

152221

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROJE RİSK ANALİZİNDE BULANIK ANALİTİK
HİYERARŞİ PROSESİNİN KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
End. Müh. Fatih TÜYSÜZ
507021204

152221

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Mayıs 2004

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ (İTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Yusuf İlker TOPÇU (İTÜ)

MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Proje risk yönetiminin merkezini oluşturan risk analizi ve değerlendirilmesinde kullanılan yöntem ve tekniklerde proje risklerinin sadece zaman, maliyet ve kalite gibi tek bir boyuta göre değerlendirilmesinin yetersiz olduğu birçok çalışmada belirtilmektedir. Projenin bütün risk boyutlarını içerecek şekilde bütünsel olarak risk derecesinin belirlenmesine imkan veren bir yaklaşıma gerek vardır.

Çok boyutlu olan proje risklerinin analizinden daha iyi ve güvenilir sonuçlar elde etmek için kantitatif verilerin yanı sıra kalitatif verilerin de göz önünde bulundurularak birden fazla kritere göre risk analizi gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle bulanık çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi proje risk analizi için önerilmiştir.

Bu çalışmanın tamamlanmasına katkılarından dolayı değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN'a, sevgisini ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim en büyük aşkım annem Hülya Hanım'a ve tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2004

End. Müh. Fatih TÜYSÜZ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. PROJE VE PROJE YÖNETİMİ.....	6
2.1 Projenin Tanımı ve Karakteristikleri.....	6
2.3 Proje Yönetimi	9
2.3.1 Proje Yönetiminin Tanımı	9
2.3.2 Proje Yönetiminin Önemi	10
2.3.3 Proje Yönetimi Süreçleri.....	11
2.3.4 Proje Yönetimi Bilgi Alanları	13
2.3.4 Proje Yaşam Döngüsü.....	16
BÖLÜM 3. PROJE RİSK YÖNETİMİ.....	20
3.1 Riskin Tanımı ve Önemli Risk Kavramları	20
3.2 Risk Yönetimi	22
3.3 Proje Riskleri.....	23
3.4 Proje Risk Yönetiminin Yararları	25
3.5 Proje Risk Yönetimi Yaklaşımları	27
3.5.1 Proje Yaşam Döngüsü Risk Yönetimi	27
3.5.2 PRAM Genel Süreci.....	30
BÖLÜM 4. PROJE RİSK ANALİZİ YÖNTEM VE TEKNİKLERİ	47
4.1 PERT Analizi	47
4.2 Monte Carlo Simülasyonu (MCS)	50
4.3 Olasılık-Etki Matrisi	52
BÖLÜM 5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE PROJE RİSK ANALİZİ.....	56
5.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	58
5.2 Bulanık Kümeler Teorisi.....	65
5.3 Bulanık Aritmetik İşlemler	76
5.3.1 Bulanık Sayılarla Toplama ve Çıkarma İşlemleri.....	76
5.3.2 Bulanık Sayılarla Çarpma ve Bölme İşlemleri	78

5.4 Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme ve Bulanık AHP	82
5.4.1 Bulanık AHP Yöntemleri.....	86
5.5 Bulanık Kümelerle Risk Analizi ve Değerlendirmesi.....	91
5.6 Chang'ın Bulanık AHP Yöntemi	93
5.7 Uygulama: Bulanık AHP Yöntemiyle Bir Bilişim Teknolojisi (BT) Projesinin Risk Analizi	97
SONUÇLAR	116
KAYNAKLAR	118
EKLER.....	128
ÖZGEÇMİŞ.....	136



TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Proje Yaşam Döngüsü Evreleri ve Karşılaşılan Problemler	28
Tablo 3.2 Proje Yaşam Döngüsü Evreleri ve Risk Analizi Uygulamaları	29
Tablo 3.3 PRAM Genel Süreci Aşamalarının Amaç ve Sonuçları	31
Tablo 4.1 Risk etkisi değerlendirme skalası.....	54
Tablo 5.1 AHP’de kullanılan ikili karşılaştırma skalası.....	61
Tablo 5.2 Ortalama rassal tutarlılık (RI)	62
Tablo 5.3 Olabilirliğe karşı olasılık.....	81
Tablo 5.4 Bulanık AHP metodlarının karşılaştırılması	90
Tablo 5.5 BT Projesi için Risk Faktörleri ve Açıklamaları.....	100
Tablo 5.6 Üçgensel Bulanık Çevrim Skalası.....	101
Tablo 5.7 Amaca göre bulanık değerlendirme matrisi	101
Tablo 5.8 Alt faktörlerin çevre ve sahipliğe göre değerlendirilmesi.....	104
Tablo 5.9 Alt faktörlerin ilişki yönetimine göre değerlendirilmesi.....	105
Tablo 5.10 Alt faktörlerin proje yönetimine göre değerlendirilmesi	105
Tablo 5.11 Alt faktörlerin kaynaklar ve planlamaya göre değerlendirilmesi.....	105
Tablo 5.12 Alt faktörlerin personele göre değerlendirilmesi	105
Tablo 5.13 Alt faktörlerin teknolojiye göre değerlendirilmesi.....	106
Tablo 5.14 İş veya firma çevresinin istikrarsızlığına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	106
Tablo 5.15 Sahiplikte değişmeye göre risk seviyesinin değerlendirilmesi	106
Tablo 5.16 Üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	106
Tablo 5.17 Proje planını tüm taraflara onaylatamamaya göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	107
Tablo 5.18 Sorumluluk paylaşımının eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	107
Tablo 5.19 Son kullanıcı beklentilerini yönetememeye göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	107
Tablo 5.20 Kullanıcıların yeterince katılmamasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	107
Tablo 5.21 Proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	108
Tablo 5.22 Proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamamaya göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	108
Tablo 5.23 Etkin yönetsel becerilerin eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	108
Tablo 5.24 Etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	108
Tablo 5.25 Değişimi uygun bir şekilde yönetememeye göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	109
Tablo 5.26 Projedeki değişimlerin derecesine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi	109

Tablo 5.27 Proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmamasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	109
Tablo 5.28 Kaynak sıkıntısına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	109
Tablo 5.29 Planlamanın yetersiz kalmasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	110
Tablo 5.30 Gereksinimlerin anlaşılmasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	110
Tablo 5.31 Gerçekçi olmayan son tarihlere göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	110
Tablo 5.32 Bütçenin aşılmasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi	110
Tablo 5.33 Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	111
Tablo 5.34 Bir kaç kilit kişiye bağımlı olmaya göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	111
Tablo 5.35 Kötü takım ilişkilerine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi	111
Tablo 5.36 Uygun yetenekli personel eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	111
Tablo 5.37 Proje yöneticisinin tecrübesine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	112
Tablo 5.38 Teknik kompleksliğe göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	112
Tablo 5.39 Teknolojinin yeniliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi	112
Tablo 5.40 Yeni yazılım ve donanım gereksinimine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi.....	112
Tablo 5.41 Projenin büyüklüğüne göre risk seviyesinin değerlendirilmesi	113
Tablo 5.42 Öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi.....	113

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Proje Yönetim Süreçleri Arasındaki İlişki.....	13
Şekil 2.2	Proje Yönetim Süreçlerinin Zaman ve Faaliyet Seviyesine Göre Değişimi	13
Şekil 2.3	Proje Yaşam Döngüsü	17
Şekil 3.1	PRAM Akış Şeması.....	33
Şekil 4.1	Beta Dağılımı.....	48
Şekil 4.2	Basit bir olasılık-etki matrisi	53
Şekil 4.3	Olasılık-Etki matrisi	54
Şekil 5.1	Konveks ve konveks olmayan bulanık kümeler	69
Şekil 5.2.a	Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	712
Şekil 5.2.b	Normal Üyelik Fonksiyonu	712
Şekil 5.2.c	Üçgen Üyelik Fonksiyonu	712
Şekil 5.3	Üyelik fonksiyonu kısımları	73
Şekil 5.4	Üçgensel bulanık sayı	74
Şekil 5.5	Yamuk bulanık sayı	75
Şekil 5.6.a	Tesadüfi bir sayı.....	82
Şekil 5.6.b	Bulanık bir sayı	82
Şekil 5.7	M_1 ve M_2 'nin kesişimi	95
Şekil 5.8	AHP Risk Analizi Modelinin Hiyerarşisi	99

SEMBOL LİSTESİ

t_e	: PERT analizinde kritik yol üstünde bulunan aktivitelerin beklenen süresi
T_E	: PERT analizinde projenin beklenen tamamlanma süresi
$\sigma_{T_E}^2$	: PERT analizinde beklenen proje tamamlanma süresinin varyansı
$\sigma_{t_e}^2$	: PERT analizinde kritik yol üstünde bulunan aktivitelerin beklenen süresinin varyansı
T_S	: PERT analizinde planlanan proje süresi
Z	: normal dağılım tablosunda olasılığın bulunması için kullanılan değer
$T\bar{I}$	: AHP’de kullanılan tutarlılık indeksi
$R\bar{I}$	: AHP’de kullanılan ortalama rassal indeks
λ	: Öz değer
$\mu_A(x)$	: A kümesinin üyelik fonksiyonu
P_x	: x’in olasılığı
B_x	: x’in olabilirliği
S_i	: Bulanık sentetik derece değeri
$M = (l, m, u)$	: Üçgensel bulanık sayı gösterimi
W'	: Normalize edilmemiş ağırlık vektörü
W	: Normalize edilmiş ağırlık vektörü
d'	: Bir konveks bulanık sayının başka bir sayıdan büyük olmasının olabilirlik derecesi

ÖZET

PROJE RİSK ANALİZİNDE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİNİN KULLANILMASI

Bu çalışmada, organizasyonların stratejik hedeflerini gerçekleştirmede en sık kullandıkları araçlardan biri olan projelerin başarısını belirleyen başlıca faktörlerden biri olan proje risk yönetimi sürecinden hareketle, proje risk analizi konusu ele alınmıştır. Literatürde yer alan proje risklerinin analizinde en fazla kullanılan yöntem ve teknikler verilmiştir.

Bu yöntem ve teknikler, çok boyutlu olan proje risklerinin sadece zaman, maliyet ve kalite gibi tek bir risk boyutuna göre analizine imkan vermektedir ve projenin bütünsel olarak riskin tüm boyutlarını içerecek şekilde risk derecesinin belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, herhangi bir projenin risk derecesinin belirlenmesi için uygun ve pratik bir araç olarak bulanık çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi önerilmiştir. Böylece, proje risk analizinden eksik ve belirsiz bilgi altında daha güvenilir sonuçlar elde etmek amaçlanmıştır. Çalışmada çeşitli bulanık AHP yaklaşımlarına ve literatürde yer alan farklı uygulamalarına yer verilmiştir.

Önerilen yöntemde Chang'ın bulanık AHP yaklaşımı kullanılmış ve yöntemin nasıl kullanılacağı bir bilişim teknolojileri (BT) projesinin risk analizine uygulanarak gösterilmiştir. İlk olarak risk faktörlerinden ve risk derecelerinden oluşan hiyerarşi oluşturularak problem yapılandırılmıştır. Daha sonra konuyla ilgili uzmanlar dilsel değişkenler kullanarak değerlendirme yapmışlardır. Bu değerlendirmeler sonucunda elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinde üçgensel bulanık bulanık sayılar kullanılarak risk faktörlerinin ve risk derecelerinin ağırlıkları elde edilmiştir. Uygulamanın sonucuna göre incelenen BT projesinin risk derecesi yüksek çıkmıştır.

SUMMARY

PROJECT RISK ANALYSIS USING FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Projects are critical to the realization of performing organization's strategies. Each project contains some degree of risk and it is required to be aware of these risks and to develop the necessary responses to get the desired level of project success. Management of project risks is one of the main determinants of project success.

The most frequently used traditional project risk analysis methods and techniques are insufficient in evaluating the riskiness of a project. Since projects' risks are multi-dimensional, they must be evaluated by using one of the multi-attribute decision-making methods. The aim of this study is to provide an analytic tool to analyze the project risks under incomplete and vague information. Fuzzy analytic hierarchy process (AHP) as a suitable and practical way of evaluating project risks based on the heuristic knowledge of experts is proposed as a new approach in project risk analysis.

There are many fuzzy AHP methods proposed by various authors which have been applied in different areas. In this study Chang's fuzzy AHP method is used to evaluate the riskiness of an information technology (IT) project of a Turkish firm. The means of the triangular fuzzy numbers produced by the IT experts for each comparison are used in the pairwise comparison matrices. The result of the application shows that the riskiness of the handled IT project is high.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler ve giderek artan belirsizlik sosyal ve ekonomik hayatı da etkilemektedir. Ekonomik alandaki hızlı değişimler, teknolojik ilerlemeler ve bunun sonucunda ortaya çıkan teknolojik olarak daha karmaşık ürünler, üretilen ürün ve hizmetlerin kullanım sürelerindeki düşüş ve küresel rekabetin giderek artması iş çevrelerindeki dengeleri de değiştirmekte ve organizasyonlar için daha dinamik ve aynı zamanda daha da belirsiz bir ortamı bereberinde getirmektedir. Herhangi bir işletme ya da organizasyonun böyle bir çevrede yaşamını devam ettirmesi ve piyasalarda tutunabilmesi ancak rekabet gücünü koruyup arttırmasıyla mümkün olabilir.

Değişimin her zamankinden fazla hissedildiği ve dinamik bir hal aldığı günümüzde artık durgun bir çevreden söz etmek mümkün değildir. Bireylerin ve organizasyonların bu değişimden uzak durmak yerine değişimin gerisinde kalmamaları ve değişimin hızına ayak uydurma yönünde çalışmaları gerekmektedir. Organizasyonların, piyasalardaki arz talep dengesinin tüketici lehine değiştiği böyle dinamik bir iş çevresinde rekabet edebilmeleri ve ayakta kalabilmeleri değişime uyum sağlayabilmelerine ve uygun iş stratejileri geliştirmelerine bağlıdır.

Proje kavramı günlük hayatta karşımıza sıkça çıkan bir kavramdır. Proje sadece iş çevrelerinde gerçekleştiren bir çalışma değildir ve sosyal hayatın bir çok alanında yürütülen projeler de bulunmaktadır. Proje, belirli bir hedefi gerçekleştirmek üzere bir defaya mahsus olarak yapılan, zaman ve kaynaklar açısından sınırlandırılmış bir çok aktiviteden oluşan bir çalışmadır ve hedeflere ulaşıldığında da sona erer. Projenin organizasyonlar açısından önemi büyüktür. Projeler organizasyonların stratejik hedeflerine ulaşmada başvurduğu araçların başında gelmektedir. Bu anlamda organizasyon stratejilerinin gerçekleştirilmesinde projeler çok önemli bir role sahiptirler (Pennock ve Haimes, 2002; Kwak ve Ibbs, 2002). Kısa ya da uzun vadeli hedeflere ulaşmak için organizasyonlar tarafından gerçekleştirilen projelerin

sonuçları organizasyonun başarısını belirleyen başlıca faktörlerden biri haline gelmiştir.

Projeler, sosyal hayatta ve iş çevrelerinde bu denli bir öneme sahip olmalarından dolayı bir çok organizasyon tarafından yaygın bir şekilde kullanılır hale gelmişlerdir. Özellikle organizasyonların başarısının belirlenmesinde önemli bir role sahip olan projelerin, istenilen sonuçların elde edilebilmesi için yönetilmesi gerekmektedir. Bunun sonucu olarak da projelerin yönetimi gündeme gelmiştir. Proje yönetimini, hedeflenen sonuçların elde edilebilmesi için projenin planlanması, uygulanması ve kontrolünün yapılması ile ilgili bütün yönetsel faaliyetleri içeren bir kavram olarak tanımlayabiliriz. Proje yönetimi günümüzde formel bir disiplin halini almış ve bir uzmanlık alanı olarak kendine yer bulmuştur. Proje yönetimi literatürü oldukça geniştir ve günümüzde hala da gelişimine devam etmektedir. David Cleland (1997) günümüzde gelinen noktayı “proje yönetim çağının patlaması” olarak ifade etmektedir.

Projeler büyüklüklerine, sürelerine, hedeflerine, kompleksliklerine, içerdiği belirsizliğe ve diğer bir çok özelliğe göre sınıflandırılabilir. Bir proje ne kadar farklı ya da özgün olursa olsun, hiç şüphe yok ki her proje bir dereceye kadar belirsizlik içermektedir, ve risksiz hiç bir proje yoktur. Projeler karakteristik özellikleri gereği kendilerine özgüdür ve daha önce yapılmamış bir şeyi gerçekleştirmeye yönelik olduklarından bir çok riskle karşı karşıyadırlar. Genel anlamda risk, gelecekteki bir hareket ya da olayın negatif bir sonucunun olması olasılığı şeklinde tanımlanabilir. Bir diğer ifadeyle risk, ortaya çıkma olasılığı ve meydana getireceği etki ile ölçülen gelecek olayların sonuçlarının belirsizliği ile ilgilidir. Proje açısından risk, proje performansının başarılabirlik seviyesiyle ilgili önemli belirsizliklerin var olmasıdır (Chapman ve Ward, 1997).

Günümüzde sadece iyi bir proje planına ya da iyi bir kontrol ve takip sistemine sahip olmak tek başına projenin başarılı olması için yeterli değildir (Raz ve diğ., 2002). Organizasyonlar ve proje ekiplerinin istenilen proje başarı düzeyini elde edebilmek için projenin karşılaşılabileceği risklere karşı hazırlıklı olmaları gerekmektedir. Bu da proje riskleri hakkında bilgi sahibi olmayı ve proje risklerinin yönetilmesini gerektirmektedir.

Projelerde karşılaşılan risklerin projenin başarısı üzerindeki etkisi son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Elkington ve Smallman (2000), projenin başarı seviyesi ile projede uygulanan risk yönetimi arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadırlar. Buna göre, daha başarılı projelerde daha fazla risk yönetimi kullanılmaktadır. Daha güncel bir çalışmada Raz ve diğ. (2002), proje risk yönetimi uygulamalarıyla projelerde en fazla karşılaşılan risklerden olan zaman ve bütçe hedeflerinin aşılması arasında korelasyon olduğunu belirtmektedirler. Bu çalışmalar da göstermektedir ki tahmin edilemeyen veya yönetilmeyen riskler projelerin başarısız olmasındaki ana nedenlerden biridir.

Son yıllarda önemi giderek artan proje risk yönetimi 1980'lerin ortalarından beri uygulanmaktadır ve proje yönetimi içindeki bilgi alanlarından biridir. Proje risk yönetimi, proje risklerinin belirlenmesi, analizi ve gereken tepkilerin geliştirilmesini içermektedir. Proje risk yönetiminin amacı proje performansının artırılması ve proje hedeflerinin gerçekleştirilmesidir. Chapman (1997) proje risk yönetiminin önemine dikkati çekerek, tüm projelerde formel bir risk yönetimi yaklaşımının uygulanması gerektiğini ve bunun da başlı başına bir proje gibi düşünülmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Literatürde çeşitli proje risk yönetimi yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yaklaşımların hepsinde proje risklerinin analizi ve değerlendirilmesi ortak olarak bulunmaktadır. Proje risk analizi, projeyi etkileyecek olası proje riskleri tanımlandıktan sonra bunların ortaya çıkma olasılıklarının ve etkilerinin incelenmesidir. Risk analizinin amacı risklerin önem derecelerinin belirlenerek proje hedefleri üzerindeki etkilerine göre risklerin önceliklendirilmesidir.

Proje risk analizinde bir çok değişik teknik kullanılmaktadır ve bu teknikler genel olarak kalitatif ve kantitatif olarak ikiye ayrılmaktadır. Literatürde yer alan ve en fazla uygulanan proje risk analizi yöntem ve teknikleri PERT analizi, Monte Carlo simülasyonu ve olasılık etki matrisidir. Bu yöntem ve tekniklerde proje riskleri ayrı ayrı tek bir proje hedefine (genellikle zaman ve maliyet) göre değerlendirilmektedir. Oysa ki proje riskleri çok boyutlu olduğundan dolayı (Miller ve Lessard, 2001; Ward, 2001) daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edebilmek için birden fazla kritere ya da proje hedefine göre analiz edilerek değerlendirilmelidir. Bunun için bir projenin sadece zaman, maliyet, kalite gibi kriterler için ayrı ayrı risk analizi ve değerlendirilmesi yerine herhangi bir projenin bütün bunları içerecek şekilde

bütünsel olarak risk derecesinin belirlenmesine olanak veren bir yaklaşıma gerek vardır.

Proje risklerinin analizi belirsizlik içeren karmaşık bir konudur. Projeler yeni bir şeyin ortaya koyulması için gerçekleştirildiğinden ve her bir proje de diğerinden farklı olduğundan dolayı genellikle konuyla ilgili yeterli veri ve bilgi ya bulunmamaktadır ya da bunları elde etmek oldukça zordur. Böyle durumlarda proje yöneticilerinin konuyla ilgili bilgi ve tecrübe sahibi uzmanların görüşlerinden ve tecrübelerinden yararlanmaları gerekmektedir.

Bu amaçla bu çalışmada, temeli çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile bulanık kümeler teorisine dayanan bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Fuzzy Analytic Hierarchy Process-FAHP) yöntemi kullanılarak proje risk analizi önerilmekte ve bilişim teknolojileri (BT) projeleri için bir uygulaması sunulmaktadır. Bugüne kadar Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bulanık kümeler teorisi ayrı ayrı kullanılarak proje risk analizine uygulanmıştır. Bu çalışmanın en önemli özelliği ikisini birlikte kullanarak proje risk analizini ele almasıdır. Bu yüzden bu çalışma bu alanda bir ilki oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın bir sonraki bölümünde proje ve proje yönetimi kavramları ele alınarak çeşitli proje sınıflandırmaları, proje yönetiminin önemi, proje yönetimi süreçleri, proje yönetiminin içerdiği bilgi alanları ve proje yaşam döngüsü anlatılmaktadır.

Üçüncü bölümde, risk kavramı, projelerde karşılaşılan riskler, proje risk yönetiminin proje yönetimi içerisindeki yeri, proje risk yönetimi yaklaşımları ve genel bir proje risk yönetimi süreci anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde günümüzde proje risk analizlerinde en fazla kullanılan çeşitli risk analizi yöntem ve teknikleri üzerinde durulmuş, her biri hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, bu çalışmada önerilen bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile proje risk analizi detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. İlk olarak bu yöntemin neden proje risk analizinde kullanılması gerektiği anlatılmıştır. Daha sonra önerilen yöntemi oluşturan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve bulanık kümeler teorisi hakkında bilgi verilmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşi yöntemleri hakkında literatür bilgisi sunulmuştur. Bu bölümde son olarak önerilen modelde kullanılan Chang'ın

bulanık AHP yöntemi anlatılarak bir bilişim teknolojileri projesinin (BT) risk analizine uygulanmıştır.



BÖLÜM 2. PROJE VE PROJE YÖNETİMİ

2.1 Projenin Tanımı ve Karakteristikleri

Projenin tanımını çeşitli şekillerde yapmak mümkündür. Literatürde yer alan bazı proje tanımları şöyledir;

Proje, belirlenmiş bir dizi hedeflere belirli bir zaman aralığında ve belirli bir bütçeyle ulaşmak için yerine getirilen bir çok aktiviteden oluşan bir çalışmadır ve hedeflere ulaşıldığında da proje sona erer (Badawy, 1988).

Proje, bir amaca ulaşmak için belirli bir sürede bir arada yapılması gereken birbirleri ile ilişkili işlemler sistemidir. Bu işlemler birbirinden bağımsız veya bir diğerine bağımlı olabilirler. Ancak bütün işlemler bir projeyi oluşturan parçalar olarak birbirleriyle ilişkilidirler (Medley,1989).

Proje müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için dizayn edilen kompleks, rutin olmayan, zaman, bütçe, kaynaklar ve performans ölçüleri ile sınırlandırılmış tek seferlik çaba ya da çalışmadır (Gray ve Larson, 2000).

Proje yeni bir ürün veya hizmet yaratmak için gerçekleştirilen geçici bir çalışmadır (PMBOK, 2000).

DIN 69901 normuna göre proje, bir defaya mahsus olarak yapılan, belirlenmiş bir hedefi olan, termin ve kaynaklar açısından sınırlandırılmış olan, bir organizasyonun bir çok biriminin katıldığı bir çalışmadır.

Farklı bir bakış açısıyla proje, bir konu etrafında düşüncenin yoğunlaşması, bir çözüm yolu aranması süreci olarak da düşünülebilir.

Bütün farklı tanımlarda görüldüğü gibi projeyi diğer organizasyonel faaliyetlerden ayıran kendisine has bazı özellikleri ve karakteristikleri vardır. Bunlar;

- belirli, spesifik bir amacının olması,
- daha önceden yapılmamış bir şeyin yapılması,
- geçici olması,

- insanlar tarafından gerçekleştirilmesi
- kısıtlı kaynaklarla gerçekleştirilmesidir (PMBOK, 2000; Gray ve Larson, 2000).

Her bir proje ne tür olursa olsun daha önceden hedeflenen bir amacı gerçekleştirmek için yapılmaktadır. Günümüzün hızla değişen rekabetçi iş dünyasında organizasyonların tutunabilmesi ve başarılı olması için bu değişimlere uyum sağlaması ve uygun stratejiler geliştirerek karşılık vermesi gerekmektedir. Bunu başarmanın en önemli araçlarından bir tanesi projelerdir ve organizasyonel stratejilerin gerçekleştirilmesinde çok önemli bir yere sahiptirler (Kujawski, 2002).

Proje daha önceden yapılmamış bir şeyi yapmaya ya da gerçekleştirmeye yöneliktir ve bu yüzden de tektir. Örneğin, binlerce iş yeri inşaatı yapılmış olmasına rağmen, her biri farklı sahibe, dizayna, yere sahiptir. Tekrarlı faaliyetlerin olması projenin bu temel tek olma özelliğini değiştirmez.

Projenin geçici olması her projenin belli bir başlangıç ve bitişinin olması anlamına gelmektedir. Proje belirlenen hedeflere ulaşıldığında veya belirlenen amaçların gerçekleştirilemeyeceği açık bir hal aldığına ya da projeye olan ihtiyaç ortadan kalktığına sonlandırılır.

Proje insanlar tarafından gerçekleştirilir ve genellikle de bir kaç departman ve uzmanların katılımını gerektirir. Farklı disiplinlerden insanlar ortak bir amacı gerçekleştirebilmek proje yöneticisinin rehberliğinde birlikte çalışırlar.

Her proje zaman, maliyet ve kalite kısıtları ve gereksinimleri altında gerçekleştirilir. Genellikle de projeler bu üç kritere göre değerlendirilirler. Bu da projenin yönetilmesini gerektiren en önemli nedenlerden birini oluşturur (Kerzner, 2001).

Projelere örnek olarak,

- yeni bir ürün ya da hizmet geliştirme
- organizasyonel yapılanma veya yönetim şeklinin değişimi
- bir bina inşaatı
- bir siyasi parti için seçim kampanyası
- kapasite arttırma vb.

verilebilir.

