



Hakan Kuşan

Dumlupınar University, hakan.kusan@dpu.edu.tr, Kütahya-Turkey

Osman Aytakin

Eskişehir Osmangazi University, oaytekin@ogu.edu.tr, Eskişehir-Turkey

İlker Özdemir

Eskişehir Osmangazi University, iozdemir@ogu.edu.tr, Eskişehir-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2016.11.1.1A0359>

İNŞAAT PROJELERİNDE RİSKLERİN BULANIK MANTIK MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

İnşaat sektöründen ve kendi yapısından kaynaklanan riskleri bünyesinde bulunduran inşaat projelerinde, risklerin sistematik olarak değerlendirilebilmesi ve etkilerinin tahmin edilebilmesi oldukça güçtür. Ayrıca projelerde ortaya çıkan risklerin sayısal büyüklük yerine kişisel görüş ve değer yargılarına göre sözel olarak ifade edilmesi, risk büyüklüğünü bir belirsizlik haline dönüştürmektedir. Bu çalışmada, inşaat projelerinde risklerin değerlendirilmesi ve risk büyüklüğünün belirlenebilmesi için bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model üç farklı projeye uygulanmış ve modelin performansı değerlendirilmiştir. Modelden elde edilen sonuçların uzman görüşleri ile uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Projeleri, Bulanık Mantık, Modelleme, Risk Yönetimi, Risk Değerlendirmesi

RISKS ASSESSMENT IN CONSTRUCTION PROJECTS WITH FUZZY LOGIC MODEL

ABSTRACT

In the construction projects which incorporate the risks arising from the own structures and construction sector; it is difficult to assess the risks systematically and estimate the effects of these risks. Furthermore, the linguistic expression of risks using personal opinions, judgments and ideas instead of quantitative amplitudes transforms the risk rate into an uncertainty. In this study, a fuzzy logic model has been developed for assessment of the risks in construction projects and determination of the risk rates. The developed model has been applied to three different projects and the performance of the model has been evaluated. The results obtained from the model determined that similarity with the expert opinions.

Keywords: Construction Projects, Fuzzy Logic, Modelling, Risk Management, Risk Assessment



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeni teknolojilerin inşaat endüstrisine uygulanması ile yapımların tekniklerinin geliştirilmesi daha nitelikli projelerin gerçekleştirilebilmesine imkân sağlamaktadır. Ancak sektörün karmaşık olan yapısı içerisinde bu yeni gelişmelerin uygulanması, projelerde riskleri de arttırmakta ve risk yönetiminin de içinde yer aldığı modern proje yönetimlerinin uygulanması kaçınılmaz bir hal almaktadır. Dolayısıyla risk yönetiminin sektörde uygulanması, risklerin değerlendirilerek uygun risk etkilerini azaltacak stratejilerin belirlenmesi ve proje hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için büyük önem kazanmıştır [1].

Risk yönetimi; öncelikle bir projede gerçekleşme olasılığı bulunan bütün risklerin tanımlanmasını, proje üzerindeki etkilerinin tespit edilmesini ve belirsizlikler göz önünde bulundurularak gerekli düzenlemelerin yapıldıktan sonra, risklerin gerçekleşmesi durumunda alınabilecek önlemlerin belirlenmesini kapsayan bir proje yönetim tekniğidir. İnşaat sektöründe; projenin büyüklüğüne, karmaşıklığına, kullanılan tekniklere ve gerçekleştirildiği ortama bağlı olarak, her projede farklı oranlarda mevcut bulunabilen risklerin sistematik olarak değerlendirilmesi ile finansal kayıpların ve taraflar arasında çıkabilecek anlaşmazlıkların en aza indirgenmesi olasıdır [2]. Dolayısıyla, inşaat projelerinde karşılaşılan risklerle baş edebilmek için inşaat sektöründe proje risk yönetiminin uygulanması ve risk yönetim birimlerinin oluşturulması kaçınılmaz bir hal almıştır.

Riskler ve risk yönetimini değerlendirmek için; inşaat sektöründe faaliyet gösteren işverenlerin, yüklenicilerin, proje yöneticilerinin ve risk uzmanlarının görüşlerinin yer aldığı birçok gözlemsel araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda katılımcılar ile yapılan birebir görüşmeler ve uygulanan değişik anket çalışmaları sonucunda risklerin, projenin süre, maliyet, kalite, güvenlik vb. hedefleri üzerindeki etkileri için sektörün bu konudaki yaklaşımları incelenmektedir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, Rahman ve Kumaraswamy [3] tarafından Çin ve Hong Kong'da inşaat sektöründe risk değerlendirilmesi, Lyons ve Skitmore [4] tarafından inşaat sektöründe yer alan firmaların risk yönetimi ve risk tanımlama, analizi ve değerlendirme yaklaşımları araştırılmıştır.

Proje üçgeni olarak tanımlanan zaman, kalite ve maliyet ilişkisi, bu değişkenlerden birindeki artma ya da azalmanın, diğerlerinden en az birinde artma ya da azalma doğrultusunda bir değişiklik yaratacağını ifade etmektedir [5]. Dolayısıyla firmaların, projeleri sözleşme şartlarına uygun, hedeflenen süre ve maliyet ile tamamlayabilmeleri için projede karşılaşılan ve bu hedefler üzerinde etkili olan risklerin değerlendirilmesi ve yönetilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, inşaat sektöründe risk konusunda yapılan çalışmalarda, risklerin projelerin süre, maliyet hedeflerine etkisini araştırıldığı ve analitik yöntemler kullanılarak risk analizi ile ilgili değişik modellerin de öne sürüldüğü görülmektedir. Risklerin proje süresi üzerindeki etkisini araştıran Nasir ve diğ. [6] tarafından geliştirilen bir model ile iş programı risk analizi için proje süresince gerçekleştirilen işlemlerin erken ve geç tamamlanma süreleri belirlenmekte ve risk faktörlerine göre proje süresi değerlendirilebilmektedir.

