

## İnşaat Projeleri İçin Bilgi-Tabanlı Risk Haritalama Aracının Geliştirilmesi

**A.E. Yıldız, İ. Dikmen, M.T. Birgönül**  
*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara*  
yacelya@metu.edu.tr, idikmen@metu.edu.tr, birgonul@metu.edu.tr

**K. Ercoskun**  
*Yeditepe Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul*  
keremer@yeditepe.edu.tr

**S. Alten**  
*Innocent-Teknoloji Tasarım Geliştirme Merkezi San. ve Tic. A.Ş., Ankara*  
salten@pro-ge.com

### Özet

Yapım aşamasında karşılaşılan teknik kaynaklı risklerin mevcudiyeti, projelerin gerçekleştirildiği ortamların belirsizliği ve aynı zamanda çok sayıda proje katılımcısının birlikte çalışması nedenleriyle, inşaat projeleri yüksek risk seviyesine sahip projeler olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, risk yönetimi, inşaat projelerinin bütçe, zaman ve kalite hedeflerine ulaşabilmesi için önemli başarı faktörlerinden birisini oluşturmaktadır. Risklerin sistematik olarak tanımlanmasıyla birlikte, bu risklerin proje üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, risk yönetiminin iki temel unsurudur. Ancak, inşaat sektörünün proje bazlı olması ve geçmiş projelerden edinilen bilgilerin; şirket bünyesinde depolanmamasından ötürü, risk faktörlerinin proje üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde, kişisel inisiyatifler ve deneyimler ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı; inşaat projeleri için, geçmiş projelerden elde edilen bilgilerin ışığında, olası risklerin gelecek projeler üzerindeki etkilerinin daha rasyonel ve objektif değerlendirebilmesi amacıyla bilgi-tabanlı platform oluşturulması ve “proje risk haritalarının” çizilebilmeleri için bir destek aracının geliştirilmesidir. Bir inşaat projesinin, potansiyel risk olaylarının tahmin edilmesini ve projenin kırılgan noktalarının görsel olarak değerlendirilmesini sağlayacak olan risk haritalama yöntemi ve aracı sayesinde, inşaat şirketlerinin, risk yönetiminin en önemli aşaması olan risklerin tanımlanması aşamasını sistematik ve gerçekçi bir şekilde yapması hedeflenmektedir. Söz konusu risk haritalama yöntemi, daha önce ODTÜ Yapım Mühendisliği ve Yönetimi Dalında gerçekleştirilmiş olan iki yüksek lisans tez çalışması kapsamında belirlenen; sektörün risk yönetimi konusundaki mevcut uygulamaları, temel eksiklikleri ve ihtiyaçları esas alınarak oluşturulan “risk ontolojisi” ve “risk değerlendirme yönetimi” kullanılarak geliştirilmiştir. Bahis konusu bu çalışmaların son aşaması olarak, 37 adet tamamlanmış projenin risk verilerinin depolandığı bir bilgi-tabanı oluşturulmuş, gelecekteki projelerin risk haritasının çıkarılmasına ve muhtemel maliyet artışlarının hesaplanmasına olanak sağlayan bir yazılım geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Risk İlişkileri, Risk Haritası, Bilgi-tabanı.

## Giriş

İnşaat projelerinde risk yönetimini gerçekleştirebilmek için birçok risk analizi ve tanımlama yöntemleri önerilmiştir. Ancak bu yöntemlerin birçoğunda, proje risklerinin belirlenmesi için risk kontrol listeleri kullanılmakta ve bunlar da risklerin tekil olarak analiz edilmesine yol açmaktadır. Diğer taraftan, Ren'in (1994) belirttiği gibi, genellikle riskler birbirlerini etkilemek suretiyle birbirlerinin etkisini çoğaltıp, azaltmakta ve proje üzerinde ortaklaşa etkiler oluşturmaktadır. Bu bağlamda, Kim ve diğerleri (2009), Ashley ve Bonner (1987), Dikmen ve diğerleri (2007) gibi birçok araştırmacı, risk-kapsamlı faktörlerin birbirlerine bağlı olmasının önemini vurgulayarak, proje koşullarının daha iyi simülasyonunu teminen, tekil risk faktörleri yerine, risklerin birbirleri ile bağlantılarının göz önüne alınarak analiz edilmeleri gerektiğine dikkat çekmişlerdir. Bu kapsamda, literatürde birçok araştırmacı risk bağlantılarını gösterme amacıyla; “etki diyagramları”, “akış diyagramları” “neden-sonuç diyagramları”, “risk yolları” ve “risk haritaları” kullanmıştır.

Literatürde, risk bağlantılarının göz önüne alınmasının önemi vurgulanmasına rağmen, bu çalışmalarda risk faktörlerinin neden-sonuç ilişkilerinden oluşan risk yolları ve risk yollarından oluşan risk haritaları gösterilmemektedir. Bu çalışmanın amacı, yeni bir risk haritalama yöntemi ve maliyet artışına neden olan risk faktörlerinin neden-sonuç ilişkisinden doğan 36 ilişkili risk yollarının gösterilmesini sağlayan bir risk analizi aracı önerilmesidir. Bu kapsamda öncelikle, risk bağlantılarını ve risk yollarını konu alan geçmiş çalışmaların doğrulunu kanıtlamak amacıyla literatür araştırması yapılmıştır. Bunu takiben, söz konusu projenin temel aldığı, risk ile ilgili parametrelerin birbirleri ile ilişkilerini hiyerarşik olarak gösteren “risk ontolojisi” ve bahsi geçen parametrelerin maliyet artışına etkilerini analiz eden “risk değerlendirme yöntemi” açıklanarak risk haritalama metodu ve aracı tanıtılacaktır. Önerilen yöntemi ve risk haritasını güncellemek ve inşaat projelerinde oluşan risk yollarını gösterebilmek için proje ortağı firmanın katkısı ile 37 değişik risk olayı belirlenmiş ve bilgi-tabanında depolanmıştır. Bu bilgi-tabanının, projenin ilerleyen aşamalarında, risk analizi esnasında kullanılması öngörülmüş ve analiz sonuçlarındaki özneliği azaltmasında yardımcı olması amaçlanmıştır.

