

Yatırım Projelerinin Net Bugünkü Riske Maruz Değer Göstergesi Kullanılarak Karşılaştırılması

Dilan Karatepe^{1,*} ve Fetih Yıldırım²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Uygulamalı Matematik Enstitüsü, 06531 Ankara, Türkiye

²Çankaya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06530 Balgat, Ankara, Türkiye

*Corresponding author: e159679@metu.edu.tr

Özet. Bu çalışmada; net bugünkü değer (NPV), iç verim oranı (IRR), karlılık endeksi (PI), geri ödeme süresi (PP), vb. temel proje değerlendirme kriterleri açısından benzer sonuçlara sahip olan projelerin birbiriyle karşılaştırılabilmesi ve içlerinden en uygun olanın seçilebilmesi için Net Bugünkü Riske Maruz Değer (NPV-at-Risk) göstergesi kullanılmıştır. Bu amaçla, talep, değişken maliyet, faiz oranı ve nakit akımı gibi belirsizlik içeren proje değişkenlerine yönelik Monte Carlo simülasyonu ile tesadüfi rakamların üretildiği belli sayıdaki hipotetik yatırım projesi için temel proje değerlendirme kriterlerine ek olarak NPV-at-Risk değerleri de bulunmuştur. NPV-at-Risk değerleri, simüle edilmiş nakit akışlarındaki yıllık değişimlerin Riske Maruz Değerleri (VaR) üzerinden farklı güven aralıkları için hesaplanmıştır. Son olarak kabarcık grafiği (bubble diagram) çizilerek projeler grafik üzerinde görüntülenmiş; NPV-at-Risk, yatırım büyüklüğü ve Beklenen Net Bugünkü Riske Maruz Değerleri $E[NPV]$ açısından karşılaştırılabilmiştir.

Anahtar Kelimeler. Riske-Maruz Değer, Net Bugünkü Riske Maruz Değer, yatırım projeleri, Monte-Carlo simülasyonu.

Abstract. The aim of this study is to compare and choose the most appropriate project among investment projects giving similar results in terms of the evaluation criteria such as investment amount, NPV, IRR (Internal Rate of Return), PI (Profitability Index), Payback Period (PP) etc., by using Net Present Value-at-Risk (NPV-at-Risk) parameter. For that purpose, in addition to the basic project evaluation criteria, the NPV-at-Risk values are calculated for a number of hypothetical investment projects, for which random numbers for uncertainty factors such as amount of demand and variable costs are generated via Monte Carlo simulation. VaR values received from yearly changes in simulated cash flows are used to calculate NPV-at-Risk for different confidence levels. Finally, bubble diagram is sketched to visualize and compare the projects in terms of their NPV-at-Risk (NPV@R), size of the investments and Expected NPV ($E[NPV]$).

Keywords. Value-at-Risk, Net Present Value-at-Risk, investment projects, Monte Carlo simulation.

Received April 21, 2010; accepted November 24, 2010.

Bu makale, 30 Nisan-1 Mayıs 2009 tarihlerinde Çankaya Üniversitesi'nin Ankara yerleşkesinde yapılmış olan 2. Çankaya Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu'nda sunulan ve sadece geniş bildiri özeti bölümü hakem sürecinden geçerek bu sempozyum kitapçığında yayımlanan bir makalenin revize edilmiş şekli olup Sempozyum Değerlendirme Komitesi tarafından yayımlanmak üzere Çankaya University Journal of Science and Engineering dergisine gönderilmesi önerilmiş ve derginin bağımsız hakem değerlendirmeleri sonucunda yayıma kabul edilmiştir.

1. Giriş

Bir projede, yüklenici (projeyi gerçekleştirecek kurum veya kişi) ve projenin sahibi yani işvereni olmak üzere iki taraf mevcuttur. Projenin bir kısmı veya tamamı farklı kaynaklardan finanse edilebilir. Projelerin finansmanı işveren kaynaklı olabilmekle birlikte, proje yüklenicinin öz kaynaklarından veya banka gibi bir finansman kurumu aracılığıyla da finanse edilebilmektedir. Bir projenin başarısı, projeyi gerçekleştirecek firmanın kapasitesi ve benzer işlerdeki deneyimine bağlı olduğu derecede projenin finansman yapısının sağlamlığına ve kendini geri ödeme gücünün bir yansıması olan karlılığına dayanır. Bu sebepten dolayı, bir projeye “başlama veya başlamama kararı” veya “ihaleye girme veya girmeme kararı”, proje sahibinin seçim aşamasından evvel yapacağı karlılık analizlerine göre şekillenir. Projenin finansal açıdan değerlendirilmesinde faydalanılan ve projenin yatırım süresi, nakit akışları gibi girdilerin kullanılmasıyla hesaplanan birtakım risk göstergeleri vardır. Bir müteahhitlik projesinin ölçeği, karmaşıklığı ve yatırım dönemi arttıkça, belirsizlik derecesi de artacağından projenin riskliliği de artacaktır. İnşaat ve gayrimenkul alanında risk faktörlerindeki belirsizliğin çok çeşitli ve değişken kaynakları mevcuttur. Bunlar teknik (tasarım farklılıkları ve hatalar, hesaplama hataları), yönetsel (verimlilik, maliyet kontrolü), ekonomik (kaynak temini, enflasyon, kurlardaki değişim, piyasa dalgalanmaları), politik, finansal, hukuki ve doğal (hava koşulları ve jeolojik) olabilir [1, 2, 3].