Proje risk yönetiminde, çeşitli risk analizi tekniklerinin kullanılarak risk yönetiminin ve risklerin proje hedefleri üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği farklı çalışmaların yapılmış olduğu da görülmektedir. Ancak kullanılan sayısal risk analizi tekniklerinin verimli uygulamaları için, yüksek kalitede veri önkoşuldur. Maalesef benzer veriyi inşaat sektöründe elde etmek zordur. Bu nedenle, proje yönetiminde inşaat risklerini tanımlamada ve yaklaşımda bulunmak için

yeni risk analizi yöntemleri geliştirmenin gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu doğrultuda, proje risk yönetimi alanında bulanık mantığın kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve risk yönetimi için bulanık mantıktan yararlanılan farklı çalışmaların yapılmış olduğu görülmektedir. İnşaat projeleri sözleşmelerinde risklerin yüklenici ve işveren arasındaki dağılımını inceleyen Lam ve diğ. [7] tarafından geliştirilen modelde bulanık küme teorisi kullanılmıştır. Dikmen ve diğ. [8] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, uluslararası inşaat projelerinde maliyet aşılması riskinin değerlendirilmesi için bulanık mantık kullanılarak geliştirilen bir model sunulmaktadır. Bu çalışmada, inşaat projelerinde risklerin değerlendirilmesi ve risk büyüklüğünün belirlenebilmesi için bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

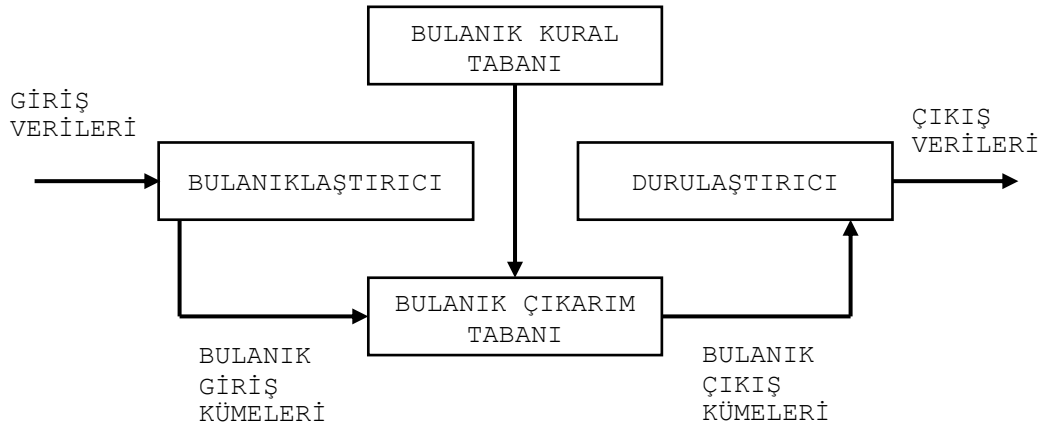
İnşaat projelerinin, projenin kendi yapısından, yer aldığı sektörün yapısından ve projenin gerçekleştirildiği ülke veya bölgenin yapısından kaynaklanan birçok riski bünyesinde bulundurması, risklerin sistematik olarak değerlendirilebilmesini ve etkilerinin tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca projelerde ortaya çıkan risklerin sayısal büyüklük yerine kişisel görüş, değer yargısı ve düşüncelere göre sözel olarak ifade edilmesi, risk büyüklüğünü bir belirsizlik haline dönüştürür. Yani bir uzmanın proje riskini bir sözel terim ile ifade etmesi, onun kişisel yargılarına göre bir derecelendirmedir ve herkes için aynı şeyi ifade etmeyebilir. Bu tür belirsiz ortamlarda olayların incelenmesinde yapay zeka teknikleri olarak bilinen yeni yöntemler etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Zadeh [9] tarafından ortaya atılan bulanık mantık, bu tür problemlerin çözümünde modelleyebilme kapasitesine sahiptir. Bulanık mantığın bu özelliği, inşaat projelerinde sözel olarak ifade edilen ve belirsizliği oluşturan risklerin değerlendirilebilmesine olanak sağlamaktadır.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

3.1. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık, bir sistem içindeki belirsizlikleri ifade etmekte kullanılan bir yöntemdir. Bulanık fonksiyonlar, bu belirsizlikleri azaltmak için eldeki verileri ayarlamaktadır. Ayrıca, bir sistemi kontrol etmek için karar vermeleri kolaylaştırmakta da yine bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık sistemlerin klasik sistemlerden farkı, sistem davranışı biriminin ikiye ayrılarak girişlerin sayısal olmaması durumunda bir işleme tabi tutularak bulanıklaştırılmasına yarayan bulanıklaştırıcı birim ile yine bulanık olan çıktılarının sayısallaştırılmasına yarayan durulaştırıcı birim ilave edilmiş birimlerden oluşmasıdır [10].

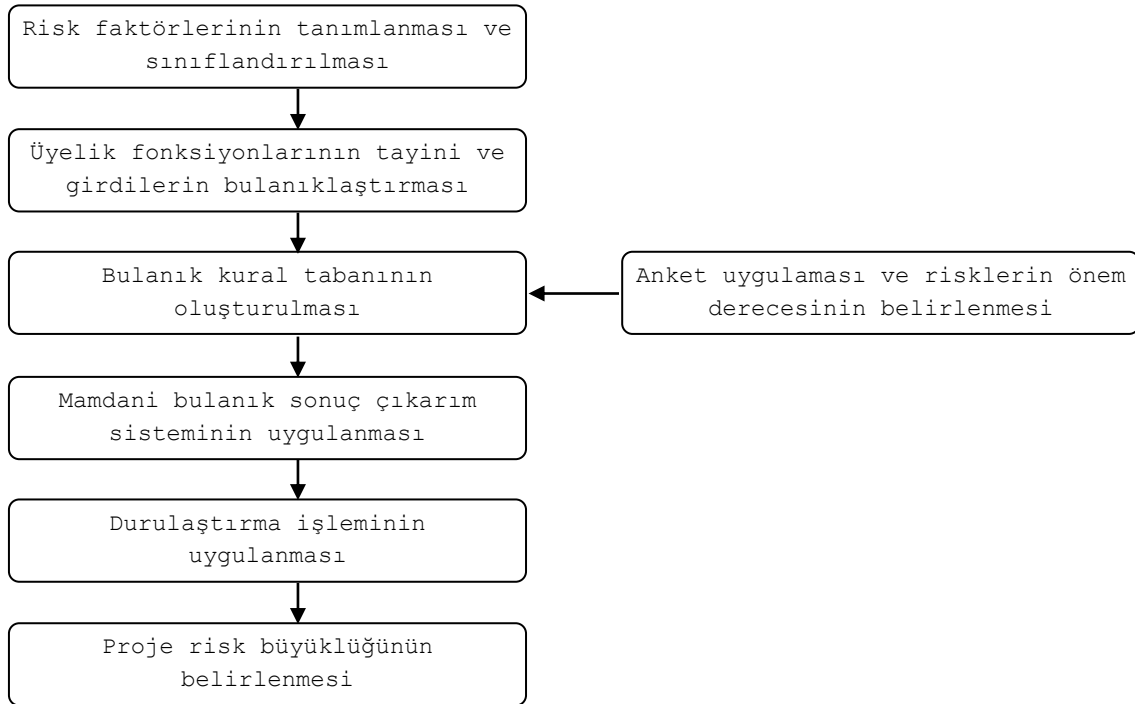
Genel bir bulanık sonuç çıkarma sistemi Şekil 1'deki gibi temel olarak 4 bileşene sahiptir: bunlar bulanıklaştırma, bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım motoru ve durulaştırma [11]. Bulanıklaştırma her parça girdi verisinin üyelik fonksiyonlarını bir veya daha fazla üyelik fonksiyonlarına dönüştürür. Bulanık kural tabanı girdiler ve çıktılar arasındaki bulanık ilişkilerin tüm olasılıklarını kapsayan kuralları içermektedir. Bu kurallar Eğer-İse formatında ifade edilmektedir. Bulanık çıkarım motoru transfer edilen kümedeki girdilerden doğru sonucu çıkarmak için bulanık kural tabanı ve öğrenmelerdeki tüm bulanık kuralları hesaba katmaktadır [12].



