8	112,0		
Talep				38	44,60	52,50	61,70	72,40	85,1	100,0		
Yasanın olumsuz (%50) yönde çıkması durumunda beklenen nakit akışları*				2.206,7 TL	2.778,1 TL	3.470,0 TL	4.281,4 TL	5.304,0 TL	6.451,2 TL	7.793,6 TL		
Nakit akışlarının 12. aylaki değeri					2.778,1 TL	3.273,6 TL	3.810,4 TL	4.453,4 TL	5.109,9 TL	5.823,8 TL		
Yasanın olumlu (%50) yönde çıkması durumunda beklenen nakit akışları*					1.971,6 TL	2.513,9 TL	3.151,1 TL	3.956,9 TL	4.861,7 TL	5.922,2 TL		
Nakit akışlarının 12. aylaki değeri					1.971,6 TL	2.371,6 TL	2.804,5 TL	3.372,3 TL	3.850,9 TL	4.425,4 TL		

* ((fiyat - değişken maliyet) x talep - sabit maliyet)

Beklenen Nakit Akışlarının NBD'si

14.491,7 TL

19.322,2 TL

22.732,0 TL

22.959,3 TL

21.997,8 TL

0,0 TL

0,0 TL

Beklenen Yatırımların NBD'si

20.683,5 TL

Projenin NBD'si

-6.191,9 TL

Tablo 4: KRTMS Projesinin Net Bugünkü Değeri (SMS Bileşeni İçeren Program)

Aylar	Nakit akışları 6 aydan itibaren başlamaktadır											
	0	1	5	6	12	18	24	30	36	42		
Aşama maliyeti	2.500,0 TL	15.000,0 TL	3.500,0 TL									
Ek bileşen maliyeti		2.500,0 TL										
Başarı olasılığı		75%	85%									
4.OSM (% 12)		0,01	0,040	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
risksiz faz oranı (%9,02)		0,008	0,030	0,008	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451	0,0451
Sabit Maliyetler				1.200,0 TL	1.254,1 TL	1.310,7 TL	1.369,8 TL	1.431,6 TL	1.496,1 TL	1.563,6 TL	1.633,6 TL	1.709,6 TL
Değişken Maliyetler				10,0 TL	11,2 TL	12,5 TL	14,0 TL	14,7 TL	16,4 TL	18,4 TL	20,4 TL	22,8 TL
Fiyat (Beklenen büyüme oranı %1,96)		94,0	95,8	97,7	99,7	101,6	103,6	105,6	107,7	109,8	112,0	114,0
Talep				38	44,60	52,50	61,70	72,40	85,1	100,0	117,0	136,0
Yasamın olumsuz (%50) yünde çıkması durumunda beklenen nakit akışları*												
Nakit akışlarının 12. aylaki değeri												
Yasamın olumlu (%50) yünde çıkması durumunda beklenen nakit akışları*												
Nakit akışlarının 12. aylaki değeri												
* ((fiyat - değişken maliyet) x talep - sabit maliyet)												
Beklenen Nakit Akışlarının NBD'si	18.363,9 TL	24.485,2 TL	28.806,1 TL	29.094,1 TL	28.500,7 TL							
Beklenen Yatırımların NBD'si	23.158,8 TL											
Projemin NBD'si	-4.794,9 TL											

NBD analizi ile reel opsiyonlar analizi arasındaki en önemli farklılık şudur: NBD' nin gelecekteki kararları birbirinden ayrı olarak değerlendirdiği pek çok durumda, reel opsiyonlar analizi bunları aralarında seçim yapmak üzere kullanılacak tek bir değer üzerinde birleştirmektedir. Reel opsiyonlar analizi, projenin barındırdığı stratejik fırsatları ve yönetsel esneklikleri de dikkate alarak proje değerini belirlediğinden, en az statik NBD analizi ile elde edilen sonuca eşit ya da bu değerden daha büyük bir NBD değeri ortaya çıkarır. Bu değer, projenin gerçek değerini yansıtmaktadır.