Risk değerlendirmedeki temel problem, risk faktörlerindeki değişkenliğe ilişkin bilgi elde etmekteki zorluktur. İnşaat projeleri genellikle özgün projelerdir, yani tasarım ve elemanlar inşaatın gerçekleştirileceği bölgesel ve ekonomik koşullara göre projeden projeye değişiklik göstermektedir. Bu tip projelerde nadiren veri toplanmakta olup, toplandığı durumlarda da hem proje tasarımının hem de teknik ekibinin sürekli değişmesi gibi unsurlar, tarihsel verilerden faydalanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu noktada projenin karlılığına dair yapılacak projeksiyonlar ön plana çıkmaktadır [4]. Proje değerlendirmede risk, yatırım tutarının kaybedilme tehlikesidir. Daha geniş bir tanımla, projeye yönelik gerçekleştirilen yatırımda, beklenmeyen gider ve zararların ortaya çıkarak ekonomik faydanın azalma ihtimalidir.

Literatürde proje riskini değerlendirirken Riske Maruz Değer kavramından ilk kez faydalanan Ye ve Tiong [5], sermaye maliyetinin ağırlıklı ortalaması ile ikili risk getiri

yöntemlerini birleştirerek net bugünkü değerin riske maruz tutarını hesaplamışlardır. İki adet hipotetik güç santrali projesini örnek olarak kullanmış, alt yapı projelerinde risk değerlendirme ve yatırım kararı vermede kendi yöntemlerinin daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu çalışma ise temel proje değerlendirme kriterleri benzer sonuçlar verdiği için bu yöntemlerle karşılaştırma yapma imkanının olmadığı projelerde, projelerin nakit akımlarının net bugünkü değerlerinin volatilitesi hesaplanarak riskliliğin ölçümünün yapılabileceğine ilişkin bir uygulamadır. Uygulama için simülasyonla oluşturulan projelerin yatırım tutarları ve nakit akımlarının NPV'leri birbirine yakın değerlerde olmasına rağmen nakit akımlarının volatilitesiyle hesaplanan VaR değeri proje portföyünün riskliliğine ilişkin karar verebilmeyi sağlamıştır.

2. Riske Maruz Değer

Bu bölümde Riske Maruz Değerin tanımı yapılacak ve bir örnek üzerinden açıklanacaktır.

2.1. Riske Maruz Değerin tanımı. 1990'ların başında ortaya atılan *Riske Maruz Değer*, risk değerlendirmede muhtemel kayıp için tek bir rakam verdiği için nispeten daha anlaşılır bir risk ölçüm aracı olarak kabul edilmiş, daha ziyade bankacılık alanında kullanılmıştır. Kısaca VaR (Value-at-Risk) adı verilen *Riske Maruz Değer*, bir yatırım tutarında belirli bir zaman aralığında ve belirli bir güven düzeyinde ortaya çıkması beklenen kayıp olarak tanımlanmaktadır. Hull [7], VaR'i şu şekilde tanımlamaktadır: "...yüzde X olarak emin olabiliriz ki önümüzdeki N gün içinde V dolardan daha fazla kaybetmeyeceğiz". VaR'in, proje değerlendirmede aşağıdaki sorulara cevap vermesi beklenir:

- Projenin belirli bir zaman diliminde (gün, yıl, ay, vs.) hangi olasılıkla ne kadar para kaybedebiliriz?
- Yatırımın yüzde kaç risk altındadır?

2.2. Riske Maruz Değerin hesaplanması. VaR farklı pozisyonlar ve risk faktörlerinden kaynaklanan riski bir araya getirebilme, tek bir değerle ifade edebilme şansı vermektedir. Ayrıca VaR, risk faktörleri arasındaki korelasyonu da dikkate almakta, birbirini yok eden/azaltan riskler varsa toplam risk daha az bulunmaktadır [8]. VaR, en basit haliyle aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{VaR} = (\text{portföy değeri}) \times (\text{portföy volatilitesi}) \times (\text{elde tutma süresi}^\dagger) \times (\text{güven aralığı}). \quad (2.1)$$

Riske Maruz Değerin temeli diyebileceğimiz, firmaların kendi kurumları içindeki tüm riskleri bir bütün olarak ölçme yolundaki çalışmaları, 1970'li yıllarda başlamış, bu çalışmalar daha sonradan danışmanlık firmalarına ve böyle sistemlere ihtiyaç duyan finansal kurumlara ve şirketlere satılmıştır. Bu sistemlerden en ünlüsü J. P. Morgan tarafından geliştirilen, VaR ölçütünü kullanan RiskMetrics'dir.

