

YAP İŞLET DEVRET (YİD) PROJELERİ İÇİN BULANIK RISK DEĞERLENDİRME MODELİ

A. Erkan Karaman¹ Serdar Kale²

SUMMARY

Build, operate, and transfer (BOT) scheme is a popular approach to design, construct, operate and manage revenue producing large scale infrastructure projects by private foreign and national investors at no or minor costs to governments. This popular approach to design, construct and to operate infrastructure projects is considered as one of the most risky project schemes. Therefore, constructions firms, investors, and lenders that are planning to invest a build, operate, and transfer (BOT) projects should adopt a comprehensive risk management approach. This paper presents a fuzzy risk assessment model for Build-Operate-Transfer (BOT) project opportunities. It builds on Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Set Theory and Fuzzy Synthetic Extent Analysis. An example is presented to illustrate the methodology.

ÖZET

Yap İşlet Devret (YİD) yabancı ve ulusal yatırımcılar tarafından, gelir sağlayan büyük yatırım projelerinin devletlere düşük maliyetle tasarlanması, inşa edilmesi, işletilmesi ve yönetilmesini amaçlayan proje yaklaşımlarından biridir. Altyapı projelerinin tasarlanması, inşa edilmesi, işletilmesi ve yönetilmesini içeren bu popüler proje modeli en riskli proje yaklaşımlarından biri olarak bilinmektedir. Bu nedenle Yap İşlet Devret projelerine yatırım yapmayı planlayan inşaat firmaları, yatırımcılar ve kredi sağlayan kurumlar kapsamlı bir risk yönetimi yaklaşımı izlemek zorundadır. Bu çalışma kapsamında Yap İşlet Devret projelerine yönelik Bulanık Risk Değerlendirme modeli önerilmiştir. Önerilen model, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bulanık Küme Teorisi ve Bulanık Sentetik Değer Analizi üzerine inşa edilmiştir. Bu model sayısal bir örnek ile açıklanmıştır.

¹ Araş.Gör. A. Erkan Karaman BAÜ Müh-Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., Çağış BALIKESİR

² Yrd.Doç.Dr. Serdar Kale BAÜ Müh-Mim. Fak. Mimarlık Bölümü, Çağış BALIKESİR

GİRİŞ

Altyapı yatırımlarının (yol, sulama, baraj, enerji vs.) gerçekleştirilmesinde kullanılan önemli proje finansmanı modellerinden biri *Yap İşlet Devret* (YİD) modelidir. YİD modeli, kamu kaynaklarının yetersiz olduğu, finansman sıkıntısı çeken az gelişmiş ve/veya gelişmekte olan ülkeler tarafından tercih edilmektedir. İnşaat yatırımının büyüklüğü, finansman kaynaklarının temini, inşaat yatırımının zamanında tamamlanması zorunluluğu ve borçlanma faiz oranlarının yüksek olması gibi faktörler YİD projelerinin gerçekleştirilmesinde bir takım riskler oluşturmaktadır. Bu nedenle YİD projeleri değerlendirilirken, karşılaşılabilecek olası riskler ayrıntılı bir biçimde analiz edilmektedir.

YİD projelerindeki riskleri değerlendirmek için farklı risk yönetim modelleri (Han and Diekmann, 2001; Dey ve Ogunlana, 2004; Wang et al., 2004; Kang et al., 2005) geliştirilmiştir. Geliştirilen risk yönetim modellerinin çoğu (Han and Diekmann, 2001; Kang et al., 2005) olasılık teorisi tabanlıdır. Ancak inşaat projelerindeki belirsizliklere ilişkin olasılıklar tam olarak belirlenemediğinden dolayı olasılık teorisine dayalı risk yönetim modelleri (Kangari ve Riggs, 1989; Baloi ve Price, 2002) eleştirilmektedir. Olasılık teorisine dayalı risk yönetim modellerine alternatif bir yaklaşım olarak Bulanık mantığa (Zadeh, 1965) dayalı risk yönetim modeli önerilmiştir (Kangari, Riggs, 1989).