4.3. KRTMS Projesinin Nedensel Belirsizliklerinin Modellenmesi

KRTMS projesinin değerinin ortaya çıkmasında etkisi olan başlıca belirsizlikler pazardan ve firmaya özgü nedenlerden kaynaklanmaktadır: i. Ürün/Pazar belirsizliği, ii. Teknolojik belirsizlik. Bu iki tür belirsizlik kaynağı zamana bağlı olarak düzgünce çözülmemektedir. Bu nedenle ayrı olarak söz konusu belirsizlikler ele alınmalı ve proje değeri üzerindeki etkileri ve birbirleri ile etkileşimleri modellenmelidir.

i. Ürün/Pazar belirsizliği

KRTMS projesi, geliştirilecek olan ürünün fiyatına ve talep düzeyine ilişkin pazara özgü belirsizliklere sahiptir. Bu belirsizliklerin proje değeri üzerindeki toplamsal etkiyi belirleyebilmek için, öncelikle bireysel değişimlerinin volatilité değerlerinin belirlenmesi ve proje üzerindeki ortak etkileri ürün/pazar belirsizliği olarak adlandırılan tek bir belirsizlik oluşumu şeklinde modellenmesi gerekmektedir.

Proje ile yeni bir ürün geliştirildiği için, firma geçmiş verilere sahip değildir. Bu nedenle, bu belirsizlik kaynaklarını proje değerine yansıtmada kullanılacak olan volatilité değerini elde etmek için, firma yöneticilerinin sübjektif tahminlerine başvurulmuştur.

Fiyat ve talep düzeyleri, zamana bağlı olarak düzgünce çözüldüğü ve bunların stokastik davranışının Geometrik Brownian Hareketi ile temsil edilebileceği varsayılmıştır. Bu varsayım altında, belirli bir zaman noktasından (t) sonra geçilebilecek bir periyodun değeri ($V_{t+\Delta t}$), başlangıç noktasındaki değeri (V_t) ile Δt aralığı için r oranında bir sürekli büyüme faktörünün çarpımından elde edilir (Copeland ve Antikarov, 2001: 260):

$$V_{t+\Delta t} = V_t e^{r\Delta t}$$

Büyüme oranı (r), sabit beklenen büyüme oranı ve sabit standart sapması (σ) olan normal dağılımlı rassal bir değişkendir. V değerinin gözlenebilecek yüksek ve düşük seviyelerine ilişkin, sübjektif tahminler elde edilebilirse, Geometrik Brownian Hareketini izleyen bir değişkenin büyüme oranının volatilitesi aşağıdaki eşitliklerle türetilebilir:

$$\sigma = \frac{\ln\left(\frac{V_t^{üst\ limit}}{V_0}\right) - \sum_{i=1}^n r_i}{2\sqrt{T}} \text{ ya da } \sigma = \frac{\sum_{i=1}^n r_i - \ln\left(\frac{V_t^{alt\ limit}}{V_0}\right)}{2\sqrt{T}}$$

Burada, $T=n\Delta t$ dir.

Geleneksel NBD analizinde kullanılan bilgilere ek olarak, burada yöneticilerden her bir rassal değişkenin beklenen çıktılarının değişim aralığına (alt ve üst limitler) ilişkin tahminleri sorulmuştur. Örneğin, fiyatın volatilitisini belirlemek için, yöneticilerden projenin yaşam süresi boyunca gözlenecek ortalama ve minimum fiyat düzeylerine ilişkin tahminler sorulduğunda, Tablo 5'teki değerler elde edilmiştir.