2.3. Net Bugünkü Riske Maruz Değerin hesaplanması. Projenin yatırım tutarının yüzde kaçının risk altında olduğunu ve net bugünkü değerinin riske maruz tutarını bulmak için faydalanılan Net Bugünkü Riske Maruz Değer yani kısaca *NPV-at-Risk*, projenin nakit akımlarının net bugünkü değeri üzerinden hesaplanır. Nakit akımı, proje aktivitelerine ilişkin pozitif ve negatif ödemeleri içerir. Negatif ödeme, projenin bir faaliyetine ilişkin maliyetler yüzünden yapılan bir harcamayı ya da projenin işletim giderlerinden kaynaklanan bir ödemeyi belirtirken, pozitif bir ödeme ise gerçekleştirilen işler karşılığında kazanılan bir hakediş ödemesi veya projenin işletim gelirlerinden kazanımları ifade eder. Her bir faaliyete ilişkin pozitif ve negatif ödemeler zaman ekseninde faaliyetin başlangıç ve bitiş tarihleri arasında yayılabileceği gibi, başlangıç-bitiş veya orta kısımda tek bir ödeme olarak da gösterilebilmektedir.

Yatırım tutarı I , her bir projeden n 'inci yıl sonunda elde edilen gelir CF_n , projenin ekonomik ömrü N (yıl olarak), ve iskonto oranı r olmak üzere, bir projenin nakit akımlarının net bugünkü değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{NPV} = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+r)^n} + I. \quad (2.2)$$

Bir projenin NPV'sinin riske maruz tutarı (*NPV-at-Risk*) Hudakova [10] tarafından aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\sigma^2 = \sum_{n=1}^N \frac{\sigma_n^2}{(1+r)^{2n}} + \sigma_I^2 - 2 \sum_{n=1}^N p_{I,n} \sigma_I \sigma_n \frac{1}{(1+r)^n} + 2 \sum_{n=1, z>n}^N p_{n,n} \sigma_z \sigma_n \frac{1}{(1+r)^{n+z}}. \quad (2.3)$$

Formül (2.3)'de kullanılan σ_n ; n 'inci yıla ait nakit akımının standart sapmasını, σ_I ; Proje I 'ya ilişkin standart sapmayı, $p_{I,n}$; I projesine ait n yılındaki nakit akımının

[†]Rassal yürüyüş modelini oluşturan Brownian harekette risk zamanın karekökü ile ölçeklendirilmektedir [9].

korelasyon katsayısını, $p_{n,n}$; ise iki farklı yıldaki nakit akımları arasındaki korelasyon katsayısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

3. Uygulama

Monte Carlo simülasyonu ile tesadüfi rakamların üretildiği belli sayıdaki hipotetik yatırım projesi için aşağıdaki örnekte temel proje değerlendirme kriterlerine ek olarak NPV-at-Risk değerleri de hesaplanmıştır. Simülasyonlar ve grafikler için MS-Excel, matris ve VaR hesaplamaları için MATLAB 7.0 kullanılmıştır.

3.1. Varsayımlar. Bu çalışmada VaR analizi, bilinen bankacılık uygulamalarının dışında projelerin karlılığını ölçmek için kullanılmış ve bu gerçekleştirilirken çıkış noktası; bir çok yatırım projesinden oluşan bir portföyün nakit akımlarının net bugünkü değerine ilişkin istatistiksel dağılımın, bir finansal yatırım portföyünün gelirlerinin dağılımı ile paralel olacağı düşüncesi olmuştur. Goodpasture [4], inşaat projelerinin NPV'sinin normal dağıldığını ancak bazı vakalarda nadiren normal dağılımdan farklı bir dağılıma sahip olduklarını belirtmiştir. Bu çalışmada da projelerin net bugünkü değerlerinin normal dağıldığı varsayımına göre hareket edilmiştir.

İnşaat projelerinde inşaatın gerçekleştirildiği dönemde pozitif yönlü ödemeler aylık hakedişler şeklinde gerçekleşmektedir. Ancak inşaat projelerinin ekonomik ömrü finansal portföy yatırımlarına göre çok uzun olduğu yani gelir-gider akımları yıllarca devam ettiği için bu çalışmada hesaplamada kolaylık olması açısından zaman birimi yıl olarak alınmıştır.