## Literatür Özeti

### Risk ile İlgili Kavramlara Genel Bakış

Literatürde, “risk” kelimesi, “tehlike” ya da “belirsizlik” gibi birçok farklı kelimeyle, farklı anlamlarda kullanılmıştır. (Al-Bahar ve Crandall, 1990). Jannadi ve Almishari (2003) riski, “olasılık”, “şiddet/ağırlık” ve bir aktivitenin “tehlikelere karşı açık olması” kombinasyonu olarak tanımlamışlardır. Chapman (2001) riski, bir aktiviteyi olumsuz olarak etkileyen olayların etki derecesi ve bu olayların olma olasılığı olarak kabul etmiştir. Kartam ve Kartam (2001) ise, riski “bir yatırım üzerindeki karlılığı değiştirebilecek belirsiz, öngörülemeyen ve istenmeyen olayların olma olasılığı” olarak belirlemişlerdir. Bu bildirinin ilerleyen aşamalarında da açıklanacağı üzere, bu çalışma kapsamında risk ile ilgili faktörleri, risk haritasındaki seviyesine göre; kırılma faktörleri, risk kaynakları, risk olayları ve risk sonucu olarak kategorize edilmiştir. Kırılma faktörleri genellikle risk ile karıştırılmaktadır (Ezell, 2007). Bir sistemin kırılma durumu, o sistemin bir “tehlike” ya da “risk olayına” karşılık verebilme ya da başa çıkabilme ölçüsü ya da kapasitesidir (Zhang, 2007). Risk kaynakları ise, Fidan ve diğerleri (2011) tarafından, ya başlangıç proje koşullarından olumsuz değişimlere, ya da beklenmedik durumlara yol açarak projeye zarar verebilecek potansiyel faktörler olarak tanımlanmıştır. Risk faktörleri, risk olaylarının oluşumu üzerinden risk sonuçlarına yol açmaktadır. Diğer bir anlatımla, risk olayları, herhangi bir risk

kaynağından ötürü, proje amaçlarında azalma ya da artma değişimleridir (Fidan ve diğerleri, 2011). Bu değişimler, yürütülen proje aktivitesinin kalitesi, verimliliği, performansı, planlaması ve bütçesiyle ilgili olabilmektedir. (Al-Bahar ve Crandall, 1990). Risk sonuçları ise, risk olaylarının çıktısı (sonucu) ve süre, bütçe, kalite ve güvenlik gibi proje amaçlarından olan sapsamalarıdır (Tah ve Carr, 2001; Al-Bahar ve Crandall, 1990).

### **Risk Yönetimi ile İlgili Literatür Araştırması**

Risk yönetimi; risklerin belirlenmesi, risk analizi, risk yanıtı ve risk gözlemi olmak üzere dört aşamadan oluşan bir süreçtir (Perry ve Hayes, 1985; Al-Bahar ve Crandall, 1990). Bu aşamalardan, inşaat projeleriyle ilgili potansiyel risklerin tanımlandığı “risklerin belirlenmesi” risk yönetiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır (Zou ve diğerleri, 2007; Akinci ve Fischer, 1998). Proje amaçlarını olumsuz etkileme ihtimali olan risklerin tanımlanması ve sınıflandırılması için literatürde birçok risk kontrol listesi önerilmiştir. Azhar ve diğerleri (2008) 42 adet maliyet artışına neden olan faktörleri belirlemiş ve bunları; makro ekonomik faktörler, yönetim faktörleri, iş ve düzenleyici faktörleri olarak sınıflandırılmışlardır. Assaf ve Al-Hejji (2006) Suudi Arabistan’da yürütülen inşaat projelerinde gecikmelere yol açabilecek mahiyette 73 adet sebep belirlemişlerdir. Abd-El-Razek ve diğerleri (2008), Mısır’da gerçekleştirilen inşaat projelerinde muhtemel gecikmelere neden olabilecek 32 adet faktörü tanımlamışlardır. Enshassi ve diğerleri (2009), Gaza Şeridin’de yürütülen inşaat projelerindeki zaman ve maliyet artışlarıyla sonuçlanabilecek 110 gecikme faktörü belirlemiş ve bunları 12 ayrı grupta toplamışlardır. Aibinu ve Odeyinka (2006), işveren, mimar, yapı mühendisi, yüklenici, taşeron, tedarikçi ve dış faktörlerle ilgili 44 adet gecikme faktörü belirlemişlerdir. Perry ve Hayes (1985) inşaat projelerinde karşılaşılabilecek 29 öncelikli risk faktörünü belirlemişler ve bunları fiziksel, çevresel, tasarım, lojistik, finans, hukuk, politik, inşa ve operasyon olmak üzere 9 ayrı risk grubunda toplamışlardır. Chan ve Kumaraswamy (1996), Hong Kong inşaat projelerinde gecikmelerine yol açabilecek 83 adet faktörü belirlemiş ve bunları ilgili risk gruplarında kategorize etmişlerdir. Bu kategoriler; proje, işveren, tasarım ekibi, yüklenici, malzeme, iş gücü, tesis ve ekipman ve dış faktörlerdir. Long ve diğerleri (2004), finansör, işveren, yüklenici, danışman, proje özellikleri, koordinasyon ve çevre faktörleri ile ilgili Vietnam’da yürütülen büyük inşaat projelerindeki 62 risk faktörünü belirlemişlerdir. Mustafa ve Al-Bahar (1991), inşaat projelerinde karşılaşılabilecek 32 risk faktörünü belirlemiş ve bunları doğal afetler, fiziksel, finansal, ekonomik, tasarım ve iş sahası olmak üzere altı grupta toplamışlardır.

Bu kontrol listelerine ek olarak, literatürde bilgisayar tabanlı risk değerlendirme ve risk yönetimi için muhtelif risk hesaplama yöntemleri, veri tabanı çözümleri ve çeşitli taksonomi önerileri de yer almaktadır. Zhi (1995) uluslararası inşaat projeleri için yapılandırılmış bir risk yönetimi süreci önermektedir. Bu çalışmada, risk faktörleri, temel nedenlere bağlı olarak iç ve dış riskler ana başlıkları altında sınıflandırılmakta ve gerçekleşme olasılıkları ile beklenen etkilerine göre değerlendirilmektedir. Batson (2009) altyapı projeleri için, henüz planlama safhasında olası riskleri belirleyebilmek amacıyla risk tespitini kolaylaştıran bir taksonomi geliştirmiştir. Batson bu çalışmasında riskleri, 96 farklı potansiyel probleme neden olan 15 başlık altında toplamıştır. Adreslenen problemler kalite, kaynak kullanımı, proje programında aksamalar ve maliyet artışları ile ilgilidir.