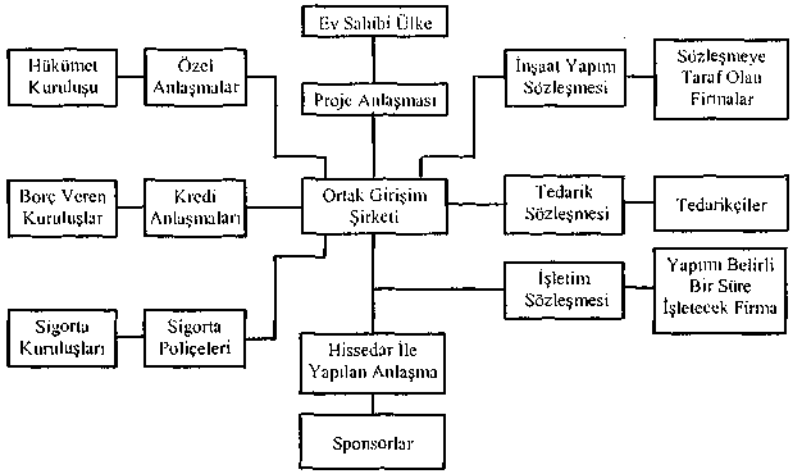
YİD modeli ülkenin kalkınmasını sağlayacak enerji, ulaştırma, haberleşme, sulama gibi altyapı projelerinde çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bu projelerde karşılaşılan riskler proje türüne göre farklılık göstermektedir. Bu çalışma kapsamında sulama projelerinde uygulanacak YİD modeli için alternatiflerin riskini belirleyecek ve değerlendirecek bulanık risk değerlendirme adımları sunulmuştur.

Bu çalışmanın ikinci bölümde YİD projeleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde risk ve risk yönetimi kavramı açıklanmıştır. Dördüncü bölümde YİD projeleri için önerilen bulanık risk değerlendirme modeli sunulmuştur. Beşinci bölümde YİD projeleri için risk değerlendirilmesinin yapıldığı açıklayıcı sayısal bir örnek hazırlanmıştır. Son bölümde ise önerilere ve sonuçlara yer verilmiştir.

1. Yap-İşlet-Devret Projeleri

Yap, işlet, devret projeleri hükümetler tarafından bütçe dışı kaynakların kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. YİD projelerinde kamusal mekanların veya altyapının tasarlanması, inşaat maliyetlerinin sabit bir seviyede tutulması istenmektedir.

YİD projelerinin gerçekleştirilmesinde birçok taraf vardır. Tipik bir YİD projesinde, ev sahibi ülke, projenin sahibi konumunda olan hükümet kuruluşu, borç veren kuruluşlar, sigorta kuruluşları, teknik, finansal ve hukuki danışmanlar, projeyi gerçekleştirecek olan şirket (Ortak Girişim Şirketi) ve sponsor firmalar taraf olarak bulunabilmektedirler. YİD modelinin yapısı, modelde yer alan taraflar ve bunlar arasındaki ilişkiler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 YİD Projelerinin Yapısı ve İşleyişi

YİD projeleri geliştirmekte olan ekonomiler veya ülkeler için birçok yarar sağlamaktadır. Bu yararlar sekiz başlık altında toplanabilir: (1) YİD projelerinin yatırımcıya cazip gelmesi ve yatırımcı sayısını artırması, (2) modern teknolojinin getirilmesi, daha iyi olanakların sağlanması ve konusunda uzman kişiler ile çalışılması, (3) kamu harcamalarından kaynaklanan finansal yükün devlet bütçesine etkisini azaltması, (4) hükümetin etkisinin ve projenin devlete maliyetinin minimum tutulması, (5) istihdam olanaklarını artırması ve yaşam standartlarını geliştirmesi, (6) verimsiz kamu kuruluşlarının devlet bütçesi üzerindeki finansman yükünü azaltması, (7) yerel ve bölgesel pazarı geliştirmesi, (8) stratejik ülke projelerinde hükümetin hakimiyetinin sağlanması. YİD projelerinin faydalarına rağmen, yapılan bilimsel çalışmalarda YİD projelerin çok riskli proje planlamalarından biri olduğu belirtilmiştir (Dey, 2002; Baloi ve Price, 2002). YİD projelerinin başarısı öncelikle projedeki risk faktörlerinin iyi tanımlanıp değerlendirilmesine bağlıdır.

2. Risk ve Risk Yönetim Süreci

Risk tanımlanması zor bir kavramdır. Chapman ve Cooper (1983) riski "faaliyetlerdeki belirsizliklerin bir sonucu olarak olası ekonomik veya finansal kazanımlar veya kayıplar, fiziksel zararlar, hasarlar ve gecikmeler" olarak tanımlamıştır. Riskin etkilerini azaltma ve risk düzeyini kontrol etme süreci risk yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Her inşaat firmasında risk yönetimi karar alma sürecinin önemli bir parçasını oluşturur. Risk yönetiminde öncelikli amaç her bir eylemdeki riski tanımlamak, riskin miktarını belirlemek ve riskleri azaltacak önlemleri almaktır.