2.2 Projelerin Sınıflandırılması

Projelerin sınıflandırılması projelerin belirgin bazı özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla değişik şekillerde yapılabilir. Bunlardan bazıları;

- Proje büyüklüğüne ya da kapsamına göre: küçük, orta ve büyük projeler.
- Teknolojik belirsizliğe göre (Raz ve diğ. 2002):
 - Düşük teknoloji projeleri: var olan ve uzun bir süredir kullanılan mevcut teknolojilerin kullanıldığı projelerdir. Bu sınıfa giren projeler için geliştirme çalışmalarına gerek yoktur. Bunlara verilebilecek tipik örnekler inşaat projeleri ve yol yapım projeleridir.
 - Orta teknoloji projeleri: genellikle mevcut teknolojilere dayanan fakat bununla birlikte yeni teknolojilerin ya da geçmişte olmayan bir özelliğin de birleştirildiği projelerdir. Örneğin, mevcut ürünü geliştirme ve iyileştirme projeleri.
 - Yüksek teknoloji projeleri: uygulanan teknolojilerin büyük bir bölümünün yeni olmasıyla beraber projeye başlandığında ortaya çıkmış olan teknolojilerin kullanıldığı projelerdir. Bu tip projeler projeye başlanmadan önce ortaya çıkan teknolojilerin ilk kez uygulandığı projelerdir ve o alanda bir ilki oluştururlar. Savunma sanayi projelerinin bir çoğu ve de yeni nesil bilgisayar geliştirme projeleri bu sınıfa girmektedir. Bu tip projeler uzun tasarım, geliştirme, test ve tekrar tasarım aşamalarından oluşurlar.
 - Süper yüksek teknoloji projeleri: proje başladığında var olmayan teknolojilere dayanan projelerdir. Projenin misyonu bellidir fakat çözüm bilinmez ve mevcut teknolojiler de yeterli değildir. Gerekli olan fakat var olmayan bu teknolojiler proje yürütülürken geliştirilir. Bu tür projeler oldukça azdır ve genellikle de büyük bir kaç organizasyonun ya da devlet kurumlarının katılımıyla gerçekleştirilir. Buna örnek, 1960'lı yıllardaki Ay'a ayak basmayı amaçlayan Apollo programı verilebilir.
- Bunlara ilaveten mühendislik projeleri, endüstriyel projeler, bilgi sistemleri projeleri, AR-GE projeleri, işletme içi ve işletme dışı projeler vb. sınıflandırmalar da yapmak mümkündür.

Her bir proje bir diğ erinden farklıdır ve projeler büyüklük, süre, belirsizlik, komplekslik, hedefler, kısıtlar ve diğ er şekillerde birbirinden ayrılırlar. Projeleri sınıflandırmanın proje yönetimi açısından önemi Shenhar ve Dvir (1996), Shenhar (1998), Payne ve Turner (1999), ve Raz ve diğ . (2002) tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konmaktadır. Buna göre, her türlü projeye ortak aynı proje yönetimi yaklaşımını uygulamak yerine projenin çeşidine ve özelliklerine göre proje yönetimi yaklaşımını seçmek ve ayarlamak daha iyi sonuçlar vermektedir. Bir başka ifadeyle, projenin özellikleri ve çeşidi uygulanacak proje yönetimi yaklaşımını belirlemede etkili olmaktadır.

2.3 Proje Yönetimi

2.3.1 Proje Yönetiminin Tanımı

Proje yönetimine yönelik yapılan ilk tanımlamalardan biri 1950'lerdeki bakış açısını yansıtan Oisen (1971) tarafından yapılmıştır. Buna göre;

“Proje yönetimi, farklı kaynakların kullanımının tek (unique), kompleks, bir seferlik bir görevin zaman, maliyet ve kalite kısıtları içinde tamamlanabilmesi için idare edilmesine yönelik olarak çeşitli araç ve tekniklerin (CPM, matris organizasyon vb.) uygulanmasıdır.”

Literatürde yer alan diğ er bazı önemli tanımlamalar ise şöyledir;

Turner (1993), projelerin organizasyonlar için stratejik önemine dikkati çekerek, proje yönetimini vizyonu gerçeğe dönüştürme sanatı ve bilimi olarak tanımlamaktadır.

Clarke (1999), proje yönetimini farklı bir şekilde ele alarak, proje yönetimini değişimi yönetmek için kullanılan ya da değişim sürecine yardımcı olan bir araç olarak tanımlamaktadır.

Proje yönetimi, proje gereksinimlerini karşılamak için bilgi, yetenek, araçlar ve tekniklerin proje faaliyetlerine uygulanmasıdır (PMBOK, 2000).

Proje yönetimi, belirli hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi için oluşturulmuş daha kısa vadeli bir amaç için organizasyonel kaynakların belli bir süreliğine planlanması, organize edilmesi, yönlendirilmesi ve kontrol edilmesidir (Kerzner, 2001).

Bütün bu tanımlamalardan yola çıkarak proje yönetimini kısaca, projelerin planlanması, uygulanması ve kontrolünün yapılması ile ilgili bütün yönetsel faaliyetleri içeren bir kavram olarak tanımlayabiliriz.

2.3.2 Proje Yönetiminin Önemi

Günümüzde projeler organizasyonların en fazla başvurduğu araçlardan bir tanesidir ve bir bakıma iş yapma biçimidir. Organizasyonların hızla değişen iş çevrelerinde hedeflerine ulaşmasında projeler çok önemli bir yere sahiptir (Kwak ve Ibbs, 2002). Projeler bir çok organizasyon için vazgeçilmez iş süreçleridir ve projelerin organizasyonlara stratejik anlamda katkıları gelecekte de artarak devam edecektir (Maylor, 2001). Projelerin ve proje yönetiminin son yıllarda bu kadar önem kazanmasında ve organizasyonların başarısında etkin rol oynamasında bir çok neden etkili olmaktadır. Proje yönetiminin önemi ve gerekliliği organizasyonel bakış açısıyla bu nedenlerle birlikte anlatılacaktır. Cleland (1998), Gray ve Larson (2000) ve Pinto (2002) bunları kısaca şöyle özetlemektedir;

- **Kısalan Ürün Yaşam Süreleri:** proje yönetimine olan ilgi ve talebin bu kadar fazla olmasındaki en önemli nedenlerden biri ürünlerin yaşam sürelerinin kısalmasıdır. Ürünlerin eskime süreleri ya da modasının geçmesi giderek artan hızda gerçekleşmektedir. Örneğin, günümüzde yüksek teknoloji endüstrilerinde ürün yaşam süresi 1,5 ile 2 yıl arasında iken 30 yıl önce bu 10 ile 15 yıl arasında değişmekte idi. Bu da firmaların AR-GE projelerine ve yeni ürün geliştirmeye daha fazla yatırım yapmalarına neden olmaktadır. Teknolojinin değişme hızının bu kadar artması daha kısa ömürlü ürünlerin mümkün olduğunca kısa sürede pazara sunulmasını gerektirmektedir.
- **Küresel Rekabet:** 1970'lerdeki ulusal veya bölgesel ekonomilerden küresel ekonomiye geçiş teknolojik anlamda gelişime hız vermekle beraber kalite iyileştirmesi ve maliyetin azaltılması yönündeki baskıları da arttırmıştır. Günümüz piyasaları sadece ucuz ürün ya da hizmet değil aynı zamanda da yüksek performanslı ve kaliteli ürünler talep etmektedir. Bu da başta ISO olmak üzere bir çok kalite sertifikasyon programı ve kalite iyileştirme projelerine neden olmuştur. Kalite yönetimi ve iyileştirme, proje yönetimi yaklaşımını gerektirmektedir.

- Gittikçe Artan Karmaşık ve Teknik Ürünler: bilgi üretiminin hızla artmasına paralel olarak ürünlerin teknolojik özellikleri ve karmaşıklığı da artmaktadır. Ürünlerin teknolojik özelliklerinin ve kompleksliğinin artması farklı teknolojilerinin bir araya getirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Proje yönetimi bunun gerçekleştirilmesinde önemli bir disiplin olarak kendini göstermektedir.
- Artan Müşteri Odaklılık: artan rekabetle birlikte müşteriler günümüzde kendi spesifik ihtiyaçlarına yönelik mal ve hizmet talep etmektedirler. Bu da üretici ile tüketici ya da müşteri arasında daha yakın bir ilişkinin kurulmasını ve bu ihtiyaçlara yönelik kişiselleştirilmiş mal ve hizmetlerin üretimini gerektirmektedir. Bu yüzden proje yönetimi, kişiselleştirilmiş mal ve hizmetlerin geliştirilmesinde ve müşterilerle yakın ilişkilerin kurulması ve devam ettirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir.
- Üçüncü Dünya ve kapalı Ekonomilerdeki Hızlı Gelişme: bu ülkelerdeki ekonomik gelişmelere bağlı olarak bir çok firma ürettikleri mal ve hizmetleri bu pazarlara sokmaya çalışmaktadırlar. Bunun için de firmalar proje yönetimi tekniklerini kullanarak dağıtım kanalları oluşturmaktadırlar. Bunun haricinde buralarda inşaat ve telekomünikasyon gibi alanlarda proje çalışmaları giderek artmaktadır.

2.3.3 Proje Yönetimi Süreçleri

Projeler bir çok sürecin bir araya gelmesinden oluşmaktadır ve süreç de bir sonuç üretmek için yerine getirilen faaliyetler topluluğudur. Proje yönetimi insanlar tarafından yürütülen ve projeyi oluşturan bu süreçlerin yönetilmesiyle ilgili bir kavramdır. Daha öncede belirtildiği gibi proje yönetim yaklaşımı projenin karakteristik özelliklerine ve doğasına göre değişmektedir. Her bir proje bir diğerinden farklı olduğundan her bir proje için spesifik bir yaklaşım izlemek projelerin sonuçları ve başarısı açısından önemlidir. Proje yönetimi yaklaşımı her ne kadar projeye özgü de olsa, bir proje yönetimi sürecinin temel olarak 5 alt ana süreçten oluştuğunu söyleyebiliriz. Bunlar;

1. Başlatma süreci
2. Planlama süreci
3. Yürütme süreci

4. Kontrol süreci

5. Son verme sürecidir (Kwak ve Ibbs, 2002; PMBOK, 2000).

Başlatma süreci, söz konusu düşünülen proje için teklif geliştirilmesi, projenin olabilirliğinin analizi ve onaylanmasını içeren süreçtir. Proje fikrinin oluşmasıyla başlayan bu süreç, proje teklifinin değerlendirilip onaylanarak hayata geçirilmesine karar verilmesiyle sonlanmaktadır.

Planlama süreci, proje için yapılması gerekli olan işlerin belirlendiği ve proje hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için uygun hareket planının ya da proje planının oluşturulduğu süreçtir. Planlama süreci, proje hedeflerinin ve kapsamının tanımlanmasını, planlama stratejisinin belirlenmesini, zaman ve maliyet için proje yapı planının oluşturulmasını, proje planının optimize edilmesini, risk yönetim planının geliştirilmesini ve proje ekiplerinin organize edilmesini içermektedir.

Yürütme süreci, projenin etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi için organizasyon ve diğer kaynakların koordine edilmesidir. Bir başka deyişle planlama sürecinde oluşturulan proje planının uygulanması için insanların ve diğer kaynakların koordine edilmesini içermektedir. Sonuç üreten proje faaliyetlerinin aktif olarak yerine getirildiği süreçtir.

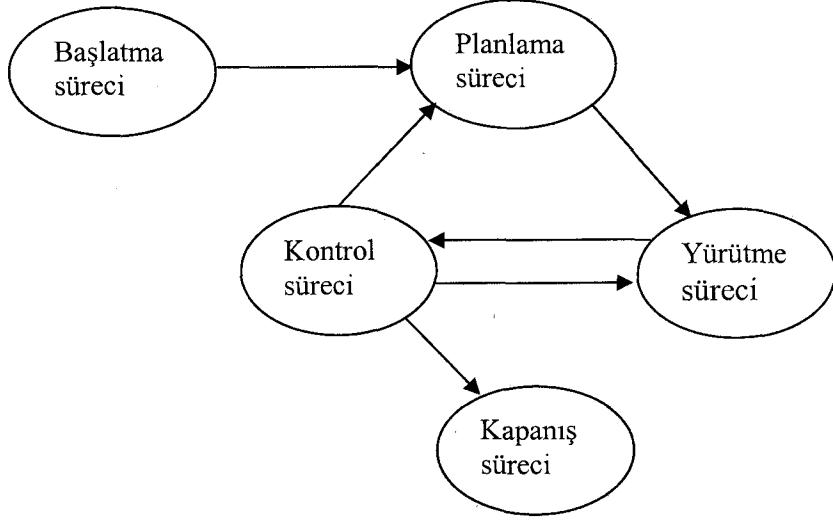
Kontrol süreci, ilerlemenin düzenli bir biçimde izlenip ölçülerek plandan olan sapmaların belirlenmesi yoluyla gerekli düzeltici faaliyetlerin alınarak proje hedeflerine ulaşılmasının temin edilmesidir. Bu süreç, proje ilerleme durumunun bir araya getirilmesini, değişimlerin analiz edilmesini ve projenin durumunun gereken taraflara iletilmesini içermektedir.

Son verme ya da kapanış süreci, projenin sonlandırılarak sonuçlarının hayata geçirilmesini ve projenin işletmeye alınmasını içeren süreçtir.

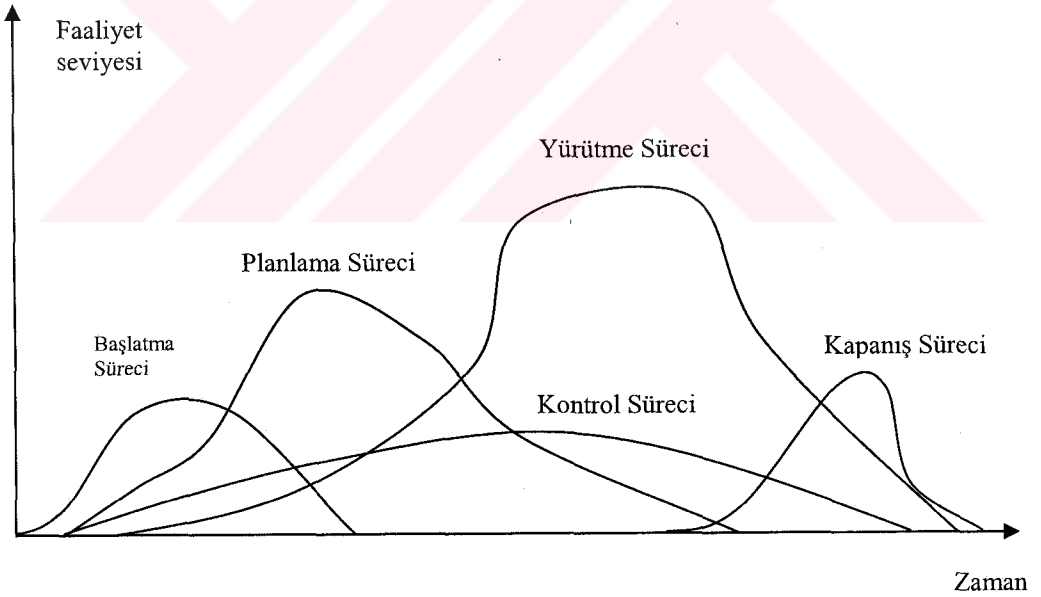
Proje yönetimini oluşturan her bir süreç birbirlerine ürettikleri sonuç veya çıktı ile bağlıdır. Birinin sonucu diğerinin girdisini oluşturmaktadır. Bu süreçler arasındaki ilişki Şekil 2.1'de görüldüğü gibidir. Şekil 2.1'deki oklar süreçler arasındaki bilgi akışını göstermektedir. Şelik 2.2'de proje yönetimi süreçleri için zamana göre faaliyet seviyesi görülmektedir.

Bu süreçler herhangi bir projenin yönetimi sırasında sadece bir kez ortaya çıkmamaktadır ve tekrarlı bir yapıya sahiptir. Proje yönetimi süresince proje olgunlaştıkça yeri geldiğinde tekrarlanması gerekmektedir. Örneğin, kontrol

sürecinin sonuçlarına göre plandan olan sapmalar belirlenerek daha sonraki aşamalara yansımaması için planlamaya geri bildirimde bulunarak proje planının tekrar oluşturulması ve düzeltilmesi gerekebilir.



Şekil 2.1. Proje Yönetim Süreçleri Arasındaki İlişki



Şekil 2.2. Proje Yönetim Süreçlerinin Zaman ve Faaliyet Seviyesine Göre Değişimi

2.3.4 Proje Yönetimi Bilgi Alanları

Proje yönetimi, geniş bir uygulama alanına sahip olduğundan bir çok konuda bilgi gerektiren bir disiplindir. Proje yönetimi bilgi alanları sistematik olarak

incelendiğinde 9 başlık altında toplanmaktadır (PMBOK, 2000; Kwak ve Ibbs, 2002). Bunlar sırasıyla şöyledir;

- Proje entegrasyonu yönetimi,
- Proje kapsam yönetimi,
- Proje zaman yönetimi,
- Proje maliyet yönetimi,
- Proje kalite yönetimi,
- Proje insan kaynakları yönetimi,
- Proje iletişim yönetimi,
- Proje risk yönetimi,
- Proje satın alma yönetimi.

Bunları kısaca özetleyecek olursak, proje entegrasyonu yönetimi, projeyi oluşturan çeşitli elemanların uygun bir şekilde koordine edilmesi için gerekli olan süreçleri içermektedir. Projenin ve organizasyonun başarısı etkin proje yönetimi stratejileri ile uygun proje yönetimi tekniklerinin entegre edilmesine bağlıdır. Proje entegrasyonu yönetimi temel olarak proje planının geliştirilmesi, proje planının yürütülmesi ve entegre değişim kontrolü süreçlerinden meydana gelmektedir. Proje planının geliştirilmesi, tutarlılık sağlamak açısından tüm proje planlarının entegre edilmesini ve koordine edilmesini içermektedir. Proje planının yürütülmesi, proje planındaki faaliyetlerin yerine getirilmesidir. Entegre değişim kontrolü, tüm projedeki değişimlerin koordine edilmesidir. Bu süreçler her projede en az bir kez ortaya çıkmaktadır ve bu süreçler hem birbirleriyle hem de diğer bilgi alanlarındaki süreçlerle etkileşim halindedir.

Proje kapsam yönetimi, projenin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için projede sadece ve sadece gereken işlerin yer almasını sağlayan süreçleri içermektedir. Bir başka ifadeyle projenin tanımlanması ve kontrolü için tüm faktörlerin ve değişkenlerin göz önüne alınmasını sağlayan süreçleri içermektedir. Bu süreçler, projenin onaylandığı başlatma süreci, gelecekteki proje kararlarının temeli oluşturanyazılı kapsam ifadesinin geliştirildiği kapsam planlama, projenin ana çıktılarının ya da sonuçlarının daha küçük ve yönetilebilir parçalara ayrıldığı kapsam tanımlama süreci, proje kapsamının resmi olarak kabul edildiği kapsam doğrulama (verification) süreci ve proje kapsamındaki değişimlerin kontrol edildiği kapsam değişim kontrolü süreçleridir.

Proje zaman yönetimi, projenin zamanında veya daha önce tamamlanması için gerekli olan süreçleri içermektedir. Proje zaman yönetimi özellikle proje maliyet yönetimi ile ilişkilidir. Projenin tamamlanma süresi uzadıkça maliyetler artacaktır. Proje zaman yönetimi, çeşitli proje sonuçlarının elde edilmesi için gerçekleştirilmesi gereken spesifik faaliyetlerin tanımlanmasını içeren faaliyet tanımlanması, faaliyetlerin sıralanması, faaliyet tamamlanma sürelerinin tahmini, faaliyet sıralamalarının, faaliyet sürelerini ve kaynak gereksinimlerinin analizini içeren takvim geliştirme ve de proje takvimindeki değişimlerin kontrolünü içeren takvim kontrol süreçlerinden oluşmaktadır.

Proje maliyet yönetimi, projenin daha önceden oluşturulmuş ve onaylanmış bütçeye uygun tamamlanabilmesi için gerekli süreçlerden oluşmaktadır. Proje maliyetinin yönetimi çok önemlidir çünkü bir çok projede karşılaşılan ortak bir sorundur. Proje maliyet yönetimi, proje faaliyetleri için hangi kaynaktan (insan, ekipman, malzeme vb.) ne kadar miktarda gerektiğini belirlemeyi içeren kaynak planlaması, proje faaliyetlerini tamamlamak için kullanılacak kaynakların maliyetlerinin tahmin edilmesini içeren maliyet tahmini, genel maliyet tahminlerinin proje aktivitelerine dağıtılmasını kapsayan maliyet bütçeleme ve proje bütçesindeki değişimlerin kontrol edildiği maliyet kontrolü süreçlerinden meydana gelmektedir.

Proje kalite yönetimi, projenin belirlenen ihtiyaç ve gereksinimleri karşılayabilmesi ya da aşmasını sağlamaya yönelik süreçlerden oluşmaktadır. Proje kalite yönetimi, tüm kalite kavramları, kalite maliyeti, kalite planlama, kalite güvence, kalite kontrol, varyans ve ölçüm ile kalite iyileştirmeyi içermektedir.

Proje insan kaynakları yönetiminin en önemli fonksiyonu projede yer alan insanlardan en etkin ve verimli şekilde yararlanmaktır. Bu kişiler sponsorlar, müşteriler, ortaklar, proje yöneticisi, ekip elemanları kısacası tüm proje paydaşlarıdır. Proje insan kaynakları yönetimi, projedeki görevlerin, sorumlulukların ve raporlama ilişkilerinin belirlenmesi, dökümanite edilmesi ve atanmasını içeren organizasyonel planlama, proje için gerekli insanların işe alınmasını içeren personel alımı ile proje ekiplerinin oluşturulmasını içeren takım oluşturma süreçlerinden meydana gelmektedir. Bunun yanında proje insan kaynakları yönetimi, motivasyon, liderlik ve bireyler arasındaki çatışmaların ortadan kaldırılması konularını da kapsamaktadır.

Proje iletişim yönetimi, proje ile ilgili bilgilerin uygun bir şekilde ve zamanında toplanması, kullanılması, muhafaza edilmesi ve ilgili bölüm ve kişilere iletilmesi içermektedir. Projenin başarılı olması için organizasyonun tümünde aşık ve anlaşılır bir iletişim sisteminin olması gereklidir. Proje iletişim yönetimi, kimin hangi bilgiye ne zaman ihtiyaç duyacağı ve bunlara nasıl iletileceğinin belirlenmesini içeren iletişim planlama, proje paydaşlarına gereken bilgiyi zamanında ulaştırılmasını sağlayan bilgi dağıtımı ve performans bilgilerinin toplanıp iletilmesini içeren performans raporlama süreçlerinden oluşmaktadır.

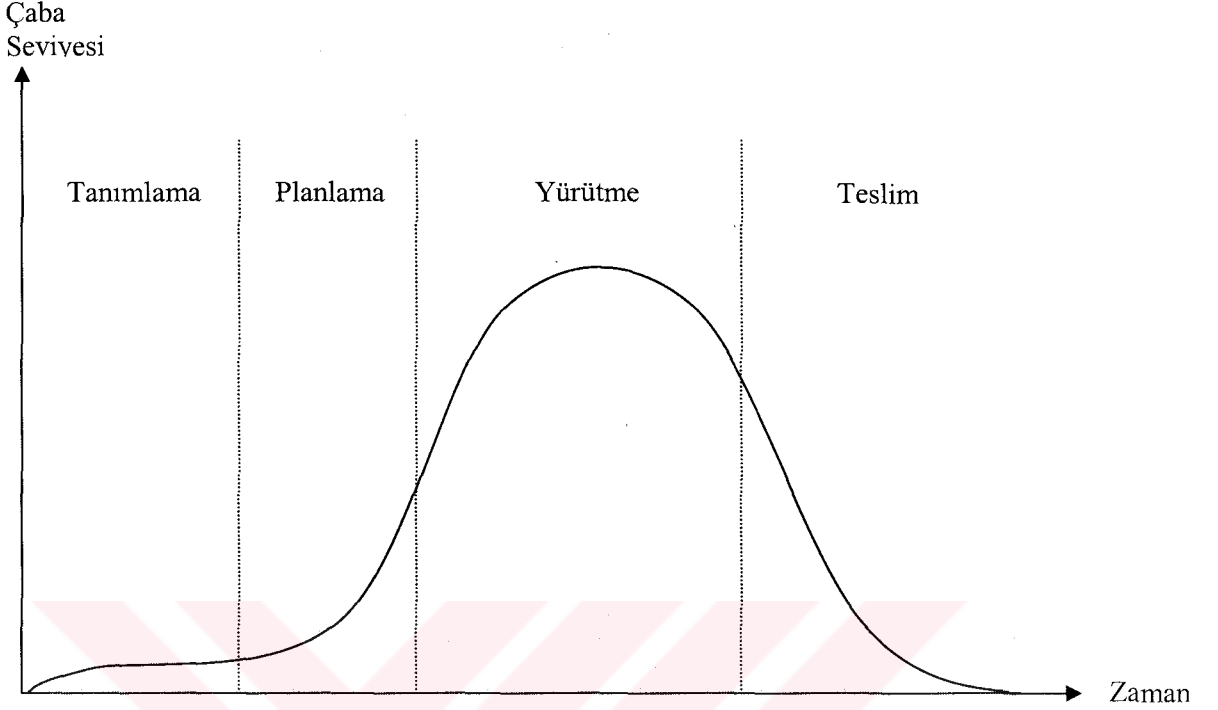
Proje risk yönetimi, proje risklerinin belirlenmesi, analizi ve uygun tepkilerin sistematik bir şekilde geliştirilmesi sürecidir. Bu çalışmanın esas konusu proje risk yönetimi ve risk analizi olduğundan bu konu sonraki bölümlerde daha detaylı olarak ele alınacaktır.

Proje satın alma yönetimi, projeyi yürüten organizasyonun ihtiyaç duyduğu mal ve hizmetlerin dışarıdan sağlanmasıyla ilgilidir. Proje satın alma yönetimi, kontrat yönetimi, kontrat riski, kontrat pazarlıkları, konfigürasyon yönetimi, kaynak seçimi, satın alma planlaması ve kontratın sonlandırılmasını içermektedir.

2.3.4 Proje Yaşam Döngüsü

Projeler özellikleri gereği tektir ve bu yüzden de belirsizlik içerirler. Bir çok organizasyon ve proje yöneticisi yönetim kontrolünü arttırmak ve organizasyonda devam eden diğer işlerle ilişkisini sağlamak için her bir projeyi bazı proje aşamalarına (ya da safhalarına) ayırırlar. Bu proje aşamalarının hepsine birden proje yaşam döngüsü adı verilir (PMBOK, 2000). Yaşam döngüsü projenin sınırlı bir ömrünün olduğunu ve projenin bu yaşam süresi boyunca gereken çaba seviyesi ve yoğunlukta tahmin edilebilir değişimler olduğunu gösterir (Gray ve Larson, 2000). Her bir proje aşaması bir ya da daha fazla çıktı ya da sonucun tamamlanmasıyla belirtilir. Her bir çıktı fizibilite çalışması, detaylı bir dizayn veya prototip gibi somut bir işin ürünüdür. Her bir proje aşaması normalde istenilen yönetim kontrol seviyesinin oluşturulması için tasarlanmış tanımlanmış bir dizi çıktıyı ya da sonucu içerir. Proje yönetimi literatüründe bir çok farklı yaşam döngüsü modeli bulunmaktadır ve bunları çoğu da bir endüstri veya proje tipine hastır (Gray ve Larson, 2000; PMBOK, 2000; Kerzner, 2001). Bu modellerde her bir proje, proje tipine ve endüstriye göre farklı şekilde aşamalara ayrılrsa ve her bir aşama farklı

şekilde isimlendirilse de genel anlamda bir projenin yaşam döngüsü dört aşamadan meydana gelmektedir ve Şekil 2.3’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.3 Proje Yaşam Döngüsü

Proje yaşam döngüsü genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar, tanımlama, planlama, yürütme ve teslim ya da sonlandırma aşamalarıdır. Projenin başlama noktası projenin yürürlüğe konulması anıdır. Projenin başlamasıyla beraber gereken çalışma miktarı ilk başlarda azdır, planlama aşamasından itibaren artmaya başlar, sonra gittikçe artarak yürütme aşamasında zirveye ulaşır ve bu aşamadan itibaren teslim aşamasına kadar da gittikçe azalır. Tanımlama aşamasında, proje spesifikasyonları tanımlanır, proje hedefleri oluşturulur, proje ekipleri oluşturulur ve birincil sorumluluklar belirlenip ilgili birim ve kişilere atanır. Planlama aşamasında, proje için gerekli olan zaman, kalite, kaynak ve risk planları ile bütçe oluşturulur. Yürütme aşaması, fiziksel ve zihinsel iş yükünün en fazla olduğu ve tüm proje yaşam döngüsü içinde en fazla yer kaplayan aşamadır. Bu aşamada fiziksel olarak ürün üretilir. Kontrol için zaman, maliyet ve performans ölçüleri kullanılır. Projenin takvime ve bütçeye uygunluğu ile beklenen performans kriterlerini yerine getirip getirmediği, ne gibi revizyon ve değişimlerin gerekli olduğu belirlenir. Son aşama olan teslim aşaması iki faaliyeti içermektedir. Bunlar, proje ürününün müşteriye

teslim edilmesi ya da ürünün işletmeye alınması ile proje kaynaklarının dağıtılmasıdır (Gray ve Larson, 2000).