3.2. Yöntem. Yatırım konusunda olumlu karar verebilmek için, bu yatırımın sağlayacağı kazanç sebep olacağı maliyeti karşılamalıdır ve ilave olarak girişimciye belirli bir kar sağlamalıdır. Sadece halkın geneline fayda sağlayacak kamu yatırımlarında kar amacı güdülmez. Sıkça kullanılan proje değerlendirme yöntemlerinden, sermayenin ortalama karlılık yöntemi (average rate of return on investment), geri ödeme dönemi yöntemi (payback period), muhasebe verim oranı gibi yöntemler paranın zaman değerini dikkate almaz. Net Bugünkü Değer yöntemi, iç verim oranı gibi yöntemler ise paranın zaman değerini dikkate alan yöntemlerdir. Ancak bütün bu yöntemlerden hiçbiri belirsizlik faktörünü hesaba katmaz. Yatırımla ilgili yapılan tahminlerin belirli olasılıklarla değişebileceğinin kabul edildiği belirsizlik varsayımını içeren hesaplama yöntemleri arasında riske göre minimum verim oranının farklılaştırılması, duyarlılık analizi, karar ağacı yaklaşımı ve fayda birimleri

yöntemi bulunmaktadır, bunlar Çonkar [11] tarafından detaylı şekilde anlatılmıştır. Projenin bütçesindeki faktörler belirli bir olasılık dahilinde hesaplandığından Net Bugünkü Riske Maruz Değerin de belirsizlik varsayımını içeren yöntemler altında sınıflandırılması gerekir.

Bu çalışmada, belirsizliğin ön plana çıktığı günümüz koşullarında, Net Bugünkü Riske Maruz Değerin proje değerlendirmede yukarıda bahsedilen diğer değerlendirme oranlarının önüne geçtiğini göstermek için, bu oranlar açısından yakın sonuçlar veren 10 adet hipotetik yatırım projesi oluşturulmuştur. Analiz, dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

1. Aşama. Projelerin bütçelerinde belirsizlik içeren faktörler diye adlandırabileceğimiz *değişken maliyetler* ve *gelirler (satışlar)* için Monte Carlo simülasyonu ile makul aralıklar içerisinde tesadüfi rakamlar üretilmiştir. Bir döneme ilişkin nakit akımı bulunurken, değişken ve sabit maliyetler gelirlerden çıkarılmış, vergiye konu tutara amortisman dahil olmadığı için amortisman önce bu tutardan çıkarılmış daha sonra ise net kara eklenmiştir (Tablo 1). 10 projenin hepsi için nakit akımları Tablo

TABLO 1. Proje bazında hazırlanan detay yatırım bütçesi tablosu.

Proje 1				
Yatırım Tutarı	25,521			
	1. Yıl	2. Yıl	...	16. Yıl
Gelirler	31,062	31,354	...	30.144,00
Maliyetler			...	
Değişken	21,925	23,372	...	22.722,00
Sabit	5,000	5,000	...	5.000,00
Amortisman	1,556	1,556	...	1.595,06
Vergi öncesi kar	2,580	1,425	...	826,94
Kar (%40)	1,032	570	...	330,78
Net Kar	1,548	855	...	496,16
Amortisman	1,556	1,556	...	1.595,06
Nakit Akımı	2,610	1,279	...	2.091,23

2'de gösterildiği gibi oluşturulduktan sonra bu projeler için betimleyici istatistikler ve NPV, PP, PI gibi diğer proje değerlendirme kriterleri hesaplanıp bunlar Tablo 3'te olduğu gibi özetlenmiştir. Ayrıca, projelerin nakit akımlarına ilişkin birikimli

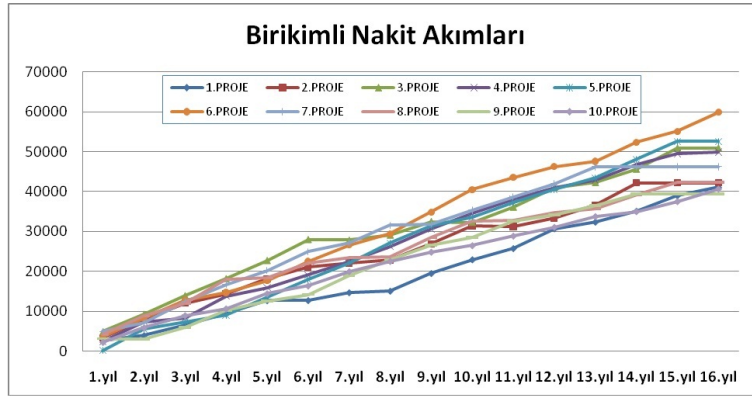
TABLO 2. Proje bazında yıllık nakit akımları.

