

**ARASTIRMA MAKALESİ /RESEARCH ARTICLE**

**PROJE RİSK DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ İÇİN SİMÜLASYONU VE BULANIK KÜMELER TEORİSİNİ TEMEL ALAN BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM**

**Özgür ARMANERİ<sup>1</sup>, Güzin ÖZDAĞOĞLU<sup>2</sup>, Özgür YALÇINKAYA<sup>1</sup>**

**ÖZ**

Belirlilik varsayımı altında yatırım projeleri değerlendirilirken, proje alternatiflerini değerlendirmek için gereken ve tahmin edilerek belirlenen nakit girişleri, nakit çıkışları, toplam yatırım tutarı gibi proje parametrelerinin gerçekleşmesinin kesin olduğu ve tahmin edilen tüm sayısal değerlerin gerçekleşen değerlerden bir sapma göstermeyeceği varsayılmaktadır. Ancak gelecek ile ilgili yapılacak tahminlerin kesin ve fiilen gerçekleşen değerler olacağını varsaymak çoğu zaman doğru bir davranış olmaz. Geleceğin belirsizliklerle ve risklerle dolu olması sebebiyle, proje alternatiflerine ilişkin değerlerin önceden doğru ve sapmasız olarak tahmin edilmesi hemen hemen imkansızdır. Bu çalışmada, geleceğe yönelik belirsizliğin ve riskin bulunduğu ortamlarda yatırım projelerinin risk düzeylerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçlara göre yatırım kararının verilmesi amacıyla simülasyonu ve bulanık küme teorisini temel alan bir yaklaşım önerilmektedir. Çalışma kapsamında proje parametrelerine ait bilgi belirsizliğinin farklı durumlarında karar vericiye yol gösterecek bir akış sunulmaktadır. Bu akış sayesinde proje değerlendiricisinin, proje parametrelerinin alacağı değerleri nasıl belirlediğine bağlı olarak (deterministik, stokastik ya da bulanık) tüm olası durumlarda proje riskini daha kolay belirlemesi ve analiz edebilmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Proje değerlendirme, Simülasyon, Bulanık kümeler, Proje risk değerlendirme.

**AN INTEGRATED APPROACH BASED ON SIMULATION AND FUZZY SETS THEORY FOR DETERMINING PROJECT RISK LEVEL**

**ABSTRACT**

During evaluation of investment projects under certainty assumption, it is assumed that the realization of project parameters such as; estimated cash incomes which are necessary to evaluate the project alternatives, cash outcomes, total investment value are certain and there will not be any deviation between all the estimated numerical values and their realized values. However, this assumption, parameter values in the future would be the exact values as actual values forecasted in the present, would not be rational behavior most of the time. Since fully uncertain and risky future conditions, it is almost impossible to forecast the true and exact values of project alternatives. In this study, a simulation and fuzzy set theory based approach is proposed to determine the risky levels of investment projects and to make an investment decision depends on the obtained results under uncertainty and risk future conditions. In the scope of the study, a flow is presented to guide to the decision maker under different situation of information uncertainty that belongs to project parameter values. Via this flow it is aimed that project evaluator can determine and analyze risk of the project more easily in all the possible situations depend on how the project parameter values determined (deterministic, stochastic or fuzzy).

**Keywords:** Project evaluation, Simulation, Fuzzy sets, Project risk assessment.

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

Tel: +90 232 412 76 24; fax:+90 232 412 76 08, E-mail: ozgur.armaneri@deu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Proje, gelecekte mal ve hizmetlerin üretimini arttırarak bir kazanç sağlamak amacıyla belirli bir plan çerçevesinde mevcut ekonomik kaynakların bir bölümünün kullanımını gerektiren bir yatırım önerisi olarak ele alınmalıdır. İşletmeler ya da girişimciler sürekli olarak, gelecekte kazanç sağlayabileceklerini düşündükleri çok sayıda proje alternatifi ile karşı karşıya kalmaktadır. Ancak sahip olunan ekonomik kaynaklar, tüm proje alternatiflerini gerçekleştirilmeye yetecek bollukta değildir. Dolayısıyla, sınırlı ekonomik kaynakların çok sayıda ve farklı yatırım alternatifleri arasından hangisi ya da hangileri için kullanılacağı belirlenmesi, bir başka ifadeyle proje alternatifleri arasında belirli amaçlara ve kriterlere göre bir sıralama ve seçim yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, alternatifler değerlendirilirken daha henüz yapılmamış yatırımlara ilişkin bazı verilere ihtiyaç duyulur. Örneğin, yatırım projelerinin değerlendirilebilmesi için, yatırım projesine ilişkin toplam yatırım tutarının, projenin ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı nakit girişlerinin ve yol açacağı nakit çıkışlarının, iskonto oranlarının ve ekonomik ömür sonundaki hurda değerinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Ancak bu değerlerin yatırım gerçekleştirilmeden kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Dolayısıyla tüm bu değerlerin tahmin edilmesi gerekir.

Geleceğin belirsizliği ve riski sebebiyle, proje alternatiflerine ilişkin değerler çoğu durumda önceden sapsız olarak tahmin edilemez. Karar vericinin, belirsizlik ve risk olgusu sebebiyle gelecekte oluşacak değerleri tahmin ederken yapacağı hatalar, projenin geri dönüşü ve karlılığı hakkındaki kararları doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışmada, geleceğe yönelik belirsizliğin ve riskin yüksek olduğu ortamlarda yatırım projelerinin risk düzeylerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçlara göre yatırım kararının verilmesi amacıyla simülasyonu ve bulanık küme teorisini temel alan bütünleşik bir proje risk değerlendirme yaklaşımı önerilmektedir ve proje parametre değerlerine ait bilgi belirsizliğinin farklı durumlarında karar vericiye yol gösterecek bir akış sunulmaktadır. Çalışma şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde proje risk değerlendirme kavramı üzerinde durulduktan sonra üçüncü bölümde proje riskinin belirlenmesinde simülasyon ve bulanık küme teorisi kısa ve öz olarak anlatılacaktır. Dördüncü bölümde önerilen proje risk değerlendirme yaklaşımı açıklanacak, beşinci bölümde ise önerilen yaklaşımın nasıl uygulanabileceği ele alınacaktır. Son bölümde ise

çalışmanın sonuçlarına ve ileriki çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

## 2. PROJE RİSK DEĞERLEME

Geleceğe yönelik belirsizliklerin ve risk faktörünün yüksek olduğu durumlarda, belirlilik varsayımı altında değerlendirmeler yapmak, yanlış sonuçların ortaya çıkmasına neden olur. Belirlilik varsayımının geçerli olmadığı durumlarda, projelere ait parametrelerin tek bir değer olarak değil, bir değer kümesi olarak tahmin edilmesi gerekir. Örneğin, bir proje önerisinin ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı öngörülen nakit akışlarının tek bir değer yerine bir değer kümesi şeklinde belirlenmesi doğal olarak analiz sürecinin etkinliğini ve ulaşılan sonuçların tutarlılığını olumlu yönde etkileyecektir. Çünkü belirsizlik ve risk nedeniyle nakit akışlarındaki olası sapmaların daha değerlendirme sürecinde iken öngörülmesi, daha doğru kararlar almayı sağlar.

Proje değerlendirme sürecinde, projelerin yapılabirlikleri genellikle net bugünkü değerlerine (NBD) bakılarak belirlenmektedir. Belirsizlik ve riskin yüksek olduğu ortamlarda, projelere ait nakit girişleri, nakit çıkışları, iskonto oranı gibi parametreler, projenin yaşam döngüsü boyunca değişmektedir. Bu sebepten ötürü, projelerin NBD'lerinin bulunmasında kullanılan bu parametreler tahmin edilirken, her bir parametreye ilişkin muhtemel değerlerin tümü tahmin edilmeye çalışılmalıdır. Her bir parametrenin, tek bir değer yerine bir değerler kümesi şeklinde belirlenmesi sonucu, parametrelerin olası tüm kombinasyonları için farklı NBD'ler elde edilmiş olacaktır. Sonuç olarak tek bir projeye ait hesaplanan bu NBD'lerin değişim aralığı yani değişkenliği ne kadar az ise, o proje o kadar risksiz olacaktır. Dolayısıyla, bir projenin risk düzeyinin sayısal olarak ölçülmesi için projenin NBD'inin değişkenliği belirlenmelidir (Armaneri vd., 2005).

O halde, bir proje önerisinin risk düzeyi belirlenmek istendiğinde öncelikle risk içeren proje parametrelerinin farklı kombinasyonlarına göre projenin NBD'inin ne olacağı belirlenmelidir. Geleneksel proje değerlendirme yöntemlerinden biri olan NBD yöntemine göre, bir projenin NBD'i aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmaktadır.

$$NBD = \sum_{t=1}^N \frac{A_t}{(1+i)^t} + \frac{H}{(1+i)^N} - I_0 \quad (1)$$

Burada projenin yatırım maliyeti ( $I_0$ ), her dönem uygulanan kabul edilmiş iskonto oranı ( $i$ ),  $t$ . döneme ait nakit akışı ( $A_t$ ), yatırım projesinin ekonomik ömrü sonundaki hurda değeri ( $H$ ) ve yatırımın kuruluş dönemi ile ekonomik ömür süresinin toplamı ( $N$ ) ile gösterilmektedir.

Enflasyon dönemlerinde, proje gelirlerini ya da giderlerini belirleyen unsurların piyasa fiyatlarında artışlar olmaktadır. Enflasyon durumunda gelir ve gider unsurlarının fiyatları mutlak olarak değişeceği gibi aynı zamanda tüm unsurların nisbi fiyatları da değişmektedir. Projelerin net nakit akışları üzerinde çok önemli etkileri bulunması sebebiyle, enflasyonun proje değerlendirme sürecinde dikkate alınmaması durumunda yatırımlar ile ilgili yanlış kararların alınması kaçınılmazdır. Ancak mevcut literatür incelendiğinde, son zamanlarda yapılan çalışmalarda hesaplamaları zorlaştırma, kurulan modelleri daha karmaşık hale getirme, nakit giriş ve çıkışlarının enflasyondan aynı düzeylerde etkileneceği varsayımı gibi gerekçeler ile enflasyonist etkilerin proje değerlendirme sürecinde göz ardı edilebildiği görülmektedir.