Proje yaşam döngüsü genellikle, her bir aşamada yapılması gereken teknik işlerin ve her bir aşamada kimlerin görev üstleneceğinin tanımlanmasında kullanılır. Proje yaşam döngüsü modelleri çok genel ya da detaylı olabilir. Bu modellerin ortak özellikleri ise şöyledir (PMBOK, 2000),

- Başlangıçta maliyet ve personel sayısı en azdır ve gittikçe artar son aşamaya doğru ise giderek azalır.
- Başlangıç aşamasında projeyi başarılı bir şekilde tamamlama olasılığı en düşüktür ve bunun sonucunda risk ve belirsizlik başlangıçta en fazladır. Proje ilerledikçe projenin başarılı olma olasılığı da artar.
- Proje paydaşlarının projenin ürününün nihai karakteristikleri üzerinde değişiklik yapma etkisi ve buna bağlı olarak projenin maliyeti başlangıçta en yüksektir ve proje ilerledikçe gittikçe azalır. Bunun sebebi, proje ilerledikçe değişimin ve hatalarının düzeltilmesinin maliyetinin de artmasıdır.

Proje yaşam döngüsü proje yönetimi literatüründe önemli bir yere sahiptir. Her bir proje aşaması yukarıda belirtildiği gibi farklı özelliklere sahiptir. Projeler statik olarak algılanmamalı ve bunun yerine dinamik sistemler gibi düşünülmelidir. Bu yüzden de projeler hem içten hem de dıştan belirsizlik, risk ve baskılarla karşı karşıyadırlar. Bu yüzden de bir projenin yaşamı boyunca değişimler kaçınılmazdır (Hobbs ve Miller, 1998). Proje yönetimi yaklaşımı, projenin yaşamı boyunca ortaya çıkabilecek bu durumlara karşı maksimum esnekliği sağlamalı ve de projenin yaşamı boyunca maksimum yeniliğe imkan vermelidir (Jaafari, 2000). Bunun sonucu olarak proje yaşamının her bir aşaması bir proje gibi düşünülerek proje yönetiminde yeni bir yaklaşım olarak yaşam döngüsü proje yönetimi yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Gransberg ve Ellicott (1997), Jaafari ve Manivong (2000) ve Jafaari (2000) tarafından ortaya konulmuş çeşitli yaşam döngüsü proje yönetimi yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar daha çok inşaat projeleri için geliştirilmiş modellerdir ve ortak çıkış noktaları her projenin bir diğerinden farklı olduğu ve bunun sonucunda da projenin yaşamı boyunca her bir evrenin diğerinden farklı olmasından dolayı her bir aşamanın aynı şekilde değil, projenin içinde bulunduğu aşama dikkate alınarak yönetilmesi gereğidir. Burada her bir aşama ana projenin birer alt projesi olarak

düşünölerek her bir aşama yönetilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta bu aşamaların birbirleriyle olan ilişkisi ve etkileşimleridir. Bu yüzden proje genelinde bütünleşik bir proje yönetimi gerçekleştirilmektedir.



BÖLÜM 3. PROJE RİSK YÖNETİMİ

3.1 Riskin Tanımı ve Önemli Risk Kavramları

Risk kavramını çeşitli şekillerde tanımlamak mümkündür. Literatürdeki bazı risk tanımları şöyledir;

Risk, gelecekteki bir hareket ya da olayın negatif bir sonucu olması olasılığıdır. Risk, ortaya çıkma olasılığı ve meydana getireceği etki ile ölçülen gelecek olayları ve sonuçlarının belirsizliği ile ilgilidir (IMRF, 2002).

Risk, bir olayın olasılığının ve sonuçlarının kombinasyonudur (ISO/IEC Guide 73).

Risk, istenmeyen bir durumun meydana gelmesi şansı ve bu durumun tüm olası sonuçlarıdır (Gray ve Larson, 2000).

Singleton ve Hovden'e (1987) göre çeşitli risk tanımları ise şöyledir;

- Risk, bir kaybın olasılığıdır.
- Risk, olası bir kaybın ölçüsüdür.
- Risk, genellikle bir kaybın olasılık ve büyüklüğünün çarpımının fonksiyonudur.
- Risk, herhangi bir hareket ya da durumun tüm olası sonuçlarının olasılık dağılımlarının varyansıdır.
- Risk, tüm olası sonuçların dağılımının varyans ve beklenen değerinin ağırlıklı lineer bir kombinasyonudur.

Proje yönetimi açısından risk, belirlenmiş bir proje hedefinin başarılamamasının olasılık ve sonucunun ölçüsüdür. Risk belirsizlik içermektedir ve herhangi bir olay için iki bileşeni vardır. Bunlar;

- Olayın olması olasılığı,
- Meydana gelen olayın etkisi (Kerzner, 2001).

Chapman ve Ward (1997) proje riskini şu şekilde tanımlamaktadır; “*Proje riski, proje performansının başarılabirlik seviyesiyle ilgili önemli belirsizliklerin var olmasıdır*”.

Kısaca proje risklerini, gecikmelere, fazladan harcamalara, tatmin etmeyen proje sonuçlarına, güvenlik veya çevre zararlarına ve hatta tüm projenin başarısızlığına neden olabilecek arzu edilmeyen olaylar şeklinde tanımlayabiliriz. (Raz ve diğ., 2002)

Bu çeşitli tanımlarda da görüldüğü gibi riskin katı bir tanımını yapmak mümkün değildir. Fakat bütün bu tanımlarda ortak iki nokta söz konusudur. Bunlardan birincisi, riskin şu andan çok gelecek ile ilgili olması ve belirsizliğidir. İkincisi ise, gelecekte meydana gelecek olan olay ya da durumun yaratacağı etki, bir başka deyişle ortaya çıkaracağı sonuçlardır. Buna göre kavramsal olarak herhangi bir olay için riski meydana gelme olasılığı ve oluşturacağı etkinin fonksiyonu olarak ifade etmek mümkündür (Kerzner, 2001). Buna göre,

$$\text{Risk} = f(\text{Olasılık, Etki}) \quad (3.1)$$

Genel olarak, olasılık ve etki arttığında, risk de artmaktadır.

Risk denilince genellikle meydana gelmesi olası kötü bir durum ya da herhangi bir durum meydana geldiğinde yaratacağı olumsuz etki akla gelmektedir. Yukarıdaki tanımlarda da riskin bu yönü ön plana çıkmaktadır. Oysa ki bazı durumlarda risk olumlu anlamda, bir başka deyişle olumlu etkiye sahip olay ya da durum olarak da düşünülebilir. Son yıllarda literatürde riskin bu yönü de kendine yer bulmuştur. Riskin bu iki yönünü de içeren en kapsamlı ve en yeni tanım ise Aralık 2000 yılında Project Management Unstitute (PMI) tarafından şöyle yapılmıştır:

“Proje riski, eğer meydana gelirse proje hedefleri üzerinde *pozitif* ya da *negatif* etkiye sahip olan belirsiz bir olay ya da durumdur. Proje riski, hem proje hedeflerine yönelik *tehditleri* (negatif etki) hem de *fırsatları* (pozitif etki) içermektedir.” (PMBOK, 2000).

Konuyla ilgili diğer bir önemli kavram da belirsizliktir. Belirsizlik ve risk birbirine benzer kavramlar gibi görünse de önemli bir fark vardır. Risk denilince herhangi bir olay ya da durum ile ilgili olasılık atamaları mümkün iken, belirsizlik durumunda

herhangi bir olasılık tahmini mümkün olmamaktadır (Kerzner, 2001). Projelerde genel olarak 4 çeşit belirsizlikten söz edilebilir. Bunlar;

- Değişim ya da varyasyon (variation)
- Önceden görülebilen veya tahmin edilebilen belirsizlik (foreseen uncertainty)
- Önceden görülemeyen veya tahmin edilemeyen belirsizlik (unforeseen uncertainty)
- Kaos (chaos)

Varyasyon, bir çok küçük etkiden kaynaklanmakta ve belirli bir aktivite üzerinde bir dizi değer değişimine neden olmaktadır. Örneğin, bir X aktivitesinin tamamlanma süresinin 32 ve 34 hafta arasında olması gibi.

Tahmin edilebilir belirsizlikler, ortaya çıkıp çıkmayacağı hakkında emin olunamayan tanımlanabilen ve anlaşılabilen etkilerdir.

Tahmin edilemeyen belirsizlik, adında anlaşılacağı gibi önceden tanımlanamayan belirsizliklerdir. Bu tip belirsizlikler genellikle kestirilemeyen bir çok olayın etkileşiminden meydana gelmektedirler. Bazen bilinmeyen bilinmezler olarak da adlandırılmaktadırlar ve en az istenen durumlardan biridir.

Kaos, durumunda ise genellikle bir proje başlangıçtaki hedeflerinden ve amaçlarından farklı sonuçlarla son bulur. Bir başka ifadeyle başlangıçta belirlenen hedeflerden ve varsayımlardan tamamen farklı sonuçlar ortaya çıkar. (Meyer ve Loch, 2002).

Proje ortamlarında, alınan kararlarda mutlaka bir derece risk bulunmaktadır. Bu risklerden haberdar olmak ve uygun bir risk yönetimi sayesinde gereken düzeltici ve önleyici önlemler alınarak bu risklerin proje üzerindeki olumsuz etkisi azaltılabilir ve istenen sonuçlar elde edilebilir.

3.2 Risk Yönetimi

Günümüzde risk içermeyen hiç bir proje yoktur. Her proje birbirinden farklıdır ve bir dereceye kadar belirsizlik içermektedir. Günümüzün hızlı dinamik değişim ve artan rekabet ortamında, sadece iyi bir proje planına sahip olmak ya da iyi bir kontrol ve takip sistemine sahip olmak projenin başarılı olması için yeterli değildir (Raz ve diğ.,

2002). Geçmişteki deneyimler ve çalışmalar göstermektedir ki, projelerin başarısız olmasında etkili olan nedenlerin başında yönetilmeyen ya da önlenmeyen riskler gelmektedir (Royer, 2000; Raz ve diğ., 2002). Bu yüzden organizasyonların bu proje risklerine karşı hazırlıklı olmaları gerekmektedir. 1980'lerin ortalarından beri uygulanan (Pinto, 2002) proje risk yönetimi ile ilgili çeşitli tanımlamalar ise şöyledir; Risk yönetimi, proje risklerinin belirlenmesi, analizi ve gereken tepkilerin verilmesini içeren sistematik süreçtir. Bu süreç olumlu olayların olasılık ve sonuçlarının en büyüklenmesini ve de olumsuz olayların olasılık ve sonuçlarını en küçüklenmesini içermektedir (PMBOK, 2000).

Risk yönetimi, risk ile ilgilenme işi ya da pratiğidir. Bu da risk planlaması, risk konularının değerlendirilmesi (tanımlanması ve analizi), riskle başa çıkma opsiyonlarının geliştirilmesi ve risklerin nasıl değiştiğini görmek için izlenmesini içermektedir (Kerzner, 2001).

Risk yönetimi, belirsizliğin getireceği sonuçların ortaya çıkması duruma karşı gereken tedbirlerin alınabilmesi için risk konularının tanımlanması, değerlendirilmesi, anlaşılması, harekete geçilmesi ve bildirilmesini içeren bilinçli yapılandırılmış bir süreçtir (Indian and Northern Affairs Canada, 2002).

Bu tanımlardan da anlaşılabileceği gibi, proje risk yönetiminin amacı ortaya çıkabilecek olan olası risklerin tanımlanması, analizi ve kontrolü yoluyla proje performansının artırılması ve proje hedeflerinin başarıyla gerçekleştirilmesini sağlamaktır.

Çalışmanın bir sonraki kısmında proje risk yönetiminin yararları ve proje risk yönetimi yaklaşımları ve metodlarına geçmeden önce çeşitli proje risk türlerinden ve risk sınıflandırmalarından bahsedilecektir.

3.3 Proje Riskleri

Bu bölümde günümüzde projelerde karşılaşılan ve literatürde geçen çeşitli risk çeşitlerinden bahsedilecektir. Risk, olayların sonucunda meydana gelen etkilerinin ve bunların dinamik etkileşimlerinin beklenenden farklı şekilde ortaya çıkması olasılığıdır ve etkileri nasıl birleştikleri ve etkileşimde bulunduklarına bağlıdır. Riskler çok boyutlu olduğundan ötürü nedenlerinin, sonuçlarının ve etkilerinin net

bir şekilde anlaşılabilmesi için gruplandırılmaları gerekmektedir (Miller ve Lessard, 2001).

Her projede riskler ve çeşitli belirsizlikler bulunacaktır. Bunların neden olabileceği en genel olumsuz sonuçlar şöyledir;

- öngörülen bütçeden sapmalar
- tamamlanma süresinin uzaması
- gereken performans hedefinin tutturulamaması (Norris ve diğ., 2000).

IMEC (The International Program in the Management of Engineering and Construction) tarafından yapılan dünyadaki 60 büyük çaplı mühendislik projesinin incelendiği çalışmada proje yöneticilerinin karşılaştıkları riskleri tanımlamaları ve sıralamaları istenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre riskler 3 ana grupta toplanmıştır. Bunlar sırasıyla pazarla ilgili riskler (% 41.7), teknik riskler (% 37.8) ve kurumsal risklerdir (% 20.5). (Miller ve Lessard, 2001).

Elkington ve Smallman (2002), proje risklerini şu dört başlıkta toplamıştır. İş (business) riskleri, projenini içinde bulunduğu iş alanından kaynaklanan risklerdir. Alım riskleri, projede kullanılan tedarikçilerin riskini ifade etmektedir. Firma için yeni bir tedarikçi ya da geçmişteki yer aldığı projelerle ilgili değişken bir performansı olan tedarikçiler proje için daha fazla risk oluşturacaktır. Yönetim riskleri, işletme yönetimi ve proje yönetimi tarafından projeye verilen destek seviyesini ölçmektedir. Aynı zamanda proje yöneticisinin yönetim yaklaşımı ile de ilgilidir. Eğer ki formel bir proje yönetimi tekniği kullanılmıyorsa risk seviyesi de artacaktır. Teknik riskler, projenin kompleksliği ile projede kullanılan teknoloji ile ilgilidir. Projede yeni bir teknolojinin kullanılıyor olması riski de arttıracaktır

Pennock ve Haimes (2002) herhangi bir proje için tehdit oluşturabilecek temel riskleri iki gruba ayırmaktadırlar. Tüm projeler için geçerli olan bu iki çeşit temel riskler teknik riskler ve de programatik risklerdir. Teknik riskler, bir projenin belirlenen performans kriterlerini yerine getirememesini belirtmektedir. Programatik riskler ise maliyet aşımı ve zaman aşımı olmak üzere iki alt bileşenden oluşmaktadır. Maliyet aşımı projenin belirlenen ya da hedeflenen işletim maliyetinin veya bütçesinin üzerine çıkmasıdır. Zaman aşımı ise projenin hedeflenen ve planlanan süresinde meydana gelen gecikmelerdir (Kujawski, 2002).

Kerzner (2001) proje risklerini daha detaylı olarak maliyet, finans, proje takvimi, kontrat ilişkisi, politik, teknik, üretim ve destek riskleri olarak sınıflandırmaktadır.

Project Management Institute tarafından yayınlanan PMBOK (2000)'e göre proje riskleri dört kategoride ele alınmaktadır. Bunlar, teknik, kalite veya performans riskleri, proje yönetimi riskleri, organizasyonel riskler ve de harici (external) risklerdir. Birinci grup riskler, kanıtlanmamış veya kompleks teknolojiye güvenme, gerçekçi olmayan performans hedefleri, kullanılan teknoloji ya da endüstri standartlarında proje süresince meydana gelen değişimleri içermektedir. Proje yönetimi riskleri, zaman ve kaynakların iyi kullanılamaması, proje planının kalitesinin düşük olması ve proje yönetimi disiplinlerinin yeterince iyi kullanılamamasını kapsamaktadır. Organizasyonel riskler ise, maliyet, zaman ve hedeflerin tutarsızlığı, projelerin önceliklendirilmemesi, proje finansmanının yetersizliği ya da kesintiye uğraması ile organizasyonda yürütülen diğer projelerle meydana gelen kaynak çatışmalarıdır. Yasal ya da düzenleyici çevrede meydana gelen değişimler, iş gücü konuları, proje sahibinin değişen öncelikleri, ülke riski ve hava şartları da harici riskler içinde yer almaktadır (PMBOK, 2000).

Yukarıda belirtilen proje riskleri ve sınıflandırmaları projelerde ortaya çıkan çeşitli risk durumlarını ve kaynaklarını ifade etmektedir. Burada belirtilen riskler her projede ortaya çıkacak anlamına gelmemektedir. Her proje bir diğerinden farklı olduğundan dolayı, bir proje için geçerli olan risk faktörü diğeri için geçerli olmayabilir. Her bir proje için geçerli olan risk faktörleri sadece o projeye has (spesifik) olarak düşünülmeli ve ele alınmalıdır. Bunun nedeni proje risklerinin proje tipine göre değişmesi ve bağlı olmasıdır.

3.4 Proje Risk Yönetiminin Yararları

Risk yönetiminin esas amacı proje ile ilgili risklerin sistematik bir şekilde belirlenmesi, değerlendirilmesi ve yönetilmesi yoluyla proje performansının artırılmasıdır. Sistematik bir proje risk yönetimi yaklaşımının proje paydaşlarına sağladığı bir çok avantaj ve yarar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri organizasyon ve üst yönetim, proje sponsorları, iç ve dış müşteri ile yaptıkları işin kalitesini geliştirmek isteyen proje ekibi ve yöneticileridir (Norris ve diğ., 2000). Proje risk yönetiminin sağladığı yararlar ise kısaca şöyledir;

- projenin daha iyi anlaşılması ve bunun sonucunda maliyet tahminleri ve zaman açısından daha gerçekçi planların hazırlanması.
- bir projedeki risklerin ve etkilerinin daha detaylı bir şekilde ortaya koyulması ve bunun sonucu olarak projede yer alan taraflar için risklerin minimizasyonu ve/veya bu risklerle en iyi başa çıkabilecek bir tarafa bırakılması.
- bir projedeki risklerin nasıl daha uygun bir çeşit anlaşmanın kullanılmasına neden olabileceğinin anlaşılması
- proje risklerinin karar almadaki destekleyici etkisi ve daha etkin ve verimli bir şekilde risklerin yönetimi açısından risklere bağımsız bir bakış açısı sağlaması.
- bir projedeki riskler hakkında bilgi sahibi olunması ve bu yolla tutarlılığın değerlendirilebilmesi ve finansal açıdan yetersiz olan projelerin kabul edilmemesini sağlaması.
- gelecekteki projelerin daha iyi modellenmesine yardımcı olabilmek için geçmişte karşılaşılan riskler hakkında istatistiksel bilginin oluşturulmasına katkıda bulunması.
- risk getirisinin arttırılması için daha geniş ve daha rasyonel bir zemin oluşturulması.
- iyi şans ile iyi yönetim ve kötü şans ile kötü yönetim arasındaki ayrımı yardımcı olması (Norris ve diğ., 2000).

Bunlara ilaveten Cooper ve Chapman (1987) şu faydaları belirtmektedirler,

- risklerin, proje üzerindeki etkilerinin ve etkileşimlerinin daha iyi ve belirli bir şekilde algılanması.
- riskle başa çıkabilmek için daha esnek ve uygun durum planı hazırlanması ve uygun tepkilerin seçilmesi.
- risklerin önlenmesi ve risklerden kaçınılması anlamında dizayn ve planlama sürecine geri bildirim sağlaması.
- projenin geliştirilmesinde kullanılan varsayımların duyarlılık analizi ve testinin yapılması.
- risk hakkında kurumsal bilginin oluşturulması.

- daha iyi karar verebilme ve daha ileri risk yönetimi için bilgi ve güven sağlaması.

3.5 Proje Risk Yönetimi Yaklaşımları

Proje risk yönetimi 1980'lerin ortalarından beri uygulanmakla (Pinto, 2002) beraber özellikle son 10 yılda konuyla ilgili önemli gelişmeler kaydedilmiş ve literatürde kendine yer bulmuştur. Bunun sonucu olarak farklı proje risk yönetimi yaklaşımları ve metodolojileri ortaya çıkmıştır. Bu bölümde literatürde yer alan bazı önemli proje risk yönetimi yaklaşımlarından bahsedilecektir.

3.5.1 Proje Yaşam Döngüsü Risk Yönetimi

Sage (1992) risk yönetimine proje yaşam döngüsü bakış açısından bakarak, proje risk yönetimini uygularken tüm proje yaşam döngüsünün göz önünde bulundurulmasının önemine dikkat çekmektedir. Proje risk yönetiminde sıkça göz ardı edilen konulardan bir tanesi de sadece nihai ürüne odaklanarak tüm projenin yaşam evresinin göz önünde bulundurulmamasıdır. Sage (1992) projenin yaşam evresi boyunca farklı aşamalarda var olan ve ortaya çıkabilecek çeşitli risklerin olduğunu belirtmektedir. Bu farklı yaşam evresindeki riskler genellikle birbirinden bağımsızdır ve yaşam evresi sürecinin dizaynından kaynaklanmaktadır. Projenin önemli aşamalarının göz ardı edilmesi daha projenin ilk aşamalarından başlayarak ve ilerleyen dönemlerde de artarak ciddi programatik problemlere neden olacağından dolayı projenin yaşamı boyunca risklerin analiz edilmesinin önemli yararları olacaktır (Pennock ve Haimes, 2002). Chapman ve Ward (1997) da projenin yaşam döngüsüne dikkat çekerek projenin yaşam döngüsü yapısının iyi incelenmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Proje yaşam döngüsü genel olarak dört evreye ayrılmaktadır ve bunlar sırasıyla kavramsallaştırma (conceptualization), planlama (planning), yürütme (execution) ve sonlandırmadır (termination). Chapman ve Ward (1997) bu süreçteki risklerin kaynaklarının daha iyi belirtebilmek için bu tipik 4 evreyi kendi içinde de bölümlendirerek 8 kısma ayırmaktadır. Bu aşamalar ve karşılaşılan önemli problemler Tablo 3.1'deki gibidir;

Tablo 3.1 Proje Yaşam Döngüsü Evreleri ve Karşılaşılan Problemler

Proje Yaşam Döngüsü Evreleri		Karşılaşılan Problemler
Genel Aşamalar (Adams, Barndt vb)	Chapman ve Ward'a göre	
Kavramsallaştırma	Tasarım	Tanım seviyesi Uygun performans hedeflerinin tanımlanması Paydaşların beklentilerinin yönetimi
Planlama	Dizayn	Teknoloji ve dizaynın yeniliği Dizayndaki değişmez noktaların belirlenmesi Değişmelerin kontrolü
	Plan	Düzenleyici kısıtların belirlenmesi ve yer verilmesi Gereken aktivitelerin eş zamanlılığı Hatalar ve ihmaller
	Tahsis	Kaynak tahminlerin yeterli dercede doğruluğu Gereken kaynakların tahmini Sorumlulukların tanımlanması Kontrat süresinin ve şartların belirlenmesi
Yürütme	Yürütme	Yetenekli katılımcıların seçimi Yeterli koorninasyon ve kontrolün uygulanması Kontrol sistemlerinin kapsam ve seviyesinin belirlenmesi Katılımcılar arasında etkin iletişimin sağlanması Uygun organizasyonel tedbirlerin sağlanması Etkin liderliğin sürdürülmesi Personel ve sorumlulukların devamlılığı Ortaya çıkan risklere uygun karşılık verebilme
Sonlandırma	Teslim	Uygun ve yeterli testler Yeterince eğitim Paydaşların beklentilerinin yönetimi
	Gözden geçirme	İşletim lisansının alınması Kurumsal bilginin tutulması Anahtar derslerin çıkarılması Başarının ne olduğunun anlaşılması
	Destek	Uygun organizasyonel tedbirlerin sağlanması Yükümlülük boyutunun belirlenmesi Paydaşların beklentilerinin yönetimi

Burada önemli olan nokta tüm yaşam döngüsünü bir bütün olarak düşünerek evreler arasındaki risklerin önemini ve birbirleriyle olan ilişkilerini değerlendirmek ve yönetmektir. Proje yaşam döngüsünde her bir evredeki risk yönetimi uygulamaları ve risk analizinin rolü ise aşağıda Tablo 3.2’de özetlenmektedir.

Tablo 3.2 Proje Yaşam Döngüsü Evreleri ve Risk Analizi Uygulamaları

Proje Yaşam Döngüsü Evreleri	Risk Analizi Uygulamaları
Tasarım	Proje paydaşlarının ve beklentilerinin tanımlanması Uygun performans hedeflerinin belirlenmesi
Dizayn	Dizayn güvenilirliğinin test edilmesi Dizaynın olabilirliğinin test edilmesi Performans kriterinin oluşturulması Dizaynın uygun maliyetinin değerlendirilmesi Dizaynın olası yararlarının değerlendirilmesi Değişikliklerin dizayna olan etkisinin değerlendirilmesi
Plan	Düzenleyici kısıtların belirlenmesi ve yer verilmesi Planın olabilirliğinin değerlendirilmesi Planın olası süresinin değerlendirilmesi Planın olası maliyetinin değerlendirilmesi Uygun kilometretaşlarının belirlenmesi Gerekli kaynakların hesaplanması Değişikliklerin plana olan etkisinin değerlendirilmesi Beklenmedik olaylar için gerekli fon ve kaynak seviyesinin belirlenmesi
Tahsis	Alternatif satın alma stratejilerinin değerlendirilmesi Kontrat süresinin ve şartlarının belirlenmesi Uygun risk paylaşma düzenlemelerinin belirlenmesi Kontrat şartlarının değerlendirilmesi Rakip tekliflerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması Kontratlar için uygun hedef maliyetler ve teklif fiyatlarının belirlenmesi Projenin sonlandırılması sonrası olası karın hesaplanması

Tablo 3.2 (Devam)

Yürütme	Geriye kalan yürütme risklerinin belirlenmesi Değişikliklerin dizayn veya plana olan etkilerinin değerlendirilmesi Tamamlanma anındaki maliyetin revize edilmesi Yürütme aşamasının tamamlanma zamanı tahminlerinin revize edilmesi
Teslim	Teslim risklerinin belirlenmesi Teslim takviminin olabilirliğinin değerlendirilmesi Performans kriterlerinin yerine getirilmesinin olabilirliğinin değerlendirilmesi Proje teslim edilmesini iyileştirmek için gerekli kaynakların değerlendirilmesi Kullanılan imkanların uygunluğunun değerlendirilmesi
Gözden geçirme	Risk yönetimi stratejilerinin etkinliğinin değerlendirilmesi
Destek	Belirlenen risklerin ve etkin karşılıkların tanımlanması Gelecekteki yükümlülüklerin boyutunun belirlenmesi Gereken kaynakların uygun seviyesinin değerlendirilmesi Projenin karlılığının değerlendirilmesi

Kaynak: Chapman and Ward, 1997.