	Nakit Akımları															
	1. Proje	2. Proje	3. Proje	4. Proje	5. Proje	6. Proje	7. Proje	8. Proje	9. Proje	10. Proje						
1. yıl	2,610	3,316	4,922	2,350	170	3,502	4,868	4,088	3,097	2,213						
2. yıl	1,279	4,645	4,348	4,987	5,346	4,754	2,151	4,779	-67	3,637						
3. yıl	2,550	4,032	4,640	1,000	1,849	4,460	5,378	3,159	2,931	3,078						
4. yıl	2,938	2,333	4,271	5,412	1,695	1,941	4,269	5,943	4,243	1,706						
5. yıl	3,295	3,773	4,549	2,140	4,419	3,005	3,540	492	2,317	3,762						
6. yıl	40	2,917	5,246	3,189	4,484	4,798	4,696	3,565	1,666	1,954						
7. yıl	1,966	1,068	-155	3,302	4,142	4,183	2,235	1,340	4,791	3,587						
8. yıl	386	685	1,241	3,853	4,988	2,743	4,402	227	3,804	2,577						
9. yıl	4,427	4,086	3,412	4,356	4,223	5,450	310	4,932	3,746	2,319						
10. yıl	3,451	4,499	-207	3,875	2,195	5,663	3,473	4,092	1,990	1,625						
11. yıl	2,794	-164	3,813	3,564	3,705	3,027	3,350	219	4,118	2,404						
12. yıl	4,964	2,120	4,862	2,992	3,321	2,766	3,297	1,788	1,562	2,208						
13. yıl	1,665	3,293	1,274	1,815	2,848	1,281	4,250	1,146	2,346	2,681						
14. yıl	2,763	5,569	3,337	3,993	4,665	4,779		3,333	2,930	1,249						
15. yıl	3,832		5,317	2,701	4,506	2,714		3,213		2,502						
16. yıl	2,091			335		4,847				3,149						
Toplam	41,051	42,172	50,870	49,864	52,556	59,913	46,219	42,316	39,474	40,651						

TABLO 3. Proje değerlendirme kriterleri özeti.

	μ	σ	Projenin ömrü	Toplam nakit akımı	Yatırım tutarı	Geri ödeme dönemi (yıl)	NPV	Karlılık endeksi
1. Proje	2,566	1,330	16	41,052	25,521	10.9	119,232	4.67
2. Proje	3,012	1,639	14	42,172	24,906	8.5	140,177	5.63
3. Proje	3,391	1,910	15	50,867	25,984	6.7	181,043	6.97
4. Proje	3,117	1,368	16	49,864	24,227	7.5	168,321	6.95
5. Proje	3,504	1,464	15	52,558	24,362	7.5	148,895	6.11
6. Proje	3,744	1,295	16	59,911	26,677	7.1	194,771	7.3
7. Proje	3,555	1,367	13	46,220	25,769	6.7	153,606	5.96
8. Proje	2,821	1,839	15	42,319	27,513	9.2	157,256	5.72
9. Proje	2,820	1,299	14	39,474	27,667	10.5	118,482	4.28
10. Proje	2,558	762	16	40,921	27,180	10.6	137,342	5.05

grafik çizilmiş böylece, nakit akımları yıllar üzerinden toplanarak, projeler birbiriyle karşılaştırılabilmektedir (Şekil 1).



ŞEKİL 1. Birikimli nakit akımları grafiği.

2. Aşama. Nakit akımlarındaki değişimlere ilişkin VaR değerlerini hesaplayabilmek için her bir projenin nakit akımlarındaki yıllık değişim (Tablo 4) ve nakit akımlarındaki yıllık değişimlerin ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır (Tablo 5). Ayrıca, her bir projeye ilişkin kuantil değerleri hesaplanmış (Tablo 6) ve projelerin nakit akımlarının olasılık dağılımlarına ilişkin grafik çizilmiştir (Şekil 2).

3. Aşama. Projeler arasındaki ilişkiyi gösteren ve yıllık nakit akım değişimleri üzerinden hesaplanan korelasyon matrisi'ndeki (Tablo 7) ilgili hücre ile projenin standart sapması çarpılarak kovaryans matrisi elde edilmiştir (Tablo 8). Bir projeye ait yatırım tutarının toplam portföy değerine bölünmesiyle elde edilen *yatırım oranı* p (Tablo 9), kovaryans matrisi ise V olmak üzere, volatilité $p \times V \times p'$ çarpımı ile bulunur. Örneğe konu edilen proje portföyüne ilişkin volatilité rakamı 0.0154

TABLO 4. Nakit akımlarındaki yıllık değişimler.

	Proje (%değişim)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. yıl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. yıl	-51	40	-12	112	3045	36	-56	17	-102	64
3. yıl	99	-13	7	-80	-65	-6	150	-34	-4475	-15
4. yıl	15	-42	-8	441	-8	-56	-21	88	45	-45
5. yıl	12	62	7	-60	161	55	-17	-92	-45	121
6. yıl	-99	-23	15	49	1	60	33	625	-28	-48
7. yıl	4815	-63	-103	4	-8	-13	-52	-62	188	84
8. yıl	-80	-36	-901	17	20	-34	97	-83	-21	-28
9. yıl	1047	496	175	13	-15	99	-93	2073	-2	-10
10. yıl	-22	10	-106	-11	-48	4	1020	-17	-47	-30
11. yıl	-19	-104	-1942	-8	69	-47	-4	-95	107	48
12. yıl	78	-1393	28	-16	-10	-9	-2	716	-62	-8
13. yıl	-66	55	-74	-39	-14	-54	29	-36	50	21
14. yıl	66	69	162	120	64	273	-100	191	25	-53
15. yıl	39	-100	59	-32	-3	-43	0	-4	-100	100
16. yıl	-45	0	-100	-88	-100	79	0	-100	0	26

TABLO 5. Nakit akımlarındaki yıllık değişimler.