Hastak ve Shaked (2000) tarafından geliştirilmiş olan ICRAM-1 modeli, uluslararası projelerde potansiyel risk faktörlerinin değerlendirilmesi için önerilmiş olan bir başka sistematik yaklaşımdır. ICRAM-1 Modeli’nde 73 adet sayısal ve sözel olarak ifade edilebilen risk faktörü, birbirleri ile bağıntılı üç ayrı seviyede kategorize edilmiştir. Bu seviyeler, “makro-çevre”, “inşaat piyasası”, ve “proje” olarak belirlenmiştir. Tah ve Carr (2000) inşaat

projelerini etkileyebilecek muhtelif riskleri sınıflandırmak amacı ile iç ve dış riskler olarak kategorize edilmiş hiyerarşik bir risk listesi ortaya koymuşlardır. Bu sınıflandırmaya göre her bir riskin üç çeşit özelliği söz konusudur. Bunlar “risk faktörleri”, “riskler” ve “zararlar”dır. Bu üç özelliğin birbirleri ile nedensel olarak bağımlı oldukları düşünülmekte ve yapısal bir bulanıklık risk derecelendirme yaklaşımı ile değerlendirilmektedir.

Yukarıda belirtilenlere ek olarak, inşaat projelerinin yaşam dönemi boyunca risk belirleme ve değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan pek çok risk tabanlı yaklaşım bulunmaktadır. Örneğin, Han ve diğerleri (2008) bütünlük bir risk yönetim sistemi geliştirmişlerdir. Bu çözüm uluslararası inşaat projelerinde risk tabanlı teklif kararını almayı kolaylaştıran, ön inşaat aşamasında karlılık tahminleri yapmayı sağlayan ve inşaat sırasında etkin risk yönetimini mümkün kılan bir model ortaya koymaktadır. Senaryo bazlı olarak geliştirmiş oldukları kontrol listesinde muhtelif riskler arasında neden-sonuç ilişkileri tanımlanmasını kolaylaştıracak bir risk haritası yaklaşımını önerilmektedir.

Ancak bu yöntemlerin bazı önemli eksiklikleri de söz konusudur. Öncelikle, risklerin tek tek liste halinde sunulması, bu riskler arasındaki ilişkilerin göz ardı edilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca, kontrol listesi yaklaşımı ile riskler tekil olarak ele alınmaktadır. Oysa aynı anda birden fazla risk söz konusu olabilmektedir. Kontrol listesi yaklaşımında tekil risklerin etkilerinin bir grup riskin getireceği etkilerden bağımsız olarak ele alınması mümkündür. Daha da önemlisi risklerin ikincil ve üçüncül etkileri vardır. Herhangi bir riskin bir takım farklı riskleri de tetiklemesi mümkündür. Yukarıda bahis olunan nedenlerden dolayı tekil risk değerlendirmesi ile projenin genel risk seviyesinin küçümsenmesi söz konusu olabilmektedir.

### **Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmada, “İnşaat Projeleri için Bilgi-Tabanlı Risk Haritalama Aracının Geliştirilmesi” başlıklı 2 yıldan beri devam eden bir araştırma projesinin ön bulgularını tanıtılmaktadır. Araştırma projesi; T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenmekte ve ODTÜ Teknokent’de faaliyet gösteren ortak bir inşaat firması ile birlikte yürütülmektedir. Çalışmanın amaçları;

- 1) Uluslararası inşaat projeleri için yeni bir risk haritalama ve analizi metodu önermek,
- 2) Risk faktörlerini, neden ve sonuç ilişkilerine göre sınıflandırarak, risklerin birbirleri ile ilişkilerini risk yolları üzerinden göstermek,
- 3) Risk değerlerini belirlerken, karar-vericilere yardımcı olması ve analiz sonuçlarındaki subjektifliği azaltmak amacıyla, “bilgi-tabanı” içeren risk haritalama aracının geliştirilmesi olarak belirlenmiştir.

### **Araştırma Yöntemi**

Fidan ve diğerleri (2011) tarafından önerilen risk-kırılganlık ontolojisi ve Eybpoosh ve diğerlerinde (2011) gösterilen risk haritası yapısı, bu projenin temellerini oluşturmaktadır. Fidan ve diğerleri (2011), proje üzerindeki olumsuz etkilere sahip olan risk faktörlerini belirleyerek bunları tekil faktörler olarak göstermek yerine, risk yolları ile birbirleriyle bağlantılarını göstermek amacıyla bir ontoloji oluşturmuşlardır. Bu kapsamda, yurtdışında müteahhitlik hizmeti veren Türk müteahhit firmaların verileri kullanarak muhtemel risk faktörleri belirlenmiş ve bu faktörler hiyerarşik sıralarına göre “kırılganlık”, “risk kaynağı”, “risk olayı” ve “risk sonucu” olarak sınıflandırılmıştır. “Risk sonucu” proje maliyet artışı olarak tanımlanmış ve maliyet artışıyla sonuçlanan risk ve kırılganlık faktörlerinin ontolojisi oluşturulmuştur. Bahsi geçen risk ve kırılganlık ontolojisi temel alınarak, Eybpoosh ve

diğerleri (2011), uluslararası projelerde imzası bulunan Türk müteahhit firmalarının yürütmüş olduğu 166 projenin verilerini kullanarak, 36 ilişkili risk yolu bulmuşlardır. Buna ek olarak, bu risk yollarının birbirleri ile ilişkilerini gösteren bir risk haritası yapısı da geliştirilmiştir. İlgili risk yollarındaki kırılma faktörleri, risk kaynakları, risk olayları ve risk sonuçlarının birbirlerini etkileme katsayıları ve her bir kırılma faktörünün ve risk yolunun maliyet artışı üzerindeki toplam etkileri, Yapısal Denklem Modellemesi (SEM) ile analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, ontoloji ve risk yolları yapısını kullanarak, proje ortağı firma ile bir risk haritalama aracı geliştirilmektedir. Buna ek olarak, araç kullanıcılarının daha önceki projelerden öğrenmesini sağlamak, risk ve kırılma faktörlerinin analizini gerçekleştirmek ve bir sonraki projede oluşabilecek muhtemel risk yollarını bulmak amacıyla, bir bilgi-tabanı geliştirilmesi de amaçlanmıştır. Risk haritalama aracının geliştirilmesinden önce, Fidan ve diğerleri tarafından (2011) öne sürülen ontolojinin ve Eybpoosh ve diğerlerinde (2011) gösterilen risk haritası yapısının geçerliliği, proje ortağı firma ile doğrulanmıştır.