Tablo 5: Fiyat Düzeyine İlişkin Bilgiler

Aylar	Periyot (T)	Fiyat	
		Beklenen Değer	Minimum Değer
0	0	564	558
6	1	576	540
12	2	582	522
18	3	589	516
24	4	608	510
30	5	627	504
36	6	645	498
42	7	660	492

Aslında, kabaca verilen bu tahminler, % 95 güvenle ilgili değişkenin her yıl alabileceği en yüksek ve en düşük değerlerdir. Bu bilgilerden her hangi birine ulaşılması yeterlidir. Buna göre, değişkenin değerindeki büyüme oranının volatilitesi aşağıdaki gibi türetilmektedir:

$$660 = 564e^{(8r)}$$

eşitliğinden, ortalama büyüme oranı, $r=\% 1,965$ olarak bulunur. Fiyat belirsizliğinin stabil bir büyüme izlemesi beklendiğinden, tüm periyotlardaki büyümelerin toplamı, ortalama büyüme ile periyot sayısının çarpımına eşittir, yani, $\sum r_i = \bar{r}T$. Bu durumda, fiyat düzeylerindeki değişimin volatilitesi,

$$\sigma = \frac{\bar{r}T - \ln\left(\frac{V_t^{alt\ limit}}{V_0}\right)}{2\sqrt{T}} = \frac{(0,01965) \times 8 - \ln\left(\frac{492}{564}\right)}{2\sqrt{8}} = \%5,193$$

olur. Talebin volatilité değeri de aynı şekilde belirlenmiştir ve bu değer %7,219 olarak bulunmuştur. Fiyat belirsizliğinin 0 anında, talep belirsizliğinin ise, yazılımın piyasaya sürülmesinden itibaren başladığı varsayıldığında, bu iki pazar belirsizliğinin birlikte oluşumu, Şekil 5'teki gibi bir görüntü ortaya koymaktadır

ii. Teknolojik belirsizlik

Teknolojik belirsizlik, bir bilgi ortaya çıktığında çözülmektedir. Belirsizliğin önemli bir kısmı zamanın belirli noktalarında çözülmektedir. KRTMS projesi için, projenin araştırma aşamasından yazılım geliştirme aşamasına geçme, yazılım geliştirme aşamasının sonunda pazarlanabilir bir ürün elde etme gibi teknolojik belirsizlikler söz konusudur. Şekil 4'ten de görülebileceği gibi, her aşamanın başarı düzeyine ilişkin olasılıklar bulunmaktadır. Teknolojik belirsizlikler, pazar koşullarından bağımsızdır ve zamanla azaltılabilir.

Yukarıda bahsedilen iki tür belirsizlik kaynağının proje üzerindeki bileşik etkisi bir kuadranom ağacı yardımıyla gösterilmiştir (Şekil 6). Bu durumda Rekabet Kurulu'nun kararı olumlu olursa, projenin değeri artışa geçmekte, olumsuz olursa ise değer azalmaktadır.