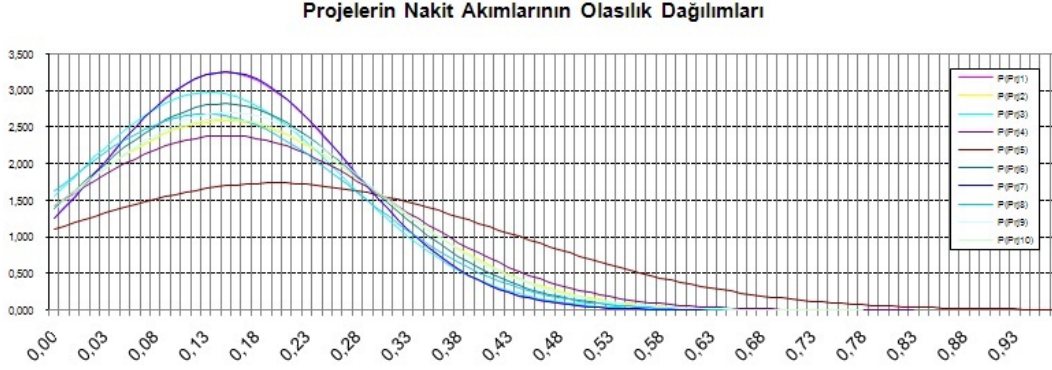
	μ	σ
1. Proje	0.15	0.12
2. Proje	0.15	0.15
3. Proje	0.13	0.13
4. Proje	0.15	0.17
5. Proje	0.2	0.23
6. Proje	0.15	0.14
7. Proje	0.15	0.12
8. Proje	0.13	0.15
9. Proje	0.15	0.15
10. Proje	0.15	0.15

TABLO 6. Kuantil değerleri.

Quantile	Prj1	Prj2	Prj3	Prj4	Prj5	Prj6	Prj7	Prj8	Prj9	Prj10
0,01	-0,136	0,210	-0,179	-0,239	-0,336	-0,181	-0,135	-0,218	-0,192	-0,207
0,05	-0,053	-0,105	-0,088	-0,125	-0,179	-0,085	-0,052	-0,116	-0,091	-0,103
0,95	0,351	0,402	0,354	0,425	0,578	0,381	0,351	0,374	0,395	0,400
0,99	0,435	0,508	0,445	0,539	0,735	0,477	0,435	0,476	0,496	0,504

olarak bulunmuştur. Bu rakam riske maruz net bugünkü değer ve riske maruz net bugünkü değer beklenen değerinin hesaplamasında kullanılmıştır.

4. Aşama. Hesaplamanın son aşaması Net Bugünkü Riske Maruz Değer hesabıdır. Önceki aşamalarda elde edilen istatistik veriler ve Formül (2.3) kullanılarak, her bir



ŞEKİL 2. Birikimli nakit akımları grafiği.

proje için NPV-at-Risk değerleri simüle edilmiş nakit akımlarındaki yıllık değişimlerin VaR değerleri üzerinden hem %99 hem de %95 güven aralıkları için hesaplanmıştır (Tablo 10).

TABLO 7. Korelasyon matrisi.

	Prj1	Prj2	Prj3	Prj4	Prj5	Prj6	Prj7	Prj8	Prj9	Prj10
Prj 1	1,0000	0,7242	0,7437	0,5875	0,5280	0,6756	0,6955	0,6997	0,5571	0,7133
Prj 2	0,7242	1,0000	0,8831	0,7894	0,8844	0,9440	0,7339	0,8822	0,0833	0,9155
Prj 3	0,7437	0,8831	1,0000	0,7671	0,8247	0,8580	0,8249	0,8414	0,2602	0,8705
Prj 4	0,5875	0,7894	0,7671	1,0000	0,8912	0,8083	0,5413	0,8958	0,0318	0,8167
Prj 5	0,5280	0,8844	0,8247	0,8912	1,0000	0,9149	0,5801	0,7896	-0,0922	0,9447
Prj 6	0,6756	0,9440	0,8580	0,8083	0,9149	1,0000	0,7381	0,8588	0,1350	0,9448
Prj 7	0,6955	0,7339	0,8249	0,5413	0,5801	0,7381	1,0000	0,6836	0,5932	0,7448
Prj 8	0,6997	0,8822	0,8414	0,8958	0,7896	0,8588	0,6836	1,0000	0,1910	0,7900
Prj 9	0,5571	0,0833	0,2602	0,0318	-0,0922	0,1350	0,5932	0,1910	1,0000	0,1613
Prj 10	0,7133	0,9155	0,8705	0,8167	0,9447	0,9448	0,7448	0,7900	0,1613	1,0000