Risk-kırılma parametrelerinin doğrulanmasından sonra, proje ortağı firmanın geçmiş projelerden edindiği tecrübeleri kullanarak, bir bilgi-tabanı geliştirilmesi amaç edinilmiştir. Proje ortağı firmadan, sadece geçmiş projelerde karşılaştıkları risk olayları değil, ayrıca bu olayların oluşumunu tetikleyen nedenler, diğer bir deyişle, risk kaynakları, kırılma faktörleri ve bunların proje maliyeti üzerindeki etkisi ve sorunları hakkında bilgi vermesi istenmiştir. Proje ortağı firma tarafından tanımlanan örnek proje olayları, bilgi-tabanında içerdikleri risk ve kırılma faktörüne göre tanımlanmıştır. Bu şekilde kullanıcı, geçmiş proje olaylarını ait oldukları risk ve kırılma sınıfına göre bilgi-tabanından geri çağırabilmekte, bu faktörlerle ilgili geçmiş kayıtları ve tecrübeleri değerlendirebilmekte ve risk analizi esnasında bu faktörlerin büyüklüklerine daha objektif değerler atayabilmektedir. Proje ortağı firma ile görüşmelerin sonucunda, 8 ayrı projeden derlenen toplam 37 farklı proje olayı belirlenmiştir. Bilgi-tabanında kayıtlı olan Türkiye, Artvin’de yürütülmüş olan hidroelektrik santrali projesinde yer alan örnek proje olayı Şekil 1’de sunulmaktadır.

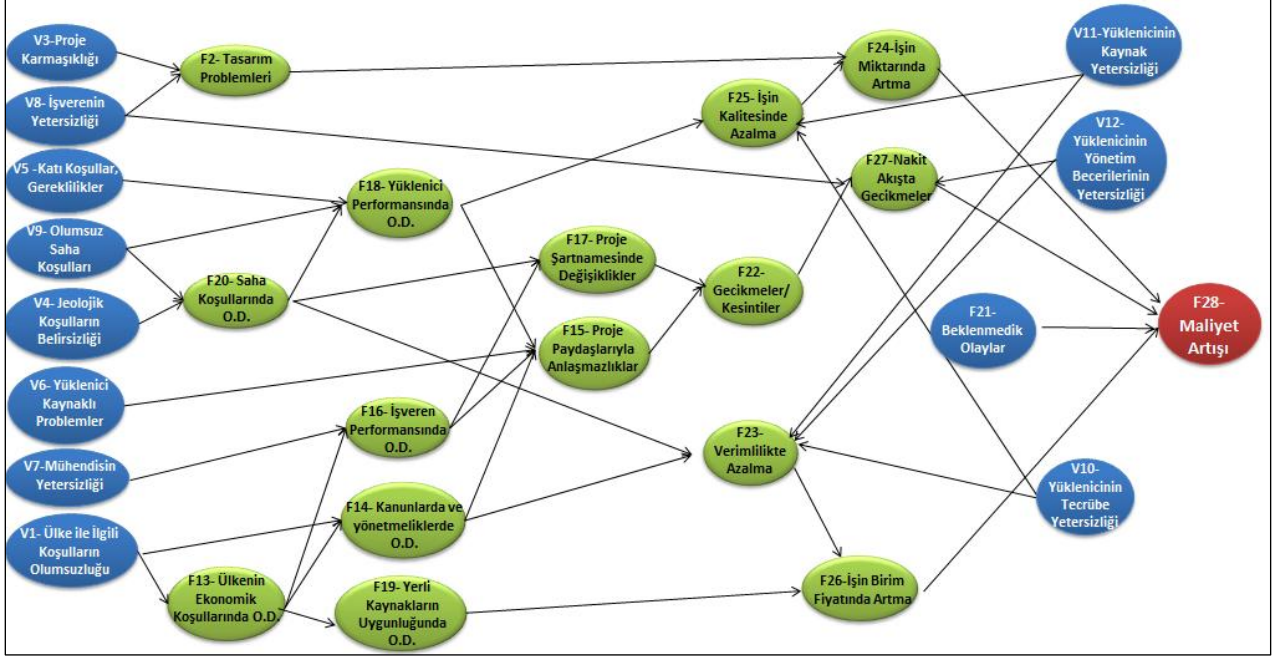
Proje Bilgileri				
Proje Tipi	Süresi	Senesi	Ülke	Bütçesi
Hidroelektrik Santrali	-	2002	Artvin, Türkiye	-
Olumsuz Olay				
Artvin’de yürütülen hidroelektrik santrali projesinde, düzenli olarak elektrik kesintileri meydana gelmiş ve bu kesintiler elektrikli aletlerin ve ekipmanların kullanıldığı iş aktivitelerinin yürütülmesini kesintiye uğratmıştır. Ayrıca, elektrik kesintisinin olacağını önceden uyarı bir ikaz sisteminin olmayışı nedeniyle, bu aletler ve ekipmanlar farklı düzeylerde hasar görmüştür. Bu ekipmanlardaki hasarların onarılması ve elektrik kesintilerinde bu ekipmanların kullanılmaması, yüklenici firmanın performansında ve verimliliğinde düşüğe neden olmuştur. Bu nedenle, ekipman hasarlarını önlemek ve elektrik kesintisi esnasında çalışılmadan geçirilen zamanları minimuma indirmek için, yüklenici firma jeneratör kullanımına gitmiştir. Sözleşme esaslarında jeneratörü ikinci elektrik kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiş, ancak jeneratörün kullandığı yakıt olan dizelin karşılanmasından yüklenici firmanın sorumlu olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, yüksek dizel fiyatları yüklenici firmaya maliyet artışına neden olmuştur.				
Olay Özeti				
Kırılma Faktörü	Kırılma Kaynağı	Değer	Sonuç	
Olumsuz Saha Koşulları	Saha Olanaklarının Eksikliği	3	Gecikme	
Yüklenicinin Kaynak Yetersizliği	Yüklenicinin Teknik Kaynak Eksikliği	4	Gecikme	

Şekil 1. Örnek Proje Olayı

## Risk Haritalama Aracı

### Risk Haritasının Genel Görüntüsü

Risk haritalama aracının temelini oluşturan risk haritası Şekil 2’de gösterilmektedir. Risk haritası, 28 risk ile ilgili parametrelerden oluşan 36 ilgili (birbirleri ile bağlantılı) risk yolunu içermektedir (Eypoosh ve diğerleri, 2011).