3.5.2 PRAM Genel Süreci

PRAM genel süreci (Project Risk Analysis and Management the generic process) olarak adlandırılan bu yaklaşım Chapman (1997) tarafından ortaya konulmuş daha kapsamlı ve her türlü projeye uygulanabilen genel bir proje risk yönetimi yaklaşımıdır. Bu yaklaşım proje risk yönetiminin başlı başına bir proje olması gerektiğini belirtmektedir ve 9 aşamalı bir yapı sunmaktadır. Bu yaklaşım proje yaşam döngüsü risk yönetimini de içermektedir. Chapman (1997) formel bir risk yönetiminin projenin yaşam döngüsü boyunca her evrede uygulanması gerektiğini ifade etmektedir. Bir risk yönetimi projesinde uygulanması gereken 9 adım bulunmaktadır (Chapman, 1997; Chapman ve Ward, 1997). Bunlar sırasıyla,

- proje risk yönetimi amaçlarının tanımlanması (tanımlama-define),
- risk yönetimi sürecine odaklanma (odaklanma-focus),

- risklerin ve gerekli tepkilerin saptanması (saptama-identify),
- analiz yapısının geliştirilmesi (yapılandırma-structure),
- sahiplenme konularının netleştirilmesi (sahiplenme-ownership),
- senaryo ve sayılara dayanarak tahminde bulunma (tahmin etme-estimate),
- sayılar ve senaryoların değerlendirilmesi (değerlendirme-evaluate),
- projenin ve proje risklerinin yönetiminin planlanması (planlama-plan),
- projenini ve risklerinin yönetimi (yönetmedir-manage).

Bu 9 aşamalı sürecin her bir aşamasının amaçları ve her aşama sonunda elde edilecek olan sonuçlar ise Tablo 3.3'deki gibi özetlenebilir. Şekil 3.1'de PRAM akış şeması görülmektedir.

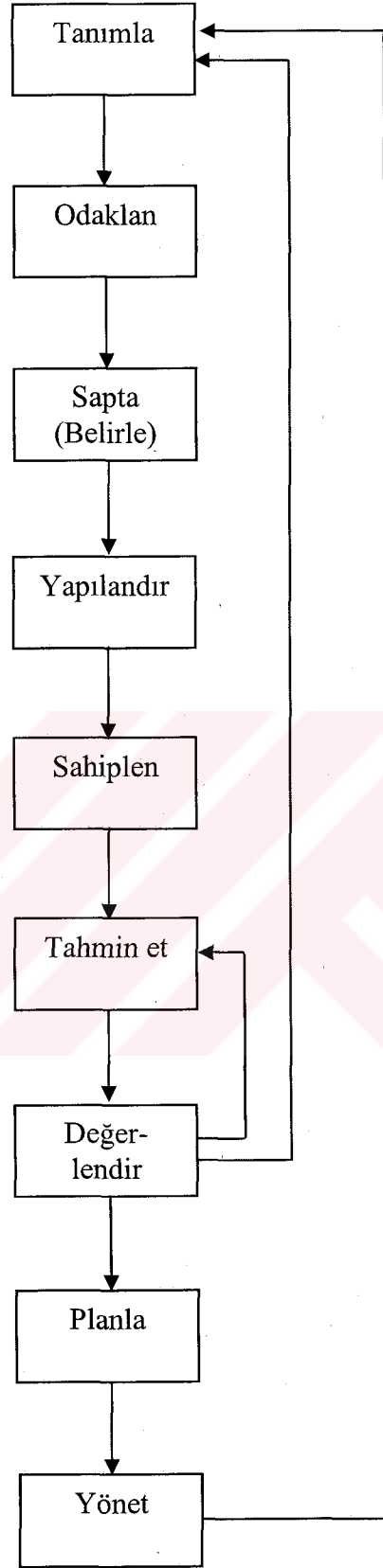
Tablo 3.3 PRAM Genel Süreci Aşamalarının Amaç ve Sonuçları

Aşama	Amaçlar	Sonuçlar
Tanımlama	Projeyle ilgili mevcut bilgilerin birleştirilmesi. Birleştirilme sürecindeki boşlukların doldurulması.	Projeyle ilgili tüm önemli noktaların açık bir şekilde dökümente edilip, onaylanması ve raporlanması.
Odaklanma	Risk yönetim süreci için stratejik planının oluşturulması. Operasyonel seviyede risk yönetim sürecinin planlanması.	Risk yönetim süreciyle ilgili tüm önemli noktaların açık bir şekilde dökümente edilip, onaylanıp raporlanması.
Saptama	Riskin ortaya çıkabileceği yerlerin saptanması. Proaktif ve reaktif tepki bakımından risk hakkında neler yapılabileceğinin saptanması. Tepkilerde neyin yanlış olabileceğinin saptanması.	tüm önemli risklerin ve tepkilerin saptanması, tehdit ve fırsatların sınıflandırılması, karakterize edilmesi, dökümente edilmesi, onaylanması ve raporlanması.
Yapılandırma	Varsayımların test edilmesi. Uygun olduğunda daha complex yapının sağlanması.	Riskler arasındaki ilişki, tepkiler ve baz planı aktiviteleri hakkındaki varsayımların önemli etkilerinin açıkça anlaşılması.
Sahiplenme	Sahipliğin, risklerin ve tepkilerin yönetiminin müşteri-müteahhit arasında tahsis edilmesi. Müşteri risklerinin belirlenen bireylere tahsisi. Müteahhit tahsislerinin onayı.	Etkin ve verimli tanımlanmış, uygun olduğunda yasal olarak uygulanabilir olan tahsislerin açık şekilde üstlenilmesi ve yönetimi.

Tablo 3.3 (Devam)

Tahmin	Açık önemli belirsizlik alanlarının saptanması. Olası belirsizlik alanlarının saptanması.	Hangi risklerin ve tepkilerin önemli olduğunun anlaşılması. Senaryo ve sayısal anlamda olasılık ve etki tahminleri.
Değerlendirme	Tahmin aşamasındaki sonuçların sentezi ve değerlendirilmesi.	Tüm önemli zorlukların teşhisi, Bu zorluklara verilecek tepkilerin etkilerinin göreceli analizi, önceliklendirilmiş riskler listesi, baz ve beklenmedik durum planlarının olası zorluklara göre karşılaştırılması ve planların revise edilmesi.
Planlama	Projenin yürütme planının ve ilgili risk yönetim planının hazırlanması.	Zamanlama, öncelik, sahiplik ve ilgili kaynak kullanımını içeren uygulama için detaylı aktivite bazlı baz planı. Tehdit ve fırsatlar anlamında risk değerlendirmesi, alternatif olası reaktif ve proaktif tepkiler göz önünde bulundurarak tepkilerin etki bakımından önceliklendirilmesi ve değerlendirilmesi. Zamanlama, öncelik, sahiplik ve ilgili kaynak kullanımını içeren aktivite bazında önerilen proaktif ve reaktif beklenmedik durum planı.
Yönetim	İzleme Kontrol Acil yürütme planlarının geliştirilmesi.	Daha önceki planları revize etme ihtiyacının teşhisi, tekrar planlamanın başlatılması. Önemli olaylardan sonra değişimlerin (istisnaların) raporlanması ve ilgili yeniden planlama.

Kaynak: Chapman, PRAM the generic process, 1997.



Şekil 3.1 PRAM Akış Şeması

Bu yaklaşımla ilgili önemli noktalar ise şöyledir (Chapman, 1997);

- Buradaki risk yönetim süreçleri oldukça yapılandırılmıştır, fakat çok katı bir yaklaşımı ifade etmemektedir. Yaratıcılık ve hayal gücü desteklenmektedir.
- Geleneksel risk yönetim süreçleri proje yöneticileri tarafından uzun zamandır uygulanmaktadır ve bunlar hakkında görüş birliği vardır. Bu yaklaşım (PRAM) yeni bir düşünce tarzı ya da yeni bir düşünme yolu olarak düşünülmemelidir.
- Buradaki risk yönetim süreçleri oldukça kompleks projelerde ve koularda uygulanabileceğinden dolayı, ana ilke mümkün olduğunca basit tutmak olmalıdır. Elde edilecek faydanın işin içine sokulacak olan karışıklığı (kompleksliği) aşması durumunda ancak düşünülmelidir.
- Buradaki risk yönetim süreçleri tekrarlı bir yapıya sahiptir ve risk yönetimi bir projede sadece bir kez ve genellikle de projenin ilk evrelerinde değil, projenin tüm yaşam döngüsü süresince uygulanmalıdır.
- Bu yaklaşımın getirdiği en önemli yenilik ve sağladığı yeni bakış açısı odaklanma safhasında geçen planlama ve planlamanın yönetilmesinin (planlamanın planlanması) gerekliliğidir. Diğer yaklaşımlardan farklı olarak odaklanma safhasının başlı başında bir proje olarak ele alınmasıdır.

Genel anlamda bakıldığında proje risk yönetimini uygulamanın mutlak ve tek doğru yolu bulunmamaktadır. Her bir proje diğerinden farklı olduğundan herhangi bir proje için uygulanacak proje risk yönetimi yaklaşımını belirleyecek olan o projenin kendine özgü karakteristik özellikleri olacaktır. Yukarıda bahsedilen proje risk yönetimi yaklaşımlarının ışığı altında konunun daha iyi anlaşılabilmesi için bir sonraki bölümde genel anlamda temel bir proje risk yönetimi süreci daha detaylı olarak sunulacaktır.

3.6 Proje Risk Yönetimi Süreci

Daha öncede belirtildiği gibi proje risk yönetiminin amacı ortaya çıkabilecek olan olası proje risklerinin tanımlanması, analizi, riskle başa çıkmak için gereken tedbirlerin alınması ve kontrolü yoluyla proje performansının artırılması ve proje hedeflerinin başarıyla gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Risk yönetimi proje yönetim fonksiyonunun önemli bir parçasıdır. Çeşitli yazarlar ve kurumlar tarafından ortaya

konulan ve uygulanan proje risk yönetimlerini göz önünde bulundurarak temel bir proje risk yönetimi sürecinin genel olarak 5 alt süreçten oluştuğunu söyleyebiliriz. Bunlar;

- Risk Yönetimi Planlaması
- Risk ve Kaynaklarının Belirlenmesi
- Risk Analizi ve Değerlendirilmesi (kantitatif ve kalitatif risk analizi)
- Risk Tepkilerinin Planlanması
- Riskin izlenmesi ve Kontrolü (Kerzner, 2001; PMBOK, 2000; Gray ve Larson, 2000; Pennock ve Haimes, 2002).

Bu süreçler hem birbirleri hem de proje yönetiminin diğer süreçleri ile etkileşim halindedir. Buradaki her bir süreç herhangi bir projede en az bir kez ortaya çıkmaktadır. Bu alt süreçlerin açıklaması ve her bir süreçte kullanılan araç ve teknikler ise sırasıyla şöyledir;

1. Risk Yönetimi Planlaması: bir proje için risk yönetimi aktivitelerinin nasıl planlanacağına ve nasıl bir yaklaşım seçileceğine karar verilmesidir (PMBOK, 2000). Risk planlaması risk yönetimi için hareket programının detaylı bir şekilde formüle edilmesidir. Bu süreç,

- organize, kapsamlı ve interaktif yönetim stratejilerinin geliştirilip, dökümanite edilmesi,
- risk yönetimi stratejilerinin uygulanması için kullanılacak metodların belirlenmesi ve
- yeterli kaynak planlamasının yapılmasını içermektedir (Kerzner, 2001).

Risk planlaması tekrarlıdır ve tüm risk yönetim sürecini içermektedir. Risk yönetimi sürecinin planlanması risk yönetiminin derecesinin, tipinin ve görseelliğinin (visibility), riskler ve projenin organizasyon için önemiyle örtüşmesi açısından önemlidir. Risk planlamasında kullanılan önemli girdiler ise şöyledir;

- Proje beyannamesi (project charter): bir projeyi resmi olarak onaylayan dökümandır. Proje yöneticisinin proje aktiviteleri için gerekli organizasyonel kaynakları kullanması için yetkiyi sağlar (PMBOK, 2000)

- Organizasyonun risk yönetim politikaları: bazı organizasyonlar daha önceden tanımlanmış risk analizi ve tepki verme yaklaşımlarına sahiptir. Bunlar belli bir projeye uyarlanabilir.
- Tanımlanmış görev ve sorumluluklar: daha önceden belirlenmiş görevler, sorumluluklar ve karar verme yetki seviyesi planlamayı etkileyecektir.
- Paydaşların (stakeholder) risk toleransı: farklı organizasyonlar ve bireyler birbirinden farklı risk toleransına sahiptir. Bunlar firma politikaları ifadelerinde veya hareketlerde ortaya çıkabilir.
- Organizasyonun risk yönetim planı şablonu: bazı organizasyonlar proje ekibi tarafından kullanılmak üzere önceden şablonlar (veya standart) geliştirebilirler.
- Proje yapı planı (Work Breakdown Structure): bir iş ayrışım yapısı projenin tüm kapsamını organize eden ve tanımlayan proje bileşenlerinin sonuç bazlı olarak gruplanmasıdır. Genellikle projenin faaliyet sahasını belirlemeye ve onaylamaya yarar. Hiyerarşik bir yapıdadır ve her bir alt seviye daha detaylı olarak proje sonuçlarını gösterir.

Risk planlaması için kullanılabilecek en önemli araç ve teknik planlama toplantılarıdır. Proje ekipleri risk yönetim planını geliştirmek için planlama toplantıları düzenlerler. Katılımcılar proje yöneticisi, proje ekip liderleri, organizasyondaki risk planlama ve faaliyetlerinin yerine getirilmesinden sorumlu herhangi biri, önemli proje paydaşları vb. olabilir.

Risk yönetim planlaması sürecinin sonucunda projenin yaşam döngüsü boyunca uygulanacak risk yönetiminin diğer süreçlerinin nasıl olacağını açıklayacak olan risk yönetim planı ortaya çıkar. Risk yönetim planı temel olarak şunları içermektedir;

- Metodoloji: projede uygulanacak olan risk yönetimi gerçekleştirmek için gerekli olan yaklaşımlar, araçlar ve veri kaynaklarını açıklar. Projenin içinde bulunduğu aşamaya, mevcut bilgi miktarı ve esnekliğe göre farklı değerlendirme şekilleri uygun olabilir.

- Görev ve sorumluluklar: risk yönetim planındaki her faaliyet için lider, destek ve risk yönetim ekibinin üyeliğini açıklar.
- Bütçe: proje risk yönetimi için bütçenin oluşturulması.
- Zamanlama: proje yaşam döngüsü boyunca risk yönetim sürecinin ne kadar sıklıkta uygulanacağını açıklar. Kararları etkilemesi açısından sonuçların yeterince önceden geliştirilmelidir. Proje işletimi süresince kararlar tekrar gözden geçirilmelidir.
- Puanlama ve yorum: kantitatif ve kalitatif risk analizinin zamanlama ve tipine uygun puanlama ve yorum metodlarının gerçekleştirilmesidir. Metodlar ve puanlamanın tutarlılık açısından önceden belirlenmelidir.
- Raporlama formatları: risk tepki planının format ve içeriğini açıklar. Risk yönetim sürecinin sonuçlarının nasıl dökümente edileceği, analiz edileceği ile proje ekibine, dahili ve harici paydaşlara, sponsorlara ve diğerlerine nasıl iletileceğini tanımlar.
- İzleme: risk aktivitelerinin tüm yönlerinin mevcut projenin yararı ve gelecekteki ihtiyaçlar için nasıl dökümente edileceğinin belirlenmesidir.

2. Risk ve Kaynaklarının Belirlenmesi: risklerinin belirlenmesi projeyi etkileyebilecek risklerin ve karakteristiklerinin ortaya çıkarılmasıdır. Temel olarak risklerin belirlenmesi projede gecikmelere ve başarısızlığa neden olabilecek her türlü risk alanlarının ve risklerin sonuçlarının listesinin yapılmasıyla başlar. Genellikle projenin belli bir kısmını etkileyecek değil projenin bütününe etkileyecek olan risklerle başlamak daha yararlıdır. İlk olarak makro risklerin belirlenmesinden sonra mikro riskler özellikle de proje yapı planı (WBS) kullanılarak belirlenebilir. Her bir belirlenen risk için şu bilgiler belirlenmelidir;

- beklenmeyen olay
- olayın meydana gelmesi durumundaki tüm sonuçları
- olayın etkisinin büyüklüğü ve şiddeti
- olayın meydana gelmesi olasılığı
- olayın ne zaman meydana gelebileceği
- diğer parça ve projelerle etkileşimi (Gray ve Larson, 2000).

Bu sürece katılması beklenen kişiler proje ekibi, risk yönetimi ekibi, organizasyonun diğer kısımlarından konuyla ilgili kişiler, müşteriler, son kullanıcılar, diğer proje yöneticileri ve dışarıdan uzmanlardır. Risk belirlenmesi sürecinin girdileri ise şöyledir;

- Risk yönetim planı
- Proje planlama çıktıları: risklerin belirlenmesi projenin misyonunu ve kapsamı ile proje sahibi, sponsorlar ve diğer paydaşların iyi bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. Bu amaçla kullanılacak kaynaklar proje beyannamesi (project charter), proje yapı planı (WBS), ürün tanımı, zaman ve maliyet tahminleri, kaynak planı, satınalma planı ile varsayım ve kısıt listeleridir.
- Risk kategorileri: iyi ve kötü anlamda projeyi etkileyebilecek risklerin belirlenmesi ve kategoriler halinde organize edilmesidir. Çeşitli proje risk kategorileri ya da grupları Bölüm 3.3'de proje riskleri başlığı altında anlatılmıştır.
- Geçmişteki bilgiler: geçmiş dönemdeki projelerden elde edilen bilgiler.

Risklerin belirlenmesi sürecinde kullanılacak araç ve teknikler şunlardır;

- Dökümanların gözden geçirilmesi: proje planlarının ve varsayımların yapılandırılmış bir şekilde hem mevcut proje hem de daha önceki projeleri içerecek şekilde gözden geçirilmesi.
- Bilgi toplama teknikleri: risk ve kaynaklarının belirlenmesinde kullanılacak bilgi toplama teknikleri beyin fırtınası, Delphi tekniği, görüşme (mülakat) ve SWOT analizi (Strength, Weakness, Opportunity and Threat analysis). Bunlardan en fazla kullanılan beyin fırtınasıdır. Buradaki amaç risk analizinde kullanılacak olan tüm risklerin kapsamlı bir listesini elde etmektir.
- Kontrol listeleri: geçmişteki benzer projeler ve diğer kaynaklardan elde edilen bilgiler dayanarak kontrol listeleri oluşturulabilir. Kontrol listelerinin en önemli avantajı hızlı ve basit olmasıdır.

- Varsayım analizi: her proje bir dizi hipotez, senatyo ve varsayıma dayanarak tasarlanır ve geliştirilir. Varsayım analizi bütün bunların geçerliliğini test eder. Riskleri varsayımların yanlışlığı, tutarsızlığı ve eksikliği açısından belirler.
- Diyagram teknikleri: Bunlar neden-sonuç diyagramları, sistem ya da süreç akış şemaları ve etki diyagramlarıdır.

Risk ve kaynaklarının belirlenmesi sürecinin çıktıları ise proje riskleri, risklerin belirtileri ya da işaretleri ve diğer süreçlerde kullanılabilecek olan çıktılardır.

3. Risk Analizi ve Değerlendirilmesi: Riskler ve kaynakları belirlendikten sonraki aşama risklerin analizi ve değerlendirilmesidir. Risk analizi belirlenen risklerin etkilerinin olasılık ve değişme duyarlılıklarının sayısallaştırılmasıdır (Gray ve Larson, 2000). Risk analizi ve değerlendirmesi kantitatif ve kalitatif olmak üzere ikiye ayrılır. Bunun yanında melez (hibrid) teknikler de bulunmaktadır. Genellikle kantitatif teknikler kalitatif tekniklerden önce uygulanmakla beraber ikisi ayrı ayrı ya da birlikte de kullanılabilir. En çok kullanılan önemli proje risk analizi teknikleri çalışmanın bir sonraki bölümünde daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Bu kısımda sadece genel anlamda anlatılacaktır.

Kalitatif risk analizi ve değerlendirmesi, belirlenen risklerin etki ve olasılıklarının değerlendirilmesi sürecidir. Bu süreç belirlenen riskleri proje hedefleri üzerindeki etkilerine göre önceliklendirmeyi amaçlar. Kalitatif risk analizi projenin yaşam döngüsü boyunca proje risklerindeki değişimleri güncel bir şekilde takip edebilmek için tekrarlanmalıdır. Kalitatif risk analizi sürecinin girdileri ise şöyledir;

- Risk yönetim planı
- Belirlenen riskler
- Proje statüsü: bir proje riskinin belirsizliği projenin yaşamı süresinceki gelişimine bağlıdır. Bir çok risk projenin ilk safhasında ortaya çıkmayabilir.
- Proje tipi: yeni teknoloji projeleri ya da kompleks projeler daha fazla belirsizlik içermektedir.
- Verilerin doğruluğu: verilerin doğruluğu risklerin ne derece anlaşıldığı ve bilindiğini ifade etmektedir. Riskleri belirlemek için kullanılan verilerin doğruluğunun değerlendirilmesi gerekmektedir.

- Varsayımlar: risk belirleme sürecinde kullanılan varsayımlar potansiyel riskler olarak değerlendirilmelidir.

Kalitatif risk analizinde kullanılan araç ve teknikler ise kısaca şöyledir.

- Olasılık/Etki risk değerlendirme matrisi: en çok kullanılan araç ya da tekniklerden bir tanesidir. Risk analizi teknikleri bölümünde anlatılacaktır.
- Proje varsayım testi: belirlenen varsayımlar iki kritere göre test edilir. Bunlar varsayımın sağlamlılığı (stability) ve varsayımın yanlış olması durumunda proje üzerindeki sonuçlarıdır. Doğru olabilecek alternatif varsayımlar belirlenmeli ve sonuçları kalitatif risk analizi sürecinde test edilmelidir.
- Veri doğruluğunun sıralanması: kalitatif risk analizinin proje yönetiminde faydalı olabilmesi için kullanılan verilerin doğru olması ve itilaf oluşturmaması gerekmektedir. Bu teknik riskler hakkındaki verilerin risk yönetimi ne derece yararlı olduğunu değerlendirmeye yöneliktir. Riskin anlaşılma derecesi, risk hakkındaki mevcut verinin, verinin kalitesini ve güvenirliliğinin incelenmesini gerektirir.

Kalitatif risk analizinin sonuçları ise şöyledir;

- proje için tüm risk sıralaması
- önceliklendirilmiş risklerin listesi
- daha fazla analiz gerektiren risklerin listesi

Kantitatif risk analizi süreci her bir riskin olasılığının ve proje hedefleri üzerindeki sonuçlarının sayısal olarak analiz edilmesini amaçlar. Bu süreç, spesifik bir proje hedefinin başarılması olasılığının belirlenmesi, olağandışı bir durumda gerekli olan maliyet ve zaman rezervlerinin belirlenmesi ile gerçekçi ve erişilebilir maliyet, zaman ve kapam hedeflerinin belirlenmesini sağlar.

Kantitatif risk analizi sürecinin girdileri ise aşağıdaki gibidir;

- risk yönetim planı
- belirlenen riskler
- önceliklendirilmiş risklerin listesi
- geçmiş dönem bilgileri: daha önceki benzer projelerden ve diğer kaynaklardan elde edilen bilgiler

- uzman yargısı: organizasyon içi ya da dışı uzmanlardan elde edilen girdiler
- diğer planlama çıktılarıdır.

Kantitatif risk analizinde kullanılan araç ve teknikleri kısaca özetleyecek olursak;

- görüşme (mülakat)
- duyarlılık analizi
- karar ağacı analizi
- simülasyondur.

Daha önce de belirtildiği gibi risk analizi teknikleri detaylı olarak bir sonraki “Risk Analizi Yöntem ve Teknikleri” bölümünde ele alınacaktır.

Kantitatif risk analizi sonucunda elde edilecek olan çıktılar ise şöyledir;

- sayısallaştırılmış risklerin öncelik listesi
- projenin probabilistik (olasılık) analizi
- maliyet ve zaman hedeflerinin başarılmaması olasılığıdır.

4. Risk Tepkilerinin Planlanması: riske karşı verilecek tepkilerin planlanması süreci fırsatları deseklemek ve proje hedeflerine yönelik tehditleri azaltmak için opsiyonlar geliştirip risk durumundaki hareketleri belirleme sürecidir (PMBOK, 2000). Riskler belirlenip değerlendirildikten sonra bu durum için hangi tepkinin uygun olduğuna karar verilmesi gerekmektedir (Gray ve Larson, 2000). Bu sürecin etkinliği proje için risklerin artıp azalmasını doğrudan etkileyecektir. Bu süreç risklerin şiddetine uygun, maliyet bakımından etkin, başarılı olaması için doğru zamanlı, gerçekçi ve bütün taraflarca kabul edilmiş olmalıdır.

Tepkilerin planlaması sürecinin girdileri şöyledir;

- risk yönetim planı
- önceliklendirilmiş risklerin listesi
- projenin risk sıralaması
- sayısallaştırılmış risklerin öncelik sırası
- projenin olasılık analizi
- potansiyel tepkilerin listesi
- risk eşikleri: organizasyon geçerli olan Kabul edilebilir risk seviyesi risk tepkilerinin planlanması sürecini etkileyecektir.
- ortak risk nedenleri: bazı riskler ortak bir nedenden kaynaklanabilir.

- riski üstlenenler: risklerin ortaya çıkması durumunda riske karşı tepki verecek olan proje paydaşlarının da bu sürece katılmaları gerekmektedir.

Proje risklerine karşı verilebilecek belli başlı bazı risk stratejileri bulunmaktadır. Bunlar içinden en uygun ve etkin olanı seçilmelidir. Daha sonra bu strateji ya da stratejileri uygulamak için gerekli spesifik faaliyetlere karar verilir. Belli başlı risk stratejileri 4 gruba ayrılmaktadır. Bunlar kaçınma (avoidance), transfer (transference), hafifletme (mitigation), kabul etme (acceptance) ve paylaşmadır (sharing).

- **Kaçınma Stratejileri:** riskten kaçınma stratejileri riski ya da durumu ortadan kaldırmak için proje planını değiştirme veya proje hedeflerini riskin etkilerinden korumayı içermektedir. Her ne kadar tüm riskleri ortadan kaldırmak mümkün olmasa da bazılarında kaçınmak mümkündür. Bu genellikle düşünülen ilk alternatiftir. Bu stratejileri örnek olarak, yüksek riskli faaliyetlerden kaçınmak için proje kapsamını daraltmak, zaman veya kaynakları arttırmak, yeni ve ileri bir yaklaşım yerine benzer bir yaklaşım uygulamak verilebilir.
- **Transfer Stratejileri:** riskin transferi bir riskin sonucunun ve bu riske verilecek tepkinin sahipliğinin üçüncü bir tarafa kaydırılmasıdır. Bu yaklaşım riski ortadan kaldırmaz sadece riskin yönetimi sorumluluğunu başka bir gruba (tarafa) verir.
- **Hafifletme Stratejileri:** hafifletme stratejileri bir risk olayının olasılığının ya da sonuçlarının kabul edilebilir bir eşik değerine düşürülmesidir. Herhangi bir risk meydana geldikten sonra onun sonuçlarını hafifletmeye çalışmak yerine risk meydana gelmeden önce gerekli önlemleri alıp riskin ortaya çıkması olasılığı veya proje üzerindeki etkisini azaltmak daha etkin bir yaklaşımdır.
- **Kabul Stratejileri:** bu strateji proje ekibi riskle başa çıkmak için proje planını değiştirmemeye karar verdiğinde ya da diğer bir tepki stratejisi geliştiremediği durumlarda uygulanır. Aktif kabul stratejisi riskin ortaya çıkması durumunda uygulamak için acil durum planı geliştirmeyi içermektedir. Pasif kabul stratejisi ise hiç bir önlem almama ya da faaliyette

bulunmamadır. Proje ekibi riskler ortaya çıktığı zaman onlarla ilgilenir. Acil durum planı proje süresinece ortaya çıkan belirlenmiş risklere uygulanır. En çok kullanılan risk kabul tepkisi acil durum rezervlerinin oluşturulmasıdır. Bunlara örnek olarak zaman, para ve diğer kaynak rezervlerinin oluşturulması verilebilir.