Risk yönetimi (1) riskin tanımlanması, (2) risk analizi, (3) risk miktarının belirlenmesinden oluşan sistematik bir süreçtir. Risk yönetim sürecinin değerlendirilmesinde farklı risk modelleri (Han ve Diekmann, 2001; Dey and

Ogunlana, 2004; Wang et al., 2004; Kang et al., 2005;) geliştirilmiştir. Bu modellerde iki farklı yaklaşım kullanılmıştır: (1) *olasılık teorisi yaklaşımına dayalı klasik modeller*, ve (2) *bulanık küme teorisine dayalı kavramsal modeller*. Olasılık teorisine dayalı risk yönetim modelleri araştırmacılar tarafından (Kangari ve Riggs, 1989; Baloi ve Price, 2002) eleştirilmektedir. Olasılık teorisine dayalı risk yaklaşımlarına ilişkin ilk eleştiri bu yaklaşımların detaylı bir nicel bilgiye ihtiyaç duyması ile ilgilidir. Risk analizi modellemelerinde nicel bilginin sınırlı olması kesin kararların alınmasını güçleştirmektedir. Bir diğer eleştiri problemlerdeki belirsizliğin tam olarak tanımlanamaması ile ilgilidir. Çünkü bu belirsizlikler klasik modellerde ele alınamayan nesnel bir değerlendirme gerektirir. Son eleştiri, olasılık teorisi ile belirsizlik analizinde rasgelelik ilkesinin göz önüne alınmaması ile ilgilidir. Çünkü belirsizliklerin hiç biri rasgele değildir. Bu yüzden olasılık teorisine dayalı modeller inşaat sektöründeki risk değerlendirme süreci için uygun değildir (Baloi ve Price, 2002). Karmaşık problemlerdeki belirsizliklerin çözümlenmesinde bulanık küme teorisine dayanan modeller kullanılması inşaat yönetim literatüründe önerilmiştir (Kangari ve Riggs 1989).

YİD projeleri ile enerji, ulaştırma, haberleşme, sulama projeleri gibi büyük çaplı altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yatırım projelerinin içerdiği riskler projenin türüne göre değişmektedir. Bu çalışmada uygulanacak YİD modeli sulama projelerini kapsamaktadır. Sulama Projelerinde karşılaşılan risk faktörleri Dünya Bankası (World Bank, 2005) tarafından belirlenmiştir. Bu riskler: (1) planlama ve geliştirme riski, (2) yapım riski, (3) işletme riski, (4) devlet gelirlerindeki risk, (5) finansal risk, (6) zorunlu nedenlerden kaynaklanan riskler, (7) sigorta riski, (8) çevresel risk. Sekiz ana başlık altında toplanan bu riskler bütün ülkeler için geçerli olup, ağırlıkları projenin özelliklerine göre değişmektedir. Planlama ve geliştirme riski teklif ve tasarım aşamasını, yapım riski inşa aşamasını, işletme riski yapım sonrasında, devlet gelirlerindeki risk ürüne ait piyasa taleplerinin ve fiyatlarının değişimini, finansal risk bankaların faiz oranlarını, zorunlu nedenlerden kaynaklanan riskler doğal afetleri, yasal ve politik durumu, sigorta riski kaza sonucu oluşabilecek hasarları, çevresel risk çevreye yapılan tahribatı kapsamaktadır.

3. Bulanık Risk Değerlendirme Modeli

Bu çalışmada risk analizleri için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Bulanık Küme Teorisi birlikte kullanılmış ve Bulanık Risk Değerlendirme Modeli önerilmiştir.

4.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Çok değişkenli karar alma problemlerinde en çok kullanılan metotlardan biri Analitik Hiyerarşi Prosesi (Saaty, 1995) (AHP)'dir. Çoğunlukla bu yöntem risk, belirsizlik, etkenlerin çeşitliliği, değişen düşünce ve yargı içeren karar alma problemlerinde kullanılır. Bu metodun uygulanmasında ilk olarak probleme ait birbirleriyle ilişkili elemanlar (kriterler ve alternatifler) bir hiyerarşi içerisinde düzenlenirler (*Ayrıştırma İlkesi*). Daha sonra karar elemanları arasında çift yönlü karşılaştırmalar yapılarak probleme ait veriler toplanır. Sözel ifadelerden oluşan bu veriler Çizelge 1'deki oran ölçeği kullanılarak sayısallaştırılır (*Çift Yönlü*

Karşılaştırma İlkesi). Son olarak bulanık olarak tanımlanan karar elemanlarının göreceli ağırlıkları hesaplanır, bu ağırlıklar toplanarak karar alma süreci gerçekleştirilir (*Hiyerarşik Sentez İlkesi*).