Şekil 2. Risk Haritası (Eypoosh ve diğerleri, 2011)

### Örnek Proje Olaylarının Depolandığı Bilgi-Tabanı

Bu çalışmada, geçmiş projelerde maliyet artışı ile sonuçlanan risk olaylarını kaydederek bir risk hafızası ve bu olayları gelecekteki projelerde kullanmak için geri çağırabilmek amacıyla bir bilgi-tabanı oluşturulmuştur. Eski projelerdeki bilgilerin kaydedilmesinin gerekçeleri bilgi kaybının önlenmesi ve analiz sonuçlarında oluşabilecek subjektiflik derecesinin azaltılması olarak belirlenmiştir. Araç kullanıcıları, projenin tüm aşamalarında bilgi-tabanına yeni örnek olaylar girebilmektedir. Diğer bir deyişle, henüz devam eden bir projede karşılaşılan herhangi bir sorun ile ilgili bilgiler, kaybolmadan anında bilgi-tabanına kaydedilip, saklanabilmektedir. Buna ek olarak, risk analizi aracı tek bir kullanıcı yerine, bir firmanın tüm çalışanları tarafından bilgilerin kaydedilmesine olanak sağlamaktadır. Bir kullanıcının tecrübelerinin sınırlı ya da yeterli olmayabileceği düşüncesiyle, birden fazla kullanıcının tecrübelerini veritabanına eklemek suretiyle daha geniş kapsamlı bir risk hafızası elde edilebilmesi amaçlanmıştır (Yeo, 1990). Bu kapsamda, bahsi geçen veritabanı kişisel tecrübelerin kaydedilmesinden ziyade, kurumsal seviyede proje geçmişlerini barındıran bir “kurumsal proje günlüğü” sağlamaktadır. Bu sayede, tek bir kullanıcı, risk analizi esnasında örnek proje olaylarını çağırarak istediğinde, başka araç kullanıcılarının da veritabanına kaydetmiş oldukları proje bilgileri ya da tecrübelerini de elde edebilmektedir. Bunun da risk analizi sonuçlarındaki subjektifliği azaltması beklenmektedir.

Bilgi-tabanlı platformun bir diğer özelliği ise, geçmiş projeleri özelliklerine göre kodlayarak, araç kullanıcıları arasında bilgi transferine olanak sağlamasıdır. Kıvrak ve diğerlerinin (2008) belirttiği gibi, üst düzey yöneticiler, ciddi zaman gerektirebilecek kaydedilmiş bilgiyi aramak

yerine, sadece tecrübelerini kullanmayı tercih edebilmektedirler. Bu nedenle, veritabanı kolaylıkla eski projelerin bilgilerini temin edebilecek şekilde geliştirilmiştir. Bu bağlamda, geçmiş proje olayları, proje tarihi, süresi, ülkesi, tipi, bütçesi ve gerçekleşen risk-kırılma özelliklerine göre kodlanmıştır. Araç kullanıcıları, geçmiş proje bilgilerini veri tabanına girerken, araç onlara, olaya neden olan risk ve kırılma faktörünü de seçebilme olanağı sağlamaktadır. Diğer bir anlatımla, bilgi-tabanında sadece basit proje olayları değil, aynı zamanda bu olayların nedeni ve sonucu da kaydedilmiştir. Bütün proje olayları risk ve kırılma bilgilerine göre kodlandığından, risk analizi esnasında, kullanıcı seçmiş olduğu risk ya da kırılma değerini belirlerken, aynı faktörlerle kodlanmış benzer eski olayları da otomatik olarak bilgi-tabanından geri çağırabilmektedir. Bu işlem esnasında kullanıcıdan beklenen, sadece değer ataması gereken kırılma faktörlerini seçmektir. Bu çalışmanın bulguları ve bilgi-tabanından çağırılan örnek proje olayı Şekil 3’de gösterilmektedir.