Şekil 1. Bulanık sonuç çıkarma sisteminin yapısı
(Figure 1. The structure of the fuzzy inference system)

3.2. Bulanık Risk Değerlendirme Modeli (Fuzzy Risk Assessment Model)

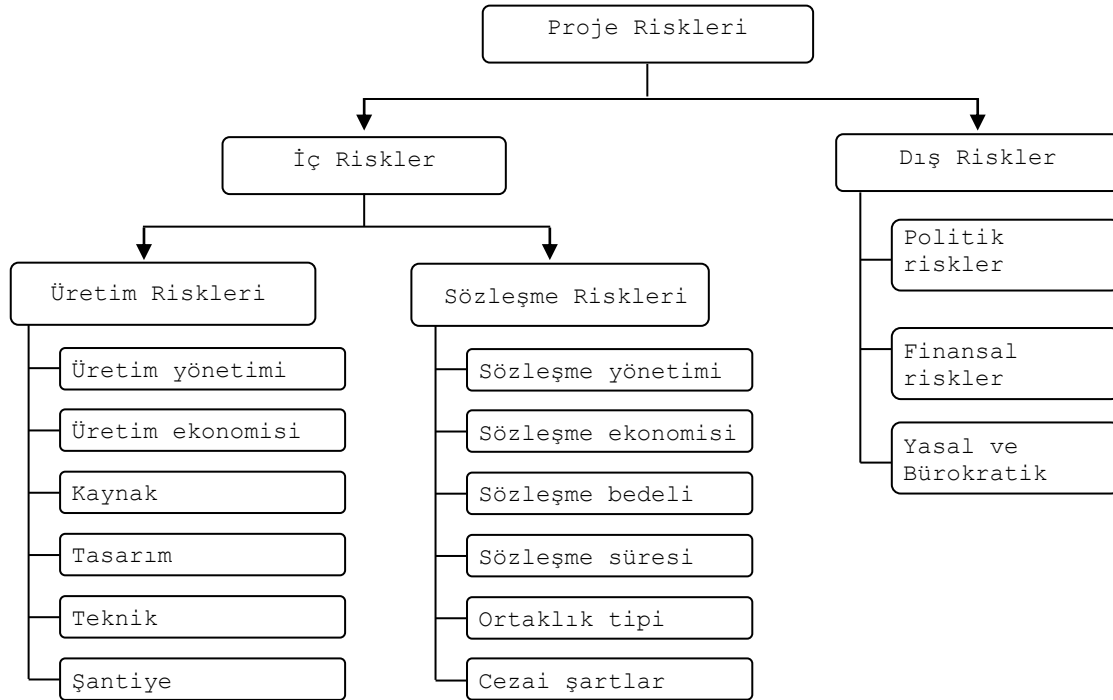
Bu çalışmada bulanık mantığın proje risk değerlendirilmesinde kullanımı, literatürden farklı olarak risk faktörlerinin ve sınıflarının çeşitlendirilmesi ile daha fazla sayıda ve nitelikteki risklerin etkisinin gözlenmesine olanak sağlayan bir model geliştirilerek incelenmiştir. Böylece, bulanık mantık modeli ile risk kaynaklarına ve olası nedenlerine göre proje risk büyüklüğünün belirlenebilmesi ve risk yanıtlama stratejilerinin geliştirilebilmesi için bir karar destek sistemi sağlanmış olacaktır. Şekil 2’de işlem adımları gösterilen Bulanık Risk Değerlendirme Modeli’nin (BRDM) geliştirilmesinde uygulanan işlemler 3 aşamada aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2. BRDM işlem adımları
(Figure 2. FRAM Process steps)

- Daha önce gerçekleştirilmiş çalışmalarda tanımlanan inşaat proje riskleri referans alınarak sektörde faaliyet gösteren uzman görüşleri doğrultusunda modelde kullanılmak üzere proje riskleri tanımlanmış ve sınıflandırılmaları yapılmıştır.
- İnşaat sektöründe yer alan firmalara yönelik bir anket uygulaması yapılmış ve uzmanların deneyimlerine bağlı olarak tanımlanan proje risk faktörlerinin önem dereceleri belirlenmiştir.
- Modelde tanımlanan risk faktörleri için üyelik fonksiyonları ve bulanık kümeleri belirlenip, bulanık kurallar üretilmiş ve risk büyüklüğü değerinin sayısallaştırılması için bulanıklaştırma ve durulaştırma metotları tanımlanmıştır.

BRDM'nin ilk aşaması risklerin tanımlanması ve risk kaynaklarına göre sınıflandırılmasıdır. Bu aşamada risklerin tanımlanabilmesi için geçmişte inşaat proje risk yönetimi alanında yapılan çalışmalar ve inşaat sektöründe yer alan uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. İnşaat proje risk yönetimi alanında yapılmış çalışmalarda tanımlanan riskler tespit edilerek proje ile ilişkileri incelenmiştir. Tespit edilen proje risklerinin kaynaklarına göre birbirini tamamlar nitelikteki olanları ve benzer riskler bir arada değerlendirilmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda, proje üzerindeki etkileri ihmal edilebilir olan riskler elenerek, BRDM'nde girdileri oluşturan risklerin tanımlanması yapılmıştır. Buna göre riskler; kritik riskleri içerecek şekilde risk kaynakları ve proje ile ilişkilerine göre iç riskler ve dış riskler olarak 2 ana grupta sınıflandırılmıştır. Her bir risk grubu için risk kaynaklarına göre alt risk grupları belirlenmiştir. BRDM risk sınıflandırılması Şekil 3'de gösterilmiştir.