Çizelge 1 Çift Yönlü Karşılaştırmalar için Oran Ölçeği

Değer	Tanım
1	Eşit önemli
3	Biri diğerine göre az önemli
5	Biri diğerine göre kuvvetli derecede önemli
7	Biri diğerine göre çok kuvvetli derecede önemli
9	Biri diğerine göre aşırı derecede önemli
2,4,6,8	İki yargı arasındaki ara değerler

Çift yönlü karşılaştırmalarda kullanılan ölçeğin (Çizelge 1) belirsizliğin tanımlanmasında yetersiz oluşu AHP'nin en önemli eksikliklerinden biridir. Bulanık Mantık Kavramının belirsizlikleri ifade etmesindeki başarısı AHP'nin bu konudaki eksikliğini giderilmesinde önemli fırsatlar sunmaktadır.

4.2. Bulanık Mantık

Bulanık mantık ilk defa 1965 yılında Zadeh tarafından geliştirilmiştir. Klasik küme teorisinde evrenin elemanları bir A kümesine ait olanlar ve ait olmayanlar olarak iki grupta tanımlanırlar. Kümeye ait elemanlara "1", olmayanlara da "0" değerleri atanarak A kümesine üye olup olmama durumları açıklanmaya çalışılır. Halbuki bulanık mantık yaklaşımında üye olanlar veya olmayanlar şeklinde kesin bir sınıflandırma yoktur. Bulanık kümelerde kümenin elemanları üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Bu fonksiyonlar, elemanlara $[0, 1]$ aralığında reel değerler atarlar. Bu reel değerler elemanların A bulanık kümesi ile temsil edilen kavrama ne derece uygun olduklarını gösterirler. Bulanık kümeler işlemlerinin gerçekleştirilmesinde genellikle *üçgen bulanık sayılar veya yamuk bulanık sayılar kullanılır*. Bu çalışmada üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Üçgen bulanık sayılar $M = (l, m, u)$ ve $l \leq m \leq u$ şeklinde ifade edilmektedir. Üçgen bulanık sayılara ait üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{x-u}{m-u}, & m \leq x \leq u \\ 0, & \text{diğer durumlar için} \end{cases} \quad (1)$$

Burada " m ", M bulanık sayılarının mümkün olan en olası değeridir. " l " ve " u " sırasıyla M bulanık sayılarının en düşük ve en yüksek sınırlarını belirtmektedir.

Çift yönlü karşılaştırmalar için kullanılan oran ölçeğindeki seçilicilik değerler (Çizelge 1) 1 nolu denklem kullanılarak bulanıklaştırılabilir. Seçilicilik değerler ve bunlara karşılık gelen üçgen bulanık değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2 Nitel Değerlendirme için Üçgen Bulanık Sayıların Kullanımı

Seçilik Değer	Bulanık Değer	Seçilik Değer	Bulanık Değer
1	(1,1,1) köşegen ise (1,1,3) köşegen değil ise	1/1	(1/1,1/1,1/1) köşegen ise (1/3,1/1,1/1) köşegen değil ise
2	(1,2,4)	1/2	(1/4,1/2,1/1)
3	(1,3,5)	1/3	(1/5,1/3,1/1)
4	(2,4,6)	1/4	(1/6,1/4,1/4)
5	(3,5,7)	1/5	(1/7,1/5,1/3)
6	(4,6,8)	1/6	(1/8,1/6,1/4)
7	(5,7,9)	1/7	(1/9,1/7,1/5)
8	(6,8,10)	1/8	(1/10,1/8,1/6)
9	(7,9,11)	1/9	(1/11,1/9,1/7)

4.3. Bulanık Sentetik Değer Analizi

Bulanık sentetik değer analizinin (Chang, 1996) ana fikri bulanıklaştırılmış karşılıklı ikili karşılaştırma matrislerini çözerek kriterlerin önemlerini ve her bir kritere göre alternatiflerin performanslarını elde etmektir. Bulanık performansların elde edilmesinden sonraki amaç, seçilik biçimdeki sonuçları elde etmek olacaktır.

$A = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ bir nesne kümesi ve $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ amaç kümesi olarak kabul edilirse, bulanık sentetik değer analizinde, her bir nesne alınır ve sırasıyla her bir amaç için performans sentetik değer analizleri yapılır. Böylece her nesne için sentetik değer analizleri elde edilir. Böylece her nesne için sentetik analiz değerleri elde edilir.