4.4. Yönetmel Esnekliklerin Tanımlanması

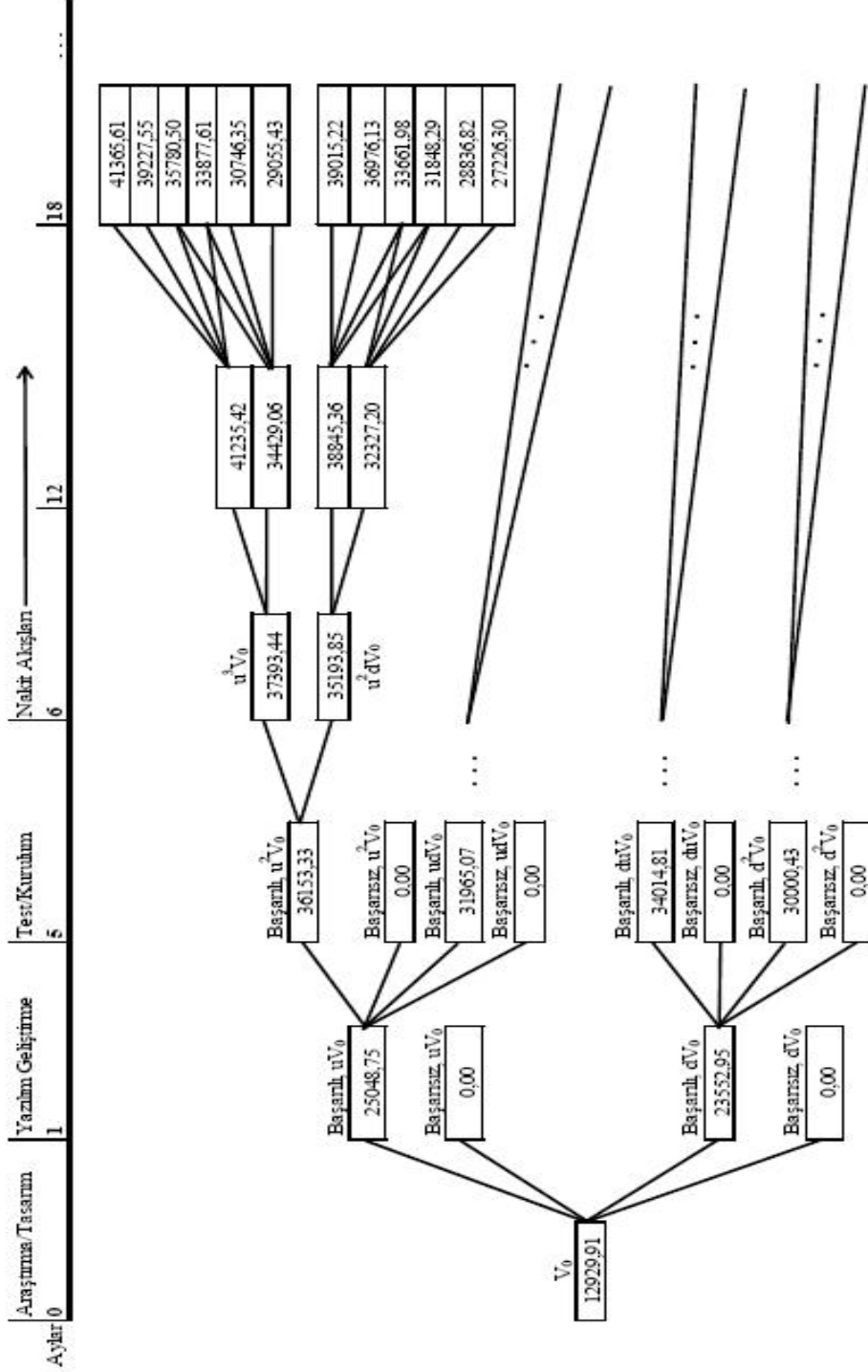
KRTMS projesi üç aşamadan oluştuğu ve her aşamanın bir maliyeti söz konusu olduğu için, proje kararı aşamalandırılarak her bir aşama bir sonrakini elde etme hakkını sağlayan bir opsiyon olarak ele alınabilir. Aynı zamanda, yazılım geliştirme aşamasında yazılımın özelliklerine gelecekte ek gelir sağlama potansiyeli olan bir bileşenin eklenmesi kararı Kare firması için bir büyüme opsiyonu yaratmaktadır. Bunların dışında, yönetim, projenin herhangi bir karar aşamasında projeyi terk etme ve Rekabet kurulu kararından önce piyasaya girecek şekilde projeye başlamayı erteleme esnekliklerine de sahiptir.

4.5. Reel Opsiyon Değerinin Hesaplanması

KRTMS projesinin sahip olduğu esnekliklerin uygulanabileceği karar noktaları Şekil 6'daki kuadranom olay ağacı üzerinde belirlendikten sonra, ilgili esnekliğin yaratacağı faydalar ve maliyetler dikkate alınarak, maksimum değere sahip olan opsiyonları belirlemek ve stratejik bir yol haritası oluşturabilmek için bir reel opsiyon değerlendirme prosedürü uygulanmalıdır.