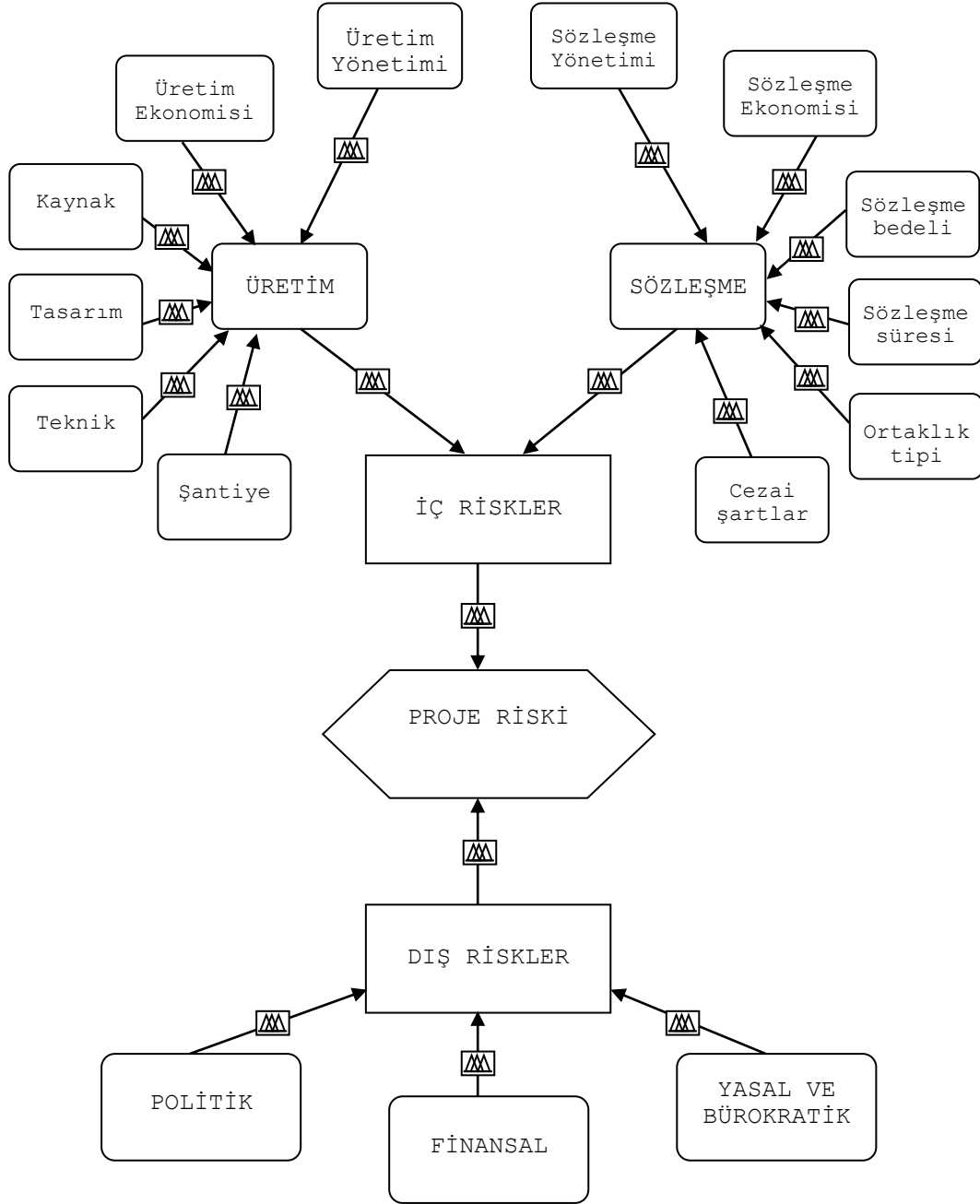
Şekil 3. BRDM risk sınıflandırılması
(Figure 3. FRAM risk classification)

Tablo 1. Anket sonuçlarına göre risk faktörleri önem dereceleri
(Table 1. The severity of risk factors according to questionnaires' results)

Risk Grubu	Risk Alt Grubu	Risk Faktörü	Önem Derecesi
İç Riskler (IR) Üretim (UR)	Üretim Yönetimi (UR.01)	İşveren veya yatırımcının proje imalat aşamasında sahip olduğu teknik personelin kapasitesi ve deneyimi	3.8269
		Yüklenicinin proje imalat aşamasında sahip olduğu teknik personelin kapasitesi ve deneyimi	4.3654
		Alt yüklenicinin proje imalat aşamasında sahip olduğu teknik personelin kapasitesi ve deneyimi	3.6538
	Üretim Ekonomik (UR.02)	İşverenin veya yatırımcının ekonomik durumunun üretim aşamasında oluşturabileceği etkiler	4.0577
		Yüklenicinin ekonomik durumunun üretim aşamasında oluşturabileceği etkiler	4.0769
		Alt yüklenicinin ekonomik durumunun üretim aşamasında oluşturabileceği etkiler	3.0769
	Kaynak (UR.03)	İşgücü temin edilme gücü ve iş verimi	3.8846
		Makine ve ekipman temin edilme gücü ve iş verimi	3.7115
		Malzeme temin edilme gücü ve kalite düzeyi	3.7308
	Tasarım (UR.04)	Tasarımın karmaşıklığı ve uygulanabilirliği	3.7885
		Tasarım değişiklikleri	3.3070
		Tasarım hataları	3.0962
	Teknik (UR.05)	Proje tipi ve zorluk derecesi	3.3654
		Yapım tekniği ile ilgili deneyim ve teknolojik gelişmelerin uygulanabilirliği	4.1154
İş programının yapısı ve uygulanabilirliği		3.6538	
Şantiye (UR.06)	Şantiyenin fiziki ve çevresel koşulları	3.5769	
	Şantiyenin sosyal koşulları	3.0962	
	İş güvenliği koşulları ve uygulanması	3.8654	
İç Riskler (IR) Sözleşme (SR)	Sözleşme Yönetimi (SR.01)	İşverenin sözleşme yönetimi konusunda sahip teknik eleman ve deneyimi	3.9038
		Yüklenicinin sözleşme yönetimi konusunda sahip teknik eleman ve deneyimi	4.0385
		Alt yüklenicinin sözleşme yönetimi konusunda sahip teknik eleman ve deneyimi	2.9808
	Sözleşme ekonomik (SR.02)	Proje bedeli veya metrajlarda oluşabilecek artış veya azalmaların işverene etkisi	3.8462
		Proje bedeli veya metrajlarda oluşabilecek artış veya azalmaların yükleniciye etkisi	3.8077
		Proje bedeli veya metrajlarda oluşabilecek artış veya azalmaların alt yükleniciye etkisi	3.2115
	Sözleşme büyüklüğü riski (SR.03)		3.8846
Sözleşme süresi riski (SR.04)		3.7500	
Ortaklık tipi riski (SR.05)		3.3462	
Sözleşme şartları ve cezai yaptırım ile ilgili riskler (SR.06)		4.0577	
Dış Riskler (DR)	Politik (DR.01)	Politik yapı ve yatırımcılar açısından hükümet politikası	4.0769
		Ülke veya bölgenin sosyal ve kültürel yapısı	3.4038
		Sektörün uluslararası alandaki yeri ve dışa bağımlılığı	3.2115
	Finansal (DR.02)	Ülke veya bölgenin ekonomik yapısı	3.4038
		Enflasyonun yapısı ve ekonomik göstergeler	3.8077
		Yatırımcılar için finansal destek	3.4423
	Yasal ve Bürokratik (DR.03)	Yasal destekler	3.5769
		Sözleşme tipleri ve uygulanabilirliği	3.7308
		Bürokratik işlemler (hızı, uygulamadaki gecikmeler vb.)	4.0577