Bulanık sentetik analizi, bulanık performans matrislerini elde etmek için ikili karşılaştırma matrislerine uygulanır. Değerlendirmeye esas olan kriterler (x_i) arasındaki ağırlıkları ve herhangi bir kritere göre alternatifler arasındaki (w_i) ikili karşılaştırmaların önemini belirlemek için Denklem 2'de verilen formül kullanılır (Chang, 1996).

$$x_i \text{ veya } w_i = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i^j}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^m \mu_i^j}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

(2)

Burada μ_i^j , u_i amacı ile ilgili x_i nesnesinin performansını göstermektedir.

4.4. YİD Projelerinde Bulanık Risk Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında YİD projelerindeki riskleri değerlendirmek için geliştirilen bulanık risk değerlendirme modeli altı ana bileşenden oluşmaktadır: (1) alternatif YİD projeleri $A_i = (1, 2, \dots, m)$, (2) risk değerlendirmesinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi $C_j = (j = 1, 2, 3, \dots, m)$, (3) risk değerlendirme kriterleri arasında hiyerarşik organizasyonun oluşturulması $(C_{ij}) = (1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ (4) risk değerlendirme kriterlerinin göreceli önemini gösteren ağırlık vektörünün belirlenmesi $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, (5) sonuç performans matrisinin (P) oluşturulması ve (6) bulanık ifadeler α yöntemi kullanılarak seçilik biçime dönüştürülmesi.

Kriter performanslarına ait çift taraflı bulanık yargı matrisi (W) veya alternatiflerin herbir kriterlere göre performansları (C_j) Çizelge 2 de yer alan üçgen bulanık değerler kullanılarak oluşturulur .

$$W \text{ veya } C_j = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k1} & \dots & a_{km} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\text{Yukarıdaki ifadede ; } a_{km} = \begin{cases} 1,3,5,7,9 & l < s \\ 1 & l = s, \quad s = 1,2,\dots,k; \quad k = m \text{ veya } k = n \\ 1/a_{sl} & l > s \end{cases}$$

(4)

Bulanık kriterlerin ağırlıklarının ve bulanık alternatiflerinin performans değerlerinin elde edilmesi için bulanık sentetik değer analizi Denklem 3'e uygulanmıştır.

$$x_{ij} \text{ veya } w_j = \sum_{l=1}^k a_{ls} \otimes \left[\sum_{l=1}^k \sum_{s=1}^m a_{ls} \right]$$

(5)

Burada $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$ $k = m$ veya $k = n$ olarak tanımlanmaktadır.

Bulanık risk değerlendirme modeli için X karar matrisi ve (W) ağırlık vektörü aşağıdaki biçimde ifade edilir.

$$x_i = \begin{bmatrix} x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{im} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

(6)

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$$

(7)

Burada x_{ij} ; C_j kriterine göre alternatiflerinin performanslarının A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) bulanık değerlendirmesini ve w_j ; bulanık ağırlık kriterini C_j ($j = 1, 2, \dots, m$) ifade eder. Bulanık ağırlıklandırılmış performans matrisi (P) ağırlık vektörü (W) ile karar matrisinin (x_i) çarpılması sonucu elde edilir.

$$P = x_i * W = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_m x_{1m} \\ w_2 x_{11} & w_1 x_{11} & \dots & w_m x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 x_{n1} & w_2 x_{11} & \dots & w_m x_{nm} \end{bmatrix} \quad (8)$$