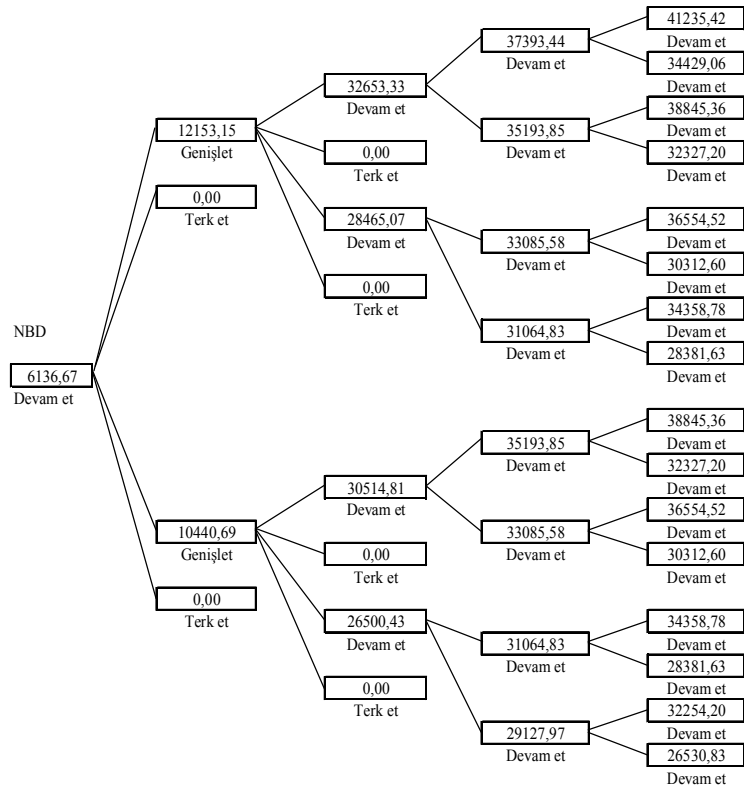
Şekil 3'te gösterilen değerlendirme prosedürü ile, her aşamanın optimal kararı belirlenmiş ve yönetmel esnekliklerin dikkate alınarak hesaplanan projenin değeri 6136 TL olarak elde edilmiştir (Şekil 7).

Şekil 6. KRTMS Projesi için Kuadranom Olay Ağacı (Kısmi gösterim)



Şekil 7. KRTMS Projesi için Opsiyon Ağacı

Aylar	Araştırma/Tasarım 0	Yazılım Geliştirme 1	Test/Kurulum 5	Nakit Akışları 6 →	Rekabet Kurulu Kararı 12
Aşama maliyeti	2.500 TL	15.000 TL	3.500 TL		
Ek bileşen maliyeti		2.500 TL			
Risksiz faiz oranı	0,015	0,060	0,015	0,0451	0,0451
Terketme opsiyonu		1.903 TL	13.944 TL	16.818 TL	17.577 TL
Reel opsiyonlar	Devam et Ertele (6 ay)	Devam et Terk et Genişlet (SMS bileşeni ekle)	Devam et Terk et	Devam et Terk et	Devam et Terk et



Elde edilen opsiyon ağacına göre, projeye bugünden başlanmalıdır. Projeyi 6 ay ertelemek, hem nakit akışlarını azalttığından hem de rakip firmaların pazara girmesinden dolayı, finansal açıdan sıkıntı yaratmakta ve firmanın pazarda daha küçük bir paya sahip olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle bu opsiyon diğer mevcut opsiyonlardan daha düşük bir değere sahip olduğu için uygulanmamalıdır. Projenin 2. aşamasına gelindiğinde ise, en büyük değeri SMS bileşeni ekleyerek elde edilecek büyüme opsiyonu vermektedir. Bu karar noktasında, pazar belirsizliği artış ya da azalış yönünde hareket etmesi, genişletme opsiyonunu uygulama kararını etkilememektedir. Yani, her durumda bu opsiyon uygulanmalıdır. Projenin sonraki aşamalarının hepsinde projeye devam etme opsiyonu optimal karar olarak çıkmaktadır. Yani bu projeye devam etmek ve faydalı ömrü boyunca nakit akışlarına sahip olmak, pazar düşüşüne geçse bile, her zaman terk etme opsiyonundan

daha değerlidir. Elde edilen bulgulara göre, projenin kabul edilmesi rasyonel bir karar olacaktır.