Çoğu zaman bir yatırım projesine ilişkin gelir yaratan ya da maliyete yol açan unsurların fiyatları, enflasyon hızından farklı oranlarda artış gösterebilmektedir. Gelir ve gider kalemlerinin fiyatlarındaki artış yüzdeleri, enflasyon hızından farklı olabileceği gibi birbirlerinden de farklı olabilir. Eski ve Armaneri (2006, ss.514-517), enflasyonun proje gelir ve giderlerini farklı şekillerde ve oranlarda etkilemesi sebebiyle, projelerin NBD'yi bulunurken bazı düzenlemeler yapılması gerektiğini belirtmektedir. Bilindiği üzere, enflasyon dikkate alınmadan yani fiyatların gelecekte değişmeyeceği varsayılarak hesaplanan  $t$ . dönemdeki nakit girişleri  $A_t$  ve nakit çıkışları  $I_t$  ile gösterilirse, proje önerisine ait  $t$ . dönemdeki enflasyonu dikkate almayan vergi öncesi nakit akışı,  $[A_t - I_t]$  eşitliği ile bulunur.  $e$  yıllık enflasyon oranını göstermek üzere, bugünkü fiyatlarla hesaplanan  $A_t$  ve  $I_t$  değerlerinin enflasyonun varlığı durumunda hangi değerler olarak gerçekleşeceğini belirlemek için  $A_t$  ve  $I_t$  değerleri  $(1+e)^t$  değeri ile çarpılır. Buradaki varsayım her yıla ait enflasyon oranlarının aynı olduğu, gelir ve gider unsurlarının fiyatlarının enflasyon oranında arttığıdır. Ancak gelir ve gider yaratan unsurların fiyatları enflasyondan farklı oranlarda etkilenebilir. Buna göre, enflasyonun nakit girişlerine yansıma oranı  $x$ , nakit çıkışlarına yansıma oranı  $y$  ile gösterildiğinde,  $t$ . dönemdeki parasal nakit girişi;

$$A_t(1+xe)^t \quad (2)$$

ve  $t$ . dönemdeki parasal nakit girişi ise;

$$I_t(1+ye)^t \quad (3)$$

eşitlikleri ile bulunur. O halde, enflasyonun varlığında  $t$ . dönemdeki vergi öncesi nakit akışı ( $VÖNA_t$ );

$$VÖNA_t = A_t(1+xe)^t - I_t(1+ye)^t \quad (4)$$

şeklinde elde edilecektir. Her döneme ait vergi öncesi nakit akışı tutarları bulunduktan sonra, vergiye tabi gelir tutarları, vergi miktarları ve vergi sonrası nakit akışları da kolaylıkla bulunabilir (Eski ve Armaneri, 2006).

Sonuç olarak, enflasyonun nakit girişlerine ve nakit çıkışlarına farklı oranlarda etki etmesi durumunda bir proje önerisinin NBD'yi aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunacaktır.

$$NBD = \sum_{t=1}^N \frac{[A_t(1+xe)^t - I_t(1+ye)^t](1-V) + D_t V}{(1+i)^t} + \frac{H}{(1+i)^N} - I_0 \quad (5)$$

Bu eşitlikte  $V$ , vergi oranını;  $D_t$ ,  $t$ . dönemde ayrılan amortisman miktarını ifade eder. Eşitlikte yer alan birinci oranın payı, her döneme ait vergi sonrası nakit akışlarını göstermektedir. Yatırım maliyeti ( $I_0$ ), vergiye tabi olmaması açısından ayrı olarak gösterilmiştir. Ancak bu eşitliğin uygulanabilmesi için, yatırımın kuruluş döneminin uzunluğunun bir yıldan fazla olması durumunda, temel yıldan sonraki yıllardaki yatırım harcamalarının temel yıla indirgenmesi gereklidir.

Yukarıdaki eşitlikte  $t$ . dönemdeki nakit girişi ( $A_t$ ), proje konusu olan ürün ya da ürünlerin o dönemdeki talep miktarı ile birim satış fiyatlarının çarpılıp toplanması ile bulunmaktadır. O halde,  $P_i$ ,  $i$ . ürünün birim piyasa fiyatını ve  $Q_i$ ,  $i$ . ürünün talep miktarını göstermek üzere,  $n$  adet ürün üretilen bir proje önerisine ait  $t$ . dönemdeki nakit girişi şu şekilde hesaplanır.

$$A_t = \sum_{i=1}^n P_i * Q_i \quad (6)$$

### 3. PROJE RİSKİNİN BELİRLENMESİNDE SİMÜLASYON VE BULANIK KÜME TEORİSİ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Uygulama alanı sürekli genişleyen simülasyon en genel anlamda gerçek bir sistemi temsil

edebilecek bir modelin bilgisayarda kodlanarak oluşturulması ve bu model ile sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi süreci olarak tanımlanabilir. Simülasyon yöntemi ve geliştirilen simülasyon modeli sayesinde proje değerlendirme ve proje riskini belirleme sürecinde olasılık dağılımı ile tanımlanan proje parametrelerinin, simülasyon modeliyle rasgele türetilen değerleri alması durumunda projenin NBD'inin hangi değerleri alabileceği belirlenmektedir.

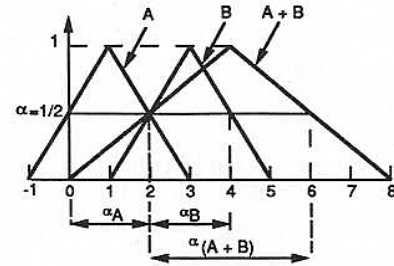
Belirtildiği üzere, simülasyon yaklaşımı, proje parametrelerine ait değerlerin tek bir değer yerine bir değişim aralığına sahip olasılık dağılımları ile tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle proje değerlendirmede belirsizlik ve riskin etkisi tamamen olmasa bile bir ölçüde azalmaktadır. Simülasyon yönteminin temel odak noktası, projenin karlılığını etkileyen ve olasılık dağılımı ile belirlenen proje parametrelerine ait rasgele türetilen değerleri kullanarak projenin karlılığını hesaplamaktır. Kullanılan simülasyon modelinin çalıştırılması ile her seferinde farklı bir rasgele değer türetildiğinden projenin karlılığı da her seferinde farklı bir şekilde elde edilmiş olacaktır. Günümüzde pek çok bilgisayar programı yardımıyla olasılık dağılımı ile tanımlanan bir proje parametresine ait rasgele değerler üretmek mümkündür. Simülasyon uygulamaları günümüzde artık hızlı bilgisayarlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla simülasyon modelinin tekrar sayısının artması zaman ve maliyet açısından büyük bir sorun yaratmamaktadır. Bu sebepten ötürü, tekrar sayısının olabildiğince fazla tutulması, projenin karlılığını etkileyen parametrelerin tüm kombinasyonlarının analiz edilmesine ve daha doğru sonuçlar elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Proje değerlendirme sürecinde çoğu zaman projenin karlılığını yani NBD'ini etkileyen parametreler olasılık dağılımları ile tanımlanamamaktadır. Böyle durumlarda bulanık küme teorisinin ilkelerine başvurmak kaçınılmaz olur. Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbeycan asıllı Zadeh (1965) tarafından literatüre sunulmuş ve önce tepkiyle karşılanan bu ilkelerin yayılması ve kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Bulanıklığın anlamı, bir araştırmacının incelediği konunun kendisi tarafından tam kesinlikle bilinmemesi durumunda sahip olduğu eksik ve belirsiz bilgilerin tümüdür. Böylece araştırmacı, klasik analitik yöntemleri doğrudan kullanamaz.

Bulanık kümeler ve sistemlerle ilgili birçok yaklaşım ve hesaplama teknikleri geliştirilmiştir (Zadeh, 1968; Şen, 2001; Ross, 2004). Ancak bu çalışmanın kapsamında proje parametre değer-

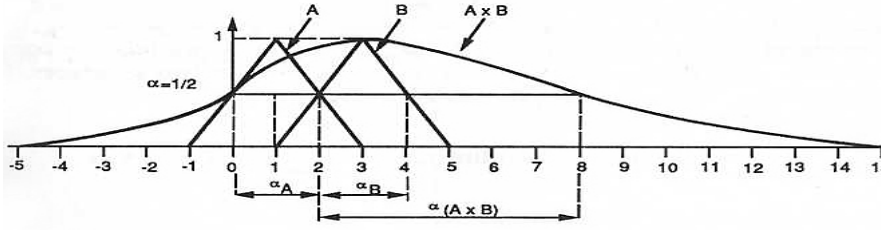
lerinin bulanık belirlenmesi durumunda projenin NBD'ini hesaplamak amaçlandığı için, hesaplamalara referans olacak temel bulanık aritmetik operasyonlara yer verilmiştir. Literatürde bulanık kümeleri temel alan proje değerlendirme çalışmaları incelendiğinde bulanık belirlenen proje parametre değerlerinin büyük çoğunlukla üçgen bulanık sayılar (TFN) ile tanımlandığı görülmektedir (Teng ve Tzeng, 1998; Mohamed ve McCowan, 2001; Karsak ve Tolga, 2001; Rebiasz, 2007; Imoto vd., 2008; Huang vd., 2008). Bu çalışma kapsamında kullanılan bulanık sayılar sürekli üçgen bulanık sayı olarak seçilmiş ve çıktılar da üçgen dağılım olarak varsayılmış ve bu şekilde tanımlanmıştır. Üçgen bulanık küme içerisindeki herhangi bir elemanın üyelik derecesi, basit benzerlik yöntemi ile kolaylıkla hesaplanmaktadır. Bunun yanında uniform, Gauss ve trapezoidal fonksiyonlar kullanımı pratik olan diğer üyelik fonksiyonları arasındadır.