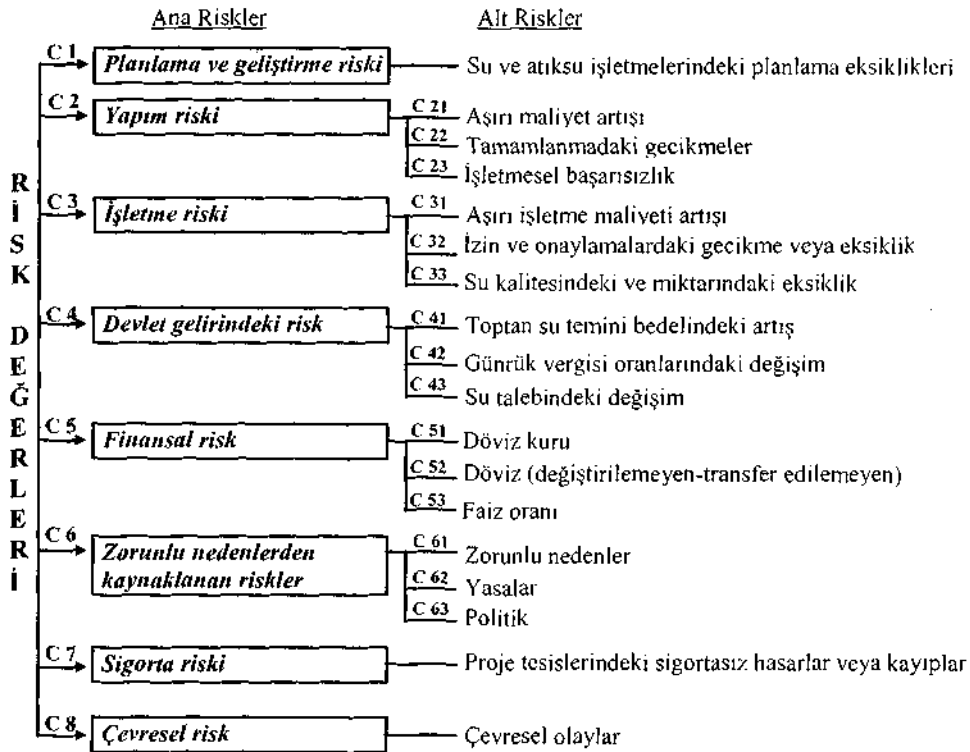
Yukarıdaki performans matrisinde (P) yer alan bulanık ifadeler α yöntemi kullanılarak seçilic biçime dönüştürülür. α değeri 0 ile 1 aralığında değişmektedir.

1'e yakın değerler karar vericinin yapmış olduğu değerlendirmeden emin olduğunu gösterirken 0'a yakın değerler ise karar vericinin yapmış olduğu değerlendirmeden emin olmadığını ifade eder.

5. Yap İşlet Devret Projelerindeki Risklerin Değerlendirilmesi İçin Sayısal Bir Örnek

Bu çalışma kapsamında geliştirilen bulanık risk değerlendirme modelinin kullanımını göstermek amacıyla dört sembolik YİD projesi için risk değerlendirme analizleri yapılmıştır. Sembolik YİD projelerinin risk değerlendirmesinde Dünya Bankasının geliştirdiği risk kriterleri ve sınıflandırması esas alınmıştır (World Bank, 2005). Dünya Bankası YİD projelerinde karşılaşılan riskleri ana riskler ve alt riskler olarak iki farklı hiyerarşik düzeyde incelemektedir (Şekil 2).

YİD projelerinde karşılaşılabilecek risklerin ağırlıklarının bulunabilmesi için sözel ifadelerden oluşan karşılaştırma matrisleri Çizelge 2'deki oran ölçeği kullanılarak sayısallaştırılmış, bulanık hale getirilmiştir (Çizelge 3a-3b).



Şekil 2 YİD Projelerinde Karşılaşılan Riskler (World Bank, 2005)

Çizelge 3-a Ana Risklerin Karşılaştırılması

ANA RISKLER								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,3)	(1/7,1/5,1/3)	(1/11,1/9,1/7)	(1,1,3)	(1,2,4)
C2	(3,5,7)	(1,1,1)	(1,2,4)	(3,5,7)	(2,4,6)	(1/8,1/6,1/4)	(1/7,1/5,1/3)	(1/6,1/4,1/2)
C3	(2,4,6)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(2,4,6)	(1/6,1/4,1/2)	(1/8,1/6,1/4)	(2,4,6)	(1,3,5)
C4	(1/3,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1/11,1/9,1/7)	(1,1,3)	(1,2,4)
C5	(5,7,9)	(1/6,1/4,1/2)	(2,4,6)	(5,7,9)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)
C6	(7,9,11)	(4,6,8)	(4,6,8)	(7,9,11)	(1,3,5)	(1,1,1)	(1/11,1/9,1/7)	(1/9,1/7,1/5)
C7	(1/3,1,1)	(3,5,7)	(1/6,1/4,1/2)	(1/3,1,1)	(5,7,9)	(7,9,11)	(1,1,1)	(1/4,1/2,1)
C8	(1/4,1/2,1)	(2,4,6)	(1/5,1/3,1)	(1/4,1/2,1)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,2,4)	(1,1,1)