Bilgi-Tabanı Veritabanı																				
Sonuçlar içinde Ara	Döküman Sonuçları 3	Bu sayfaya git	GİT	İleri																
Ara	Download PDF	Print	Sort by																	
Sonuçları deralt	Olay Listesi																			
Sınırla	<input checked="" type="checkbox"/> Olay 9 <input type="checkbox"/> Olay 13 <input type="checkbox"/> Olay 26																			
Tip	<input type="checkbox"/> Hidro Elektrik Santrali (5) <input checked="" type="checkbox"/> Konut (20) <input type="checkbox"/> İş Merkezi (10) <input type="checkbox"/> Müze (4) <input type="checkbox"/> Otel (5) <input type="checkbox"/> Alışveriş Merkezi (6) <input type="checkbox"/> Hızlı Tren (3) <input type="checkbox"/> Hafif Tramvay Sistemi (3)																			
Süre (ay)	<input type="checkbox"/> 0-12 (3) <input type="checkbox"/> 12-24 (1) <input type="checkbox"/> 24-36 (3) <input type="checkbox"/> 36-48 (6)																			
Sene	<input type="checkbox"/> 2010 (2) <input type="checkbox"/> 2009 (6) <input type="checkbox"/> 2008 (2) <input type="checkbox"/> 2007 (6) <input type="checkbox"/> 2006 (3) <input type="checkbox"/> 2002 (5) <input type="checkbox"/> 2000 (1) <input type="checkbox"/> 1998 (3) <input type="checkbox"/> 1997 (1) <input type="checkbox"/> 1996 (1) <input type="checkbox"/> 1992 (1) <input type="checkbox"/> 1986 (1) <input type="checkbox"/> 1982 (4) <input type="checkbox"/> 1973 (1)																			
Ülke	<input type="checkbox"/> Azerbaycan (2) <input type="checkbox"/> Kazakistan (1) <input checked="" type="checkbox"/> Litvanya (6) <input type="checkbox"/> Libya (4) <input type="checkbox"/> Polonya (3) <input type="checkbox"/> Rusya (1) <input type="checkbox"/> Suudi Arabistan (1) <input type="checkbox"/> Türkiye (15)																			
Bütçe	<input type="checkbox"/> Orta (10-30 milyon USD) (3) <input type="checkbox"/> Büyük (> 30 milyon USD) (7)																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Proje Bilgileri</th> </tr> <tr> <th>Proje Tipi</th> <th>Süresi</th> <th>Senesi</th> <th>Ülke</th> <th>Bütçesi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hidroelektrik Santrali</td> <td>-</td> <td>2002</td> <td>Artvin, Türkiye</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>					Proje Bilgileri					Proje Tipi	Süresi	Senesi	Ülke	Bütçesi	Hidroelektrik Santrali	-	2002	Artvin, Türkiye	-	
Proje Bilgileri																				
Proje Tipi	Süresi	Senesi	Ülke	Bütçesi																
Hidroelektrik Santrali	-	2002	Artvin, Türkiye	-																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Olumsuz Olay</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5">           Artvin’de yürütülen hidroelektrik santrali projesinde, düzenli olarak elektrik kesintileri meydana gelmiş ve bu kesintiler elektrikli aletlerin ve ekipmanların kullandığı iş aktivitelerini yürütülmesini kesintiye uğratmıştır. Ayrıca, elektrik kesintisinin olacağı önceden uyarı bir ikaz sisteminin olmayışı nedeniyle, bu aletler ve ekipmanlar farklı düzeylerde hasar görmüştür. Bu ekipmanlardaki hasarların onanılması ve elektrik kesintilerinde bu ekipmanların kullanılmaması, yüklenici firmanın performansında ve verimliliğinde düşüşe neden olmuştur. Bu nedenle, ekipman hasarlarını önlemek ve elektrik kesintisi esnasında çalışmadan geçirilen zamanları minimuma indirmek için, yüklenici firma jeneratör kullanımına gitmiştir. Sözleşme esnasında jeneratörü ikinci elektrik kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiş, ancak jeneratörün kullandığı yakıt olan dizelin karşılanmasından yüklenici firmasının sorumlu olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, yüksek dizel fiyatları yüklenici firmaya maliyet artışına neden olmuştur.         </td> </tr> </tbody> </table>					Olumsuz Olay					Artvin’de yürütülen hidroelektrik santrali projesinde, düzenli olarak elektrik kesintileri meydana gelmiş ve bu kesintiler elektrikli aletlerin ve ekipmanların kullandığı iş aktivitelerini yürütülmesini kesintiye uğratmıştır. Ayrıca, elektrik kesintisinin olacağı önceden uyarı bir ikaz sisteminin olmayışı nedeniyle, bu aletler ve ekipmanlar farklı düzeylerde hasar görmüştür. Bu ekipmanlardaki hasarların onanılması ve elektrik kesintilerinde bu ekipmanların kullanılmaması, yüklenici firmanın performansında ve verimliliğinde düşüşe neden olmuştur. Bu nedenle, ekipman hasarlarını önlemek ve elektrik kesintisi esnasında çalışmadan geçirilen zamanları minimuma indirmek için, yüklenici firma jeneratör kullanımına gitmiştir. Sözleşme esnasında jeneratörü ikinci elektrik kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiş, ancak jeneratörün kullandığı yakıt olan dizelin karşılanmasından yüklenici firmasının sorumlu olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, yüksek dizel fiyatları yüklenici firmaya maliyet artışına neden olmuştur.										
Olumsuz Olay																				
Artvin’de yürütülen hidroelektrik santrali projesinde, düzenli olarak elektrik kesintileri meydana gelmiş ve bu kesintiler elektrikli aletlerin ve ekipmanların kullandığı iş aktivitelerini yürütülmesini kesintiye uğratmıştır. Ayrıca, elektrik kesintisinin olacağı önceden uyarı bir ikaz sisteminin olmayışı nedeniyle, bu aletler ve ekipmanlar farklı düzeylerde hasar görmüştür. Bu ekipmanlardaki hasarların onanılması ve elektrik kesintilerinde bu ekipmanların kullanılmaması, yüklenici firmanın performansında ve verimliliğinde düşüşe neden olmuştur. Bu nedenle, ekipman hasarlarını önlemek ve elektrik kesintisi esnasında çalışmadan geçirilen zamanları minimuma indirmek için, yüklenici firma jeneratör kullanımına gitmiştir. Sözleşme esnasında jeneratörü ikinci elektrik kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiş, ancak jeneratörün kullandığı yakıt olan dizelin karşılanmasından yüklenici firmasının sorumlu olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, yüksek dizel fiyatları yüklenici firmaya maliyet artışına neden olmuştur.																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Olay Özeti</th> </tr> <tr> <th>Kırılma Faktörü</th> <th>Kırılma Kaynağı</th> <th>Değer</th> <th>Sonuç</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Olumsuz Saha Koşulları</td> <td>Saha Olanaklarının Eksikliği</td> <td>3</td> <td>Gedirme</td> </tr> <tr> <td>Yüklenicinin Kaynak Yetersizliği</td> <td>Yüklenicinin Teknik Kaynak Eksikliği</td> <td>4</td> <td>Gecikme</td> </tr> </tbody> </table>					Olay Özeti				Kırılma Faktörü	Kırılma Kaynağı	Değer	Sonuç	Olumsuz Saha Koşulları	Saha Olanaklarının Eksikliği	3	Gedirme	Yüklenicinin Kaynak Yetersizliği	Yüklenicinin Teknik Kaynak Eksikliği	4	Gecikme
Olay Özeti																				
Kırılma Faktörü	Kırılma Kaynağı	Değer	Sonuç																	
Olumsuz Saha Koşulları	Saha Olanaklarının Eksikliği	3	Gedirme																	
Yüklenicinin Kaynak Yetersizliği	Yüklenicinin Teknik Kaynak Eksikliği	4	Gecikme																	

Şekil 3. Bilgi-tabanı ve Örnek Proje Olayı

## Risk Analizi ve Haritalama İşlemi

Risk analizi ve haritalama işlemi, araç kullanıcısı tarafından, proje bilgilerinin tanımlanması ile başlar. Proje bilgilerini; proje ismi, ülke ismi, proje tipi, proje açıklaması, başlangıç tarihi, bitiş tarihi, süre, sözleşme bedeli, proje büyüklüğü, sözleşme tipi, ödeme şekli, şirketin projedeki yeri gibi bilgiler oluşturmaktadır. Tüm proje bilgilerinin araca tanıtılmasından sonra, kullanıcı kırılma faktörlerinin değerini belirlemelidir. Kırılma değerlerinin,

sadece kullanıcının tecrübelerine dayanarak belirlenmesi, risk analizi sonucunda yüksek ölçüde subjektiflik getirebileceği, proje ortağı firma ve proje araştırmacıları tarafından tartışılmıştır. Bu bağlamda, daha önceden de belirttiği gibi, gelecek projelerin kırılma risk değerlerini belirlerken, geçmiş projelerin verilerinden yararlanabilmesi amacıyla, araca bir bilgi-tabanı dâhil edilmesi amaçlanmıştır. Analiz işlemi esnasında, kullanıcı her bir kırılma risk faktörünü seçmeli ve aynı seçilmiş kırılma risk faktörü nedeniyle oluşmuş benzer proje olaylarını göz önünde bulundurarak bu faktöre değer belirlemelidir. Tüm kırılma risk değerleri analiz edildikten sonra, Yapısal Denklem Modellemesi (SEM) ile bulunan katsayılar ile risk kaynaklarının, risk olaylarının ve sonuçlarının büyüklükleri araç tarafından otomatik olarak hesaplanacaktır. Yapısal Denklem Modellemesi (SEM) ile analiz işlemleri aşamaları Şekil 4’de gösterilmiştir. Son olarak, kullanıcıya muhtemel risk yollarını ve büyüklüklerini göstermek ve maliyet artışını hesaplamak amaç edinilmiştir.