BRDM için tanımlamaları ve sınıflandırılmaları yapılan risklerin inşaat projelerindeki önem derecelerinin belirlenmesi için uzman görüşlerine başvurulduğu bir anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tamamlanmış veya halen devam etmekte olan yurtiçi veya yurtdışı projelerde yer alan orta-büyük ölçekli firmaların hedef alındığı anket çalışması, yapılan yüz yüze görüşmeler ve posta yoluyla 52 firmaya uygulanmıştır. Yapılan bu anket sonucunda tespit edilen risk faktörlerinin önem dereceleri Tablo 1'de gösterilmiştir. BDRM' deki bulanık kurallar, belirlenen risk önem dereceleri dikkate alınarak

oluşturulmuştur. Yapılan risk sınıflandırılmasına göre, proje riskinin hesaplanmasında risk gruplarının etkileşimini gösteren BRDM'nin akış şeması Şekil 4'de verilmiştir.

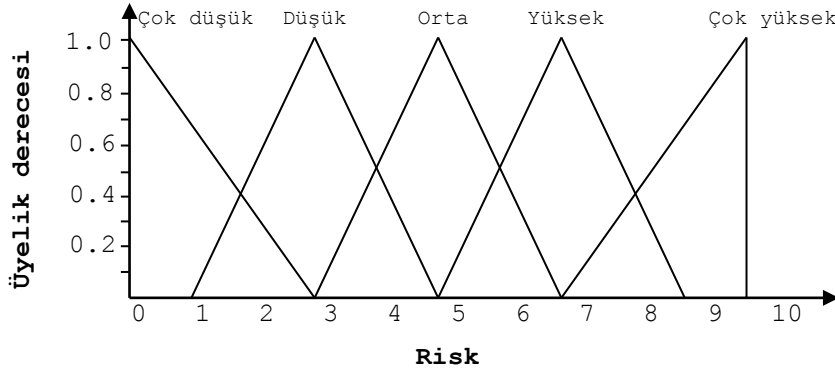


Şekil 4. BRDM akış şeması
(Figure 4. FRAM flowchart)

3.2.1. Bulanık Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi (Identification of Fuzzy Membership Functions)

Modelin girdilerini oluşturan risk faktörlerinin dereceleri çoğunlukla sayısal bir büyüklük yerine kişisel değer yargılarına dayanarak sözel olarak ifade edilebilmektedir. Bu nedenle sözel olarak ifade edilen risk derecelerinin bulanık sistemde tanımlanabilmesi için bulanık alt kümeler ve üyelik fonksiyonları ile temsil edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar incelenerek, bulanık alt küme

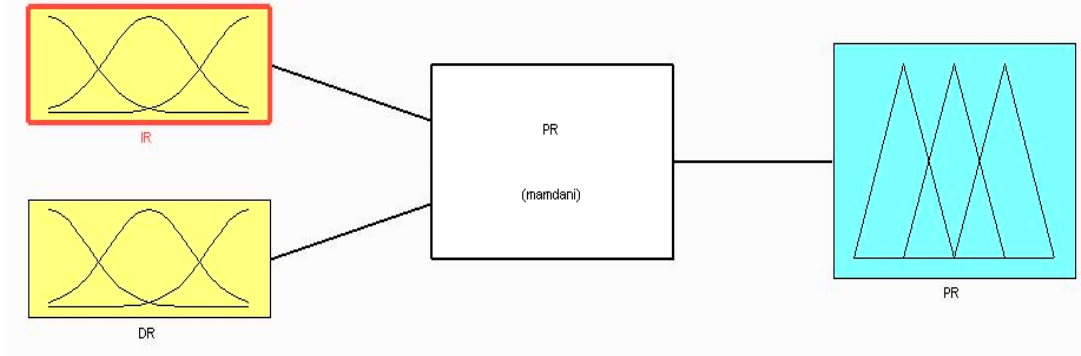
aralıkları ve üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Tah ve Carr [13] ve Dikmen ve diğ. [8] tarafından gerçekleştirilen çalışmalar referans alınarak modelin girdi ve çıktılarını temsil eden bulanık alt küme aralıkları ve üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Riskler için seçilen üyelik fonksiyonları en yaygın olarak kullanılan üçgensel tiptir ve "çok düşük", "düşük", "orta", "yüksek" ve "çok yüksek" bulanık alt kümeleri ile ifade edilmiştir. Modelde kullanılan bulanık alt küme aralıkları ve üyelik dereceleri Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. BRDM bulanık alt küme aralıkları
(Figure 5. FRAM fuzzy subset ranges)