Klasik matematik operasyonlarının bulanık sayılar için tanımı farklılık göstermektedir. Örnek olarak  $A = \{-1, 1, 3\}$  ve  $B = \{1, 3, 5\}$  biçiminde tanımlanan üçgen bulanık sayılar arasındaki işlemler Şekil 1 ve 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Bulanık Kümelerde Toplama İşlemi (Klir ve Yuan, 1995)

Proje değerlendirme çalışmalarında üçgen bulanık sayıların çok yaygın kullanılması sebebiyle burada üçgen bulanık sayılar için aritmetik işlemler aktarılmıştır. Parametre değerlerinin farklı bulanık sayılar ile ifade edilmesi durumunda aritmetik işlemler de farklı olacaktır (Zimmermann, 1987; Hwang ve Lai, 1992; Sakawa, 1993; Klir ve Yuan, 1995)



Şekil 2. Bulanık Kümelerde Çarpma İşlemi (Klir ve Yuan, 1995)

Çıkarma işlemi ve bölme işlemi de çarpma işlemine benzer mantıkta gerçekleştirilmekte olup aşağıdaki eşitliklere (Eşitlik 7-10) göre hesaplanmaktadır:

$\tilde{A} = TFN(l_a, m_a, u_a)$  ve  $\tilde{B} = TFN(l_b, m_b, u_b)$  için;

$$\tilde{A} + \tilde{B} = TFN(l_a + l_b, m_a + m_b, u_a + u_b) \quad (7)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = TFN[\min(l_a - l_b, l_a - u_b, u_a - l_b, u_a - u_b); (m_a - m_b); \max(l_a - l_b, l_a - u_b, u_a - l_b, u_a - u_b)] \quad (8)$$

$$\tilde{A} \cdot \tilde{B} = TFN[\min(l_a \cdot l_b, l_a \cdot u_b, u_a \cdot l_b, u_a \cdot u_b); (m_a \cdot m_b); \max(l_a \cdot l_b, l_a \cdot u_b, u_a \cdot l_b, u_a \cdot u_b)] \quad (9)$$

$$\tilde{A} / \tilde{B} = TFN[\min(l_a / l_b, l_a / u_b, u_a / l_b, u_a / u_b); (m_a / m_b); \max(l_a / l_b, l_a / u_b, u_a / l_b, u_a / u_b)] \quad (10)$$

Yatırım projelerinin seçiminde ve değerlendirilmesinde, proje ile ilgili nakit akışlarının izlenmesinde istatistiksel metotlardan ve optimizasyon tekniklerinden sıkça yararlanılmakta olup, son yıllardaki çalışmalar incelendiğinde, özellikle simülasyonu ve bulanık kümeler teorisini kapsayan çalışmalarda artan bir eğilim gözlenmektedir. Bu eğilime katkıda bulunan çalışmalar arasında, bulanık ortamlarda kısıt programlama yaklaşımıyla sermaye bütçelemeinde optimizasyon tekniği uygulayan Iwamura ve Liu (1998) ile Huang (2007); taşımacılık yatırım projelerinin seçimi sürecinde bulanık kümeler teorisini kullanan Avineri vd. (2000); Sermaye bütçelemeine belirsizliği katacak bir yatırım karar yöntemi öneren Kuchta (2000); belirsizlik altında yatırım proje kararlarının modellenmesinde bulanık kümeleri ve olabilirlik teorisini kullanan Mohamed ve McCowan (2001); Monte Carlo Simülasyon Yöntemine dayalı olarak proje riskini analiz eden Hacura vd. (2001); bulanık sayılar ile rasgele sayıların kullanımının sermaye bütçelemei açısından karşılaştırmasını ortaya koyan Kahraman vd. (2002); belirsizlik altında yatırım alternatiflerinin karşılaştırılmasında ve çeşitli mühendislik ekonomisi problemlerinin çözümünde simülasyon yazılımlarının kullanılmasını öneren Coates ve Kuhl (2003); Simülasyon ve çok kriterli karar verme prosedürü ile yatırım projelerini değerlendiren Nowak (2005); bilişim teknolojileri

yatırımlarının değerlendirilmesinde bulanık çok kriterli karar modeli yaklaşımını uygulayan Chou vd. (2006); yatırım projelerinin değerlendirilmesinde ve birden fazla proje amacının optimize edilmesinde simülasyon ve yanıt yüzey metodolojisini kullanan Armaneri ve Yalçınkaya (2006); bulanık sayılar ve genetik algoritmaya dayalı simülasyon yöntemi ile yatırım projelerinin optimal seçimini içeren Huang (2007); proje risk değerlemesinde bulanık verilerin olasılık dağılımlarına dönüştürerek simülasyon teknikleriyle risk analizi yapan Rebiasz (2007) çalışmaları yer almaktadır.

### 3.1. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Son yıllarda, belirsizlik ve risk altında proje değerlendirme çalışmaları yükselen bir trend göstermektedir. Bazı proje parametrelerinin proje yaşam döngüsü boyunca tahmin edilen değerlerinden sapma göstermesi ihtimali, projelerin değerlendirilmesinde belirsizlik ve risk olgusunun dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Böyle durumlarda, riskli proje parametrelerinin değerleri olasılık dağılımları ile belirlenebilir. Daha sonra olasılık dağılımları ile belirlenen proje parametrelerine ait rasgele türetilen değerler kullanılarak projenin karlılığı hesaplanır. Dolayısıyla bir parametreye ait her türetilen rasgele değer, farklı bir karlılık değeri

bulunmasına neden olur. Böylelikle, projenin karlılığının, kendisini etkileyen parametrelerdeki değişimlere karşı nasıl etkilendiği de belirlenmektedir. Bu olgu öz itibarıyla duyarlılık analizinin de temel hedefidir. Bilindiği gibi duyarlılık analizi, bir fonksiyonu etkileyen değişkenlerden birinde ortaya çıkacak değişikliğin, diğer değişkenler sabit iken, fonksiyonun değerinde yarattığı değişimin belirlenmesine yöneliktir. Ancak duyarlılık analizi olasılık dağılımıyla tanımlanan değişkenlerden iki veya daha fazlasının aynı anda değişmesi durumunda amaç fonksiyonunun bu değişimlerden nasıl etkilendiği konusunda bir fikir vermez. İşte simülasyon yöntemi ve geliştirilen simülasyon modeli sayesinde, proje değerlendirilme yer alan ve proje yaşam döngüsü boyunca değişen; maliyetler, gelirler, faiz oranları gibi parametrelerin tek başına ya da eş zamanlı değişiminin projenin yapılabirliği üzerindeki etkilerini belirlemek mümkündür.

Yukarıda belirtilen avantajından dolayı, son yıllarda belirsizlik ve risk altında proje değerlendirme çalışmalarında simülasyon kullanımını giderek yaygınlaştırmaktadır. Projenin beklenen karlılığı simülasyon yöntemi ile bulunmaktadır. Bilindiği üzere, projenin karlılığı, genellikle NBD'ine bakılarak belirlenir. Simülasyonu kullanarak projenin beklenen karlılığını yani beklenen NBD'ini bulmayı hedefleyen çalışmaların hemen hemen tümünde NBD ifadesinin Eşitlik (1) de verilen geleneksel formülasyonu kullanılmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında  $A_t$ , bazılarında  $i$ , bazılarında ise her iki parametre olasılık dağılımları ile tanımlanmaktadır. Yine bu çalışmaların hemen hemen tamamında yaygın kullanılan bir simülasyon tekniği olan Monte Carlo Simülasyonu kullanılmaktadır. Ayrıca bu çalışmalarda, enflasyonun nakit giriş ve çıkışlarına etkisinin aynı olacağı varsayılarak, enflasyon etkisi proje değerlendirme sürecinde dikkate alınmamaktadır. Oysa ki enflasyon gelir ve gider unsurlarını farklı oranlarda etkileyebilir ve değerlendirme sürecinde mutlaka dikkate alınması gerekir. Böyle bir durumda NBD formülasyonu da değişecektir. Çalışma kapsamında belirtilen durumları içine alan yeni bir NBD formülasyonu kullanılmıştır (Eşitlik 5). Bu çalışmanın literatüre katkılarında biri; proje riskini belirleme ve proje değerlendirme sürecinde, literatürde önceden beri var olan ancak bilimsel çalışmalarda içerdiği hesaplama ve modelleme zorlukları nedeniyle çok kullanılmayan bir formülasyonu proje risk değerlendirme sürecine dahil etmek olmuştur.

Bu yeni durumda projenin beklenen NBD'i bulunurken olasılık dağılımları ile ta-

nımlanan parametrelerin sayısı da artacaktır. Dolayısıyla burada Monte Carlo Simülasyonu uygulamak önemli zorluklara yol açar. Üstelik proje parametrelerinin her zaman kesikli olasılık dağılımları ile tanımlanması gerçekçi bir durum değildir. Bu nedenlerden dolayı, Eşitlik (5) de verilen NPV formülasyonu için bir yazılım ile simülasyon modeli geliştirilmelidir. Bu çalışmada böyle bir model geliştirilmiştir ve geliştirilen model çalışmanın literatüre ikinci katkısıdır. Geliştirilen model sayesinde, riskli proje parametreleri, istenilen olasılık dağılımları ile tanımlanabilir. Bu parametrelerin istenilen sayıda kombinasyonu belirlenerek projenin beklenen NBD'i bulunabilir. Özellikle belirtilmelidir ki; simülasyon modeli proje parametrelerinin bazıları arasında olabilecek olası korelasyonlar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Geliştirilen model sayesinde projelerin sadece beklenen karlılık değerleri değil aynı zamanda beklenen karlılıkları için güven aralıkları ve histogramları elde edilebilmiştir.