5. SONUÇ

Herhangi bir projenin değerlendirilmesinde geleneksel sermaye bütçeleme yöntemleri projeye ilgili her karar aşamasını ayrı bir strateji olarak değerlendirmektedir. Tüm olası durumlar gerçekleştiğinde verilebilecek kararlara ilişkin bir fayda-maliyet analizi yapılmakta ve karar sıfır anında verilmektedir. Dolayısıyla böyle bir yaklaşımda gelecekte karşılaşılabilecek fırsatlar değerlendirilmemiş olmaktadır. Bu yöneticilere hiçbir esneklik sağlamayan bir yaklaşımdır. Opsiyonlarla düşünme gelecekte karşılaşılabilecek fırsatları da dikkate alarak dinamik bir şekilde projeleri değerlendirme fırsatı sunduğu için karar vermede yöneticilere esneklik sağlamaktadır.

Firmalar BT projelerine büyük paralar yatırmaktadırlar. Fakat BT projeleri genellikle risk açısından sorunludur; çoğu zaman önceden tahminlenen zaman, maliyet ve fayda değerlerini karşılayamazlar. NBD gibi sermaye bütçeleme yöntemleri çoğu zaman BT yatırımlarını değerlendirmede yetersiz kalmaktadır. Örneğin proje devam ederken ortaya çıkabilecek yeni bir teknolojik gelişmenin proje üzerindeki etkileri NBD yaklaşımında hesaplanamazken, reel opsiyonlar ile değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada gerçek bir yazılım geliştirme projesi, hem NBD hem de reel opsiyonlar yaklaşımları kullanılarak değerlendirilmiştir. Büyüme esnekliğine sahip bu yazılım geliştirme projesinin barındırdığı belirsizlikler modellenmiş ve spesifik olarak Binom yöntemi ile reel opsiyonlar değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, bu proje yakın gelecekte stratejik açıdan önemli fırsatlara sahip olabileceğinden, projeye hemen başlamanın ve küçük bir yatırımla SMS bileşenini ekleyerek büyüme sağlamanın, erteleme opsiyonundan daha değerli olduğu sonucuna varılmıştır. Geleneksel yaklaşımla negatif NBD değeri veren bir projenin, reel opsiyonlar bakış açısı ile değerlendirildiğinde aslında kazanç sağlayan bir fırsat olduğu gösterilmiştir.

Çalışmada sunulan uygulama metodolojisi, benzer süreçlere sahip olan başka firmalarda da kullanılabilir ve geleneksel sermaye bütçeleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda reel opsiyonlar yaklaşımı yöneticilere yatırımlarını değerlemek için farklı bakış açıları kazandırabilir. Reel opsiyonlar, geleneksel sermaye bütçeleme yaklaşımlarının bir alternatifi olarak değil, bunları tamamlayıcı bir stratejik karar verme aracı olarak düşünülmelidir. Reel opsiyonlar teorisi maliyet mühendisliği alanındaki yeniliklerden biri olmasına rağmen gelecekte oldukça geniş uygulama alanına sahip olacaktır.

KAYNAKÇA

Adner, R. ve Levinthal, D.A. (2004). What is Not a Real Option: Considering Boundaries for the Application of Real Options to Business Strategy. *Academy of Management Review*, 29 (1): 74-85.

Akın, A. (2006), *Opsiyon Teorisi Kullanılarak Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi: Reel Opsiyonlar Yaklaşımı*, Akademik Araştırmalar Dergisi, Vol. 8, No. 31, ss. 1-14.

Amram, M. ve Kulatilaka, N. (1999). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Boston, MA.: Harvard Business School Press.

Bakos, J.Y. ve Kemerer, C.F. Recent applications of economic theory in information technology research. *Decision Support Systems*, 8 (3) : 365-386.