### **Geliştirilen Aracın Faydaları ve Eksiklikleri**

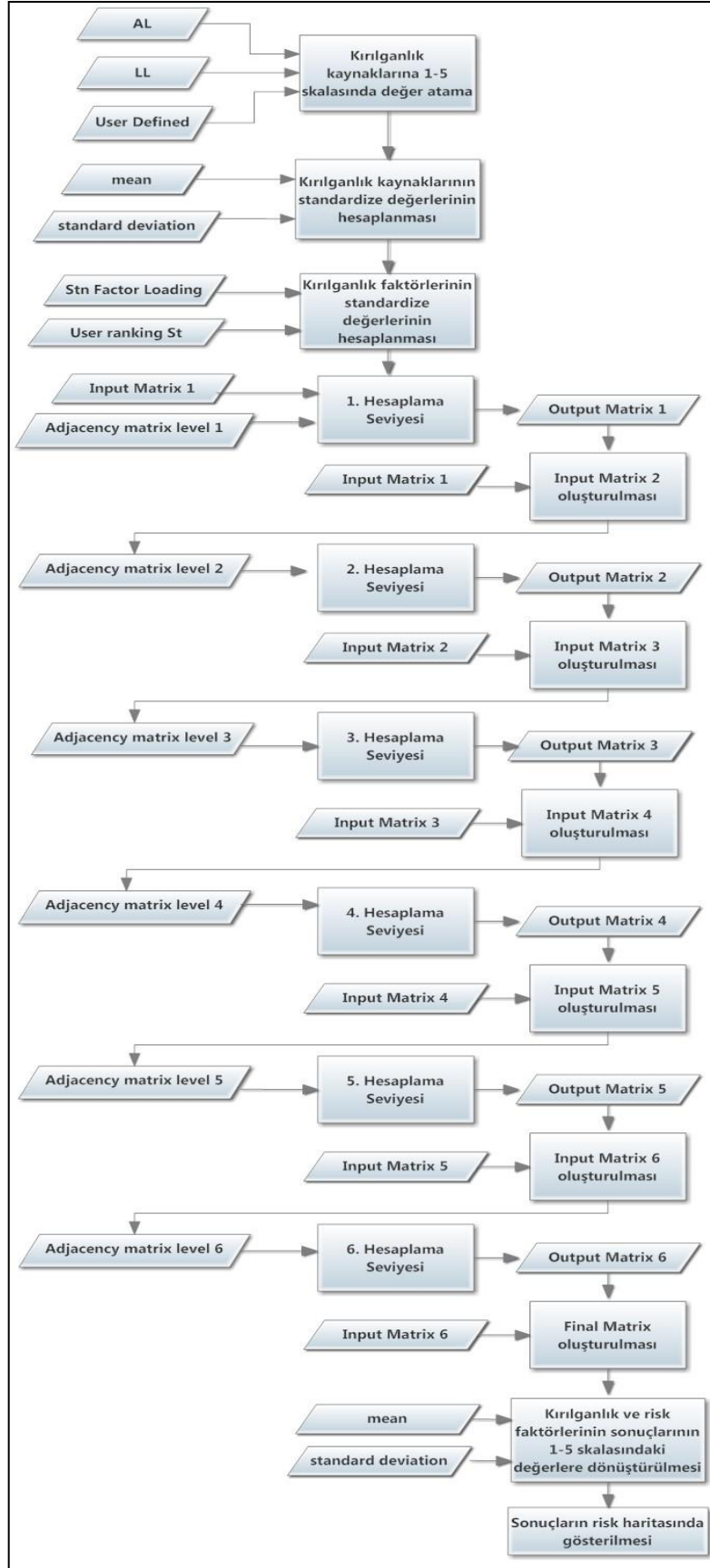
Proje ortağı firmanın uzmanları tarafından, geliştirilen aracın özellikleri ve beklenen faydaları:

- Gerçek inşaat projelerinde ortaya çıkan risk yollarını ve risk ile ilgili parametreleri göstermek için daha etkili bir yol sunan risk haritası önerilmesi,
- Sunmuş olduğu bilgi-tabanı ile, kaydedilmediği takdirde kaybolabilecek geçmiş proje olaylarını, risk ile ilgili bilgilerine göre kodlamaya, saklamaya, güncellemeye, geri çağırma ve aktarmaya olanak sağlaması,
- Kırılma risk, risk kaynağı, risk olayı ve risk sonucu gibi risk ile ilgili bilgilerde ortak dil sunarak, daha sistematik risk tanımlanmasına ve sınıflandırmasına olanak sağlaması,
- Risk yönetimi konusunda kurumsal öğrenmeyi, bilgi-tabanına tüm proje çalışanlarının deneyimlerini aktararak “kurumsal hafıza ve öğrenmeye” olanak sağlaması,
- Risk haritası sonuçlarının kurum içerisindeki aktarımı ve paylaşımına, bir dokümantasyon ve raporlama sistemi ile olanak sağlaması olarak belirlenmiştir.

Benzer şekilde geliştirilen aracın eksikleri ise:

- Risk analizi sonuçlarını hala subjektif görüşlere dayandırması,
- Bilgi-tabanına tanımlanmış örnek proje olaylarının sayısı yeterli miktarda olmadığı takdirde, yürütülmekte olan projeye benzer eski projelerin risk haritalama aracından geri çağırılmayabileceği,
- Risk sonuçlarına yol açan daha karmaşık proje koşullarının, veritabanına kodlanması ve tanımlanması için bilgi-tabanı geliştirilmesi,
- Aracı kullanmadan önce, karar-vericilerin risk ve kırılma risk gibi terminolojileri öğrenmelerine yönelik bir yardım menüsü oluşturulması olarak tespit olunmuştur.





Şekil 4. Yapısal Denklem Modellemesi ile Risk Analizi Aşamaları

## Sonuçlar

Bu çalışmada, risk ile ilgili parametrelerin ilişkilerini gösteren risk haritası ve geçmiş projelerde gerçekleşen olumsuz olayların, gelecekteki projeler için kullanılmasına olanak sağlamak amacıyla oluşturulan bilgi-tabanının n bulguları tanıtılmaktadır. Öncelikle, proje ortağı firma ile risk-kırılğanlık ontolojisinin ve 36 ilişkili risk yollarından oluşan risk haritasının doğruluğu kanıtlamıştır. Bilgi-tabanının oluşturulması için proje ortağı firmanın katkıları ile 8 ayrı inşaat projesinden toplam 37 farklı proje olayı belirlenmiş ve ilgili oldukları risk ve kırılğanlık sınıflarına göre kodlanmıştır. Bu bilgi-tabanının, karar-vericiler tarafından kırılğanlık faktörlerinin büyüklüklerinin belirlenmesi aşamasında kullanımı amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, büyüklükleri belirlenen kırılğanlık faktörleri ile risk kaynaklarının, risk olaylarının ve risk sonucunun değerlerini Yapısal Denklem Modellemesi (SEM) ile otomatik olarak hesaplamakta ve uluslararası inşaat projelerindeki muhtemel maliyet artışlarını göstermektedir. Buna ek olarak geliştirilen risk analizi aracı, literatürde yaygın olarak önerilen risk kontrol listeleri ile risklerin tekil olarak değerlendirilmesinden ziyade, risklerin birbirleri ile bağlantılarını risk yolları üzerinden gösteren risk haritası sunmaktadır.