TABLO 8. Kovaryans Matrisi

	Prj1	Prj2	Prj3	Prj4	Prj5	Prj6	Prj7	Prj8	Prj9	Prj10
Prj 1	0,0141	0,0132	0,0116	0,0113	0,0141	0,0110	0,0103	0,0121	0,0098	0,0125
Prj 2	0,0132	0,0221	0,0176	0,0195	0,0300	0,0200	0,0133	0,0194	0,0018	0,0211
Prj 3	0,0116	0,0176	0,0168	0,0162	0,0238	0,0156	0,0134	0,0157	0,0050	0,0171
Prj 4	0,0113	0,0195	0,0162	0,0262	0,0323	0,0179	0,0109	0,0210	0,0008	0,0196
Prj 5	0,0141	0,0300	0,0238	0,0323	0,0494	0,0286	0,0160	0,0253	-0,0030	0,0319
Prj 6	0,0110	0,0200	0,0156	0,0179	0,0286	0,0188	0,0127	0,0174	0,0027	0,0191
Prj 7	0,0103	0,0133	0,0134	0,0109	0,0160	0,0127	0,0139	0,0124	0,0102	0,0138
Prj 8	0,0121	0,0194	0,0157	0,0210	0,0253	0,0174	0,0124	0,0207	0,0040	0,0173
Prj 9	0,0098	0,0018	0,0050	0,0008	-0,0030	0,0027	0,0102	0,0040	0,0203	0,0036
Prj 10	0,0125	0,0211	0,0171	0,0196	0,0319	0,0191	0,0138	0,0173	0,0036	0,0219

Tablo 10'da özetlenen sonuçlar, Şekil 3'te verilen kabarcık grafiği çizilerek görsel açıdan da karşılaştırılmıştır. Bir portföyün stratejik konumlandırmasını gösteren en

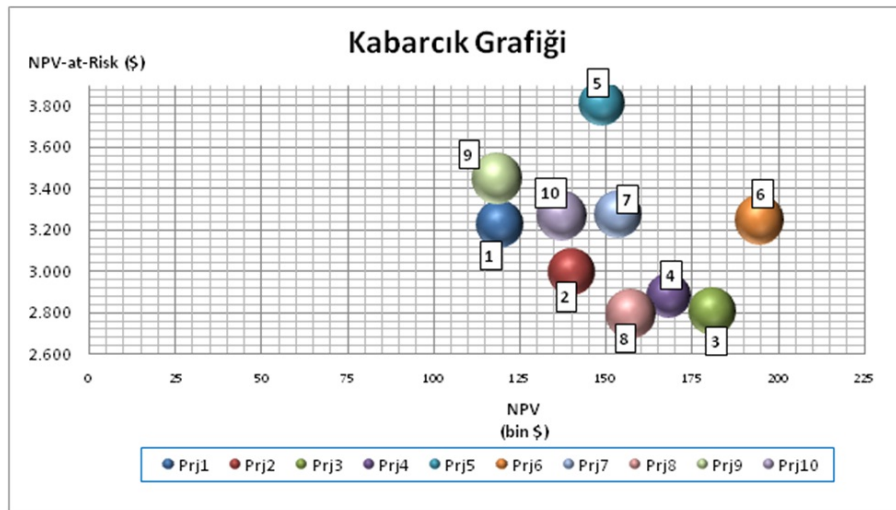
TABLO 9. Yatırım oranları.

p	0,098	0,096	0,1	0,093	0,0938	0,103	0,099	0,106	0,1065	0,105
-----	-------	-------	-----	-------	--------	-------	-------	-------	--------	-------

TABLO 10. Tüm projelere ilişkin NPVaR değerleri.

T(time period)	1				
	Investment	μ	σ	NPVaR (zero)	
				1% VaR	5% VaR
Project 1	25.521	0,15	0,12	3.227	3.260
Project 2	24.906	0,15	0,15	2.994	3.035
Project 3	25.984	0,13	0,13	2.805	2.841
Project 4	24.227	0,15	0,17	2.881	2.923
Project 5	24.362	0,20	0,23	3.809	3.867
Project 6	26.677	0,15	0,14	3.245	3.285
Project 7	25.769	0,15	0,12	3.273	3.306
Project 8	27.513	0,13	0,15	2.792	2.835
Project 9	27.667	0,15	0,15	3.447	3.490
Project 10	27.180	0,15	0,15	3.266	3.310

yaygın kullanımlı kabarcık grafiği risk-getiri matrisi'dir [12]. Risk-getiri matrisinde projeler daire şeklinde gösterilir ve dairelerin büyüklüğü yatırım tutarıyla oranlıdır. Yatay eksende bulunan NPV, projenin getirisini gösterirken, dikey eksendeki NPV-at-Risk değeri ise projenin risklilik derecesini ifade etmektedir.