- **Paylaşma Stratejileri:** risklerin paylaşılması proje risklerinin farklı taraflar (parties) arasında bölümlenmesidir. En çok araştırma ve geliştirme projelerinde kullanılmaktadır. Bu strateji riskleri azaltması ve bazı durumlarda da maliyeti düşürmesi nedeniyle son yıllarda daha fazla önem kazanmıştır (Gray ve Larson, 2000).

Risk tepkilerinin planlanması sürecinin sonuçları (çıktıları) ise şöyledir;

- Risk tepki planı: proje tepki planı alınacak tedbirleri ya da uygulanacak faaliyetleri yeterince açıklayacak kadar detaylı değildir ve şunları içermelidir;
 - belirlenen riskler, tanımları, etkilenen proje alanları, nedenleri, ve proje hedeflerini nasıl etkileyebileceği
 - riski üstlenenler ve sorumlulukları
 - kalitatif ve kantitatif risk analizi süreçlerinin sonuçları
 - tüm risk stratejilerini içeren her bir risk için üzerinde anlaşılan tepkiler
 - strateji uygulandıktan sonra geriye kalan beklenen risk seviyesi
 - seçilen strateji uygulamak için gereken spesifik faaliyetler
 - tepkiler için bütçe ve zaman
 - acil durum planları
- Geriye kalan riskler: bunlar kaçınma, transfer veya hafifletme stratejileri uygulandıktan sonra kalan risklerdir. Bunlar aynı zamanda kabul edilen birincil (minor) riskleri de içermektedir.
- İkincil riskler: bir risk tepkisi uygulandıktan sonra ortaya çıkan risklerdir. Bunlar da belirlenmeli ve gereken tepkiler planlanmalıdır.
- Kontrat anlaşmaları: risklerin ortaya çıkması durumunda her bir risk için tarafların sorumluluklarını belirlemek ve açıklamak için gereklidir.

- Gereken acil durum rezervleri: projenin olasılık analizi ve risk eşikleri proje hedeflerindeki sapma ya da aşımaların organizasyon için kabul edilebilir seviyeye çekilmesi için gereken tampon (buffer) ve acil durum rezervlerinin belirlenmesine yardımcı olur.
- Proje planının revise edilmesi ve diğer süreçler için girdiler.

Proje risk yönetimi sürecindeki son aşama risklerin izlenmesi ve kontrolüdür.

5. Riskin izlenmesi ve Kontrolü: risk izleme ve kontrol belirlenen risklerinin izlerinin kaybedilmemesi, geriye kalan risklerin izlenmesi ve yeni risklerin belirlenmesi, risk planlarının uygulanmasının sağlanması ve risklerin azaltılmasındaki etkinliğinin değerlendirilmesi sürecidir. Bu süreç projenin yaşamı boyunca devam etmektedir. Proje ilerledikçe ve olgunlaştıkça riskler değişir, yeni riskler gelişir veya tahmin edilen riskler ortadan kalkar. İyi risk izleme kontrol süreçleri riskler ortaya çıkmadan önce etkin karar verilmesine yardımcı olacak gerekli bilgileri sağlar. Risk izlemenin amacı,

- risk tepkilerinin planlandığı gibi uygulanıp uygulanmadığını
- risk tepki faaliyetlerinin beklenildiği kadar etkin olup olmadığı veya yeni tepkilerin geliştirilip geliştirilmemesinin gerekli olduğunu
- proje varsayımların hala geçerli olup olmadığını
- risk belirtisinin oluşup oluşmadığı
- uygun politika ve prosedürlerin izlenip izlenmediği
- daha önceden belirlenmeyen risklerin ortaya çıkıp çıkmadığını anlamaktır.

Risk kontrolü alternatif stratejiler seçmeyi, acil durum planı uygulamayı, düzeltici faaliyetlerde bulunmayı veya projeyi tekrar planlamayı içerebilir. Risk izleme ve kontrol sürecinde kullanılan kaynaklar (girdiler) şöyledir;

- risk yönetim planı
- risk tepki planı
- ilave risk belirlenmesi ve analizi: proje performansı ölçüldükçe ve raporlandıkça önceden belirlenmemiş potansiyel riskler ortaya çıkabilir. Aynı risk süreci bu risklere de uygulanmalıdır.

- Kapsamdaki değişmeler: kapsamdaki değişmeler genellikle yeniden risk analizi ve tepki planları gerektirir.

Risklerin izlenmesi ve kontrolü sürecinde kullanılabilecek araç ve teknikler kısaca şöyledir;

- proje risk tepki denetimleri: risk tepki stratejilerinin ve de riski üstlenenlerin etkinliğinin düzenli olarak incelenip dökümanite edilmesi gerekmektedir. Risk denetimleri riski kontrol altında tutmak için projenin yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirilir.
- periyodik proje risk gözden geçirmeleri
- kazanılmış değer anaizi (Earned Value Analysis): kazanılmış değer analizi projenin genel performansını izlemek için kullanılır. Kazanılmış değer analizi sonuçları projenin tamamlanma maliyeti ve süresinden olan potansiyel sapmaları gösterir. Eğer önemli bir sapma olursa güncel risklerin belirlenmesi ve risk analizi uygulanmalıdır.
- teknik performans ölçümü
- ilave risk tepki planlaması: risk tepki planında belirtilmemiş ya da proje hedefleri üzerindeki etkisi beklenenden fazla olan bir risk oluşursa, planlanmış tepki uygun olmayabilir. Riski kontrol edebilmek için ilave tepki planlaması yapmak gereklidir.

Bu sürecin sonunda elde edilen sonuçlar ise şöyledir;

- uzlaşma planları: bunlar daha önceden belirlenmemiş ya da kabul edilmemiş ve ortaya çıkan risklere verilen tepkilerdir.
- düzeltici faaliyetler: düzeltici faaliyetler acil durum planlarının uygulanmasını içermektedir.
- proje değişim talepleri: acil durum planlarının ya da işçevrelerinin uygulanması çoğunlukla risklere karşılık verebilmek için proje planının değiştirilmesini gerekli kılacaktır.
- risk tepki planlamasının güncellenmesi: riskler ortaya çıkabilir ya da çıkmayabilir. Ortaya çıkanlar dökümanite edilip değerlendirilmelidir. Risk kontrollerinin uygulanması belirlenmiş risklerin olasılıklarını veya etkilerini

azaltabilir. Ortaya çıkmayan riskler dökümante edilip risk tepki planından çıkarılması gerekmektedir.

- risk veritabanı: risk yönetim sürecinde karşılaşılan risklerin bir veri tabanında tutularak daha sonraki projelerde ve de organizasyonun tümünde riks yönetiminde kullanılmasıdır.



BÖLÜM 4. PROJE RİSK ANALİZİ YÖNTEM VE TEKNİKLERİ

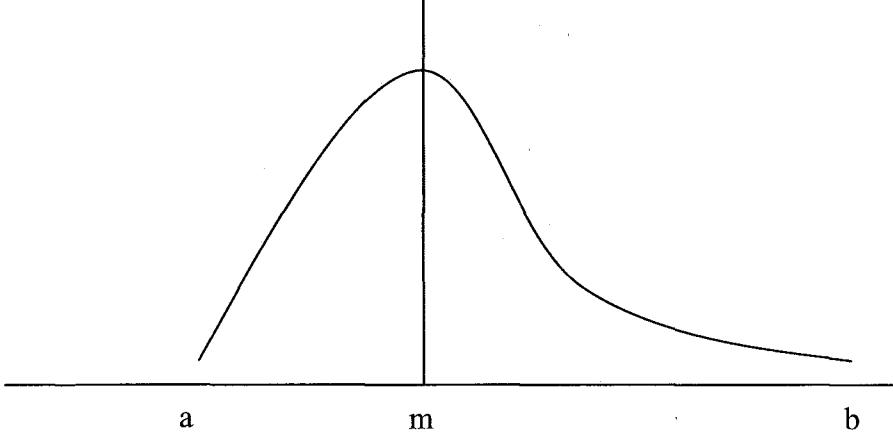
Projeyi etkileyebilecek olası riskler ve karakteristikleri belirlendikten sonraki adım bu risklerin analizidir. Risk analizi belirlenen risklerin etki ve olabirliğinin değerlendirilmesidir. Risk analizinin amacı belirlenen risklerin öneminin belirlenmesi ve bunların proje hedefleri üzerindeki etkisine göre önceliklendirilmesidir. Risklerin öneminin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinin nedeni ise tüm risklerle başa çıkmak ya da yönetmek mümkün olmadığından daha fazla dikkat gerektiren ve tepki geliştirilmesi gerekenlerin ele alınması gereğidir (Ward, 1999). Proje risk analizinde en çok kullanılan önemli yöntem ve teknikler şöyledir;

- PERT analizi
- Monte Carlo simülasyonu
- Olasılık-Etki matrisi

4.1 PERT Analizi

Proje Değerleme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT-Program Evaluation and Review Technique) 1958 yılında ABD Deniz kuvvetleri tarafından geliştirilmiştir. Şebeke analiz metodlarından biri olan PERT zaman esaslıdır. PERT proje risk analizinde projeyi oluşturan aktivitelerin sürelerinin ve bunun sonucu projenin tamamlanma süresinin analizinde kullanılmaktadır (Gray ve Larson, 2000). Bir başka deyişle projenin zaman riskinin (schedule risk) analizi ve farklı proje tamamlanma süreleri için olasılıkların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Kritik Yol Yönteminden (CPM-Critical Path Method) farklı olarak PERT'de projeyi oluşturan aktivitelerin süreleri probabilistik olarak tanımlanmıştır. Aktivite sürelerinin beta olasılık dağılımına göre ortaya çıkacağını varsaymaktadır ve her bir aktivite için süre

iyimser (a), kötümser (b) ve en olası süre (m) olarak üç nokta halinde tahmin edilir. Şekil 4.1’de PERT’de proje aktivite süreleri için beta dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.1 Beta Dağılımı

Aktivite süresine ilişkin her bir tahmin iyimser ve kötümser tahmin aralığında (b-a) olmalıdır. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi en olası tahminin (m), dağılım orta değeri olan $(a+b)/2$ değerine eşit olması gerekmez ve m, ortalamanın sağında veya solunda da olabilir.

Beta dağılımının ortalaması (D) ve varyansı (Var) şu şekilde geliştirilmektedir. En olası nokta (m) 1 olarak ağırlıklandırılırsa dağılımın orta noktasının $\left(\frac{a+b}{2}\right)$ yarım ağırlıklandırmak gerektiği varsayılır (Halaç, 1991). Bunun sonucu D, $(a+b)/2$ ve $2m$ ’nin aritmetik ortalamasıdır;

$$D = \frac{\frac{a+b}{2} + 2m}{3} = \frac{a+b+m}{6} \quad (4.1)$$

Ayrıca (a,b) aralığı, dağılımın 6 standart sapması ile kapatılacağı varsayılır. Bu ise herhangi bir olasılık yoğunluk fonksiyonunun yaklaşık % 90 veya daha fazlası, dağılım ortalamasının 3 standart sapması içinde kalacağı anlamına gelmektedir. Bu şekilde ,

$$6\sigma = b - a \quad (4.2)$$

olduğu düşünülerek dağılımın varyansı,

$$Var = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2 \quad (4.3)$$

olarak elde edilir.

Buna göre bir aktivite için beklenen süre (t_e) ve varyans (σ^2) ise şöyledir,

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (4.4)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2 \quad (4.5)$$

t_e : aktivitenin beklenen süresi (aktivite süresinin ağırlıklı ortalaması)

a : iyimser aktivite süresi (normal şartlar altında aktiviteyi erken tamamlama süresi)

b : kötümser aktivite süresi (normal şartlar altında aktiviteyi geç tamamlama süresi)

m : en olası aktivite süresi

σ^2 : aktivitenin varyansı

Projeyi oluşturan her bir aktivite için iyimser (a), kötümser (b) ve en olası süre (m) tahminleri yapıldıktan sonra her aktivitenin beklenen süresi elde edilir. Elde edilen bu ortalama ve deterministik değerler CPM'de olduğu gibi proje şebekesine yerleştirilerek projenin tamamlanma süreleri elde edilir (Gray ve Larson, 2000). PERT projenin beklenen tamamlanma süresini bulmak için merkezi limit teoremini kullanır ve proje süresi dağılımının normal dağılıma uyduğu kabul edilir. Şebekedeki herhangi bir aktivitenin beklenen süresi t_{ei} olmak üzere, i. aktiviteye kadar olan tüm aktivitelerin beklenen sürelerinin toplamı rasgele değişkenler olduğundan t_{ei} de rasgele değişkendir. Şebekenin tüm aktiviteleri istatistiki olarak bağımsız varsayılarak, projenin beklenen tamamlanma süresi (T_E) ve varyansı ($\sigma^2_{T_E}$) şu şekilde hesaplanır;

$$T_E = \sum t_e \quad (4.6)$$

$$\sigma_{T_E}^2 = \sum \sigma_{t_e}^2 \quad (4.7)$$

T_E : projenin beklenen tamamlanma süresi

t_e : kritik yol üstünde bulunan aktivitelerin beklenen süresi

$\sigma_{T_E}^2$: proje süresinin varyansı

$\sigma_{t_e}^2$: kritik yol üstünde bulunan aktivitelerin beklenen süresinin varyansı

Projenin beklenen tamamlanma süresi kritik yol üzerinde bulunan aktivitelerin beklenen sürelerinin toplamı ve varyansı da kritik yol üzerinde bulunan aktivitelerin varyansları toplamıdır. Her iki ifade de bağımsız rasgele değişkenler toplandığından dolayı, aktivite süreleri merkezi limit teoremine göre ortalaması T_E ve varyansı $\sigma_{T_E}^2$ olan normal dağılıma yaklaşır. Böylece proje zaman riskinin analizinde farklı tamamlanma süreleri için olasılıklar şu şekilde elde edilir;

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2}} \quad (4.8)$$

T_S : planlanan proje süresi

T_E : kritik yol süresi (projenin beklenen süresi)

Z : normal dağılım tablosundan bulunan planlanan proje süresini gerçekleştirme olasılığı

PERT tekniğini kullanarak projenin farklı tamamlanma süreleri için olasılıkların elde edilmesi sayesinde projenin tamamlanma süresi ile ilgili riskler hakkında gereken yönetsel tedbirler alınması mümkün olmaktadır.

4.2 Monte Carlo Simülasyonu (MCS)

Simülasyon analiz için tanımlanan bir sistemin modelinin çok karmaşık olması ve modelin analitik ve sayısal olarak çözmek güç olduğunda kullanılan önemli bir model kurma ve çözme tekniğidir (Halaç, 1991). Simülasyon, bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya

değişik stratejileri değerlemek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır. Model kurma ve modelin analitik olarak kullanımı simülasyon sürecini oluşturmaktadır (Halaç, 1998).

Monte Carlo simülasyonu hesaplamalarında rassallık içeren probabilistik bir yöntemdir. Monte Carlo simülasyonu proje risk analizinde projenin zaman ve maliyet açısından riskinin analizinde kullanılmaktadır (Kerzner, 2001). Buna ilaveten kaynak çakışmalarının belirlenmesi ve analizinde de kullanılmaktadır (Gray ve Larson, 2000). Monte Carlo simülasyonu proje risk analizinde uygulanması belirlenen potansiyel risklerin olasılık dağılımlarının oluşturulup, bunlardan rassal olarak örnekleme yapılması ve daha sonra da bu rassal sayıların potansiyel risklerin sayısallaştırılması için yararlı bilgiye dönüştürülmesi şeklinde uygulanmaktadır (Kerzner, 2001). MCS çok fazla hesaplama gerektirdiğinden genellikle bilgisayar ortamında yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

MCS'nun maliyet ve zaman risklerinin analizinde kullanılması şu şekilde olmaktadır (Kerzner, 2001);

1. İlk olarak olasılık dağılım fonksiyonlarının oluşturulacağı en düşük proje yapı planı (WBS-Work Breakdown Structure) veya aktivite seviyesi belirlenir. Seçilen seviye projenin içinde bulunduğu evreye bağlıdır ve proje olgunlaştıkça daha düşük seviyeler seçilir.
2. Proje yapı planındaki her bir eleman veya modeldeki aktivite için maliyet veya zaman tahminleri geliştirilir.
3. Hangi proje yapı planı elemanları veya aktivitelerin belirsizlik ve/veya risk içerdiği belirlenir.
4. Her bir proje yapı planı veya aktivite için uygun olasılık dağılımları geliştirilir.
5. MCS programı kullanılarak proje yapı planı elemanları veya aktivitelerin olasılık dağılım fonksiyonu toplanır. Maliyet için yapılırken, bu aşamanın sonuçları proje yapı planının birinci seviyesi için tamamlanma anındaki proje maliyeti ve maliyetin birikimli olasılık dağılım fonksiyonu olacaktır. Bu çıktılar maliyet riskinin belirlenmesinde kullanılacaktır. Zaman için yapılırken, sonuçlar istenen proje yapı planı seviyesinde zaman planı (schedule) ve zamanın birikimli olasılık dağılım fonksiyonu olacaktır.

Birikimli olasılık dağılım fonksiyonları istenen aktivite seviyesinde süre veya tamamlanma zamanını belirtecektir.

Ayrıca proje risk analizinde PERT analizi ile Monte Carlo simülasyonunu birlikte kullanmak da mümkündür (Gray ve Larson, 2000). Proje zaman riskinin analizinde PERT’de her bir aktivite için yapılan iyimser süre, kötümser süre ve en olası süre tahminleri Monte Carlo simülasyonunda kullanılarak herhangi bir aktivitenin ya da yolun kritik olması olasılığı elde edilebilir. Herhangi bir aktivitenin ya da yolun kritikliğinin belirlenmesi için her bir aktivite süresi dağılımı bir çok kere simüle edilir. Benzer şekilde maliyet açısından da her bir aktivite için maliyet tahminleri (en iyi, en kötü ve en olası) yapılarak projenin maliyet riskinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu yöntem uygulanırken eğer yeterli, güvenilir ve uygun veri bulunuyorsa gereken olasılık dağılımları geliştirilebilir. Bunun mümkün olmaması durumunda tahminlerden faydalanmak gerekir (Halaç, 1991; Erkut, 1991). Bu yüzden Monte Carlo simülasyonunda dikkat edilmesi gereken nokta bu yöntemin sonuçlarının doğruluğu tahminlerin ve kullanılan olasılık dağılımlarının uygunluğuna ve doğruluğuna bağlı olmasıdır (Kerzner, 2001). Eğer gereken veriler dikkatli bir şekilde elde edilmezse ve uygun değilse ya da tahminler güvenilir değilse MCS’den elde edilecek sonuçlar da hatalı ya da yanlış yönlendirici olabilir.

4.3 Olasılık-Etki Matrisi

Proje risk analizinde kullanılan en yaygın yöntemlerden bir tanesi olasılık etki matrisidir. Oldukça kolay ve pratik olan bu yöntem özellikle yeterince verinin olmadığı durumlarda kalitatif bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır. Potansiyel riskler belirlendikten sonra her bir risk için belirli bir proje hedefine göre (zaman, maliyet, kalite, teknik vb.) riskin meydana gelme olasılığı ve meydana gelmesi durumunda neden olacağı etki derecesi kalitatif olarak tanımlanır (PMBOK, 2000). Yapılandırılmış bir yöntem olan olasılık-etki matrisinde değerlendirmeler uzmanların ve yöneticilerin düşünce ve tecrübelerine dayanmaktadır (Kerzner, 2001).

Bu yöntemde riskin iki boyutu olan riskin meydana gelmesi olasılığı ve meydana gelmesi halinde proje hedefleri üzerindeki etkisi göz önüne alınarak projenin bütününe değil belirli risk olaylarına uygulanır. Bu yöntem çeşitli şekillerde

uygulanabilmektedir. Bunlardan en basiti her bir riskin olasılık ve etkilerinin kalitatif olarak “yüksek”, “orta” ve “düşük” şeklinde değerlendirilmesi biçimindedir (Ward, 1999). Şekil 4.2’de görüldüğü gibi hücreler 1, 2 ve 3 sayıları ile önem dereceleri belirtilmiştir. Eğer bir risk 1 sayısıyla belirtilen hücrelerden birinde ise önem derecesi düşük, 2 sayısıyla belirtilen hücrelerden birindeyse orta derecede önemli ve 3 sayısıyla belirtilen hücrelerde ise de yüksek derecede önemli olmaktadır.

		Olasılık		
		Düşük	Orta	Yüksek
Etki	Düşük	1	1	2
	Orta	1	2	3
	Yüksek	2	3	3

Şekil 4.2 Basit bir olasılık-etki matrisi

Bir diğer uygulama ise her bir risk için belirli bir proje hedefine göre aynı şekilde riskin meydana gelme olasılığı ve etkisi belirlenen bir skalaya göre değerlendirilir ve bu ikisi birleştirilerek her bir risk için bir risk skoru elde edilir (PMBOK, 2000).

Her bir risk için risk skoru,

$$\text{Risk Skoru} = \text{Olasılık} \times \text{Etki} \quad (4.9)$$

şeklinde elde edilir.

Risk olasılık skalası 0 (imkansız) ve 1 (kesin) arasındadır. Bu skala bu aralıkta istenilen şekilde bölümlendirilerek olasılık sınıfları oluşturulabilir. Örneğin; 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 ve 0.9 gibi.

Risk etki skalası riskin proje hedefleri üzerindeki etkisinin şiddetini yansıtmaktadır. Bu skala çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde olabilir. Bu skalaların organizasyon tarafından kabul edilen tanımlamalar kullanılarak açık bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Tablo 4.1’de proje hedeflerine göre risk etkisini değerlendirmede kullanılabilecek örnek bir skala verilmektedir.

Tablo 4.1 Risk etkisi değerlendirme skalası

Proje Hedefi	Çok Düşük 0.05	Düşük 0.1	Orta 0.2	Yüksek 0.4	Çok Yüksek 0.8
Maliyet	Önemsiz maliyet artışı	%5'in altında maliyet artışı	%5 ile %10 arası maliyet artışı	%10 ile %20 arası maliyet artışı	%20'nin üzerinde maliyet artışı
Zaman	Önemsiz zaman kayması	%5'in altında zaman kayması	%5 ile %10 arası tüm proje süresinde kayma	%10 ile %20 arası tüm proje süresinde kayma	%20'nin üzerinde proje süresinin aşımı
Kalite	Çok zor fark edilen kalite bozulması	Sadece çok iddialı uygulamaların etkilenmesi	Kalite düşürülmesinin müşteri onayı greketirmesi	Kalite düşürülmesinin müşteri tarafından kabul edilemez olması	Projenin nihai ürününün etkin bir şekilde kullanılamaması

Belirlenen risk olasılık ve risk etki skalaları kullanılarak belli bir riskin bir proje hedefine göre değerlendirilmesi sonucu elde edilen risk skorları ve risk derecelendirilmesi Şekil 4.3'deki gibidir.

	Spesifik Bir Risk için Risk Skoru				
Olasılık	$Risk\ Skoru = Olasılık \times Etki$				
0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08
	Çok düşük (0.05)	Düşük (0.10)	Orta (0.20)	Yüksek (0.40)	Çok Yüksek (0.80)
	Etki				

Şekil 4.3 Olasılık-Etki matrisi

Bu matriste kırmızı ile işaretli olan hücreler risk skoru yüksek olanları göstermektedir. Kullanılan skalaların belirlenmesi ve elde edilen risk skorlarına göre riskin derecesinin düşük, orta ya da yüksek olmasının değerlendirilmesi ya da bir başka ifadeyle risk-olasılık matrisinin hücrelerinin hangilerinin yüksek, orta ve düşük risk derecesini temsil edeceği organizasyonun risk anlayışına (risk treshold) bağlı olarak belirlenecektir (Lansdowne, 1999; Ward, 1999).

Bu yöntemin en önemli avantajı riskin meydana gelme olasılığı ve meydana geldiğinde ortaya çıkaracağı etki değerlendirilirken bunların çok kesin olarak belirlenmesini gerektirmemesidir. Bunun yanında bu yöntemin en önemli dezavantajı ise riski değerlendirirken riskin sadece iki boyunu göz önüne alması ve her bir proje hedefi (zaman, maliyet, kalite vb.) için risklerin ayrı ayrı değerlendirilmesidir. Bunlar arasındaki ilişkiyi iyi yansıtamamasıdır. Bu yüzden olasılık-etki matrisi yöntemi risk analizinin ilk safhalarında riskler hakkında yeterli bilgi bulunmadığı zaman ve ilerde daha detaylı analize dikkat çekmek için kullanmak daha uygundur (Ward, 1999).

BÖLÜM 5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE PROJE RİSK ANALİZİ

Bir önceki bölümde sunulan proje risk analizinde en fazla kullanılan proje risk analizi yöntemlerinde proje riskleri ayrı ayrı tek bir proje hedefine (genellikle zaman ve maliyet) göre değerlendirilmektedir. Oysa ki proje riskleri çok boyutlu olduğundan dolayı (Miller ve Lessard, 2001; Ward, 2001) daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edebilmek için birden fazla kritere ya da proje hedefine göre analiz edilerek değerlendirilmelidirler. Bu yüzden proje risklerinin analizi ve değerlendirilmesi yapılırken riskin bütün boyutların göz önüne alınmalıdır. Bunun için bir projenin sadece zaman, maliyet, kalite gibi kriterler için ayrı ayrı risk analizi ve değerlendirilmesi yerine herhangi bir projenin bütün bunları içerecek şekilde bütünsel olarak risk derecesinin belirlenmesine olanak veren bir yaklaşıma gerek vardır. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, karar vericinin belirsizlik, karmaşıklık ve birbiriyle çelişen hedeflerin olduğu durumlarda uygun araçlar sunarak daha iyi karar vermesini sağlamaktadır (Hahn, 2003). Bu amaçla proje risk analizinde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden yararlanılabilir.

Proje risklerinin analizi belirsizlik içeren karmaşık bir konudur. Projeler yeni bir şeyin ortaya koyulması için gerçekleştirildiğinden ve her bir proje de diğerinden farklı olduğundan dolayı genellikle konuyla ilgili yeterli veri ve bilgi ya bulunmamaktadır ya da bunları elde etmek oldukça zordur. Böyle durumlarda proje yöneticilerinin konuyla ilgili bilgi ve tecrübe sahibi uzmanların görüşlerinden ve tecrübelerinden yararlanmaları gerekmektedir.

Redmill (2002) risk analizinin karmaşık bir konu olduğunu belirterek, ister kalitatif olsun ister kantitatif olsun risk analizi sürecinin tüm aşamalarında öznelliğin var olduğunu ifade etmektedir. Bir başka ifadeyle risk analizinin her aşaması öznel değerlendirmeler içermektedir. Öznel değerlendirmelerin sadece riskin analizinde değil sonuçlarının değerlendirilmesinde de kullanıldığını vurgulayarak öznel değerlendirmelerin analiz sonucunu etkilediğini belirtmektedir. Her ne kadar bunun

ilk bakışta bir dezavantaj olduğu düşünülse de risk analizinin esas gücünün bu olduğu belirtilmektedir.

Bu iki durumu göz önünde bulundurarak, Saaty (1980) tarafından ortaya koyulan çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan ve bireylerin değerlendirmelerine dayanan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) çok boyutlu proje risklerinin analizi için oldukça uygun bir metodoloji olduğu sonucunda varabiliriz. AHP'nin önemli bir özelliği hem kalitatif hem de kantitatif verilerin kullanılabilmesi ve kişilerin değerlendirmelerini sözel ya da sayısal olarak yapabilmesine imkan vermesidir.