3.2.2. Bulanık Sistemlerin Oluşturulması (Preparing Fuzzy Systems)

BRDM bulanık sistemlerinin oluşturulması için; girdileri oluşturan alt risk gruplarında tanımlanan risk faktörlerinin anket uygulaması ile belirlenen önem dereceleri kullanılarak her bir bulanık sistem için EĞER-İSE tarzında ifade edilen kurallar tanımlanmıştır. Bu kurallar VE operatörü ile harmanlanmıştır. "Kural tabanı" olarak ifade edilen bu kurallar her bir risk grubu için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Bulanık kural tabanı kullanılarak harmanlanan kuralların Mamdani bulanık çıkarım sistemine göre bileştirilmesi ile bulanık çıktılar elde edilmiştir. Bulanık olarak elde edilen çıktılarının durulaştırılması için "ağırlık merkezi" yöntemi kullanılmış ve grupların risk büyüklükleri belirlenmiştir. Oluşturulan bulanık sistemler kullanılarak Şekil 4'de verilen akış şemasındaki işlem sırasına göre proje risk büyüklüğünün belirlenmesi beş aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada üretim alt grupların risk büyüklüğü ve sonrasında üretim risk büyüklüğü belirlenmektedir. İkinci aşamada sözleşme alt grupların risk büyüklüğü ve sonrasında sözleşme risk büyüklüğü belirlenmektedir. Üçüncü aşamada belirlenen üretim ve sözleşme risk grubu büyüklükleri kullanılarak iç risklerin büyüklüğü belirlenmektedir. Dördüncü aşamada dış riskler içerisinde tanımlanan alt grupların risk büyüklüğü ve sonrasında ise dış risk büyüklüğü belirlenmektedir. Beşinci ve son aşamada ise iç ve dış grup risk değerlerinin girdi olarak kullanılması ile proje risk büyüklüğü belirlenmektedir. Bu aşamaların her biri için oluşturulan bulanık sistemlere örnek olabilmesi için en son aşamada yer alan proje risk büyüklüğünün belirlendiği bulanık sistem aşağıda açıklanmıştır. Proje iç ve dış risk büyüklüklerinin girdi olarak kullanıldığı ve proje risk büyüklüğünün belirlendiği Mamdani bulanık çıkarım sisteminin yapısı Şekil 6'da gösterilmiştir. İç ve dış risk girdileri ile proje riski çıktısı, Şekil 5'de gösterildiği şekilde sözel kavramlar ile tanımlanan beş bulanık alt kümeden oluşmaktadır.



Şekil 6. Proje riski bulanık sisteminin yapısı
(Figure 6. The structure of the project risk fuzzy system)

İç ve dış risklerin anket uygulaması ile belirlenen önem derecelerine göre, EĞER-İSE tarzında ifade edilen 25 kural oluşturulmuştur. Bu kurallar VE operatörü ile harmanlanmıştır. Proje riski bulanık sistemi için oluşturulan bu kurallar Tablo 2'deki şekilde bir matris formunda gösterilmiştir.

Tablo 2. Proje riski bulanık sistemi kural tabanı
(Table 2. Project risk fuzzy rule system base)

		İç Risk				
		Çok Düşük (CD)	Düşük (D)	Orta (O)	Yüksek (Y)	Çok Yüksek (CY)
Dış Risk	Çok Düşük (CD)	CD	D	D	O	O
	Düşük (D)	CD	D	O	O	Y
	Orta (O)	D	D	O	Y	Y
	Yüksek (Y)	D	O	O	Y	CY
	Çok Yüksek (CY)	O	O	Y	Y	CY

Bulanık kural tabanı kullanılarak harmanlanan kuralların, Mamdani bulanık çıkarım sistemine göre birleştirilmesi ile bulanık çıktılar elde edilmiştir. Bulanık olarak elde edilen çıktılarının durulaştırılması için "ağırlık merkezi" yöntemi kullanılmış ve proje risk büyüklüğü belirlenmiştir.

3.2.3. Bulanık Risk Değerlendirme Modeli Bilgisayar Programı (Computer Program for Fuzzy Risk Assessment Model)

Tanımlanan risk grupları için bulanık sistemlerin oluşturulmasından sonra bu sistemler kullanılarak sırası ile üretim, sözleşme, iç, dış ve proje risk büyüklüğünün belirlendiği bilgisayar programı geliştirilmiştir. Programın her bir aşamasında kullanıcılar tarafından gerekli bilgilerin girilebildiği ve risk büyüklüklerinin değerlendirildiği bir kullanıcı ara yüzü tasarlanmıştır. İç risklerinin birinci grubunu oluşturan üretim riskleri için tasarlanan kullanıcı ara yüzü Şekil 7'de verilmiştir. Programın bu kısmında ilk olarak alt gruplarda tanımlanan faktörler için risk değerleri girilmekte ve her bir alt grubun risk büyüklüğü değeri belirlenmektedir. Sonraki aşamada ise üretim grubunun risk değeri belirlenmektedir.

ÜRETİM RİSKİ

Üretim Yönetimi Riski İşverenin üretim aşamasındaki yönetim durumu : <input type="text"/> Yüklenicinin üretim aşamasındaki yönetim durumu : <input type="text"/> Alt yüklenicinin üretim aşamasındaki yönetim durumu : <input type="text"/> HESAPLA Yönetim Risk Büyüklüğü <input type="text"/>	Üretim Ekonomik Riski İşverenin üretim aşamasındaki ekonomik durumu : <input type="text"/> Yüklenicinin üretim aşamasındaki ekonomik durumu : <input type="text"/> Alt yüklenicinin üretim aşamasındaki ekonomik durumu : <input type="text"/> HESAPLA Ekonomik Risk Büyüklüğü <input type="text"/>	Kaynak Riski İşgücü temin edilme güçlüğü ve iş verimi : <input type="text"/> Makine ve ekipman temin edilme güçlüğü ve verimliliği : <input type="text"/> Malzeme temin edilme güçlüğü ve kalite düzeyi : <input type="text"/> HESAPLA Kaynak Risk Büyüklüğü <input type="text"/>
Tasarım Riski Tasarımın uygulanabilirliği : <input type="text"/> Tasarım değişiklikleri : <input type="text"/> Tasarım hataları : <input type="text"/> HESAPLA Tasarım Risk Büyüklüğü <input type="text"/>	Teknik Risk Proje tipi ve zorluk derecesi : <input type="text"/> Yapım tekniği ile ilgili deneyim ve teknolojinin uygulanabilirliği : <input type="text"/> İş programının yapısı ve uygulanabilirliği : <input type="text"/> HESAPLA Teknik Risk Büyüklüğü <input type="text"/>	Şantiye Riski Şantiyenin fiziki koşulları : <input type="text"/> Şantiyenin sosyal koşulları : <input type="text"/> İş güvenliği koşulları ve uygulanması : <input type="text"/> HESAPLA Şantiye Risk Büyüklüğü <input type="text"/>
ÜRETİM RİSK BÜYÜKLÜĞÜ <input type="text"/>		

Şekil 7. Üretim riski için programın kullanıcı ara yüzü
(Figure 7. The user interface of the program for production risk)

Sözleşme riskleri için tasarlanan kullanıcı ara yüzü Şekil 8’de verilmiştir. Programın bu kısmında ise ilk olarak alt gruplarda tanımlanan faktörler için risk değerleri girilmekte ve sözleşme yönetimi ve sözleşme ekonomisi alt gruplarının risk büyüklüğü değeri belirlenmektedir. Sonraki aşamada sözleşme grubunun risk değeri belirlenmektedir.