Benaroch, M. ve Kaufmann, R. J. (1999). A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments. *Information Systems Research*, 10 (1): 70-86.

Black, F., ve Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, 81(3): 637-654.

Bowman, E. H. ve Moskowitz, G. T. (2001). Real Options Analysis and Strategic Decision Making, *Organization Science*, 12 (6) : 772-777.

Brach, M.A. (2003). *Real Options in Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Brealey, R.A., Myers, S.C. ve Marcus, A.J. (2001), *İşletme Finansının Temelleri*, 3. Baskı, İstanbul: McGraw-Hill – Literatür Yayıncılık.

Civelek, M. A. ve Durukan, M.B. (1998). *Investments*. İzmir: Dokuz Eylül Yayınları.

Copeland, T. E. ve Keenan, P. T. (1998). How Much is Flexibility Worth?, *The McKinsey Quarterly*, 2 : 38-49.

Copeland, T. and Antikarov, V. (2001) *Real Options -- a practitioner's guide*, Texere, New York, NY.

Cox, J., Ross, S. ve Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3) : 229-263.

Damodaran, A. (2003). The Premise of Real Options. *The Revolution in Corporate Finance* (ss. 89-105). 4. Baskı. Derleyen Joel M. Stern ve Donald H. Chew. Oxford: Blackwell Publishing.

Dixit, A. K. ve Pindyck, R. S. (1994) *Investment under Uncertainty*, Princeton, NJ: Princeton University Press.

Dixit, A. K. ve Pindyck, R. S. (2000). Expandability, Reversibility, and Optimal Capacity Choice. *Project Flexibility, Agency, and Competition: New Developments in the Theory and Application of Real Options* (ss.50-70). Derleyen Michael J. Brennan ve Lenos Trigeorgis. Oxford, NY: Oxford University Press.

Dogbe, G. K. (2006). *Continuous-time Stochastic Process Characterization and Valuation of Mineral Investments and Software Interface*, PhD Dissertation, Canada: University of Alberta.

Dos Santos, B.L. (1991), Justifying Investments in New Information Technologies. *Journal of Management Information Systems*, 7 (4):71-90.

Harmantzis, F. C.ve Tanguturi, V. P. (2007). Investment Decisions in the Wireless Industry Applying Real Options. *Telecommunications Policy*, 31: 107–123.

Howell, S., Stark, A., Newton, D., Paxson, D., Çavuş, M. ve Pereira, J. (2001). *Real Options: Evaluating Corporate Investment Opportunities in a Dynamic World*, GB: Financial Times Prentice Hall.

Huchzermeier, A. ve Loch, C. (2001). Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D. *Management Science*, ABI/INFORM Global 47 (1): 85 – 101.

Hull, C. J. (2003). *Options, Futures, and Other Derivatives*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kaplan, R.S. (1986). Must CIM be justified by faith alone? *Harvard Business Review*, 64 (2) : 87-97.

Kenç, T. (2003). Reel Opsiyonlar Yöntemi ile Yatırım Projeleri Değerlemesi, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 30: 79-83.

Kogut, B. ve Kulatilaka, N. (2001). Capabilities as Real Options, *Organization Science*, 12(6): 744-758.

Kumar, R. L. (1996). A Note on Project Risk and Option Values of Investments in Information Technologies. *Journal of Management Information Systems*, 13 (1): 187-193.

Kumar, R.L. (2002), *Managing Risks in IT Projects: An Options Perspective*, Information&Management, Vol.40, pp. 63-74.

Lander, D. M. ve Pinches, G. E. (1998). Challenges to the Practical Implementation of Modeling and Valuing Real Options, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38 (Özel Sayı): 537-567.

Li, X. ve Johnson, J. D. (2002). Evaluate IT Investment Opportunities Using Real Options Theory. *Information Resources Management Journal*, 15(3): 32-47.

Margrabe, W. (1978). The Value of an Option to Exchange One Asset for Another. *The Journal of Finance*, 33 (1): 177-186.