Bununla beraber, klasik AHP ile proje risk analizi oldukça pratik olmasına olmasına rağmen tek başına bu da yeterli değildir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda AHP ile ilgili bazı eksiklikler ortaya konulmuştur;

- AHP çok dengesiz bir değerlendirme (judgement) skalası kullanmaktadır (Cheng, 1996).
- Her ne kadar tam sayılı (discrete) 1 ile 9 arasında bir skala kullanılması basit olma avantajına sahipse de, AHP yöntemi kişinin değerlendirmesini bir sayıya atamadaki belirsizliği dikkate almamaktadır (Cheng ve Mon, 1994).

Ayrıca, AHP'de değerlendirmelerin dilsel değişkenler (sözel ifadeler) kullanılarak yapılması sonucunda mutlaka kesin ve net olmayan ifadeler olacaktır. Bir başka deyişle ifadede bulanıklık ortaya çıkacaktır. Saaty (1977; 1978) de buna dikkati çekerek iki çeşit bulanıklığın söz konusu olduğunu belirtmektedir. Bunlar, algıdaki bulanıklık ve anlamdaki bulanıklıktır. Algıdaki bulanıklık, bir seferde yakalanamayan nesnelerin veya düşüncelerin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Anlamdaki bulanıklık, anlamın göreceliliği ile ilgilidir. Örneğin, nesnelerin anlamı farklı amaçların yerine getirilmesinde nesnelerin hangi fonksiyonu gerçekleştirdiği ile bağlantılıdır. Nesneler ayrıştırıldığında, bulanık görünürler çünkü, ayrışmanın içeriğine göre farklı anlamlara sahip olacaklardır.

Bu gibi eksikliklerin üstesinden gelmek için Zadeh (1965) tarafından ortaya koyulan bulanık kümeler teorisinden yararlanılır. Bulanık kümeler teorisi özellikle iki durumda geçerli olmaktadır. Bunlar (Şen, 2001);

- incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi,
- insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç duyulan hallerdir.

Bulanık kümeler teorisinin AHP ile birlikte kullanılması, proje yöneticeleri ve uzmanların bilgi ve deneyimlerini daha iyi ve daha doğal olarak ifade etmesinin yanı sıra klasik AHP yönteminin dezavantajlarını giderecektir.

Bu amaçla tezde bulanık analitik hiyerarşi prosesi (Fuzzy Analytic Hierarchy Process-FAHP) yöntemi ile proje risk analizi önerilmekte ve bilişim teknolojileri (information technology-IT) projesi için bir uygulaması sunulmaktadır. Bu çalışmanın en önemli özelliği bugüne kadar Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve de bulanık kümeler teorisi ayrı ayrı kullanılarak proje risk analizi yapılmış olmasına rağmen ikisinin birlikte kullanılarak proje risk analizi yapılmamış olmasıdır. Bu yüzden bu çalışma bu alanda bir ilki oluşturmaktadır. Önerilen modele ve uygulamaya geçmeden önce analitik hiyerarşi prosesi ile bulanık kümeler hakkında bilgi verilecek ve bunların literatürde yer alan uygulamalarından bahsedilecektir.

5.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik hiyerarşi prosesi Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü problemlerin yapılandırılması, ölçülmesi ve sentezine yönelik bir metodolojidir. AHP bir çok probleme uygulanabilen bir yöntemdir ve özellikle de bir çok kriterin olduğu kompleks durumlarda alternatifler arasından seçim yapma problemlerine uygulanmaktadır (Forman ve Gass, 2001; Saaty, 1980; Al-Harbi, 2001). Asıl çıkış amacı karar vericilerin kompleks kararları verebilmesi için basit bir sistematik yolun geliştirilmesidir İnsan çok sayıda ve birbirleri ile ilişkili öğeler seti ile karşılaştığında, bunların ancak bir kısmını kontrol altında tutabileceği anlaşıldığında çoğunlukla içgüdüsel olarak söz konusu öğeler, belirli bir takım özelliklere sahip olup olmamalarına bağlı olarak, belirli bir takım ortak özelliklere sahip olup olmamalarına bağlı olarak, gruplar halinde birleştirilmeye çalışılır. Analitik hiyerarşi süreçlerinin de temelde gerçekleştirmeyi amaçladığı budur (Kahraman, 1995). Sürecin ilk adımı, karar verme probleminin olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya konması ve daha sonra hiyerarşi olarak adlandırılan ve herbiri bir dizi öğeden oluşan

katmanlar halinde incelenmesidir. Bundan sonra yapılacak olan işlem, hiyerarşinin en alt seviyesindeki öğelerin, en üst düzeyde bulunan ve amacı ortaya koyan öğe üzerindeki göreceli etkilerinin saptanmasıdır. Bunun belirlenmesi ise karar verme probleminin her hiyerarşik düzeyi için bir dizi ikili karşılaştırma ve göreceli ağırlıkların bulunmasına dayanır (Evren ve Ülengin, 1992). AHP karar vericinin düşüncelerini (judgement) baz alarak verilen alternatifler için oran skalası üzerinde göreceli önceliklerinin sayısallaştırılmasını amaçlayan ve karar vericinin değerlendirmelerinin önemini ve karar verme sürecinde alternatiflerin karşılaştırılmalarındaki tutarlılığı dikkate alan bir yöntemdir (Al-Bahar, 2001). Bu yaklaşımın gücü somut (tangible) ve soyut (intangible) faktörleri sistematik bir şekilde organize etmesi ve karar verme problemlerine yapılandırılmış ve basit bir çözüm sağlamasıdır (Saaty, 1980; Saaty, 1990).

AHP'nin geniş bir alanda kendine uygulama imkanı bulmasının anlaşılabilirliği için öncelikle AHP'nin üç önemli fonksiyonunun anlaşılması gerekmektedir. Bu üç temel fonksiyon kompleksliğin yapılandırılması, ölçülmesi ve sentezidir.

Kompleksliğin yapılandırılması, AHP'de kompleksliğin faktörlerin homojen kümeler (clusters) biçiminde hiyerarşik olarak yapılandırılmasıdır. Bir başka ifadeyle problemi oluşturan faktörlerin gruplandırılıp hiyerarşik olarak detaylandırılmasıdır. Bu yüzden AHP'de nihai sıralama önceliklerine (ağırlıklarına) dönüştürülecek olan oran skalası (ratio scale) ölçülerinin elde edilmesi için hiyerarşik faktörlerin ikili karşılaştırmaları kullanılmaktadır. Hiyerarşi bazlı herhangi bir metodolojide hiyerarşinin en alt seviyesinin üstündeki öğelerin öncelikleri için oran skalasının kullanılması gerekmektedir (Forman ve Gass, 2001; Saaty, 2003). Bu gereklidir çünkü hiyerarşinin herhangi bir seviyesindeki öğelerin öncelikleri veya ağırlıkları o seviyedeki öğelerin önceliklerinin bir üst seviyedeki ana (parent) öğenin önceliği ile çarpılarak elde edilmektedir. Çünkü iki aralık ölçüsünün (interval scale) çarpımı matematiksel olarak anlamsız olacağından çarpım için oran skalalarına ihtiyaç vardır. AHP hiyerarşinin en alt seviyesindeki öğeler (alternatifler) için bile oran skalası kullandığından, alternatifler için elde edilecek olan öncelikler de oran ölçüleridir olacaktır. Bu özellikle AHP yalnız seçim problemlerinde değil, tahmin ve kaynak atama gibi diğer uygulamalarda kullanılacaksa da önemlidir. Sentezleme parçaları bir araya getirip birleştirilerek bütün haline getirmek anlamına gelmektedir. Kompleks kararlar insanın zihinsel olarak çok fazla öğeyi birlikte düşünüp sentez yapmasını

gerektirmektedir. AHP'nin en önemli fonksiyonlarından biri de bir çok faktörü bir hiyerarşide sentezleyebilmesidir ve bunu AHP gibi yapabilen bir başka metodoloji de bulunmamaktadır (Forman ve Gass, 2001). AHP yönteminin prensipleri ve aksiyomları ise şöyledir;

AHP'nin üç temel prensibi bulunmaktadır (Saaty, 1986). Bunlar ayrıştırma, mukayeseli değerlendirme (comparative judgement) ve önceliklerin sentezidir. Ayrıştırma prensibi kompleks bir problemin kümeler, alt kümeler, alt alt kümeler gibi hiyerarşik olarak yapılandırılmasını sağlamaktadır. Mukayeseli değerlendirme prensibi kişinin bir kümedeki öğelerin kümenin bir üstündeki seviyede yer alan ana öğeye göre tüm kombinsayonlarının ikili (pairwise) karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Bu ikili karşılaştırmalar bir kümedeki öğelerin ana elemana göre yerel (local) ağırlıklarını elde etmek için kullanılmaktadır. Sentez prensibi ise bir kümedeki öğelerin yerel önceliklerinin ana elemanın global önceliği ile çarpılarak tüm hiyerarşi içindeki global önceliklerinin hesaplanmasını sağlamaktadır. AHP bu üç prensibin yanı sıra üç tane de aksiyoma dayanmaktadır. Bunlardan ilki karşılık (reciprocal) aksiyomudur. Buna göre $P_C(A, B)$, A ve B gibi iki elemanın ana eleman C'ye göre ikili karşılaştırması olmak üzere, $P_C(A, B)$ A elemanının herhangi bir özelliği B'den kaç kat fazla sahip olduğunu göstermektedir. Buna göre $P_C(A, B) = P_C(B, A)$ 'dır.

Örneğin, eğer A, B'den 5 kat fazla ise B de A'nın $\frac{1}{5}$ 'i kadar büyüklüktedir. İkinci aksiyom olan homojenlik aksiyomuna göre, karşılaştırılan öğeler karşılaştırıldıkları özellik bakımından çok fazla farklılık göstermemelidir. Aksi takdirde değerlendirmede büyük hatalar ortaya çıkabilir. Problemin hiyerarşisi oluşturulurken kümelendirmelerde birbirinden çok farklı öğeler gruplandırılmamalıdır. Sentez aksiyomuna göre hiyerarşideki öğeler ile ilgili değerlendirme ve öncelikler daha aşağıdaki seviyede yer alan öğelere bağlı değildir. Bu aksiyom hiyerarşik birleştirme (composition) için gereklidir.

AHP'nin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Saaty, 1980; Saaty, 1990),

1. Problemin tanımlanması ve amacının belirlenmesi.
2. En üstten seviyeden başlayarak (karar vericinin bakış açısından hedefler) orta seviye (aşağıdaki seviyelerin bağlı olduğu kriterler) ve genellikle alternatiflerin yer aldığı en alt seviyeye kadar hiyerarşi yapılandırılır.

3. Her bir seviye için daha aşağıdaki elemanlar içinde bir tane olmak üzere $n \times n$ boyutunda Tablo 5.1'deki göreceli değerlendirme skalası kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırmalar hangi öğenin diğerine baskın olduğuna göre yapılır.
4. Bir önceki adımdaki matrisleri oluşturmak için $\frac{n \times (n-1)}{2}$ tane değerlendirme gerekmektedir. Karşılıkları (reciprocals) otomatik olarak her bir ikili karşılaştırmada atanır.
5. Hiyerarşik sentez kullanılarak kriterlerin ağırlıkları ile özvektörleri ağırlıklandırılır ve hiyerarşinin bir alt seviyesindeki denk gelen ağırlıklandırılmış tüm özvektörlerinin elemanlarının toplamı alınır.

Tablo 5.1 AHP'de kullanılan ikili karşılaştırma skalası

Sayısal Derece	Sözel Değerlendirme
1	Eşit önem (equal importance)
2	Eşit-orta arası önem (equal to moderate importance)
3	Orta derecede önemli (moderate importance of one attribute over another)
4	Orta-güçlü arası önem (moderate to strong importance)
5	Güçlü derecede önemli (strong or essential importance)
6	Güçlü-çok güçlü arası önem (strong to very strong importance)
7	Çok güçlü önem (very strong importance)
8	Çok güçlü-mutlak arası önem (very strong to extreme importance)
9	Mutlak önem (extreme or absolute importance)

6. Tüm ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra, öz değeri ($\lambda_{\max}$) kullanılarak tutarlılık hesaplanır. Tutarlılık indeksi (Tİ), n matris boyutu olmak üzere şu şekilde hesaplanır;

$$TI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (5.1)$$

Değerlendirmenin tutarlılık oranı (TO), Tablo 5.2'deki uygun değer ile Tİ'nin oranı alınarak hesaplanır.

$$TO = T\bar{I} / RI \quad (5.2)$$

Burada Rİ tesadüfi bir indekstir. Eğer tutarlılık oranı 0.10'un altında ise kabul edilebilirdir. Eğer fazla ise değerlendirme matrisi tutarsızdır. Tutarsızlığı gidermek için tekrar değerlendirme yapılır.

7. 3-6 arasındaki adımlar hiyerarşideki tüm seviyeler için yapılır.

Tablo 5.2 Ortalama rassal tutarlılık (RI)

Matrisin Boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassal İndeks ($R\bar{I}$)	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Kısaca özetleyecek olursak, AHP bir düzeyin tüm öğeleri ile bir üst düzeydeki tek bir öğenin veri olarak alınması ve alt düzeydeki tüm öğelerin üst düzey öğesi üzerindeki göreceli etkileri açısından ikişerli olarak karşılaştırılıp bir matris oluşturmaya ve bu matrisin en büyük özdeğere sahip özvektörünün bulunmasına dayanır. Söz konusu özvektör öncelik sıralarının belirlenmesine, özdeğer ise yargının (değerlendirmenin) tutarlılığının ölçülmesine yaramaktadır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, karar vericinin belirsizlik, karmaşıklık ve birbiriyle çelişen hedeflerin olduğu durumlarda uygun araçlar sunarak daha iyi karar vermesini sağlamaktadır (Hahn, 2003). Bu yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) çok geniş bir alanda kendine uygulama imkanı bulmuştur. AHP yöntemi daha önce de belirtildiği gibi yapılandırma, ölçme ve sentez gerektiren durumların hepsinde kullanılabilmektedir. AHP tek başına uygulanabildiği gibi diğer metodolojiler ile birlikte de kullanılabilmektedir. Karar ağaçları ile alternatiflerin analizinde AHP, karar ağaçlarının şans düğümlerinin (chance nodes) olasılıklarının elde edilmesinde ve karar ağacının alternatiflerinin önceliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Forman ve Gass, 2001). AHP'nin uygulama alanları oldukça fazladır ve geniş bir çerçevede yayılmıştır. Bu uygulamaları kısaca özetlemek olursak; ürün seçimi, tedarikçi seçimi, proje seçimi, organizasyon yapısının seçimi, fabrika

yeri seçimi, teknoloji seçimi (birden fazla kriterin bulunduğu durumlarda alternatifler arasından bir tanesinin seçildiği seçim problemleri), performans değerlendirmesi, personel değerlendirmesi (Taylor III ve diğ., 1998), proje değerlendirilmesi (önceliklendirme ve değerlendirme problemleri), kaynak tahsis problemleri, kıyaslama problemleri (benchmarking), kalite yönetimi ve stratejik planlama.

AHP yöntemi proje yönetiminde de çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Proje yönetiminde karşılaşılan karar durumları genelde oldukça karışıktır. Bu problemlerin içerdiği eleman sayısı fazladır ve elemanlar arasındaki ilişkiler de genellikle oldukça karmaşıktır. Problemin elemanları arasındaki ilişkiler çoğunlukla lineer değildir ve elemanlardaki değişiklikler basit orantısallıkla ilişkili değildir. Bu yüzden insanların görüşleri ve değerlendirme sistemleri proje problemlerinin çok önemli birer parçasıdır (Lifson ve Shaifer, 1982). Çok ölçütlü karar verme problemlerinden iki tanesine proje yönetimi problemlerinde oldukça sık rastlamak mümkündür. Bunlar, değerlendirme problemleri ve dizayn problemleridir (Hwang ve Yoon, 1981). AHP yönteminin proje yönetimi ve risk analizine uygulanması ile ilgili önemli çalışmalar ise şöyledir.

Mustafa ve Al-Bahar (1991), proje risk analizinde kullanılan geleneksel yöntemlerin sınırlamalarına dikkat çekerek AHP yöntemini proje risklerinin analizi ve değerlendirmesi için kullanılabilecek yeni bir yaklaşım olarak ortaya koymaktadırlar. AHP'yi proje risk analizi ve değerlendirmesi için esnek ve kolay uygulanabilir bir metodoloji olduğunu belirtmektedirler. Bu yaklaşımda AHP'yi, Bangladeş'teki bir köprü inşaatı projesinin genel (bütünsel) risk derecesinin belirlenmesi için uygulamaktadırlar. Risk faktörlerini doğal, fiziksel, finansal ve ekonomik, politik, dizayn ve iş sahası riskleri olarak 6 ana grupta toplayarak 3 seviyeli bir hiyerarşi kullanıp projenin risk derecesini yüksek, orta ve düşük alternatiflerine göre belirlemektedirler. Ayrıca AHP'nin proje risk değerlendirmesinde duyarlılık analizi için ve de risk tepkilerinin belirlenmesinde de kullanılabileceğini ifade etmektedirler. Bu çalışmanın önemi ve katkısı, AHP yönteminin ilk defa proje risk analizi ve değerlendirilmesinde kullanılmış olmasıdır.

Accola (1994) yeni teknoloji projeleri için üç boyutlu bir risk ve belirsizlik değerlendirme modeli sunmaktadır. Bu modelde sayısallaştırılabilen risk faktörlerinin yanı sıra üçüncü boyut olarak sayısallaştırılamayan ve yalnızca öznel olarak değerlendirilebilen faktörleri göz önüne alarak yeni teknoloji projeleri için

finansal değerlendirme sunulmaktadır. Bu modelde AHP, sayısallaştırılmayan risk ve belirsizlik faktörlerinin önemlerinin elde edilmesi için kullanılmaktadır.

Teltumbde (2000), işletme kaynakları planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP) projelerinin değerlendirilmesi için metodolojik bir yapı sunar. Bu modelde, karar verme süreçleri için Nominal Grup Tekniği ile değerlendirme metodolojisi olarak AHP yöntemi birlikte kullanılmaktadır. AHP yöntemi işletme kaynakları projelerinin 10 farklı kritere göre değerlendirilmesi amacıyla her bir kriter için projelerin göreceli önceliklerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Sunulan model Hindistan'daki bir kamu sektörü ERP projesine uygulanarak somutlaştırılmaktadır.

Al-Harbi (2001), AHP yöntemini proje yönetiminde kullanılabilecek önemli bir çok ölçütlü karar verme yöntemi olduğunu belirterek, AHP'yi grup karar verme aracı olarak kullanarak inşaat projeleri için müteahhit ön elemesi yapmaktadır. Bu çalışmada AHP hesaplamaları için Expert Choice yazılımı kullanılmaktadır.

Dey (2001), petrol boru hatlarının gözetim ve bakımı için risk bazlı bir karar destek sistemi model sunmaktadır. Modelde AHP, boru hatlarındaki belli segmentlerdeki hataları etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve risk faktörlerinin olasılıklarının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu modelin amacı boru hatlarındaki hatalara neden olabilecek risk faktörlerinin analizi ve bu risklere uygun tepkilerin gözetim ve bakım programı çerçevesinde verilebilmesidir. Model Hindistan'daki 1500 km'lik bir ham petrol boru hattına, boru hattını 5 segmente ayırarak konuyla ilgili 30 yöneticinin görüşleri ve değerlendirmelerine göre uygulanmaktadır.

Dey (2002), risk yönetimi prensiplerini uygulayarak proje risk yönetimi modeli önermektedir. Bu modelde AHP yöntemi ve karar ağaçları analizi birlikte kullanılarak kantitatif bir yaklaşım ortaya konulmaktadır. Model bir inşaat projesine uygulanarak geçerliliği ortaya konulmaktadır. Modelde AHP, belirlenen olası proje risklerinin meydana gelme olasılıklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Daha sonra elde edilen bu olasılıklar mevcut finansal bilgilerle birlikte karar ağaçlarında her bir alternatif tepki için beklenen parasal değerlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Millet ve Wedley (2002), fayda/risk oranlarının, risk ve belirsizliğin modellenmesinde uygun olmadığını belirterek AHP yönteminin risk ve belirsizliğin modellenmesi için daha uygun bir araç olduğunu öne sürmektedirler. AHP

yönteminin, konu hakkındaki bilgili insanların görüşlerinden öznel olasılıkların elde edilmesine imkan verdiği için saf belirsizlik durumunun ortadan kalkarak riskin ölçülebilebilir hale getirildiğini belirtmektedirler. Bu görüşlerini 4 farklı durum için prototip vakalar üzerinde AHP'yi uygulayarak ortaya koymaktadırlar.

Liang (2003) araştırma-geliştirme (AR-GE) projeleri için hangi projenin durdurulması veya devam ettirilmesi kararı için kıyaslama (benchmarking) esasına göre proje değerlendirmesi yapmaktadır. Bu amaçla, hem kantitatif hem de kalitatif faktörleri dikkate alan AHP yöntemiyle üst yönetim desteği faktörüne göre proje değerlendirmesi yapmaktadır ve bunun nasıl uygulandığını Tayvan'daki bir AR-GE firması örneğinde ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın önemi AHP'nin proje yönetiminde, proje değerlendirmesi ve kıyaslama problemine uygulanmasıdır.

5.2 Bulanık Kümeler Teorisi

İlk defa Azerbaycan asıllı Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bulanık küme teorisi, esas olarak insan düşünce ve algılarındaki belirsizlikle ilgilenir ve bu belirsizliği sayısallaştırmaya çalışır (Kahraman ve Tolga, 1998). Bulanık küme teorisinin en önemli özelliği ve katkısı belirsizlik içeren bilgileri (vague knowledge) temsil edebilme yeteneğidir. Mantık, sistem, küme vb. için bulanıklık, belirsizliğin bir ifadesi olarak ortaya çıkar. Geçmişte belirsizliklerin işlenmesi ve anlamlı sonuçlara varılabilmesi için ihtimaller teorisi kullanılmıştır. Matematik ve mühendislikte bu teori belirsizlik durumlarında istatistik yöntemlerle beraber kullanılır. Bu nedenle de bütün belirsizliklerin rastgele karakterde olduğu kavramı yaygınlaşmıştır. Rastgeleliğin en önemli özelliği, sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şans olayının rol oynaması ve gerekli öngörülerin ve tahminlerin kesin bir doğrulukla önceden yapılamamasıdır (Şen, 2001). Ancak bilinen belirsizliklerin hepsi rasgele karakterde değildir ve günlük hayatta karşılaşılan belirsizliklerin çoğu rasgele değildir. Rastgele karakterde olmayan olaylar için örneğin, sözel belirsizlikler halinde inceleme ve sonuç çıkarma işlemlerinde ihtimaller hesabı ve istatistik gibi sayısal belirsizlikleri gerektiren metodolojiler (yöntembilimler) kullanılamaz (Ross, 1995).

Günlük konuşma dilinde belirsizlik içeren bir çok kelime bulunmaktadır. Örneğin, "hava sıcak" denildiğinde herkes, kesin olarak hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını anlayacaktır. Ancak "sıcak" kelimesinin ifade ettiği anlam göreceli

(izafi) olarak birbirinden farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcak için 15°C 'yi algılamasına karşılık, ekvator civarındaki bir kişi için bu 35°C 'yi bulabilir. Böylece “sıcak” kelimesinin altında, insanların da ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum vardır. Bu rastgele değildir, ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık (fuzziness) denir (Şen, 2001). Daha genel anlamda bulanık kelimesi, iyi tanımlanmış sınırları olmayan aktiviteler kümesi veya gözlemlere tanımlamaların yapılamadığı durumları ifade eder (Chen ve Hwang, 1992).

İnsanın fiziki olaylar hakkındaki bilgi ve yorumları genellikle kişisel görüşler şeklinde ortaya çıkar. Bu bakımdan insan düşüncesinde sayısal olmasa bile belirsizlik vardır ve bu yararlı bir bilgi kaynağıdır. Bulanık kümeler teorisi bu gibi bilgi kaynaklarının, çeşitli olayların incelenmesinde kullanılmasına imkan sağlamaktadır (Şen, 2001). Bulanık kümeler teorisinin asıl gücü ve önemi sayısal değişkenler yerine dilsel değişkenleri ya da sözel ifadeleri kullanarak kesin olmayan (imprecise) kavramları temsil etmesidir (Ross, 1995). Buradan anlaşılacağı gibi bulanık kümeler teorisi sayılardan ziyade sözel kelimeleri ya da dilsel değişkenleri esas almaktadır.

Sözel ifadeler bilgi içeriği açısından genellikle yaklaşıklık ve bulanıklık içerdiğinden bu gibi belirsizlik durumlarında bir küme ve bu kümeye ait olma derecesi tanımlanır. Klasik kümelerde elemanların üyelikleri iki gruba ayrılır: Üyeler (kesinlikle kümeye ait olanlar) ve üye olmayanlar (kesinlikle kümeye ait olmayanlar). Klasik kümenin temsil ettiği sınıfa üye olan ve olmayan elemanlar arasında keskin bir ayrım vardır (Kahraman, 1995). Ancak yaygın şekilde kullanılan sınıfların birçoğu (uzun boylu insanlar, pahalı arabalar, güneşli günler, iyi futbolcular, 10'a yakın sayılar vb.) bu karakteristiği göstermez. Bu sınıfların sınırları belirsizdir ve keskin olmaktan uzaktır. Aristo mantığına göre çalışan klasik küme yaklaşımında bir kümeye giren öğelerin o kümeye ait oluşları durumunda üyelik derecesi 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmaktadır. Bu ikisi arasında hiç bir üyelik derecesi düşünülmez. Bulanık kümeler teorisinde ise elemanların üyelik dereceleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Örneğin, uzun boyluluğu ele alacak olursak, klasik küme yaklaşımına ya da Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur ya da kısadır. Bulanık kümelerle göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak olarak esas alınırsa ondan biraz daha uzun ya da

kısa olanlar uzun boylu değil diye küme dışında bırakılmazlar. Esas alınan uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile, uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber, yine de uzun boylular kümesine girer. Böylece tüm insanların teker teker boy açısından birer uzunluk üyelik dereceleri bulunmaktadır. Klasik kümeler üyelik özelliklerinin kesin olarak tamamını içeren elemanları içerirken, bulanık kümeler üyelik özelliklerinin kesin olmayarak sağlayan elemanları içerir. Bu yüzden bulanık bir kümedeki elemanın üyeliği yaklaşık (approximate) olabilir (Ross, 1995).

Bir bulanık küme kesintisiz üyelik derecelerine sahip elemanlar topluluğudur (Chen ve Hwang, 1992). Başka bir ifadeyle bulanık küme değişik üyelik derecesinde öğeleri olan bir topluluk olarak tanımlanabilir (Şen 2001). Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her olası elemana, onun bulanık kümedeki üyelik derecesini temsil edecek şekilde bir değer atayarak matematiksel olarak tanımlanabilir. Elemanlar, bulanık kümeye daha büyük veya daha küçük üyelik dereceleri ile yani, daha fazla veya daha az derecelerle bağlı olabilir.

Bu üyelik dereceleri $[0,1]$ kapalı aralığındaki reel sayılarla ifade edilirler. Böylece “güneşli” kavramını temsil eden bir bulanık kümede, % 0 bulutlu havaya 1, % 20 bulutlu havaya 0,8, % 30 bulutlu havaya 0,4 ve % 75 bulutlu havaya 0 üyelik derecesi atanabilir (Kahraman, 1995).

Matematiksel olarak bulanık küme tanımı ise şöyledir (Zimmermann, 1987).

U klasik bir evrensel küme olsun, elemanları genel olarak x şeklinde gösterilsin.

Bu durumda bu evrensel küme,

$$U = \{ x \} \quad \text{şeklinde gösterilecektir.}$$

U içinde bir A bulanık kümesi, U'nun her elemanına $[0,1]$ aralığında bir reel sayı değeri atayan $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir.