SÖZLEŞME RİSKİ

Sözleşme Yönetimi Riski İşverenin sözleşme yönetimi kapasitesi : <input type="text"/> Yüklenicinin sözleşme yönetimi kapasitesi : <input type="text"/> Alt yüklenicinin sözleşme yönetimi kapasitesi : <input type="text"/> HESAPLA Yönetim Risk Büyüklüğü <input type="text"/>	Sözleşme Ekonomik Riski İşveren açısından sözleşmenin ekonomik etkileri : <input type="text"/> Yüklenici açısından sözleşmenin ekonomik etkileri : <input type="text"/> Alt yüklenici açısından sözleşmenin ekonomik etkileri : <input type="text"/> HESAPLA Ekonomik Risk Büyüklüğü <input type="text"/>	Sözleşme Bedeli Büyüklüğü : <input type="text"/> Sözleşme Süresi : <input type="text"/> Ortaklık Tipi : <input type="text"/> Sözleşme şartları ve cezai yaptırımlar : <input type="text"/>
SÖZLEŞME RİSK BÜYÜKLÜĞÜ <input type="text"/>		

Şekil 8. Sözleşme riski için programın kullanıcı ara yüzü
(Figure 8. The user interface of the program for contract risk)

Risk sınıflandırılmasına göre iç riskleri oluşturan üretim ve sözleşme risklerinin belirlenmesinden sonra proje iç riski belirlenmektedir. İlk aşamada belirlenen üretim ve sözleşme risk büyüklüğü değerleri, iç risk kullanıcı ara yüzüne aktarılmakta ve proje iç risk değeri belirlenmektedir. Proje iç riski için tasarlanan kullanıcı ara yüzü Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Proje iç riski için programın kullanıcı ara yüzü
(Figure 9. The user interface of the program for the project internal risk)

Programın proje dış risklerinin değerlendirildiği kısımda, tanımlanan üç alt grubuna ait faktörler için risk değerleri girilmekte ve politik, finansal ve yasal-bürokratik alt gruplarının risk büyüklüğü değeri belirlenmektedir. Devamında ise proje dış risk değeri belirlenmektedir. Proje dış riski için tasarlanan kullanıcı ara yüzü Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Proje dış riski için programın kullanıcı ara yüzü
(Figure 10. The user interface of the program for the project external risk)

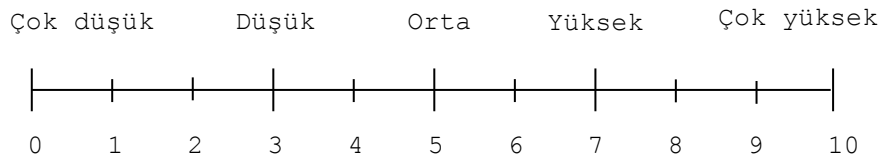
Programın son aşamasında tanımlanan tüm risk faktörleri için risk değerlerinin girilmesi ile adım adım belirlenen iç ve dış risk büyüklüğü değerleri, proje riski kullanıcı ara yüzüne aktarılmakta ve değerlendirilen şartlar altında projenin risk değeri belirlenmektedir. Proje riski için tasarlanan kullanıcı ara yüzü Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Proje riski için programın kullanıcı ara yüzü
(Figure 11. The user interface of the program for the project risk)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Geliştirilen BRDM yurtiçi ve yurtdışında gerçekleştirilen üç farklı projeye uygulanmıştır. Model için tanımlanan risk faktörleri, proje şartları göz önünde bulundurularak, projede yer alan uzmanlar tarafından Şekil 12’de verilen gösterge çizelgesi kullanılarak derecelendirilmiştir. Risk faktörlerinin sayısal bir değer ile ifade edilebilmesi ve bir standardı sağlayabilmesi için kullanılan bu gösterge çizelgesine göre çok yüksek olarak değerlendirilen bir risk faktörü 10, çok düşük olarak değerlendirilen bir risk faktörü ise 0 üzerinden derecelendirilmektedir. Projede yer alan uzmanların deneyim ve kişisel yargılarına göre derecelendirdikleri risk büyüklükleri, BRDM için geliştirilen kullanıcı ara yüzü yardımıyla programa girilerek proje risk büyüklüğü değeri belirlenmiştir. BRDM’den elde edilen proje risk büyüklüğü değeri ile uzmanlar tarafından öngörülen proje risk büyüklüğü değerleri karşılaştırılarak model performansı değerlendirilmiştir.



Şekil 12. Risk faktörleri derecelendirilme gösterge çizelgesi
(Figure 12. Risk factors rated indicator chart)

Uygulama-1 (Application-1)

BRDM kullanılarak proje risk büyüklüğünün değerlendirildiği ilk proje yurt içinde uygulanmaktadır. Uygulama projesinde yer alan uzmanlar tarafından, proje ve gerçekleştirildiği ülke/bölge şartlarına göre yapılan risk derecelendirmeleri kullanılarak, BRDM ile proje risk büyüklüğü belirlenmiştir. Uygulama projesinde yer alan uzmanlar tarafından risk faktörleri için ifade edilen risk büyüklüklerinin BRDM ile değerlendirilmesi sonucunda proje risk büyüklüğü 4.8 olarak belirlenmiş ve "Orta" düzeyde riskli bir projedir. Yine projede yer alan uzmanların yaptıkları değerlendirmede proje riski 5 olarak ifade edilmiştir. Uygulamanın gerçekleştirildiği proje için modelden elde edilen sonucun, uzman görüşleri ile uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir. İki sonuç arasındaki karşılaştırma Tablo 3’de gösterilmiştir.

Uygulama-2 (Application-2)

İkinci uygulama yine yurt içinde gerçekleştirilen bir projede gerçekleştirilmiştir. Proje yöneticileri tarafından, projenin ve gerçekleştirildiği ülkenin/bölgenin şartlarına göre yapılan risk derecelendirmeleri kullanılarak, BRDM ile proje risk büyüklüğü belirlenmiştir. BRDM kullanılarak yapılan değerlendirme sonucunda proje risk büyüklüğü 4.6 olarak belirlenmiş ve "Orta" düzeyde riskli bir proje olduğu tespit edilmiştir. Proje yöneticileri tarafından yapılan değerlendirmede de proje riski 5 olarak ifade edilmiştir. Uygulamanın gerçekleştirildiği proje için modelden elde edilen sonucun, uzman görüşleri ile uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir. İki sonuç arasındaki karşılaştırma Tablo 3’de gösterilmiştir.