Proje parametrelerinin alacağı değerlere ilişkin bilgi belirsizliği farklı durumlarda olabilir. Örneğin riskli proje parametre değerleri olasılık dağılımları yerine bulanık olarak ifade edilebilir. Böyle bir durumda da projelerin sadece beklenen karlılıklarına göre değil aynı zamanda risk düzeylerine bakılarak yatırım kararının verilmesi gerçeği değişmez. O halde riskli proje parametre değerlerinin bulanık olarak belirlenmesi durumunda da proje riski belirlenmelidir. Bu çalışmanın kapsamında bilgi belirsizliğinin farklı durumlarında karar vericiye yol gösterecek bir akış sunulmaktadır ve bu akış, çalışmanın literatüre üçüncü katkısıdır. Bu akışın proje değerlendiricisine, proje parametrelerinin alacağı değerleri nasıl belirlediğine bağlı olarak (deterministik, stokastik ya da bulanık) tüm olası durumlarda proje riskini nasıl hesaplayacağı ve analiz edeceği konusunda yol gösterici bir araç olacağına inanılmaktadır. Bu akıştaki dallardan biri, Rebiasz (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada yer alan sürece benzer şekilde proje risk değerlendirmesinde bulanık sayılar yaklaşımının kullanılmasını ve bulanık sayıların olasılık dağılımlarına dönüştürülerek, proje risk düzeyinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen simülasyon modelinin analiz edilmesini içermektedir. Ancak, bu çalışmada Rebiasz (2007)'in çalışmasından farklı olarak sadece bulanık sayıların, olasılık dağılımlarına dönüştürülerek simülasyon ile analizi değil; proje parametrelerine ait değerlerin bulanık belirlenmesi durumunda projenin NBD'nin bulanık olarak hesaplanması ve yorumlanması da ele alınmış, ayrıca proje parametrelerinin alacağı değerlerin olasılık dağılımlarının bilinmesi duru-

munda doğrudan simülasyon modelinde bu değerler kayıtlanarak proje risk düzeyi hakkında analizler yapılması da sağlanmıştır. Ayrıca, Rebiasz tarafından kullanılan NBD ifadesi de farklıdır. Dolayısıyla, bu çalışmada farklı bir simülasyon modeli yürütülmüştür.

#### 4. ÖNERİLEN YAKLAŞIM

Proje risk düzeyinin belirlenmesi amacıyla önerilen bütünleşik yaklaşıma ait akış şeması tüm aşamaları ile Şekil 3'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Önerilen yaklaşımın ilk adımı, projenin karlılığını yani NBD'ini etkileyen proje parametrelerinin belirlenmesidir. Daha sonra bu parametreler içerisinde risk içeren parametrelerin olup olmadığı araştırılmalıdır. Belirsiz ve riskli ortamlarda proje değerlendirmede bazı proje parametrelerinin kesin olarak belirlenemeyeceği yani risk içerecekleri önceden belirtilmişti. Bu nedenden ötürü, önerilen yaklaşımın bir sonraki aşamasında risk içeren proje parametre değerlerinin nasıl tanımlanacağı saptanmalıdır. Risk içeren parametreler, literatürde olasılık dağılımlarıyla ya da bulanık tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, önerilen yaklaşımda, parametre değerlerinin nasıl tanımlandığına bağlı olarak akışın yönü değişmektedir. Eğer riskli proje parametreleri olasılık dağılımları ile tanımlanmışsa, bu değerler, yine önerilen yaklaşımının bir parçası olarak geliştirilen simülasyon modeline veri olarak girilir. Parametrelerin hangi olasılık dağılımları ile tanımlanacağı tamamen karar vericinin takdirindedir. Herhangi bir sınırlama söz konusu değildir. Ancak uygulamada en çok uniform dağılımın kullanıldığı görülmektedir.

Simülasyon modeline olasılık dağılımları ile tanımlanan proje parametre değerlerinin yanında deterministik olarak tanımlanan değerler de girilerek model istenilen sayıda çalıştırılır. Simülasyon uygulamaları günümüzde hızlı bilgisayarlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla, geliştirilen modelin çok sayıda çalıştırılması, projenin karlılığını etkileyen parametrelerin tüm kombinasyonlarının analiz edilmesine ve daha doğru sonuçlar elde edilmesine olanak sağlar. İzleyen bölümde yer alan örnekte model 200 kez çalıştırılmıştır. Ancak istenirse çok daha fazla sayıda da çalıştırılabilir.

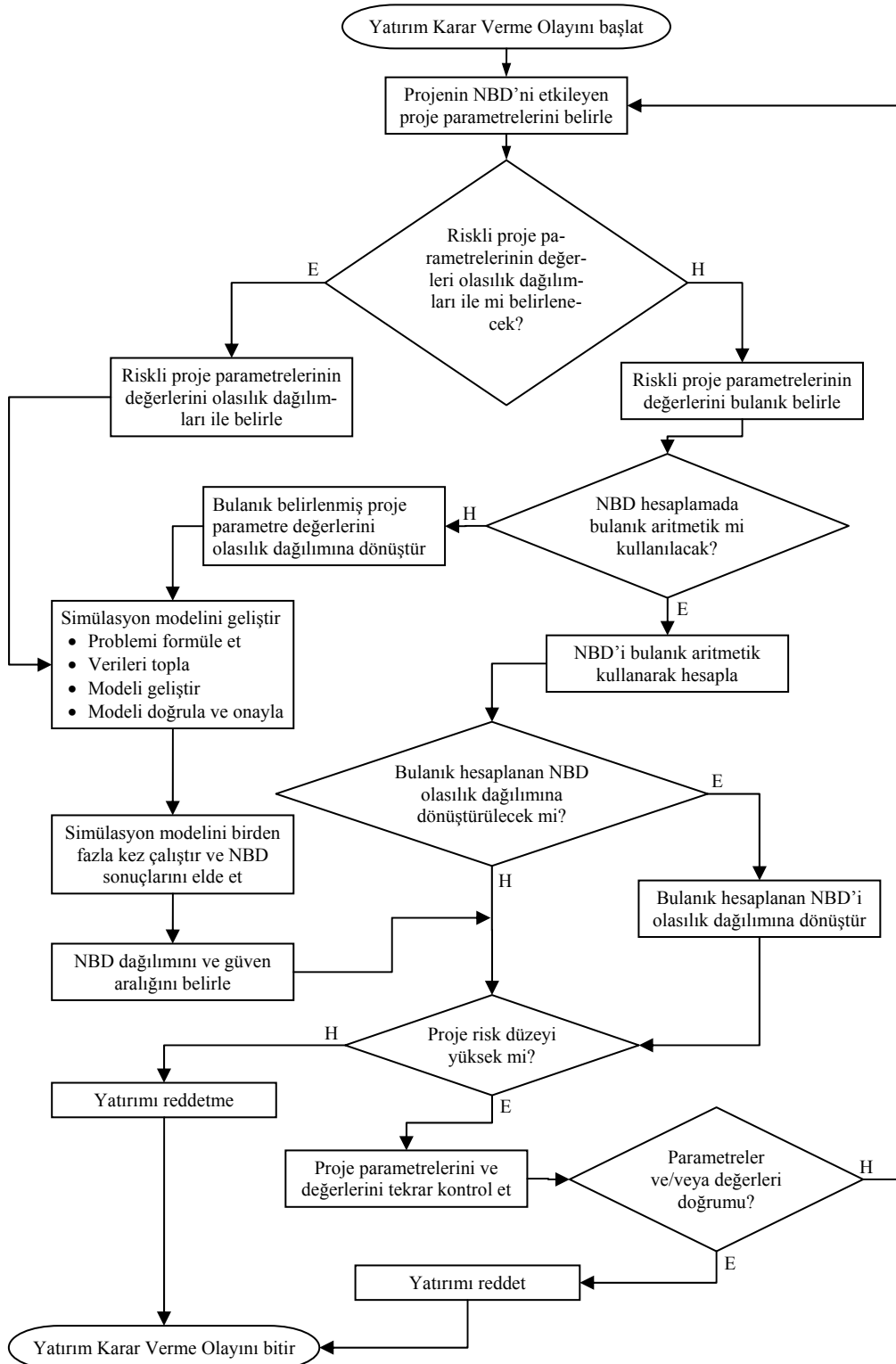
Simülasyon modelinin çalıştırılması sonucunda proje önerisi için, tekrar sayısı kadar olası NBD elde edilmiş olacaktır. Buradan projenin beklenen NBD'ini, NBD'inin dağılımı, beklenen karlılığın hangi değerler arasında olacağı hesaplanır. Daha sonra beklenen karlı-

lık değerine, beklenen karlılık için bulunan güven aralığına ve histograma bakılarak projenin risk düzeyi hakkında bir sonuca ulaşılar. Örneğin beklenen karlılık değeri negatif olan projeler kesin olarak çok riskli projeler olarak tanımlanır ve kar amacı güden işletmeler açısından kabul edilemez. Projenin beklenen karlılığı pozitif ancak bulunan güven aralığı sıfır değeri içeriyorsa projenin orta-yüksek riskli projeler sınıfına girdiğini söylemek mümkündür. Eğer projenin beklenen karlılık değeri pozitif ve beklenen karlılık için bulunan güven aralığının alt ve üst sınır değeri de pozitif ise bu proje düşük riskli proje olarak adlandırılır. Bu süreç sonunda projenin düşük riskli bir proje olduğu sonucuna ulaşırsa, proje reddedilmez.

Şekil 3'deki akışa göre, eğer projenin risk düzeyi yüksek bulunmuş ise karar vericiye; projeyi doğrudan reddetmemesi, bunun yerine kendisi tarafından belirlenen parametre değerlerini bir kez daha kontrol etmesi tavsiye edilmektedir. Çünkü belki de yanlış bir tahmin yüzünden, kar getirmesi muhtemel bir proje reddedilebilecektir. Eğer kontrol sonucunda, tahmini parametre değerlerinde bir hata olmadığı sonucuna ulaşırsa, proje önerisi yüksek riskli bulunarak reddedilecektir.