Bulanık küme, A, küme elemanı ve üyelik derecesi çifti ile beraber aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$A = \{ (x, \mu_A(x)), x \in U \} \quad (5.3)$$

Klasik bir A kümesi için üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & , \text{sadece ve sadece } x \in A \\ 0 & , \text{sadece ve sadece } x \notin A \end{cases} \quad (5.4)$$

U, $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ şeklinde sonlu bir küme ise U'da bulanık bir küme A şu şekilde de ifade edilebilir (Zadeh, 1972; Chen ve Hwang, 1992; Ross, 1995)

$$A = \sum_i^n x_i / \mu_A(x_i) \quad (5.5)$$

Eğer U sonsuz ve sürekli küme ise,

$$A = \int x / \mu_A(x) \quad (5.6)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bulanık kümelerin gösterimine bir örnek;

U = {Ahmet, Mehmet, Oğuz, Boran} sonlu bir küme olsun. Bir bayan tarafından değerlendirilen “yakışıklı erkekler” bulanık kümesi aşağıdaki gibi karakterize edilebilir,

$$A = \{(Ahmet, 0.7), (Mehmet, 0.2), (Oğuz, 0.8), (Boran, 0.6)\}$$

veya

$$A = Ahmet/0.7 + Mehmet/0.2 + Oğuz/0.8 + Boran/0.6$$

Bulanık bir kümenin üç özelliği sağlaması beklenir. Bunlar,

1. Bulanık kümenin normal olmasıdır ki, bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekliliğidir. Normallik koşulu, en azından bir $x \in A$ için $\mu_A(x) = 1$ ile verilir.
2. Bulanık kümenin konveks (dış bükey) olmasıdır ki, bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır. Bulanık kümenin konveks olması

uygulama açısından önemlidir. Bir bulanık kümenin konveks olması şartı aşağıdaki gibidir (Chen ve Hwang, 1992),

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad (5.7)$$

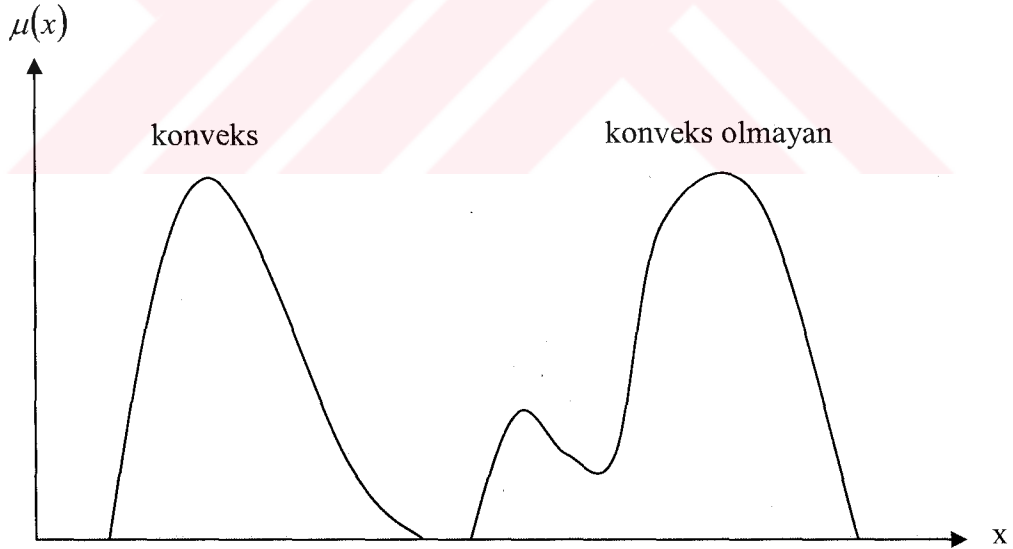
$$x_1, x_2 \in U \text{ ve } \lambda \in [0,1].$$

Bir başka ifadeyle, konveks bir bulanık küme üyelik derecesi değerleri monotonik artan veya üyelik derecesi değerleri monotonik azalan veya elemanların artan değerleri için üyelik derecesi değerleri önce monotonik artan ve sonra da monotonik azalan bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilir. Kısaca, x , y ve z bir bulanık küme olan A 'nın elemanları olmak üzere ve $x < y < z$ şeklinde bir ilişki varken,

$$\mu_A(y) \geq \min[\mu_A(x), \mu_A(z)] \quad (5.8)$$

ise A 'ya konveks bulanık küme denir (Zadeh, 1965).

Şekil 5.1'de konveks ve konveks olmayan bulanık kümeler görülmektedir.



Şekil 5.1 Konveks ve konveks olmayan bulanık kümeler.

- Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa veya sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki, buna da bulanık kümenin simetrik özelliği denir (Ross, 1995; Şen, 2001)

Bulanık bir kümenin bu üç özellikten ilk iki tanesini mutlaka sağlayacak biçimde değişik üyelik derecesi fonksiyonuna sahip olması gerekmektedir. Bir bulanık kümenin son şart olan simetri özelliğini sağlamasına gerek yoktur.

Önemli bulanık küme işlemleri aşağıdaki gibidir,

A, B ve C, U evreninde üç bulanık küme olsun. U'daki herhangi bir eleman x olmak üzere A, B ve C bulanık kümeleri için birleşim, kesişim ve tümleyen işlemleri,

Birleşim,
$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)], \quad (5.9)$$

veya

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (5.10)$$

şeklindedir. Burada olduğu gibi A ve B gibi iki tane bulanık kümenin birleşimi durumunda her bir kümeye ait öğenin A ve B'deki üyelik derecelerinin en büyüğü alınır.

Kesişim,
$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)], \quad (5.11)$$

veya

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (5.12)$$

şeklindedir. Burada iki kümede de bulunan ortak öğelerin üyelik derecelerinin en küçüğü alınır.

Tümleyen,
$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (5.13)$$

şeklinde ifade edilir. Ayrıca klasik kümeler için De Morgan kuralı bulanık kümeler için de geçerlidir ve aşağıdaki ifade edilir (Ross, 1995).

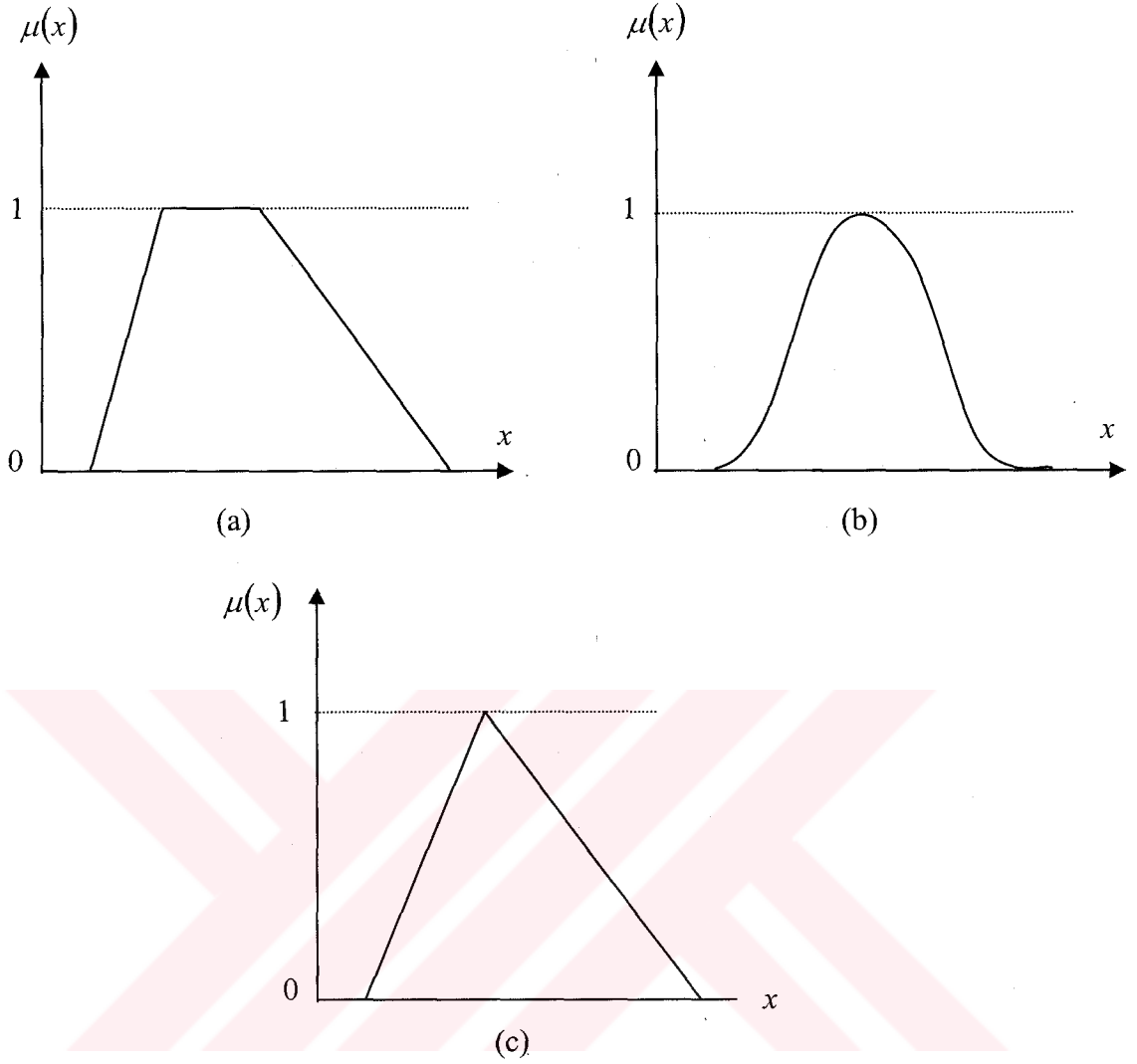
$$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B} \quad (5.14)$$

$$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B} \quad (5.15)$$

Üyelik fonksiyonu bulanık küme elemanlarının kümeye ait olma derecesini belirleyen matematiksel bir ifadedir. Bulanık kümeler her zaman nesneler evrenini, X , $[0,1]$ birim aralığına taşıyan fonksiyonlardır (Ross, 1995).

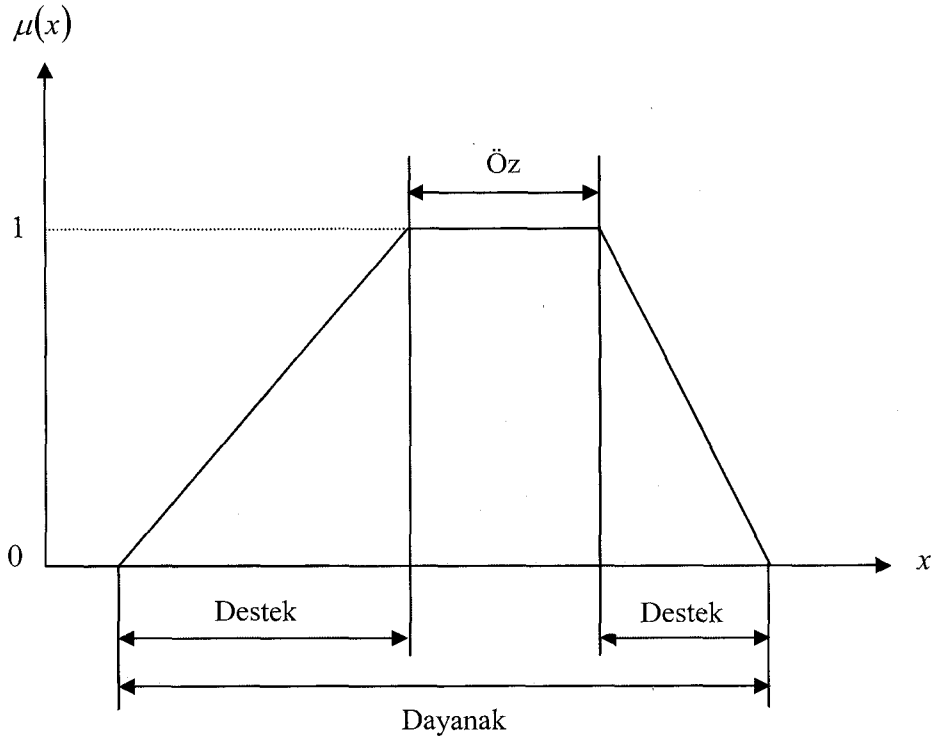
Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyona (önem eğrisi) denilmektedir. Üyelik fonksiyonunun en önemli özellikleri, alt küme sınırlarındaki değerlerin ortadaki öğelerinkine göre daha düşük olmasıdır. Klasik kümelere benzerlik teşkil etmesi açısından en büyük önem derecesine sahip olan ortaya yakın öğelere 1 üyelik değeri verilirse, diğerleri 0 ile 1 arasında ondalıklı ve sürekli olarak değişecektir. Bir başka deyişle, 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öğe için değerine üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilir. Böylece, üyelik fonksiyonu şemsiyesi altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecesine sahiptir.

Uygulamalarda en çok kullanılan düzgün şekilli üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, normal dağılım (çan eğrisi) şeklindeki üyelik fonksiyonlarıdır. Pratik uygulamalarda bunlardan en fazla üçgen, ondan sonra da yamuk olanı kullanılmaktadır (Ross, 1995; Zimmermann, 1985). Şekil 5.2’de değişik üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 5.2 Değişik üyelik fonksiyonları, yamuk (a), normal (b), üçgen (c)

Bulanık bir kümenin içerdiği tüm bilgi üyelik fonksiyonu ile ifade edildiğinden üyelik fonksiyonun iyi tanınması ve özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Ross, 1995; Şen, 2001). En genel hali ile, yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonu ve değişik kısımları Şekil 5.3'deki gibidir.



Şekil 5.3 Üyelik fonksiyonu kısımları

Yukarıda görüldüğü gibi bir bulanık kümede bir değil, birden fazla öğenin üyelik derecesi 1'e eşit olabilir. Bu durumda, 1 üyelik derecesine sahip öğelerin tam anlamı ile hiçbir şüphe olmaksızın sadece o kümeye ait oldukları sonucu ortaya çıkar. Bu şekilde üyelik derecesine sahip öğeler kümenin orta kısmında toplanırlar. Üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına , o kümenin özü (core) denir ve burada $\mu(x) = 1$ 'dir. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda sadece bir tane öğenin üyelik derecesi 1'e eşit olduğundan, üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir noktadır.

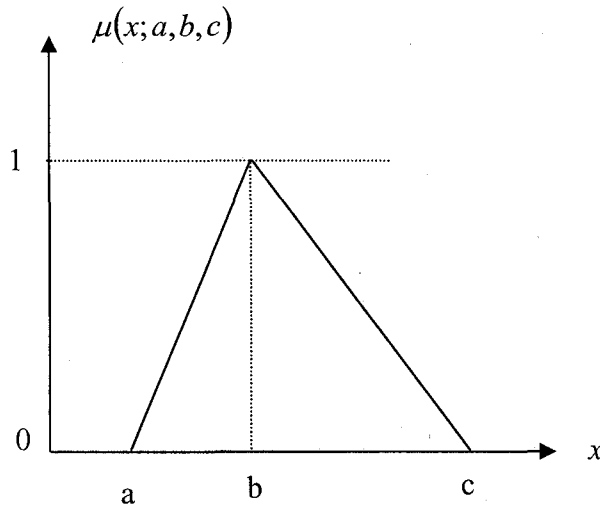
Bunun aksine bir bulanık kümenin özü haricindeki öğeleri içeren aralığa kümenin dayanağı (support) denir. Dayanakta bulunan her öğenin üyelik derecesi az ve çok değerde (0 ile 1 arasında) değişir ve matematiksel olarak $\mu(x) > 0$ şeklinde gösterilir.

Üyelik dereceleri 0'a ve 1'e eşit olmayan öğelerin bulunduğu aralığa üyelik fonksiyonunun sınırları (boundary) veya geçiş bölgeleri denir ve matematiksel olarak $0 < \mu(x) < 1$ şeklinde ifade edilir. Bunlar kümenin kısmi öğeleridir ve bir kümeye bulanıklık özelliğinin sağlanması bu geçiş yerlerinin bulunması sonucundadır.

Eğer A reel ekseninde tanımlı konveks tek nokta (single-point) normal bir bulanık kümeye ise, A bulanık bir sayı olarak adlandırılır (Ross, 1995). Bulanık sayı terimi “10’a yakın”, “bir kaç” gibi kesin olmayan (imprecise) sayısal miktarları ele almak için kullanılmaktadır (Chen ve Hwang, 1992). İki bulanık sayı sadece ve sadece üyelik dereceleri aynı olduğunda birbirine eşittir. Bulanık kuralların öncül ve soncul kısımlarında bulunan, örneğin “hız yüksek” gibi bulanık küme kısımları birer yaklaşıklık ifade ederler. Bu yüzden “yaklaşık 3”, “yaklaşık 7”, “aşağı yukarı 9”, “5’den büyük ve yaklaşık” gibi ifadelerin hepsi bir bulanık (yaklaşık) sayıyı ifade eder. Bu yaklaşıklıkların herbiri bir bulanık alt kümeye karşılık gelir. Bu bulanık sayılarla bilinen aritmetik işlemlerin yapılması mümkün değildir (Zimmermann, 1987; Şen, 2001).

Bulanık sayılarla bazı kısıtlamalar altında işlemler yapılabilir. Bir bulanık sayının var olabilmesi için, bunun A gibi bir bulanık kümesinin normal, konveks (dış bükey), sınırlı destek ve her üyelik derecesi kesiminde kapalı ve sonlu bir aralığın bulunması gerekir. Anlamlı bulanık aritmetik işlemlerin yapılması için bulanık sayıların mutlaka sınırlı desteği ile dış bükey olmaları gerekir. Bulanık aritmetik işlemlere geçmeden önce iki önemli bulanık sayı olan üçgensel ve yamuk bulanık sayılardan bahsedilecektir.

Daha önce de belirtildiği gibi pratik uygulamalarda en fazla kullanılan iki bulanık sayı üçgensel (üçgen) bulanık sayı ve yamuk bulanık sayıdır. Şekil 5.4’de üçgensel bir bulanık sayı görülmektedir.



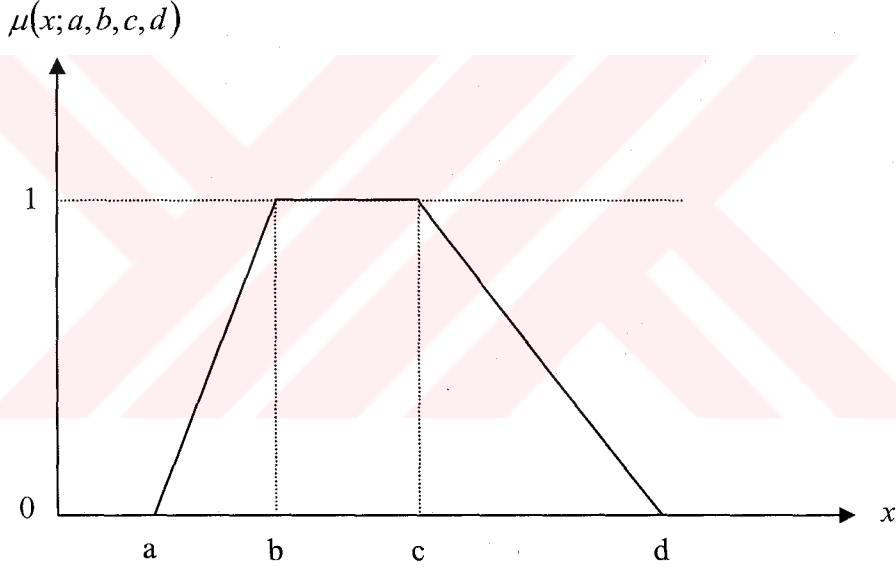
Şekil 5.4 Üçgensel bulanık sayı

A bulanık kümesi ile gösterilen bir üçgen bulanık sayının matematiksel ifadesi (üçgen üyelik fonksiyonu),

$$\mu(x) = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & \text{eğer } a \leq x < b \\ (c-x)/(c-b), & \text{eğer } b \leq x \leq c \\ 0 & , \text{eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (5.16)$$

şeklindedir. Buradaki a ve c bulanık küme desteğinin sırası ile alt ve üst sınır değerlerini, b ise tam üyelikli tek sayıyı göstermektedir.

Bir diğer önemli bulanık sayı olan yamuk bulanık sayı Şekil 5.5’de görüldüğü gibidir ve yamuk bulanık sayının matematiksel ifadesi üçgensel bulanık sayıya benzer olarak aşağıdaki gibidir,



Şekil 5.5 Yamuk bulanık sayı

$$\mu(x) = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & \text{eğer } a \leq x < b \\ 1 & , \text{eğer } b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c), & \text{eğer } c \leq x \leq d \\ 0 & , \text{eğer } x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (5.17)$$

Yamuk sayılar a, b, c ve d olmak üzere dört sayı ile temsil edilirler. Bunlardan a ve d bulanık sayının desteğinin sırasıyla alt ve üst sınırlarını, b ve c ise bu iki sayı arasındaki üyelik derecesi tam olan yamuk sayıların kümesinin sınırlarını gösterir. Eğer $b = c$ olursa yamuk bulanık sayı üçgen bulanık sayı haline dönüşecektir.

5.3 Bulanık Aritmetik İşlemler

Bulanık aritmetik işlemler genelleme ilkesinin (extension principle) doğrudan uygulamasıdır ve bulanık sayılarda kullanılır. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler ve özellikleri aşağıdaki gibidir;

5.3.1 Bulanık Sayılarla Toplama ve Çıkarma İşlemleri

M ve N bulanık sayılardan oluşan iki bulanık küme olmak üzere. Bu iki bulanık kümenin toplamı, $\forall x, y, z \in R$ olmak üzere,

$$M_{M+N}(z) = \max_{z=x+y} (\mu_M(x) \wedge \mu_N(y)) \quad (5.18)$$

şeklinde ifade edilir. Sağ taraftaki maks işaretinin altındaki $z = x + y$ eşitliği M ve N bulanık sayılarında değişkenlerden x ve y 'nin toplamının z ettiği tüm durumların bulunması demektir. Örneğin,

$$M = \{1/0,9 + 2/0,7 + 4/0,5 + 6/0,2 + 9/0,1\}$$

ve

$$N = \{2/1,0 + 3/0,6 + 4/0,3\} \text{ olsun.}$$

Bunların toplanması için önce her bir kümedeki öğeler kartezyen çarpımdaki gibi eşleştirilerek, eşleşen elemanların toplamı alınır. Böylece önce çarpım kümesinin öğeleri elde edilir. Bunlar $\{(1,2), (1,3), (1,4), (2,2), (2,3), (2,4), (4,2), (4,3), (4,4), (6,2), (6,3), (6,4), (9,2), (9,3), (9,4)\}$ gibi $5 \times 3 = 15$ adet öğe olarak bulunur. İkinci aşamada bu eşleşmiş değerlerin toplamı alınarak 15 birleşik öğeli küme elde edilir. Bu küme $\{3, 4, 5, 4, 5, 3, 3, 7, 8, 8, 9, 10, 11, 12, 13\}$ öğelerine sahiptir. Böylece, yukarıdaki genelleme işlemindeki $x + y = z$ işlemi yapılarak toplam bulanık kümesinin z öğeleri elde edilir. Şimdi bu öğelerin tek olanına toplamdaki $\mu_M(x)$ ve $\mu_N(y)$ değerlerinden küçük olanı tayin edilir. En son kümede 3 öğesi bir tanedir ve

bunun M'deki $\mu_M(x) = 0,9$ dereceli 1 ögesi ve N'deki $\mu_N(y) = 1,0$ üyelik dereceli 2 ögesi alındığından bu üyelik derecelerininin küçüğü olan 0,9 toplamdaki 3 ögesinin üyelik derecesini verir, yani $\mu_{M+N}(3) = \min[0,9;1,0] = 0,9$ elde edilir. O halde, toplam bulanık kümesinin ilk bulanık ögesi 3/0,9'dır.

Diğer taraftan, toplam kümede 4 ögesi 2 tane bulunmaktadır. Bunların önceki tek ögeye benzer şekilde olarak üyelik derecelerininin hesaplanması ile birinci 4 ögesinin üyelik derecesi için $\min[0,9;0,6] = 0,6$, diğerinin ise $\min[0,7;1,0] = 0,7$ elde edilir. Bu iki aynı miktardaki ögenin, yani 4 veya 4'ün olması için önceden elde edilen en küçük (min) üyelik derecelerinin en büyüklenmesi (maks) ile $\mu_{M+N}(4) = \max[0,6;0,7] = 0,7$ elde edilir. Yani 4 bulanık ögesi 4/0,7 şeklindedir. Diğer ögeler içinde aynı işlemleri gerçekleştirerek bulanık sayılardan oluşan sonuç toplam bulanık kümesi şu şekilde elde edilir,

$$\mu_{M+N}(z) = \{3/0,9 + 4/0,7 + 5/0,5 + 6/0,5 + 7/0,5 + 8/0,3 + 9/0,2 + 10/0,2 + 11/0,1 + 12/0,1 + 13/0,1\}.$$

Bulanık toplama işleminin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Chen ve Hwang, 1992; Ross, 1995)

- Değişme özelliği: $M + N = N + M$
- Birleşme özelliği: $(M + N) + K = M + (N + K)$
- $M + 0 = 0 + M$
- Simetrik olmama: $M + (-N) = (-N) + M \neq 0$, $-N$, N'nin görüntüsü iken üyelik fonksiyonu

$$\mu_{-N}(x) = \mu_N(-x) \quad (5.19)$$

şeklindedir.

Bulanık sayılarda çıkarma işlemi,

$$M_{M-N}(z) = \max_{z=x+(-y)} (\mu_M(x) \wedge \mu_N(-y)) = \max_{z=x+y} (\mu_M(x) \wedge \mu_{-N}(y)) \quad (5.20)$$

şeklinde ifade edilir. Aynı örnek üzerinden gidecek olursak, M ve N bulanık kümelerinin çıkarılması sonucunda elde edilen çıkarım bulanık kümesi, öncesindeki

çıkarımın öğeleri $\{-1, -3, -4, 0, -1, -2, 2, 1, 0, 4, 3, 2, 7, 6, 5\}$ olarak bulunur. Bu öğelerin her birinin üyelik derecelerinin yine toplama benzer şekilde en küçüklenmesi (min) ve en büyüklenmesi (maks) ile elde edilen çıkarım kümesinin son şekli,

$$\mu_{M \cdot N}(z) = \{-3/0,3 + -2/0,6 + -1/0,9 + 0/0,7 + 1/0,5 + 2/0,5 + 3/0,2 + 4/0,2 + 5/0,1 + 6/0,1 + 7/0,1\}$$

olarak bulunur.

5.3.2 Bulanık Sayılarla Çarpma ve Bölme İşlemleri

Bulanık sayıların çarpılması işlemi biraz daha karışıktır, çünkü bulanık sayıların işaretlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Chen ve Hwang, 1992).

M ve N pozitif bulanık sayılar olmak üzere,

$$\mu_M(x) = 0, \quad \forall x < 0 \quad (5.21)$$

ve

$$\mu_N(y) = 0, \quad \forall y < 0 \quad (5.22)$$

şeklinde olacaktır. z, M ve N'nin çarpımının sonucu olsun. $\mu_z(z)$ tepenin ($\mu_z(z) = 1$) solunda monotik artan, ve sağında da monotik azalan olduğundan, çarpma işlemi aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir (Kaufmann ve Gupta, 1985)

1. Sol tarafta, $xy \leq z$ şartını sağlayan tüm (x,y) çiftleri dikkate alınır. Böylece,

$\mu_z(z)$ 'nin sol tarafı şu şekilde tanımlanır;

$$\mu_{M \cdot N}(z) = \max_{xy \leq z} (\mu_M(x) \wedge \mu_N(y)) \quad (5.23)$$

2. Sağ tarafta, $xy \geq z$ şartını sağlayan tüm (x,y) çiftleri dikkate alınır. Böylece,

$\mu_z(z)$ 'nin sağ tarafı şu şekilde tanımlanır;

$$\mu_{M \cdot N}(z) = \max_{xy \geq z} (\mu_M(x) \wedge \mu_N(y)) \quad (5.24)$$

3. Süreci basitleştirmek için, (x,y) çiftlerinden herhangi birinin üyelik derecesi 0 olanlar atlanır. Tersine, $\mu_{M \cdot N}(z)=1$ 'i sağlayan z değeri bulunur. Bu hangi z değeri için tepenin solundan sağına geçildiğini gösterecektir.