Çizelge 3-b Alt Risklerin Karşılaştırılması

ALT RISKLER								
	C21	C22	C23		C31	C32	C33	
C21	(1,1,1)	(1,1,3)	(3,5,7)		C31	(1,1,1)	(2,4,6)	(4,6,8)
C22	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(3,5,7)		C32	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,1)	(6,8,10)
C23	(1/7,1/5,1/3)	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)		C33	(1/8,1/6,1/4)	(1/10,1/8,1/6)	(1,1,1)
	C41	C42	C43		C51	C52	C53	
C41	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,3)		C51	(1,1,1)	(3,5,7)	(1/5,1/3,1)
C42	(5,7,9)	(1,1,1)	(5,7,9)		C52	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
C43	(1/3,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)		C53	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,1,1)
	C61	C62	C63					
C61	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1/11,1/9,1/7)					
C62	(1,2,5)	(1,1,1)	(1/6,1/4,1/2)					
C63	(7,9,11)	(2,4,6)	(1,1,1)					

Her bir risk kriteri (ana ve alt risk kriterleri) için alternatif YİD projeleri çift yönlü karşılaştırılmış (Çizelge 4) ve bulanık sentetik değer analizi (Denklem 5) kullanılarak kriterlerin göreceli önem değerleri hesaplanmıştır (W_i). Benzer biçimde her alt kriter için alternatif YİD projeleri çift yönlü karşılaştırılmış ve hesaplanmıştır (x_i). Her bir ana kriter alt kriterler ve alternatiflerin performanslarıyla çarpılarak riskler ağırlıklar oramında dağıtılmıştır. Kriterlerin çarpımları sonucu alternatiflerin risk durumlarını gösteren P performans matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 4 Her Bir Risk Kriterinin Alternatif YİD Projelerine Göre Karşılaştırılması

C1	C	B	A	D	C21	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,3,5)	(3,5,7)	(1/5,1/3,1)	C	(1,1,1)	(2,4,6)	(2,4,6)	(1/5,1/3,1)
B	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1/7,1/5,1/3)	B	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/6,1/4,1/2)
A	(1/7,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	A	(1/6,1/4,1/2)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/8,1/6,1/4)
D	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,1,1)	D	(1,3,5)	(2,4,6)	(4,6,8)	(1,1,1)
C22	C	B	A	D	C23	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(4,6,8)	(3,5,7)	(1/9,1/7,1/5)	C	(1,1,1)	(1,2,4)	(1,2,4)	(1/7,1/5,1/3)
B	(1/8,1/6,1/4)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/10,1/8,1/6)	B	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/8,1/6,1/4)
A	(1/7,1/5,1/3)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/11,1/9,1/7)	A	(1/4,1/2,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(5,7,9)	(6,8,10)	(7,9,11)	(1,1,1)	D	(3,5,7)	(4,6,8)	(5,7,9)	(1,1,1)
C31	C	B	A	D	C32	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,3,5)	(2,4,6)	(1/5,1/3,1)	C	(1,1,1)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1/7,1/5,1/3)
B	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/6,1/4,1/2)	B	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(2,4,6)	(1/9,1/7,1/5)
A	(1/6,1/4,1/2)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/8,1/6,1/4)	A	(1/9,1/7,1/5)	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,1)	(1/10,1/8,1/6)
D	(1,3,5)	(2,4,6)	(4,6,8)	(1,1,1)	D	(3,5,7)	(5,7,9)	(6,8,10)	(1,1,1)

C33	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,2,4)	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
B	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/6,1/4,1/2)
A	(1/5,1/3,1)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/6,1/4,1/2)
D	(1,3,5)	(2,4,6)	(2,4,6)	(1,1,1)

C42	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(2,4,6)	(4,6,8)	(1/5,1/3,1)
B	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1/7,1/5,1/3)
A	(1/8,1/6,1/4)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,1,1)

C51	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1/5,1/3,1)
B	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/9,1/7,1/5)
A	(1/9,1/7,1/5)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(1,3,5)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,1,1)

C53	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1/5,1/3,1)
B	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/10,1/8,1/6)
A	(1/9,1/7,1/5)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/10,1/8,1/6)
D	(1,3,5)	(6,8,10)	(6,8,10)	(1,1,1)

C62	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(2,4,6)	(3,5,7)	(1/8,1/6,1/4)
B	(1/6,1/4,1/2)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/9,1/7,1/5)
A	(1/7,1/5,1/3)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(4,6,8)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,1,1)