Önerilen yaklaşımda, riskli proje parametre değerlerinin olasılık dağılımları yerine bulanık belirlenmesi durumunda Şekil 3'de yer alan farklı bir akış izlenmelidir. Parametre değerlerinin bulanık belirlenmesi durumunda karar vericinin önünde iki seçenek bulunmaktadır. Karar verici ya projenin karlılığını bulanık aritmetik kullanarak hesaplayacaktır ya da geliştirilen simülasyon modelini kullanabilmek amacıyla bulanık belirlenen parametre değerlerini literatürde yer alan yöntemlerle en yakın olasılık dağılımlarına dönüştürecektir. Bulanık parametre değerlerinin olasılık dağılımlarına dönüştürülmesi durumunda daha önceden anlatılan akışa geri dönüşüm olacaktır.

Karar verici bulanık aritmetik işlemlerini kullanarak projenin karlılığını hesaplama yoluna giderse, bulanık aritmetik kullanılarak bulunan NBD de yine bulanık olacaktır. Karar verici isterse bulunan bu değeri yorumlayarak proje risk düzeyi hakkında çıkarsamalarda bulunabilir. Bir diğer yol ise bulanık hesaplanan NBD'ini en yakın olasılık dağılımına dönüştürerek istatistiksel olarak analiz etmek ve proje risk düzeyi hakkında bir sonuca ulaşmak olacaktır. Tüm bu süreçlerin sonucunda proje risk düzeyi düşük çıkarsa yaklaşım, projenin reddedilmemesini, risk düzeyinin yüksek çıkması durumunda ise proje parametre değerlerinin tekrar kontrol edilmesini yine tavsiye etmektedir.



Şekil 3. Önerilen Proje Risk Değerleme Yaklaşımına Ait Akış Şeması



## 5. ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN UYGULANMASI

Bu bölümde, önerilen yaklaşımın herhangi bir yatırım projesinin risk düzeyinin belirlenmesi ve yatırım kararının verilmesi sürecinde nasıl uygulanabileceği gösterilmiştir. Bu amaçla öncelikle tek bir ürünün üretilmesinin planlandığı ve kar maksimizasyonu ilkesine göre değerlendirilecek olan hipotetik yatırım projesi geliştirilmiş ve bu projenin riskinin belirlenmesi için uygulamada en yaygın kullanılan ölçüt olan projenin NBD'indeki değişkenlik alınmıştır.

Bilindiği üzere, projenin NBD'inin değişkenliğini saptayabilmek için öncelikle projenin NBD'inin, proje parametrelerinin çeşitli kombinasyonlarında hangi değerleri alacağı belirlenmelidir. Enflasyonun da bir proje risk unsuru olması ve projenin karlılığının belirlenmesinde dikkate alınmasının gerekliliği sebebiyle, projenin NBD'i, Eşitlik (5) kullanılarak hesaplanacaktır. Önerilen yaklaşımın uygulanabilmesi için ilk olarak projenin NBD'ini etkileyen parametrelerin nasıl tanımlanacağı belirlenmelidir. Projenin NBD'ine etki eden ve risk içeren parametreler olasılık dağılımı ile belirlenebileceği gibi bulanık

olarak da belirlenebilir.

Bu bölümde, ilk olarak, hipotetik yatırım projesine ait parametrelerin değerleri olasılık dağılımları ile tanımlanmıştır. Daha sonra proje parametre değerlerinin bulanık saptandığı varsayılarak proje riskinin nasıl analiz edildiği ve belirlendiği gösterilmiştir. İzleyen bölümde, aynı proje önerisi üzerinden yürütülen bu iki safha görülmektedir.

### Birinci Safha

Öncelikle karar verici tarafından projenin NBD'ine etki eden proje parametre değerlerinin olasılık dağılımları ile belirlendiği varsayılmıştır. Buna göre, projenin NBD'ine etki eden proje parametreleri ve bu parametrelerin alması muhtemel değerler Tablo 1'de görülmektedir. Çalışmadaki tüm parasal değerler YTL cinsindedir. Ele alınan hipotetik proje önerisi için riskli parametre değerlerinin, çok yaygın kullanılması nedeniyle uniform dağılım ile tanımlandığı öngörülmüştür. Ancak istenirse parametre değerleri her türlü stokastik dağılım ile tanımlanabilir. Geliştirilen simülasyon modeli, buna olanak sağlamaktadır. Tablo 1'de uniform dağılım UNIF olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Proje Parametre Değerleri (Birinci Safha için)

Proje parametreleri	Değişken sembolü	Parametre değeri
$t$ . dönemdeki ürün talep miktarı (adet)	$Q_t$	UNIF (1000, 1600)
$t$ . dönemdeki ürün birim fiyatı	$P_t$	UNIF (100, 120)
$t$ . dönemdeki nakit çıkışı	$I_t$	UNIF (20000, 30000)
Kabul edilen faiz oranı	$i$	UNIF (0.14, 0.20)
Kuruluş ile ekonomik ömür süresinin toplamı	$N$	5
Yatırımın hurda değeri	$H$	0
İlk yatırım tutarı	$I_0$	400000
Yıllık enflasyon oranı	$e$	UNIF (0.08, 0.12)
Enflasyonun nakit girişlerine yansımaya oranı	$x$	UNIF (0.85, 0.95)
Enflasyonun nakit çıkışlarına yansımaya oranı	$y$	UNIF (0.75, 0.85)
Yıllık vergi oranı	$V$	0.25

Eşitlik (5) kullanılarak hipotetik proje önerisinin NBD'ini hesaplayabilmek için, öncelikle yıllık amortisman tutarlarının hesaplanması gerekir. Proje önerisinin, ekonomik ömrünün ilk dönemlerinde daha fazla nakit akışı sağlaması amacıyla amortisman yöntemi olarak azalan oranlı amortisman

yöntemi seçilmiştir. Sonuç olarak yıllara göre ayrılması gereken yıllık amortisman tutarları ( $D_t$ ) şöyle elde edilir:

Eşitlik (5) ile verilen NBD eşitliğine ilişkin NBD Hesaplama Olayı akış şeması Şekil 4'de görülmektedir.

Yıllar	1	2	3	4	5	Toplam
$D_t$	104000	92000	80000	68000	56000	400000
	YTL	YTL	YTL	YTL	YTL	YTL

NBD eşitliğine ait simülasyon modeli ARENA (Kelton vd., 1997) simülasyon programı kullanılarak geliştirilmiştir.

Simülasyon modelini doğrulama aşamasında, sonuçların manuel olarak kontrolü ve rasgele değişkenler yerine sabit değerler koyma yöntemleri kullanılmıştır. Daha sonra, geliştirilen simülasyon modeline, Tablo 1'de görülen parametre değerleri ile hesaplanan yıllık amortisman tutarları girdi olarak aktarılmış ve model 200 kez çalıştırılmıştır. Böylece proje parametrelerinin farklı kombinasyonlarına göre, ele alınan yatırım projesinin NBD'ini, 200 kez model tarafından hesaplanmış ve çıktı dosyası olarak kaydedilmiştir.

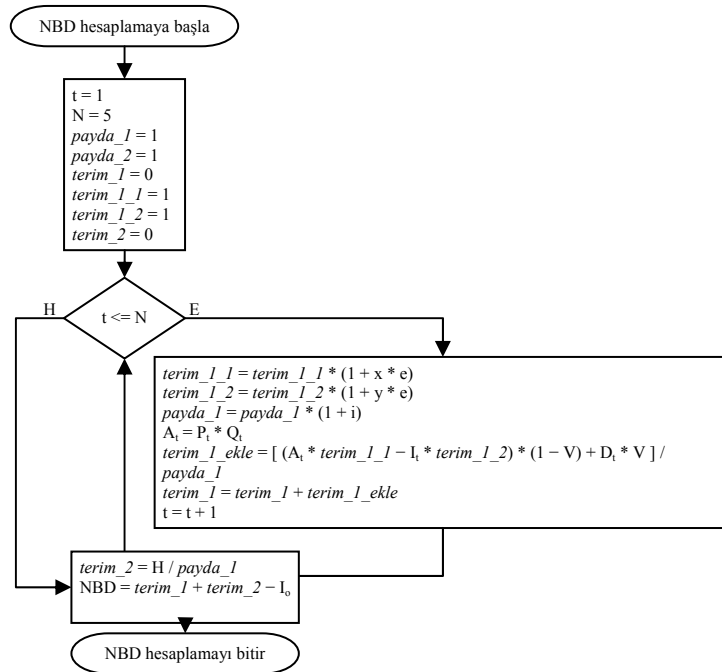
Bir sonraki aşamada, proje önerisine ait hesaplanan olası NBD'lerin güven aralığı ( $\alpha=0.05$ ) oluşturulmuş ve olası NBD'lerin dağılımı belirlenmiştir. Projenin beklenen NBD'ine ilişkin güven aralığı ve histogram Şekil 5 ve 6'da görülmektedir.