## Teşekkür

Bu alışma, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen “Inşaat Projeleri için Bilgi-Tabanlı Risk Haritalama Aracının Geliştirilmesi” başlıklı SAN-TEZ projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın sağladığı desteğe teşekkür ederler.

## Kaynaklar

Abd-El-Razek, M.E., Bassioni, H.A. ve Mobarak, A.M. (2008). “Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 134, No. 11, 831-841.

Akıncı, B. ve Fischer, M. (1998). “Factors Affecting Contractors’ Risk of Cost Overburden”, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 14, No. 1, 67-76.

Aibinu, A., Odeyinka, H.A. (2006). “Construction Delays and Their Causative Factors in Nigeria”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 132, No. 7, 667-677.

Al-Bahar, J.F. ve Crandall, K.C. (1990). “Systematic Risk Management Approach for Construction Projects”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 116, No. 3, 533-546.

Ashley, D.B. ve Bonner, J.J. (1987). “Political Risks in International Construction”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 113, No. 3, 447-467.

Assaf, S.A. ve Al-Hejji, S. (2006). “Causes of Delay in Large Construction Projects”, *International Journal of Project Management*, Vol. 24, 349-357.

Azhar, N., Farooqui, R.U. ve Ahmed, S.M. (2008). "Cost Overrun Factors in Construction Industry in Pakistan", First International Conference on Construction in Developing Countries, 2008, Karachi, Pakistan.

Batson, R.G. (2009). "Project Risk Identification Methods for Construction Planning and Execution", Construction Research Congress, ASCE, 746-755.

Chan, D.W.M. ve Kumaraswamy, M. (1996). "A Comparative Study of Causes of Time Overruns in Hong Kong Construction Projects", International Journal of Project Management, Vol. 15, No. 1, 55-63.

Chapman, R.J. (2001). "The Controlling Influences of Effective Risk Identification and Assessment for Construction Design Management", International Journal of Project Management, Vol. 19, No. 3, 147-160.

Dikmen, I., Birgonul, M.T. ve Han, S. (2007). "Using Fuzzy Risk Assessment to Rate Cost Overrun Risk in International Construction Projects", International Journal of Project Management, Vol. 25, No. 5, 497-505.

Enshassi, A., Al-Najjar, J. ve Kumaraswamy, M. (2009). "Delays And Cost Overruns in the Construction Projects in the Gaza Strip", Journal of Financial Management of Property and Construction, Vol. 14, No. 2, 126-151.

Eybpoosh, M., Dikmen, I. ve Birgonul, M.T. (2011). "Identification of Risk Paths in International Construction Projects Using Structural Equation Modeling", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 137, No. 12, 1164-1175.

Ezell, B.N. (2007). "Infrastructure Vulnerability Assessment Model I-VAM", Risk Analysis, Vol. 27, No. 3, 571-583.

Fidan, G., Dikmen, I., Tanyer, M.A. ve Birgonul, M.T. (2011). "Ontology for Relating Risk and Vulnerability to Cost Overrun in International Projects", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 25, No. 4, 302-315.

Han, S.H., Kim, D.Y., Kim, H., ve Jang, W.S. (2008). "A Web-Based Integrated System for International Project Risk Management", Automation in Construction, Vol. 17, 342-356.

Hastak, B.M., ve Shaked, A. (2000). "ICRAM-1: Model for International Construction Risk Assessment", Automation in Construction, Vol.17, 342-356.

Jannadi, O. ve Almishari, S. (2003). "Risk Assessment in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 129, No.5, 492-500.

Kartam, N.A. ve Kartam, S.A. (2001). "Risk and Its Management in the Kuwaiti Construction Industry: A Contractors' Perspective", International Journal of Project Management, Vol.19, No.6, 325-335.

Kıvrak, S., Arslan, G., Dikmen, I., ve Birgonul, M.T., (2008) "Capturing Knowledge in Construction Projects: Knowledge Platform for Contractors", Journal of Management in Engineering, Vol. 24, No. 2, 87-95.

- Kim, D.Y., Han, S.H., Kim, H. ve Park, H. (2009). "Structuring the Prediction Model of Project Performance for International Construction Projects: a comparative analysis", *Expert System with Applications*, Vol. 36, No. 2, 1961-1971.
- Long, N.D., Ogunlana, S., Quang, T. ve Lam, K.C. (2004). "Large Construction Projects in Developing Countries: A Case Study from Vietnam", *International Journal of Project Management*, Vol. 22, No. 7, 553-561.
- Mustafa, M.A. ve Al-Bahar, J.F. (1991). "Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 38, No. 1, 46-52.
- Perry, J.G. ve Hayes, R.W. (1985). "Risk and Its Management In Construction Projects", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*", Vol. 78, No. 3, 499-521.
- Ren, H. (1994). "Risk Analysis and Risk Relationships on Construction Projects", *International Journal of Project Management*, Vol. 12, No. 2, 68-74.
- Tah, J.H.M. ve Carr, V. (2000). "A Proposal for Construction Project Risk Assessment Using Fuzzy Logic", *Construction Management and Economics*, Vol. 18, 491-500.
- Tah, J.H.M. ve Carr, V. (2001). "Knowledge-Based Approach to Construction Project Risk Management", *Journal of Computing in Civil Engineering*", Vol. 15, No. 3, 170-177.
- Yeo, K.T. (1990). "Risks, Classification of Estimates, and Contingency Management", *Journal of Management in Engineering*, Vol.6, No.4, 458-471.
- Zhang, H. (2007). "A Redefinition of the Project Risk Process: Using Vulnerability to Open Up the Event-Consequence Link", *International Journal of Project Management*, Vol. 25, 694-701.
- Zhi, H. (1995). "Risk Management for Overseas Construction Projects", *International Journal of Project Management*, Vol. 13, No. 4, 231-237.
- Zou, P.X.W., Zhang, G. ve Wang, J. (2007). "Understanding the Key Risks in Construction Projects in China", *International Journal of Project Management*", Vol. 25, No. 6, 601-614.