Uygulama-3 (Application-3)

Üçüncü uygulama ise yurt dışında gerçekleştirilen projede uygulanmıştır. Daha önce yurt dışı projelerde yer almış olan firmanın deneyimlerine, projenin ve gerçekleştirildiği ülke/bölgenin şartlarına göre yapılan risk derecelendirmeleri kullanılarak, BRDM ile proje risk büyüklüğü belirlenmiştir. BRDM kullanılarak yapılan değerlendirme sonucunda proje risk büyüklüğü 5.83 olarak belirlenmiş ve "Orta"

düzyeyden daha riskli bir proje olduğu tespit edilmiştir. Proje yöneticileri tarafından yapılan değerlendirmede de proje riski 6 olarak ifade edilmiştir. Uygulamanın gerçekleştirildiği proje için modelden elde edilen sonucun, uzman görüşleri ile uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir. İki sonuç arasındaki karşılaştırma Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması
(Table 3. Comparison of application results)

	BRDM Modeli Sonucu	Uzman Değerlendirmesi
Uygulama-1	4,80	5,00
Uygulama-2	4,60	5,00
Uygulama-3	5,83	6,00

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, projenin değişik aşamaları için öngörülen risk kaynakları ile risk faktörlerinin bir arada ele alınarak risk sınıflandırılmasının yapıldığı ve projenin risk düzeyinin belirlenebildiği “Bulanık Risk Değerlendirme Modeli” önerilmektedir. BRDM’nde, proje risklerini en genel anlamıyla temsil edebilecek ve projenin başarısı üzerinde en fazla etkisi olabilecek riskler tespit edilerek tanımlanmış, proje ve kendi içindeki ilişkilerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre proje riskleri, projenin kendi özelliklerinden kaynaklanan iç riskler ve projenin gerçekleştirildiği ülke veya bölgenin şartlarından kaynaklanan dış riskler olarak belirlenmiştir. Her iki risk grubu altında tanımlanan risk alt gruplarına göre, proje riski büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan 37 risk faktörü yer almaktadır.

Modelde tanımlanan risk faktörlerinin proje özelliklerine göre öngörülen risk derecelerinin girilmesi ile risk sınıflandırmasında yer alan tüm gruplarının risk büyüklüğü değeri bulanık mantık işlemleri kullanılarak belirlenebilmektedir. Tüm bu gruplar arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi sonucunda da projenin risk büyüklüğü ifade edilebilmektedir. Modelin kullanıcılar tarafından etkin bir şekilde kullanılabilmesi için görsel bir ara yüz tasarlanmış ve kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Bulanık mantık metodu kullanılarak oluşturulan bu modelin aşağıdaki faydaları sağlayacağı düşünülmektedir.

- İnşaat projelerinin karakteristik özelliklerini ve projenin değişik aşamalarını içeren riskler tanımlanmıştır. Bu riskler seçilirken proje üzerinde en fazla etkiye sahip olanların tanımlanmasına dikkat edilmiştir. Böylelikle proje riskinin değerlendirilirken farklı aşamaların ve projede yer alan tarafların potansiyel etkileri hesaba katılmaktadır.
- Proje riskleri kişisel yargılara göre ifade edilmekte, bu ise karmaşıklığa yol açmaktadır. Bu karmaşıklığı ortadan kaldırmak ve uzmanların risk derecelerini ifade edebilmeleri için bir gösterge çizelgesi verilmiştir. Kullanıcılar, tanımlanan risk faktörlerini bu gösterge çizelgesine göre derecelendirebilecektir. Dolayısıyla kişisel yargılara göre sözel olarak ifade edilen bu risk dereceleri, modelde bir sayısal değeri ile tanımlanacaktır. Modelin uygulanması sonucunda belirlenecek sayısal risk büyüklüğünü yine bu gösterge çizelgesine göre sözel ifadelerle tanımlanabilecektir.
- Model için tasarlanan kullanıcı ara yüzü, gerekli verilerin programa girilebilmesinde kullanıcılara kolaylık sağlamakta, görsel olarak işlem adımları takip edilebilmektedir.



- Bulanık işlemler sonucunda hesaplanan proje ve alt grupların risk büyüklüğü yine bu kullanıcı ara yüzünden görülmektedir. Dolayısıyla alt risk gruplarından, projede riski üzerinde hangilerinin tehlike yarattığı izlenebilmektedir.
 - Risk oluşturan faktörlerin izlenmesi, bu risklerin etkilerini en aza indirmek için uygulanması gereken stratejilerin belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Hangi aşama ya da risk grubuna risk azaltıcı önlemlerin uygulanması gerektiğine karar verilirken kullanıcılara kolaylık sağlayabilecektir.
- BRDM'nin performansının değerlendirilebilmesi amacıyla model, yurt içi ve yurt dışında gerçekleştirilen orta-büyük ölçekli üç farklı projeye uygulanmış ve proje risk düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların projede yer alan uzmanların görüşleri ile uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, önerilen modelin inşaat projelerinde risk yönetimi alanında kullanılabilir olduğu, proje ön değerlendirme aşamasında, özellikle yükleniciler açısından proje risk düzeyinin belirlenmesi ve proje ile ilgili kararlarında yardımcı olacağı görülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kuşan, H., (2009). İnşaat Projelerinde Risklerin Bulanık Mantık Modeli İle Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
2. Birgönül, M.T. ve Dikmen, İ., (1996). İnşaat projelerinin risk yönetimi. İMO Teknik Dergi, Vol:7, No:4, pp:1305-1326.
3. Rahman, M.M. and Kumaraswamy, M.M., (2002). Joint risk management through transactionally efficient relational contracting. Construction Management and Economics, Vol:20, Num:1, pp:45-54.
4. Lyons, T. and Skitmore, M., (2004). Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey. International Journal of Project Management, Vol:22, pp:51-61.
5. Uğur, L.O., (2007). TMB üyesi inşaat firmalarının planlama, yapı maliyeti hesaplama ve risk yönetimi yaklaşımları. Ankara, 72 s.
6. Nasir, D., McCabe, B., and Hartono, L., (2003). Evaluating risk in construction-schedule model (ERIC-S): Construction Schedule Risk Model. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, Vol:129, Num:5, pp:518-527.
7. Lam, K.C., Wang, D., Patricia, T.K., and Tsang, Y.T., (2007). Modelling risk allocation decision in construction contracts. International Journal of Project Management, Vol:25, pp:485-493.
8. Dikmen, İ., Birgönül, M.T., and Han, S., (2007). Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. International Journal of Project Management, Vol:25, pp:494-505.
9. Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy set. Information Control, Vol:8, Num:1, pp:338-353.
10. Şen, Z., (2004). Mühendislikte bulanık (fuzzy) mantık ile modelleme prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, ss:191.
11. Şen, Z., (1998). Fuzzy algorithm for estimation of solar irradiation from sunshine duration. Solar Energy Vol:63, Num:1, pp:39-49.
12. Özdemir, İ., Aytekin, O. ve Kuşan, H., (2007). Şerefiye Bedelinin Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Hesaplanması, 4. İnşaat Yönetimi Kongresi, İstanbul, ss:181-190.
13. Tah, J.H.M. and Carr, V., (2000). A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic. Construction Management and Economics, Vol:18, pp:491-500.