Şekil 5'de görülen güven aralığı

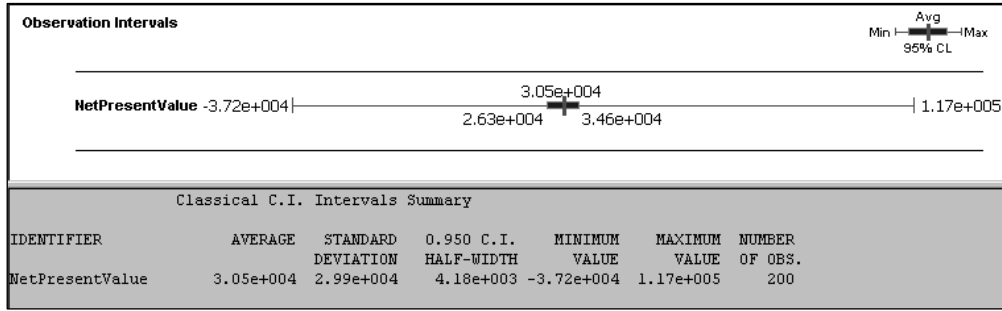
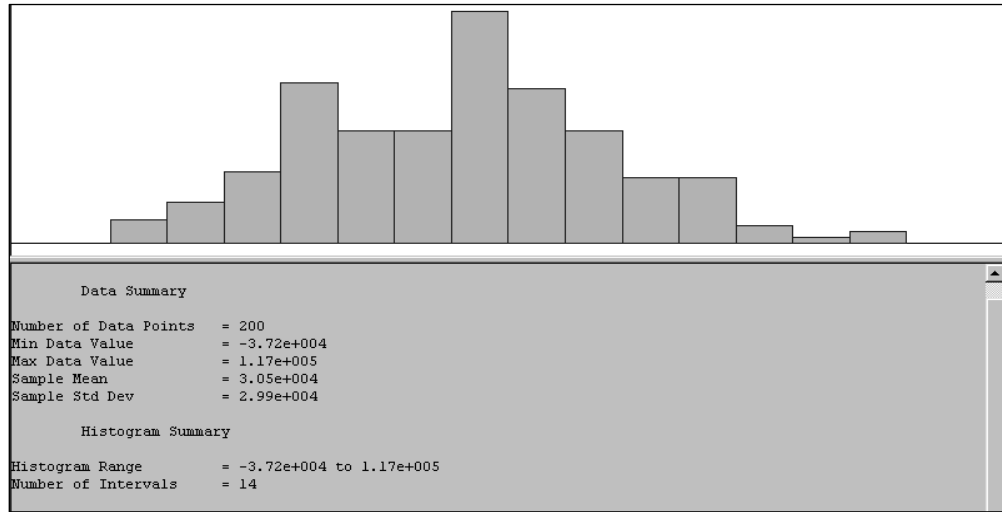
incelendiğinde, projenin NBD'ini -37200 YTL ile 117000 YTL arasında değişse de, %95 güvenle NBD'ini 26300 YTL ile 34600 YTL arasında olacağı görülmektedir. Ortalama (beklenen) NBD ise 30500 YTL olarak bulunmuştur.

Güven aralığına ilişkin özet veriler (ortalama, standart sapma, yarı güven aralığı genişliği, minimum ve maksimum değerler ve gözlem sayısı) Şekil 5'de görülmektedir. Buna göre, projenin NBD'ine ait değişkenlik (standart sapma) 29900 YTL olarak bulunmuştur.

Şekil 6'da verilen histogramda, her bir sınıfa ait genişlik 11014.29 YTL olup ilk 3 sınıfın başlangıç ve bitiş sınırları negatif iken 4. sınıfın başlangıç sınırı negatif, bitiş sınırı ise pozitifdir. Hesaplamalar sonucu elde edilen 200 olası NBD içerisinde 35 tanesi negatif, 165 tanesi ise pozitifdir. Histograma ilişkin özet veriler (gözlem sayısı, minimum ve maksimum değerler, ortalama, standart sapma, histogram genişliği ve aralık sayısı) Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 4. NBD Hesaplama Olayı Akış Şeması

Şekil 5. Proje NBD’i için Güven Aralığı ( $\alpha=0.05$ )

Şekil 6. Projenin NBD Histogramı

Bu bilgiler ışığında, projenin NBD’inin standart sapmasının beklenen değerine yakın olması projenin risk içeren bir proje olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bulunan güven aralığının sıfır değerini içermemesi ve hesaplanan değerlerin, histogramın pozitif kısmında yığılması sebebiyle projenin düşük riskli bir proje olduğunu söylemek mümkündür. Projenin düşük riskli olması sebebiyle proje önerisi ile ilgili olarak yatırım kararı verilebilir.

#### İkinci Safha

Bu safhada ise ele alınan hipotetik yatırım projesinin NBD’ine etki eden parametre değerlerinin karar verici tarafından bulanık olarak belirlendiği varsayılmıştır. Yeni durumda, projenin NBD’ine etki eden proje parametrelerinin alması muhtemel değerler Tablo 2’nin üçüncü sütununda görülmektedir. Veriler içerisinde ürün talep miktarı, ürün birim fiyatı, nakit çıkışları, yıllık enflasyon oranı, enflasyonun nakit girişlerine ve çıkışlarına yansımaları, kabul edilen faiz oranı, üçgen bulanık sayılar (TFN) ile karar verici tarafından belirlenmiştir.

Proje parametre değerlerinin karar verici tarafından bulanık belirlenmesi durumunda, proje risk düzeyinin saptanması için karar vericinin önünde iki seçenek bulunmaktadır.

Bu seçeneklerden birincisi, öncelikle bulanık aritmetik kullanılarak projenin beklenen NBD’inin hesaplanmasını içermektedir. Eşitlik (5) ve (6), bulanık ifadelerle Eşitlik (11) ve Eşitlik (12)’ye dönüşmektedir:

$$\tilde{NBD} = \sum_{t=1}^N \frac{[\tilde{A}_t(1+\tilde{x}e)^t - \tilde{I}_t(1+\tilde{y}e)^t](1-V) + D_t V}{(1+\tilde{i})^t} \frac{H}{(1+\tilde{i})^N} - I_0 \quad (11)$$

$$\tilde{A}_t = \sum_{i=1}^n \tilde{P}_i * \tilde{Q}_i \quad (12)$$

Bu aşamada, yatırımın hurda değeri yine sıfır olarak alınmış ve bulanık aritmetik işlemleri kullanılarak, Tablo 3’deki hesaplamalar yapılmıştır. Sonuç olarak projenin NBD’i, TFN(-129959, 28537, 240925) olarak bulunmuş olup, bu değer, projenin olası NBD’inin -129959 YTL ile 240925 YTL arasında da

Tablo 2. Proje Parametre Değerleri (İkinci Safha için)

Proje parametreleri	Değişken sembolü	Parametre değeri	Yaklaşık Stokastik Değeri
t. dönemdeki ürün talep miktarı (adet)	$Q_t$	TFN (1100,1300,1500)	UNIF (1197,1403)
t. dönemdeki ürün birim fiyatı	$P_t$	TFN (100,110, 120)	UNIF (104.84,115.16)
t. dönemdeki nakit çıkışı	$I_t$	TFN (20000,25000,30000)	UNIF (22045,27955)
Kabul edilen faiz oranı	$i$	5	UNIF (0.156,0.184)
Kuruluş ile ekonomik ömür süresinin toplamı	$N$	400000	5
Yatırımın hurda değeri	$H$	TFN (0.08,0.10,0.12)	0
İlk yatırım tutarı	$I_0$	TFN (0.85,0.90,0.95)	400000
Yıllık enflasyon oranı	$e$	TFN (0.75,0.80,0.85)	UNIF (0.093,0.107)
Enflasyonun nakit girişlerine yansıma oranı	$x$	0.25	UNIF (0.878,0.922)
Enflasyonun nakit çıkışlarına yansıma oranı	$y$		UNIF (0.776,0.824)
Yıllık vergi oranı	$V$		0.25

ğıldığına, ancak en olası değer 28537 YTL olduğuna işaret etmektedir. Projenin NBD'ine ilişkin bulanık küme Şekil 7'de, bulanık sayılarla hesaplanan NBD verileri ise Tablo 3'de görülmektedir.

Karar verici, bulanık aritmetik işlemlerini kullanarak bulduğu NBD'e bakarak proje risk düzeyi hakkında çıkarsamalarda bulunabileceği gibi, bulanık hesaplanan NBD ifadesini kendisine en yakın olasılık dağılımına çevirerek istatistiksel analizler yoluyla da proje risk düzeyini belirleme yoluna gidebilir. Kauffman, Yager, Chanas tarafından ortaya konulan pratik bir veri dönüşümü ile bulanık küme, uniform dağılıma çevrilebilmektedir (Dubois ve Prade, 2005). Yönteme göre bulanık kümelerde belli bir üyelik düzeyine ait ya da büyük olan üyelerin kümesini ifade eden  $\alpha$ -cut kümesi oluşturulmak üzere 0-1 arasında rasgele bir değer seçilir ve bu değere ilişkin üyeler hesaplanır. Oluşan dağılım, seçilen  $\alpha$ -cut kümesine ilişkin alt ve üst sınır değerlerinin oluşturduğu uniform olasılık dağılımıdır.

Bu dönüştürme sonucunda, projenin bulanık NBD'inin en yakın olasılık dağılımı, UNIF(-36673.1,115919.7) olarak bulunmuştur. Bu değer, ilk örnekteki simülasyon modelinin sonuçlarıyla örtüşmektedir. Buradan şu sonuç çıkarılabilir ki; önerilen proje risk değerlendirme yaklaşımında yer alan dalları birbirinden ayıran unsur, proje parametrelerine ait belirsizlik

durumudur. Yani, aynı proje önerisine ait risk düzeyi belirlenmek istendiğinde, farklı dallar izlenerek farklı sonuçlar elde edilmesi beklenemez.

Proje parametre değerlerinin karar verici tarafından bulanık belirlenmesi durumunda, proje risk düzeyinin belirlenmesi için karar vericinin önündeki bir diğer seçenek ise geliştirilen simülasyon modelini kullanabilmek amacıyla bulanık belirlenen parametre değerlerinin en yakın olasılık dağılımlarına dönüştürülmesidir. Bu durumda her bir bulanık sayı, Tablo 2'nin dördüncü sütununda görüldüğü gibi uniform dağılıma dönüştürülmüştür. Bu yaklaşımın sonuçlarını göstermek amacıyla dönüştürülmüş stokastik değerler, simülasyon modeline girilerek Şekil 8 ve Şekil 9'da görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 8'de görülen güven aralığı incelendiğinde, projenin olası NBD'inin 2780 YTL ile 61000 YTL arasında değiştiği ve %95 güvenle projenin beklenen NBD'inin 27600 YTL ile 30800 YTL arasında olacağı görülmektedir. Ortalama (beklenen) NBD ise 29200 YTL olarak bulunmuştur. Güven aralığına ilişkin özet veriler (ortalama, standart sapma, yarı güven aralığı genişliği, minimum ve maksimum değerler ve gözlem sayısı) Şekil 8'de görülmektedir. Buna göre projenin beklenen NBD'ine ait değişkenlik (standart sapma) 11500 YTL olarak bulunmuştur.