ŞEKİL 3. Risk-getiri matrisi.

4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Bu alışmada, Riske Maruz Değer hesabının bilinen finansal uygulamalarının yanı sıra, mühendislik uygulamalarında da kullanılabileceği fikrinden yola çıkılmış, inşaat projelerinin değerlendirilmesinde bilinen proje değerlendirme yöntemlerinin yakın sonuçlar verdiği durumlarda, değişkenliklere karşı yüksek hassasiyet göstermesi sebebiyle Riske Maruz Değer göstergesinin karşılaştırma açısından daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir.

Tablo 10’da özetlenen sonuçlardan da görülebileceği gibi, Monte Carlo simülasyonu ile verileri üretilen projelere ait genel proje değerlendirme kriterleri olan NPV, karlılık endeksi ve geri ödeme periyodu yöntemleri benzer sonuçlar vermiştir. Ancak çalışmanın sonuç tablosu olan Tablo 10’da projeler NPV-at-Risk değerleri açısından karşılaştırıldığında, tüm güven aralıklarında 5. projenin en yüksek, 8. projenin ise en düşük Net Bugünkü Riske Maruz Değere sahip olduğu görülmektedir.

Varsayımlar kısmında açıklandığı gibi bu çalışmada nakit akımlarının ve buna bağlı olarak NPV’lerin normal dağıldığı genel varsayımı ile hareket edilmiştir. Ancak alışma, nakit akımları ve dolayısıyla NPV’ler için normal dağılım dışındaki dağımların gözlemlendiği projeler için genişletilebilir. Ayrıca, gerçekleştirilecek stres testi çalışması ile şoklara dayanımları da test edilebilir. Buradaki önemli nokta, inşaat projelerinin her birinin kendine özel koşullarının olmasıdır. İnşaat projelerinin değişkenleri; teknik ekip, projenin gerçekleştirildiği ülke/bölge, demir-elik-imento fiyatlarındaki ani dalgalanmalar, finansmana dair sıkıntılar gibi hususlar nedeniyle bir önceki benzerinden çok farklı sonuçlar oluşturabilmektedir. Bu sebeple, her bir proje güncel koşullar dikkate alınarak, tarihsel verilere kıyasla kendi dinamikleri içerisinde değerlendirilmelidir.

Teşekkür. Katkılarından dolayı Sn. Doç. Dr. C. Coşkun Küçüközmen’e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] A. Warsawski and R. Sacks, Practical multifactor approach to evaluating risk of investment in engineering projects, *Journal of Construction Engineering and Management* **130** (2004), 357–367.
- [2] A. M. Khan and D. P. Fiorino, The capital asset pricing model in project selection: A case study, *The Engineering Economist* **37** (1992), 145–160.

- [3] C. Marshall and M. Siegel, Value-at-risk: Implementing a risk measurement standard, *Conference on Risk Management in Banking*, Financial Institutions Center, The Wharton School, University of Pennsylvania, October 13-15, 1996.
- [4] J. C. Goodpasture, *Quantitative Methods in Project Management*, J. Ross Publishing Inc., 2003.
- [5] S. Ye and R. L. K. Tiong , NPV-at-risk method in infrastructure project investment evaluation, *Journal of Construction Engineering and Management* **126** (2000), 227–233.
- [6] M. Duman, Bankacılık sektöründe finansal riskin ölçülmesi ve gözetiminde yeni bir yaklaşım: Value at risk metodolojisi, *TBB Bankacılar Dergisi* **32** (2000), 22-30.
- [7] J. Hull, *Introduction to Futures and Options Markets*, 3rd ed., Prentice Hall, 1998.
- [8] A. Aydın. Sermaye yeterliliği ve VAR (value at risk). http://www.tbb.org.tr/Dosyalar/Arastirma_ve_Raporlar/sermaye_var.doc, 2000. Online; accessed 12-December-2010.
- [9] C. C. Küçüközmen, Bankacılıkta risk yönetimi ve sermaye yeterliliği: Value at risk uygulamaları, *İktisat İşletme ve Finans* **14** (1999), 71–87.
- [10] J. Hudakova. Firm projects and social behaviour of investors. http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0509/0509102v2.pdf, 2005. Online; accessed 12-December-2010.
- [11] K. Çonkar, *Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Yatırım Kararları ve Yatırım Teşvikleri*, Biar Enstitüsü, Ankara 1992.
- [12] F. Caron, M. Fumagalli and A. Rigamonti, Engineering and contracting projects: A value at risk based approach to portfolio balancing, *International Journal of Project Management* **25** (2007), 569–578.