McDonald, R. ve Siegel, D. (1986). The Value of Waiting to Invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101: 177–186.

McGrath, R.G. (1997). Real Options Logic for Initiating Technology Positioning Investments. *Academy of Management Review*, 22: 974 -985.

Merrill, H.M. ve Wood, A.J. (1991). Risk and Uncertainty in Power System Planning, *Electrical Power & Energy Systems*, 13 (2): 81-90.

Merton, R. (1973). The theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (1) : 141–183.

Merton , R.C. (1998). Applications of Option Pricing Theory: Twentyfive Years Later. *American Economic Review*. 88: 323- 349.

Miller, L. T. ve Park, C. S. (2002). Decision Making Under Uncertainty – Real Options to the Rescue?, *The Engineering Economist*, 47 (2): 105- 150.

Miller, L., Choi, S. H. ve Park, C. S. (2004). Using an Options Approach to Evaluate Korean Information Technology Infrastructure. *The Engineering Economist*, 49: 199–219.

Mun, J. (2002). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Munoz, C. (2006). *A Real Option Strategic Scorecard Decision Framework for IT Project Selection*, Doktora Tezi, University of Central Florida.

Myers, S.C. (1977). Determinants of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics*, 5: 147–175.

Myers, S.C. (1987). Finance Theory and Financial Strategy, *Midland Corporate Finance Journal*, 5: 6 - 13.

Powell, P. (1992). Information Technology Evaluation: Is It Different? *Journal of the Operational Research Society*, 43 (1): 29-43.

Ross, S. A., Westerfield, R.W. ve Jordan, B. (2003). *Fundamentals of Corporate Finance*, 6. Edition, New York: McGraw Hill/Irwin.

Ryan, S., Harrison, D. ve Schkade, L. (2002). Information Technology Investment Decisions: When Do Costs and Benefits in the Social Subsystem Matter. *Journal of Management of Information Systems*, 19 (2): 85-127.

Scheider, M., Tejada, M., Dondi, G., Herzog, F., Keel, S. ve Geering, H. (2008). Making Real Options Work for Practitioners: A Generic Model for Valuing R&D Projects. *R&D Management*, 38 (1): 85-106.

Smit, H.T.J. ve Trigeorgis, L. (2006). Strategic Planning: Valuing and Managing Portfolios of Real Options, *R&D Management*, 36(4): 403-419.

Soro, A. (2006). *Evaluating IT investments within corporations – real options Approach*. Independent Research Project, <http://www.sal.tkk.fi/Opinnot/Mat-2.108/pdf-files/esor06.pdf> (Erişim: 01.05.2009).

Sullivan, K., Chalasani, P., Jha, S. ve Sazawal, V., *Software Design as an Investment Activity: A Real Options Perspective*, www.cs.virginia.edu/papers/RiskBooksChapter.pdf, (Erişim: 01.05.2007).

Tong, W. T. ve Reuer, J. J. (2007). Real Options in Strategic Management. *Real Options Theory: Advances in Strategic Management* (ss. 3-28). Cilt 24. Derleyen Jeffrey J. Reuer ve Tony W. Tong. Oxford: Elsevier JAI Press.

Triantis, A. J. ve Hodder, J. E. (1990). Valuing Flexibility as a Complex Option, *The Journal of Finance*, 45 (2) : 549-565.

Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge, MA: MIT Press.

Trigeorgis, L. (2005). Making Use of Real Options Simple: An Overview and Applications in Flexible/Modular Decision Making, *The Engineering Economist*, 50: 25–53.

VOB (2004), *Temel Düzeyde Türev Araçlar*, Türev Araçlar Eğitim Seti, Vadeli İşlemler Borsası Yayını, İzmir.

Wallace, L., Keil, M. (2004), *Software Project Risks and Their Effect on Outcomes*, Communications of the ACM, Vol.47, No.4, pp.68-93.

Wang, T. ve Neufville, R. (2005), *Real Options “in” Projects*, 9th Real Options Annual International Conference in Paris, France.