Tablo 3. Bulanık Sayılarla Hesaplanan Net Bugünkü Değer Verileri

$t$	$A_t$ (min)	$A_t$ (most likely)	$A_t$ (max)	$I_t$ (min)	$I_t$ (most likely)	$I_t$ (max)	$D_t$ (min)	$D_t$ (most likely)	$D_t$ (max)	$e$ (min)	$e$ (most likely)	$e$ (max)	$X$ (min)	$X$ (most likely)	$X$ (max)	$Y$ (min)	$Y$ (most likely)	$Y$ (max)	$V$	$i$ (min)	$i$ (most likely)	$i$ (max)	
0		0			40000																		
1	110000	143.000	180000	20000	20000	30000	10400	104000	104000	0,08	0,1	0,12	0,85	0,9	0,95	0,75	0,8	0,85	0,25	0,14	0,17	0,2	0,2
2	110000	143.000	180000	20000	20000	30000	92000	92000	92000	0,08	0,1	0,12	0,85	0,9	0,95	0,75	0,8	0,85	0,25	0,14	0,17	0,2	0,2
3	110000	143.000	180000	20000	20000	30000	80000	80000	80000	0,08	0,1	0,12	0,85	0,9	0,95	0,75	0,8	0,85	0,25	0,14	0,17	0,2	0,2
4	110000	143.000	180000	20000	20000	30000	68000	68000	68000	0,08	0,1	0,12	0,85	0,9	0,95	0,75	0,8	0,85	0,25	0,14	0,17	0,2	0,2
5	110000	143.000	180000	20000	20000	30000	56000	56000	56000	0,08	0,1	0,12	0,85	0,9	0,95	0,75	0,8	0,85	0,25	0,14	0,17	0,2	0,2

Tablo 3. Bulanık Sayılarla hesaplanan Net bugünkü değer verileri (devam)

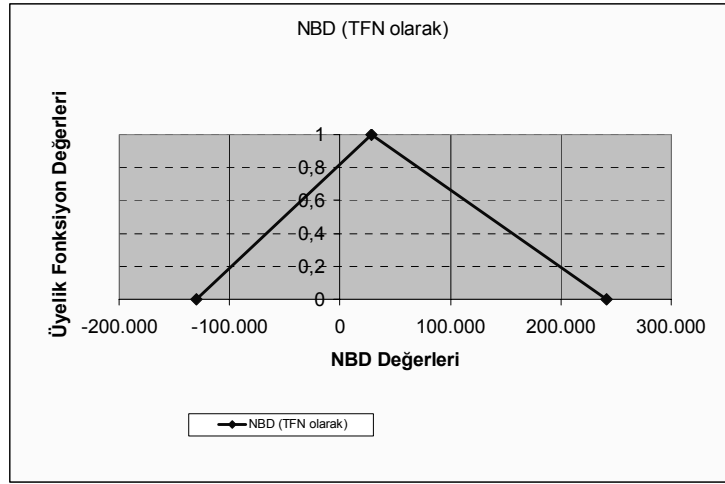
$(I+xe)$	$(I+ye)$			$A_t(I+xe)t$			$I_t(I+ye)t$			$(A_t-I_t)*(I-I)$			$D_t*V$	
1,068	1,09	1,114	1,06	1,08	1,102	117480,00	155870,00	200520,00	21200,00	63315,00	96652,50	134490,00	26000	26000
1,14062	1,1881	1,240996	1,1236	1,1664	1,214404	125468,64	169898,30	223379,28	22472,00	66777,39	105553,73	150680,46	23000	23000
1,21819	1,295	1,38247	1,191	1,25971	1,338273208	134000,51	185189,15	248844,52	23820,32	70389,23	115272,26	168768,15	20000	20000
1,30102	1,4116	1,540071	1,2625	1,36049	1,47477075	143112,54	201856,17	277212,79	25249,54	74151,92	125882,96	188972,44	17000	17000
1,38949	1,5386	1,715639	1,3382	1,46933	1,625204337	152844,19	220023,23	308815,05	26764,51	78066,05	137467,52	211537,90	14000	14000

Tablo 3. Bulanık Sayılarla hesaplanan Net bugünkü değer verileri (devam)

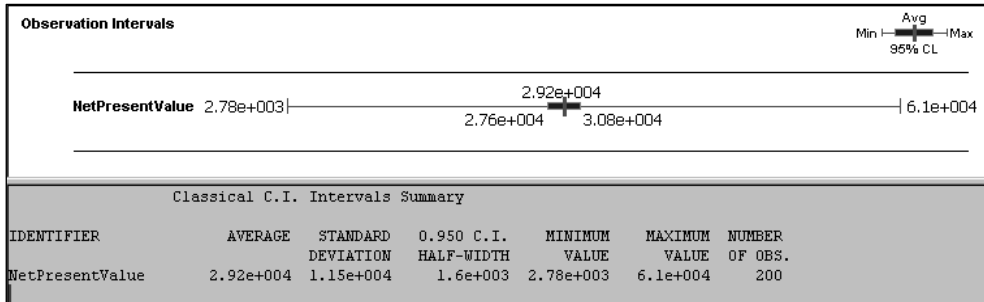
sum	$(1+i)^t$			$/(1+i)^t$				
89315,00	122652,50	160490,00	1,14	1,17	1,2	74429,16667	104831,1966	140780,7018
89777,39	128553,73	173680,46	1,2996	1,3689	1,44	62345,40972	93910,23815	133641,4743
90389,23	135272,26	188768,15	1,481544	1,601613	1,728	52308,58418	84460,0164	127413,1234
91151,92	142882,96	205972,44	1,68896	1,873887	2,0736	43958,29588	76249,49832	121952,2196
92066,05	151467,52	225537,90	1,925415	2,192448	2,48832	36999,28007	69086,02405	117137,3204
					sum=	270040,7365	428536,9735	640924,8394
					NBD	-129.959	28.537	240.925

Şekil 9'da verilen histogramda her bir sınıfa ait genişlik 4158.57 YTL olup hesaplanan tüm NBD'ler pozitifdir. Histograma ilişkin özet veriler (gözlem sayısı, minimum ve maksimum değerler, ortalama, standart sapma, histogram genişliği ve aralık sayısı) Şekil 9'da görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, bulunan

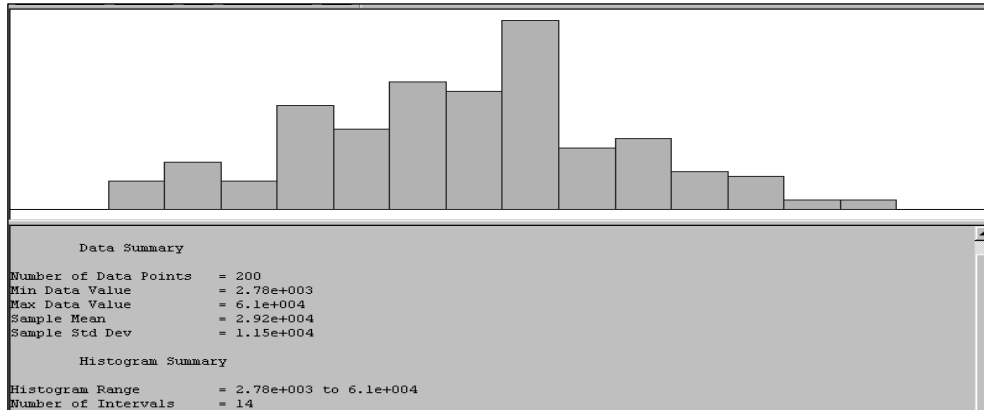
güven aralığının sıfır değerini içermemesi ve hesaplanan değerlerin tümünün pozitif olması, projenin düşük riskli bir proje olduğunu tekrar vurgulamaktadır. Burada güven aralığı daralsa da dağılımın beklenen değerinde kayda değer bir sapma görülmemektedir. Projenin düşük riskli olması sebebiyle proje önerisine ait yatırım kararı verilebilir.



Şekil 7. Bulanık NBD'in TFN Olarak Hesaplanmış Değer Kümesi



Şekil 8. Proje NBD'i için Güven Aralığı ( $\alpha=0.05$ )



Şekil 9. Projenin NBD Histogramı

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yatırım projeleri değerlendirilirken, projelerin sadece karlılığına bakılarak yatırım kararının verilmesi rasyonel bir davranış olmaz. Çünkü tahmin edilerek belirlenen proje parametre değerlerinde sapmalar olması durumunda projenin karlılığı ve yapılabirliği bu sapmalardan doğrudan etkilenecektir. Bu nedenden dolayı, proje önerisine ait risk düzeyinin de proje değerlendirme sürecinde mutlaka analiz edilmesi gerekir. Bu çalışmada, geleceğe yönelik belirsizliğin ve riskin bulunduğu ortamlarda, yatırım projelerinin risk düzeylerinin belirlenmesine ve elde edilen sonuçlara göre yatırım kararının verilmesine yardımcı olacağı düşünülen simülasyonu ve bulanık küme teorisini temel alan bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışma kapsamında, proje parametre değerlerine ait bilgi belirsizliğinin farklı durumlarında karar vericiye yol gösterecek bir akış sunulmuştur. Önerilen proje risk değerlendirme yaklaşımının, proje değerlendiricisine, proje parametrelerinin alacağı değerleri nasıl belirlediğine bağlı olarak, tüm olası durumlarda proje riskini nasıl hesaplayacağı ve analiz edeceği konusunda yol gösterici bir araç olacağına inanılmaktadır.