C7	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,2,4)	(1,2,4)	(1/10,1/8,1/6)
B	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/11,1/9,1/7)
A	(1/4,1/2,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/11,1/9,1/7)
D	(6,8,10)	(7,9,11)	(7,9,11)	(1,1,1)

$$P = \begin{bmatrix} 0.031 & 0.248 & 2.061 \\ 0.015 & 0.090 & 0.875 \\ 0.010 & 0.063 & 0.408 \\ 0.101 & 0.598 & 3.888 \end{bmatrix}$$

C41	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1/7,1/5,1/3)
B	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/7,1/5,1/3)
A	(1/3,1,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)
D	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,1,1)

C43	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1/9,1/7,1/5)
B	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/9,1/7,1/5)
A	(1/3,1,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,1,1)

C52	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,3,5)	(2,4,6)	(1/5,1/3,1)
B	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/7,1/5,1/3)
A	(1/6,1/4,1/2)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)
D	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,1,1)

C61	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,3,5)	(2,4,6)	(1/6,1/4,1/2)
B	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/8,1/6,1/4)
A	(1/6,1/4,1/2)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(2,4,6)	(4,6,8)	(5,7,9)	(1,1,1)

C63	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,3,5)	(2,4,6)	(1/11,1/9,1/7)
B	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1,2,4)	(1/11,1/9,1/7)
A	(1/6,1/4,1/2)	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1/11,1/9,1/7)
D	(7,9,11)	(7,9,11)	(7,9,11)	(1,1,1)

C8	C	B	A	D
C	(1,1,1)	(1,2,4)	(1,2,4)	(1/6,1/4,1/2)
B	(1/4,1/2,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1/8,1/6,1/4)
A	(1/4,1/2,1)	(1/3,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
D	(2,4,6)	(4,6,8)	(5,7,9)	(1,1,1)

(9)

Yukarıdaki performans matrisinde yer alan bulanık ifadeleri seçilik hale dönüştürmek için 0.5 düzeyinde α kesim yöntemi kullanılmış ve elde edilen değerler Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5 Alternatif YİD Projlerine İlişkin Sonuç Değerler

	C	B	A	D
Sonuç Değerler	0.276	0.113	0.058	0.553

Çizelge 5'te yer alan sonuç değerler yorumlandığında en düşük riske sahip alternatif YİD projesinin A, ve en yüksek riske sahip YİD projesinin D olduğunu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar ışığında en düşük risk değerine sahip olması nedeniyle inşaat yatırımcılar için en uygun YİD projesi A alternatiftir.

6. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında YİD projeleri için bir bulanık risk değerlendirme modeli önerilmiştir. Önerilen bulanık risk değerlendirme modeli iki önemli üstünlüğü ile diğer risk değerlendirme yöntemlerinden ayrılmaktadır. İlk olarak bu yöntem YİD projelerinde karşılaşılan risklerin sistematik olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. İkinci olarak önerilen yöntem nesnel bilginin nicel yöntemlerle değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Baloi, D. ve Price, A. (2003) "Modelling Global Risk Factors Affecting Construction Cost Performance." International Journal of Project Management 21(4): 261-269.
- Chang, D.Y., (1996), "Applications of the Extend Analysis Method on Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, 649-655.
- Chapman, C. B., Cooper, D. F. (1983). "Risk Analysis: Testing Some Prejudices." European Journal of Operations Research, 14(3): 238-247.
- Dey P. K., ve Ogunlana S., O. (2004), "Selection And Application Of Risk Management Tools And Techniques For Build-Operate-Transfer Projects" Industrial Management and Data Systems, 104(4): 334-346.
- Han, S. H. and Diekmann, J.E. (2001), "Making A Riskbased Bid Decision For Overseas Construction Projects" Construction Management and Economics, 19(8), 765-776.
- Kang C.C, Feng, C.M., and Khan, C. (2005), "Risk Assessment for Build-Operate-Transfer Projects: A Dynamic Multi-Objective Programming Approach" Computers and Operations Research, vol. 32, 1633-1654.
- Kangari, R ve L.S. Riggs. (1989). "Construction Risk Assessment by Linguistics." IEEE Transactions on Engineering, 36(2): 126-131.
- Saaty, T. L. (1995). Decision Making for Leaders, RWS Publications, New York
- World Bank (2005). The Assessment of Risk for a Water Project (Key Risks). <http://www.worldbank.org/html/fpd/water/wstoolkits/Kit3/kit3-38b.html>
- Wang S. Q., Dulaimi, M. F., and Aguria M. Y. (2004), "Risk Management Framework for Construction Projects in Developing Countries", Construction Management and Economics, 22(3), 237-252.
- Zadeh, L.A., (1965), "Fuzzy Sets", *Information and Control*, vol. 8, 338-353