Bu çalışmanın literatüre üç yönlü katkı sağladığı düşünülmektedir. Bu katkılardan ilki, literatürde önceden beri var olan ancak bilimsel çalışmalarda, içerdiği hesaplama ve modelleme zorlukları nedeniyle çok kullanılmayan bir NBD eşitliğini proje risk değerlendirme sürecine dahil etmek olmuştur. Bu yeni durumda projenin beklenen NBD'yi bulunurken olasılık dağılımları ile tanımlanan parametrelerin sayısı artacağından Monte Carlo Simülasyonu ile projenin beklenen karlılığını bulmak önemli zorluklara yol açacaktır. Üstelik proje parametrelerinin her zaman kesikli olasılık dağılımları ile tanımlanması gerçekçi bir durum değildir. Bu nedenlerden dolayı, çalışmada kullanılan NBD eşitliği için bir yazılım ile simülasyon modeli geliştirilmiştir ve geliştirilen model çalışmanın literatüre ikinci katkısıdır. Geliştirilen model sayesinde, riskli proje parametreleri, istenilen olasılık dağılımları ile tanımlanabilir. Bu parametrelerin istenilen sayıda kombinasyonu belirlenerek projenin beklenen NBD'yi bulunabilir. Özellikle belirtilmelidir ki; simülasyon modeli proje parametrelerinin bazıları arasında olabilecek olası korelasyonlar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Geliştirilen model sayesinde projelerin sadece beklenen karlılık değerleri değil aynı zamanda beklenen karlılıkları için güven aralıkları ve histogramları elde edilebilmiştir. Çalışmanın literatüre üçüncü katkısı

ise proje parametrelerinin alacağı değerlere ilişkin bilgi belirsizliğinin farklı durumlarında, proje değerlendiricisinin proje riskini nasıl hesaplayıp analiz edeceği konusunda yol gösteren bir yaklaşımın ve akış şemasının önerilmesidir.

Yazarlar önerilen yaklaşım içerisinde yer alan simülasyon modelleme ve bulanık küme teorisi gibi uygulanabilmesi için üzerinde uzmanlaşma gereken konularda, potansiyel kullanıcıların bir çoğunun ancak giriş seviyesinde bilgileri olabileceği gerçeğinden yola çıkarak, karar vericilere yardımcı olacak kullanıcı dostu ara yüze sahip bir karar destek sistemi oluşturmayı planlamaktadırlar. Böylece, önerilen proje risk değerlendirme yaklaşımı gerçek kompleks yatırım projelerinin risk düzeylerinin belirlenmesinde kolaylıkla kullanılabilir olacaktır. Ayrıca çalışma kapsamında, tek bir proje önerisi için nasıl uygulanabileceği gösterilmeye çalışılan risk değerlendirme yaklaşımının, birden fazla proje önerisi için uygulanması ve hangi projelerin daha az riskli olduğunun belirlenmesi üzerinde de çalışmalar sürdürülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Armaneri, Ö. ve Yalçınkaya, Ö. (2006). Evaluation of Risky Investment Projects Through Simulation and Response Surface Methodology. *Lectures on Modeling and Simulation*, 7 (2), ss. 21-30.
- Armaneri, Ö., Yalçınkaya, Ö. ve Eski, H. (2005). Riskli Yatırım Projelerinin Simülasyon Metamodelleme Yöntemi ile Ekonomik Açından Değerlendirilmesi. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, V. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı Bildiriler Kitabı*, ss.245-250.
- Avineri, E., Prashker, J. ve Ceder, A. (2000). Transportation projects selection process using fuzzy sets theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 116, 35-47.
- Chou, T.Y., Chou, S.T. ve Tzeng, G.H. (2006). Evaluating IT/IS investments: A fuzzy multi-criteria decision model approach. *European Journal of Operational Research*, 173 (3), 1026-1046.
- Coates, E.R. ve Kuhl, M.E. (2003). Using simulation software to solve engineering economy problems. *Computers & Industrial Engineering*, 45, 285-294.

- Dubois, D. ve Prade, H. (2005). Plenary Talk, Possibility Theory and its applications: a retrospective and prospective view-IRIT-CNRS, Université Paul Sabatier, 31062 Toulouse France.
- Eski, H. ve Armaneri, Ö. (2006). Mühendislik Ekonomisi. Gazi Kitabevi, ISBN: 975-6009-68-3, Ankara.
- Hacura, A., Hacura, M.J. ve Kocot, A. (2001). Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique. *The European Physical Journal B*, 20, 551-553.
- Huang, C.C., Chu, P.Y. ve Chiang, Y.H. (2008). A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. *Omega* 36, 1038-1052.
- Huang, X. (2007). Optimal project selection with random fuzzy parameters. *International Journal of Production Economics*. 106, 513-522.
- Huang X. (2007). Chance-constrained programming models for capital budgeting with NPV as fuzzy parameters. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 198, 149-159.
- Hwang, C. L. ve Lai, Y. J. (1992). Fuzzy mathematical programming-methods and applications. Springer-Verlag, Berlin.
- Imoto, S., Yabuuchi, Y. ve Watada, J. (2008). Fuzzy regression model of R&D project evaluation. *Applied Soft Computing*. 8, 1266-1273.
- Iwamura, K. ve Liu, B. (1998). Chance constrained integer programming models for capital budgeting in fuzzy environments. *Journal of the Operational Research Society*. 49, 854-860.
- Kahraman, C., Ruan, D. ve Tolga, E. (2002). Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. *Information Sciences*. 142, 57-76.
- Karsak, E.E. ve Tolga, E. (2001). Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments. *International Journal of Production Economics*, 69, ss.49-64.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P. ve Sadowski, D.A. (1997). Simulation with Arena. McGraw-Hill Inc., 1.edition, New York.
- Klir, G. ve Yuan, B. (1995). Fuzzy sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Kuchta, D. (2000). Fuzzy capital budgeting. *Fuzzy Sets and Systems*. 111, 367-385.
- Mohamed, S. ve McCowan, A.K. (2001). Modelling Project investment decisions under uncertainty using possibility theory. *International Journal of Project Management*. 19, 231-241.
- Nowak, M. (2005). Investment projects evaluation by simulation and multiple criteria decision aiding procedure. *Journal of Civil Engineering and Management*., 11(3), 193-202.
- Rebiasz, B. (2007). Fuzziness and randomness in investment project risk appraisal. *Computers & Operations Research*, 34, ss.199-210.
- Ross, T.J. (2004). Fuzzy Logic with Engineering Applications. John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Sakawa, M. (1993). Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization. Plenum Press, New York.
- Şen, Z. (2001). Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Sanat Yapım, İstanbul.
- Teng, J.Y. ve Tzeng, G.H. (1998). Transportation investment project selection using fuzzy multiobjective programming. *Fuzzy Sets and Systems*. 96, 259-280.
- Zadeh L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. 8 (3), 338-353.
- Zadeh L.A. (1968). Fuzzy Algorithms. *Information and Control*, 12 (2), ss.94-102.
- Zimmermann, H. J. (1987). Fuzzy Set Theory- and its Applications. Kluwer Academic Publishers, Boston.





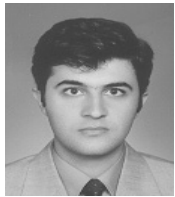
**Özgür ARMANERİ**, 1978 yılında İzmir’de doğdu. 1996 yılında Aydın Ortaklar Anadolu Öğretmen Lisesi’nden, 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden

bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Daha sonra Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği yüksek lisans programına başladı. Ocak 2003’te “Endüstriyel bir işletme için fizibilite etüdü yapılması” başlıklı tez çalışması ile yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Armaneri, halen aynı bölümde doktora eğitimini sürdürmektedir ve 2000 yılından bu yana araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Başlıca ilgi alanları; mühendislik ekonomisi, yatırım projelerinin değerlendirilmesi, proje yönetimi, tahminleme ve regresyon analizidir. Ulusal ve uluslararası bilimsel yayınları bulunan Armaneri evlidir ve iyi düzeyde İngilizce bilmektedir (<http://kisi.deu.edu.tr/ozgur.armaneri>).



**Güzin ÖZDAĞOĞLU**, 1978 yılında İzmir’de doğan Güzin Özdağoğlu, 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliğinden mezun olup, 2003 yılında aynı bölümden master derecesini

almıştır. 2003 yılında başladığı doktora öğrenimine tez aşamasında devam etmektedir. 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümünde başladığı Araştırma Görevliliğini halen sürdürmekte olup, araştırma alanları arasında üretim planlama, modern sezgisel yöntemler, kalite fonksiyon geççerimi ve kurumsal mimari modelleri yer almaktadır. Kendisinin bu alanlarda yayınlanmış makaleleri, bildirileri bulunmaktadır. Ayrıca, Süreç İyileştirme, ISO 9001, Norm Kadro, İş Değerleme ve Reorganizasyon projelerinde çalışmıştır. Güzin Özdağoğlu, TMMOB Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde Yönetim Kurulu üyeliğini Endüstri ve İşletme Mühendisliği Meslek Dalı Ana Komisyonu üyeliğini sürdürmektedir.



**Özgür YALÇINKAYA**, 1978 yılında Kırıkkale’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini aynı şehirde tamamladı. 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü bölüm birinciliği

derecesi ile tamamladı. 2001 yılından bugüne aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışan Yalçinkaya, 2004 yılında yüksek lisans eğitimini bitirdi ve halen eğitimine doktora öğren-

cisi olarak devam etmektedir. Makina Mühendisleri Odası, Yöneylem Araştırması Derneği, Kırıkkale Anadolu Lisesi Mezunları Derneği üyesi olmakla birlikte meslek odasında öğrenci üye olarak başlayan çalışmalarını MMO İzmir Şube Yönetim Kurulu Sayman Üyesi olarak sürdürmektedir. Ulusal ve uluslararası bilimsel yayınları ve bilimsel/mesleki etkinlik düzenleme/yürütme kurulu üyelikleri, mesleki dergi yayın kurulu üyeliği olan Yalçinkaya evlidir ve iyi düzeyde İngilizce bilmektedir (<http://kisi.deu.edu.tr/ozgur.yalcinkaya>).