Başka bir şekilde açıklayacak olursak, iki bulanık sayının çarpım ve bölüm işlemlerinin anlaşılması için öncelikle aralık sayılarının bu işlemler karşısında nasıl davranacaklarını izah edilmesi gerekmektedir (Şen, 2001). Bir aralık sayısı sadece alt ve üst sınır değerleri ile belirlenir. Bunun diğre bir anlamı, bu alt ve üst sınırlar arasında bulunan bütün sayıların üyelik derecelerinin 1'e eşit olduğu kabul edilirse, üçgen veya yamuk yaklaşık sayıları yerine dikdörtgen bir sayı elde edilir.

Aralık sayılardan iki tanesi $A=[a, b]$ ve $B=[c, d]$ olsun. Bunların çarpımı tanım olarak,

$$A \cdot B = [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)]$$

şeklinde verilir. Örneğin, $A=[-3, 4]$ ve $B=[1, 9]$ ise,

$$A \cdot B = [\min(-3, -27, 4, 36), \max(-3, -27, 4, 36)] = [-27, 36]$$

elde edilir. Kural olarak, ilk sayının önce alt sınırı, sonraki sayının alt ve üst sınırları ilr çarpılarak iki sayı ve benzer olarak, ilk sayının üst sınırı ile yine sonraki sayının üst ve alt sınır değerleri çarpılarak elde edilen diğre iki sayı önceki iki sayı ile birlikte düşünülürse, çarpım işleminin sonucunu içeren dört öğeli bir küme elde edilir. İşte bu küme öğelerinin en küçüğü çarpımın alt sınırını, en büyüğü ise üst sınırını gösterir.

Bulanık çarpma işleminin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Chen ve Hwang, 1992; Ross, 1995)

1. M ve N 'nin işaretleri aynı ise $M \cdot N$ pozitif bir bulanık sayıdır.
2. $-M \cdot N = -(M \cdot N)$ olduğundan, M ve N farklı işaretler alabilirler.
3. Bulanık sayıların çarpımı değişme ve birleşme özelliklerine sahiptir,

$$M \cdot N = N \cdot M \quad (5.25)$$

ve

$$(M \cdot N) \cdot K = M \cdot (N \cdot K) \quad (5.26)$$

4. M 'nin tersi M^{-1} şeklinde ifade edilir ve $M \cdot M^{-1} \neq 1$ 'dir.

Bulanık sayılarda bölme işlemi benzer şekilde,

$M : N$ 'nin sol tarafı için,

$$\mu_{M:N}(z) = maks_{z \geq x/y} = (\mu_M(x) \wedge \mu_N(y)), \forall x, y, z. \quad (5.27)$$

ve

$M : N$ 'nin sağ tarafı için.

$$\mu_{M:N}(z) = maks_{z \leq x/y} = (\mu_M(x) \wedge \mu_N(y)), \forall x, y, z. \quad (5.28)$$

şeklindedir.

Bölme işlemi çarpma işleminin bir uzantısıdır ve N^{-1} , N 'nin tersi olmak üzere

$M \cdot N = M : N^{-1}$ 'dir. N^{-1} de şu şekilde ifade edilir,

$$\mu_{N^{-1}}(y) = \mu_N(1/y) \quad (5.29)$$

Bunu kullanarak çarpmada olduğu gibi aşağıdaki şekilde formülize edilebilir,

$$\mu_{M:N^{-1}}(z) = maks_{z \geq x(1/y)} = (\mu_M(x) \wedge \mu_N(1/y)) = maks_{z \geq xy}(\mu_M(x), \mu_{N^{-1}}(y)) \quad (5.30)$$

ve

$$\mu_{M:N^{-1}}(z) = maks_{z \leq x(1/y)} = (\mu_M(x) \wedge \mu_N(1/y)) = maks_{z \leq xy}(\mu_M(x), \mu_{N^{-1}}(y)) \quad (5.31)$$

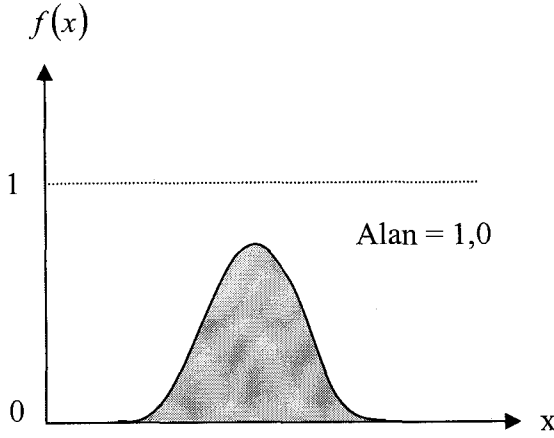
Olasılık (probability) ve olabilirlik (possibility) ile tesadüfîlik ve bulanıklık kavramlarının farkları bulanık küme teorisinde önem kazanır (Kahraman ve Tolga, 1998). Olasılık ve olabilirlik kavramları arasındaki fark Zimmermann'ın (1985) verdiği örnekle kolayca anlaşılabilir. Tablo 5.3, 1'den 9'a kadar oluşan bir x kümesini göstermektedir. P_x , olasılığı; B_x ise olabilirliği temsil etmektedir. Her ikisi de için sınır 0'dan 1'e kadardır.

Tablo 5.3 Olabilirliğe karşı olasılık

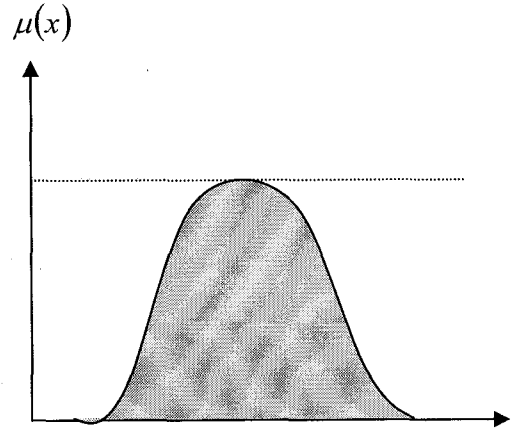
x: Hans'ın kahvaltıda yediği yumurta sayısı ve $x = \{1, 2, \dots, 9\}$									
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B _x	1	1	1	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0
P _x	0,1	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Olasılık yaklaşımı, Hans'ın kahvaltıda yumurta yediği gün sayısını belirlemek için kahvaltı yaptığı günlerin gözlenmesini gerektirmektedir. 100 günlük bir gözlem sonucunda, Hans'ın 80 gün iki yumurta, 10 gün bir yumurta ve 10 gün 0 yumurta yediği belirlenmiş olsun. Buna karşılık olabilirlik yaklaşımı, Hans'ın iştahına ait bir miktar bilgiye dayandırılır, gözlem yapılmasını gerektirmez. Hans'ın günde 1, 2, 3 ve 4 yumurtayı eşit rahatlıkla yiyebileceği kesinlikle biliniyor olsun. Bundan dolayı 1, 2, 3 veya 4 yumurta yemesinin olabilirlikleri 1,0'dır. Bununla birlikte, günde 5 yumurta yemesinin olabilirliği daha az kesin olduğundan, bu olabilirlik değeri sadece 0,8'dir. Bunun anlamı, Hans'ın 0,8 kesinlikle günde 5 yumurta yediğidir. 0,8 nümerik değeri, Hans'ın günde 2 yumurta yemesi olasılığı ile karıştırılmamalıdır.

Tesadüfîlik ve bulanıklık arasındaki fark ise, tesadüfî sayılar ve bulanık sayılar farkı ile ortaya konabilir (Kahraman ve Tolga, 1998). Tesadüfî bir sayı $\mu_x = f(x)$ gibi bir üyelik fonksiyonuna sahiptir. Burada $f(x)$, $\int_{\mathbb{R}} f(x)dx = 1$ eşitliğini sağlayan bir olasılık yoğunluk fonksiyonudur ve genellikle de konvektir. Şekil 5.6.a'da tesadüfî bir sayı gösterilmektedir. Bulanık bir sayı ise Şekil 5.6.b'de gösterilmektedir. Bu eğrinin altında kalan alan 1'den fazla olabilir.



Şekil 5.6.a Tesadüfi bir sayı



Şekil 5.6.b Bulanık bir sayı

5.4 Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme ve Bulanık AHP

Çok ölçütlü karar verme birden fazla, genellikle birbiriyle çatışan (çelişen) ölçütlerin olması durumunda alternatifler arasından seçim yapmak ile ilgilidir. Çok ölçütlü karar verme problemleri birbirinden oldukça farklı olmasına rağmen, hepsinin ortak bazı karakteristikleri vardır. Bunlar (Chen ve Hwang, 1992);

- Alternatifler: sınırlı sayıda alternatifler arasında önceliklendirme, seçilme ve sıralama yapılır. Buradaki alternatif teriminin yerine adaylar ya da sebepler de kullanılabilir.
- Çok Ölçüt: her problemde birden fazla ölçüt vardır. Karar verici her bir problem için ilgili ölçütlere göre karar verir. Ölçüt teriminin yerine hedef yada kriter de kullanılabilir. Bir çok durumda ölçüt sayısı çok fazla olduğunda ölçütler hiyerarşik olarak yapılandırılır. Bir kaç tane ana ölçüt bulunabilir ve diğer alt ölçütler bunların altında ifade edilir. Miller (1965) tarafından ortaya atılan teoriye göre 7'nin 2 fazlası ve 2 eksiği kadar ölçüt için karar verici gerekli bilgiyi verebilir.
- Ölçütler Arasında Çelişki (conflict): birden fazla ölçüt olduğunda genellikle bunlar arasında çelişki vardır. Örneğin, bir araba seçim probleminde yakıt tüketimi bakımından ekonomik olması arabanın boyutlarının daha da küçük olmasına ve konfor seviyesinin azalmasına neden olabilir.
- Uyumsuz Birimler: her bir ölçüt farklı bir ölçüm birimine sahiptir. Araba seçim probleminde, yakıt tüketimi km/TL, konfor eğer yolcu için iç hacim

cinsinden ölçülürse m^3 , maliyet TL ve de güvenlik sayısal olmayan bir birimle ifade edilebilir.

- Karar Ağırlıkları: tüm çok ölçütlü karar verme problemleri ve metodlarında her ölçüt için göreceli ağırlıklarla ilgili bilgiye ihtiyaç vardır. Bu göreceli önemler toplamı 1 olacak şekilde normalize edilen ağırlıklar şeklindedir. Bu ağırlıklar karar verici tarafından doğrudan belirlenebileceği gibi, özvektör yöntemi veya ağırlıklı en küçük kareler yöntemi ile hesaplanabilir.
- Karar Matrisi: bir çok ölçütlü karar verme problemi matris formatında da ifade edilebilir.

Günlük hayatta karşılaşılan problemlerde genellikle ölçütlere göre alternatiflerin değerlendirmesi tam ve kesin olarak yapılamaz. Bu kesin ve tam olmayışın çeşitli kaynakları olabilir. Bunlar (Chen ve Hwang, 1992);

- Sayısallaştırılamayan Bilgi: bir arabanın fiyatı para birimi ile ifade edilerek kolayca sayılaştırılabilirken arabanın konforu veya güvenliği sayısallaştırılamaz. Konfor ve güvenlik gibi terimler genellikle iyi, orta, kötü gibi dilsel (linguistic) terimlerle ifade edilir ve bunlar bireyin öznel değerlendirmesine dayanan kalitatif verilerdir.
- Eksik Bilgi: hızlı hareket eden bir cismin hızı herhangi bir aletle ölçülebilir ve yaklaşık (ya da civarı) 200 km/sa şeklinde belirlenebilir ama tam olarak 200 km/sa şeklinde belirtilemez. Bu gibi veriler de bulanık kümeler ile ifade edilebilir.
- Elde Edilemeyen Bilgi: bazen klasik ve kesin (crisp) veri elde edilebilir ama maliyeti çok yüksek olabileceğinden dolayı karar verici bu verinin yaklaşık değerini seçebilir. Verilerin çok duyarlı olduğu durumda yaklaşık bazı veriler veya dilsel tanımlamalar kullanılır. Bu yüzden de bilgi bulanıktır.
- Kısmi Aldırmazlık ya da Görmezden Gelme (ignorance): bazı bulanıklık kısmi görmezden gelme ya da görememeden kaynaklanabilir, çünkü insan sadece gerçeğin bir kısmını bilebilir.

Klasik çok ölçütlü karar verme yöntemleri bu gibi kesin olmayan bilginin bulunduğu problemleri etkin bir şekilde ele alamaz (Bellman ve Zadeh, 1970; Chen ve Hwang,

1992; Zimmermann, 1994, Yager, 1996). Bu sebeplerden dolayı bu sorunları ortadan kaldırmak için bulanık kümeler teorisi kullanılmaktadır.

Bulanık kümeler teorisinin çok ölçütlü analize ilk uygulaması Bellman ve Zadeh (1970) tarafından bulanık karar verme ile bir olası rotanın ortaya koyulması için yapılmıştır (Chen ve Hwang, 1992; Chan ve diğ., 2003)

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin bir çoğunun bulanık biçimi geliştirilmiştir. Bunlar çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya koyulmuş ve farklı alanlarda uygulanmışlardır. Geliştirilen bu bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin teorik yapısı, hesaplama prosedürü ve karakteristikleri de birbirinden farklıdır. Bu yöntemlerin çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konan yaklaşımları, kullanılan veri tipi, baz aldığı klasik çok ölçütlü karar verme yöntemi ve kullandığı tekniğe göre sistematik sınıflandırılması Tablo 5.4'deki gibidir (Chen ve Hwang, 1992).



Tablo 5.4 Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri (Chen ve Hwang, 1992)

BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME				
Veri Tipi	Baz Alınan Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi	Kullanılan Teknik	Yaklaşımlar	
Tümü Bulanık	Basit Ekleme Ağırlıklandırma Yöntemi	α - Kesimi	Baas ve Kwakernaak (1977) Kwakernaak (1979) Dubois ve Prade (1980) Cheng ve Mcinnis (1980)	
		Bulanık Aritmetik Özvektör Yöntemi	Bonissone (1980, 1982) Saaty (1977)	
	AHP	Ağırlık Değerlendirme Aritmetik İşlemi	Laarhoven ve Pedrycz (1983) Buckley (1984, 1985)	
		Sentetik Değerler	Chang (1992, 1996)	
Klasik/Bulanık	Birleştirme/Ayrıştırma Yöntemi (Conjunction/Disconjunction Method)	Olasılık ve Gerekliklik Ölçüleri	Dubois ve diğ. (1988)	
	Çok Ölçütlü Fayda Fonksiyonu		Efatathiou ve Rajkovic (1979)	
	Genel Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi	Sıralama Yöntemleri Bulanık Aritmetik	Negi (1989)	
Tümü Klasik	Eleme (Outranking) Yöntemi	Bulanık Eleme (outranking) ilişkisi	Siskos ve diğ. (1984) Branca ve diğ. (1984)	
Tümü Bulanık	Maximin	Max ve Min operatörleri	Bellman ve Zadeh (1970) Yager (1978)	
Klasik/Bulanık	Genel Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi	Dilsel $\rightarrow$ Bulanık küme $\rightarrow$ Klasik puan	Chen ve Hwang (1992)	

5.4.1 Bulanık AHP Yöntemleri

Literatürde çeşitli yazarlar tarafından önerilen bir çok bulanık AHP yöntemi bulunmaktadır. Bu metodlar bulanık küme teorisi kavramını ve hiyerarşik yapı analizinin kullanarak bir alternatifin seçimi ve ağırlıklandırmaya yönelik sistematik yaklaşımlardır. Karar verici genellikle kesin değer içeren değerlendirme yapmak yerine aralıklı değerlendirme yapmayı daha emin bulacaktır. Bunun nedeni karar vericinin karşılaştırma sürecinin bulanıklığından dolayı tercihlerini belirgin yapamamasıdır (Kahraman ve diğ., 2003; Büyüközkan ve diğ., 2003). Bulanık AHP ile ilgili ilk çalışma Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Van Laarhoven ve Pedrycz üçgensel üyelik fonksiyonları ile tanımlanan bulanık oranları karşılaştırmaktadır. Buckley (1985), yamuk üyelik fonksiyonları ile karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemektedir.

Stam ve diğ. (1996), son zamanlarda geliştirilen yapay zeka tekniklerinin AHP yönteminde tercih puanlamalarının (preference ratings) belirlenmesi veya yaklaşık olarak elde edilmesinde nasıl kullanılabileceğini ortaya koymaktadırlar. Bunun sonucunda yazarlar ileri besleme (feed-forward) sinir ağları formülasyonunun kesin olmayan veya bulanık oran skalalı tercih değerlendirmeli ayrık alternatif çok kriterli karar verme problemlerinin analizi için daha güçlü bir araç olduğu sonucuna varmaktadırlar.

Chang (1996), bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma skalası için üçgensel bulanık sayıların kullanılması ve ikili karşılaştırmaların sentetik derece değerleri için derece analiz yönteminin kullanılması içeren yeni bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Cheng (1996), üyelik fonksiyonlarının sınıf değerini (grade value) baz alan bulanık AHP yöntemini kullanarak deniz taktik füze sistemlerinin değerlendirmesi için bir algoritma önermektedir.

Weck ve diğ. (1997), bulanık matematiği klasik AHP'ye uygulayarak farklı üretim çevrim (production cycle) alternatiflerinin değerlendirilmesi için bir metod sunmaktadırlar. Bu anlamda değerlendirilen herhangi bir üretim çevrimi bir bulanık kümeyi ortaya çıkarmaktadır. Bu analizin sonucu son olarak bulanık kümenin ağırlık merkezi yüzeyini (surface of center of gravity) oluşturarak durulaştırılır (defuzzification) ve incelenen alternatif üretim çevrimi ana hedef kümesine göre sıralanır.

Deng (1999), kalitatif çok kriterli karar verme problemlerini basit ve açık bir şekilde ele almak için bir bulanık yaklaşım ortaya koyar. Lee ve diğ. (1999), AHP'nin arkasındaki ana fikirleri gözden geçirirler. Bu fikirlere dayanarak, karşılaştırma aralığı kavramını ortaya koyarlar ve global tutarlılığı sağlamak ve karşılaştırma sürecinin bulanıklığını göz önüne almak için stokastik optimizasyona dayalı bir metodoloji önerirler. Cheng ve diğ. (1999), dilsel değişken ağırlıklarına dayalı AHP yöntemini kullanarak, silah sistemlerinin değerlendirilmesi için yeni bir metod önerirler. Zhu ve diğ. (1999), bazı derece analiz (extent analysis) metodlarını ve bulanık AHP uygulamalarını tartışmaktadırlar.

Leung ve Cao (2000), bulanık AHP'deki alternatifler için tolerans sapmasını dikkate alan bir bulanık tutarlılık tanımı önerirler. Esasen, tolerans sapmalarına izin veren göreceli önemlerin bulanık oranları , yerel önceliklerin üyelik derecelerinde kısıtlar olarak formüle edilir. Bulanık yerel ve genel (global) ağırlıklar genelleme prensibi ile belirlenir. Alternatifler, maksimum-minimum sıralama yöntemi uygulanarak genel ağırlıklara göre sıralanırlar.

Mikhailov (2000), AHP yönteminde ikili karşılaştırma matrislerinden önceliklerin elde edilmesinin AHP'nin en önemli bileşenlerinden biri olduğunu belirterek, öncelik vektörünün bu matrislerden elde edilmesi için en fazla kullanılan öz vektör metodu ve logaritmik en küçük kareler yönteminin yerine önceliklendirme sürecinin geometric temsiline dayanan alternatif bir yeni bulanık programlama metodu önermektedir. Bu yöntemde, önceliklendirme problemi standart lineer program şeklinde çözülebilen bulanık programlama problemine dönüşmektedir. Bu yöntemin özellikle karar vericinin tercihleri oldukça tutarsız olduğu durumda diğer yöntemlerden daha iyi sonuç vereceği belirtilmektedir.

Chou ve Liang (2001), AHP yöntemini ve entropi kavramını kullanarak deniz taşımacılığı firmasının performans değerlendirmesi için bir bulanık çok kriterli karar verme modeli önermektedirler. Modelde AHP, kriterlerin ve alt kriterlerin öznel ağırlıklarını bulmak için kullanılmakta, ve daha sonra üçgensel ve yamuk bulanık sayılarla karakterize edilen dilsel değerler kullanılarak alternatiflerin çeşitli öznel ve nesnel kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmaktadır. Yamuk bulanık sayılar finansal değerlendirme değerlerini, üçgensel bulanık sayılar ise öznel kriterleri temsil etmektedirler. Son olarak da en iyi seçimi yapmak için çeşitli gemi taşımacılığı

yapan firmaların biraraya toplanan (composite) bulanık değerlendirmeleri sıralanmaktadır.

Tsaur ve diğ. (2002), hava yollarının, bir çok ölçütün birleşimi olan servis kalitesinin değerlendirilmesi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini uygulamaktadırlar. Servis kalitesi bir çok ölçütün bileşkesi olmasından ve de bunların çoğunun soyut (intangible) ölçütler olmasından dolayı ölçülmesinin zor olduğu belirtilerek performans ölçümünde bulanık kümeler teorisi kullanılmaktadır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi ve bunların sıralanması için de TOPSIS tekniğini kullanılmaktadırlar.

Kuo ve diğ. (2002), yeni mağaza yerleştirmek için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Önerilen sistemin ilk bileşeni bulanık AHP için hiyerarşi yapısının geliştirilmesidir. Yu (2002), mutlak terim linerazasyonu (absolute term linearization) tekniği ve bulanık puanlamayı birleştirerek grup karar verme bulanık AHP problemleri için bir hedef programlama-AHP modeli ortaya koymaktadır. Bu modelde hedef programlama özelliği bulanık AHP problemini iyileştirmek için kullanılmaktadır

Rong ve diğ. (2003), işletme atıklarının değerlendirilmesi ve önemli israfların ortadan kaldırılması için AHP yönetimi ve bulanık küme teorisini kullanarak bir metod sunmaktadır. Değerlendirme, kümeleme (clustering) ve sıralama olmak üzere üç adımdan oluşan modelde, ilk olarak zararlı atık kaynaklarının belirlenmesi ve her bir atık çeşidinin zararlılığını ölçmek için AHP'nin kullanıldığı bir atık değerlendirme indeksi elde edilmektedir. İkinci adımda, daha zararlı atıkların kümelendirilmesi için bulanık kolerasyona dayalı bulanık kümeleme yapılarak önemli atık kaynakları özetlenmektedir. Son olarak da bulanık geniş kapsamlı değerlendirme kullanılarak ortadan kaldırılacak her bir çeşit önemli atık kaynağının önceliği sıralanmaktadır. Modelin geçerliliği bir saha çalışması ile ortaya koyulmaktadır.

Shamsuzzaman ve diğ. (2003), esnek imalat sistemleri alternatiflerinin sıralanarak bunlardan en uygun olanının seçilmesi için bulanık AHP yöntemini kullanılmaktadırlar. Bulanık kümeler, 14 tane seçim kriterinin dilsel değişkenler ile şeklinde belirtilmesinde kullanılmaktadır. Önerilen yapıda, AHP yöntemi seçim kriterlerinin göreceli ağırlıklarını ve önemlerini belirlemek için kullanılmaktadır.

Enea ve Piazza (2003), bir çok olası proje alternatifleri arasından bir tanesinin seçimi problemi için AHP yönteminin bulanık uzantısını kullanmaktadırlar. Çalışma tüm elverişli bilgilerin hesaba katılması için bulanık AHP’de düşünülmesi gereken kısıtlar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sunulan yöntemde iki tane yeni algoritma önerilmektedir.

Bozdağ ve diğ. (2003), sayısallaştırılabilen ve sayısallaştırılamayan faktörleri dikkate alarak dört farklı bulanık çok ölçütlü grup karar verme metodunu kullanarak bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinin seçimi problemini inceleyerek sonuçları karşılaştırmaktadırlar. Burada kullanılan metodlar, Blin tarafından önerilen bulanık grup karar modeli, bulanık sentetik değerlendirme, Yager’in ağırlıklı amaçlar metodu ve bulanık AHP’dir. Kahraman ve diğ. (2003a), Chang’ın (1996) bulanık AHP yöntemini kullanarak tedarikçi seçimi problemini incelemektedirler.

Büyüközkan ve diğ. (2004), yazılım geliştirme stratejisinin seçimi için bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı sunmaktadırlar. Bulanık nakit akışı ve bulanık AHP’yi kullanarak ekonomiklik ve kalite faktörlerine göre yazılım geliştirme projesi için alternatif stratejiler değerlendirilmekte ve içlerinden bir tanesi seçilmektedir. Model gerçek bir uygulama üzerinde gösterilmektedir. Sheu (2004), arz ve talep çevrelerinin kamaşık ve belirsiz olduğu durumlarda global lojistik stratejilerinin tanımlanması için bulanık AHP ve bulanık çok ölçütlü karar verme metodlarını bütünleştiren melez (hybrid) bir bulanık metod önermektedir. Ayrıca, Kulak ve Kahraman (2004) ve Kahraman ve diğ. (2004), Chang’ın bulanık AHP yöntemini çeşitli çok ölçütlü karar verme problemlerine uygulamaktadırlar.

Literatürde çeşitli yazarlar tarafından ortaya konan ve teorik yapı olarak birbirinden farklılık gösteren bulanık AHP yaklaşımları ve metodlarının karşılaştırılması Tablo 5.4’deki gibidir. Buradaki karşılaştırma avantaj ve dezavantajları içermektedir.

Tablo 5.4 Bulanık AHP metodlarının karşılaştırılması (Büyüközkan ve diğ., 2004)

<i>Kaynak</i>	<i>Metodun önemli karakteristikleri</i>	<i>Avantaj (+) ve Dezavantajları (-)</i>
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	* Saaty'nin AHP metodunun üçgen bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır	+ Birden fazla karar vericinin düşünceleri karşılıklı (reciprocal) matrislerde modellenenabilir. - Küçük bir problem için bile çok fazla matematiksel işlem gerektirir. - Sadece üçgen bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.
Buckley (1985)	* Saaty'nin AHP metodunun yamuk bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır * Geometrik ortalama kullanarak bulanık ağırlıkları ve performans skorlarını elde eder.	+ Bulanık duruma genişletmek kolaydır + Tek bir sonucu garanti eder - Hesap gereksinimi çok fazladır
Boender et al. (1989)	* Van Laarhoven ve Pedrycz'in metodunun biraz geliştirilmiştir. * Yerel önceliklerin normalizasyonu için daha sağlam bir yaklaşım sunar	+ Birden fazla karar vericinin düşünceleri modellenenabilir - Hesap gereksinimi çok fazladır
Chang (1996)	* Sentetik derece değerleri * Seviye basit sıralaması * Karma toplam sıralama	+ Hesap gereksinimi daha azdır + Klasik AHP'nin adımlarını izler. İlave işlem gerektirmez. - Sadece üçgen bulanık sayılar kullanılabilir
Cheng (1996)	* Bulanık standartlar oluşturur * Performans skorlarını üyelik fonksiyonları ile ifade eder * Toplam ağırlıkları hesaplamak için entropi kavramlarını kullanır	+ Çok fazla hesap gerektirmez - Olasılık dağılımı bilindiğinde entropi kullanılır. Metod hem olasılık hem de olabilirlik ölçülerine dayanır

5.5 Bulanık Kümelerle Risk Analizi ve Değerlendirmesi

Bulanık küme teorisi ile risk analizi ve değerlendirme çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Bonvicini ve diğ. (1998), bulanık mantığı uygulayarak zararlı maddelerin karayolu ve boru hatları ile taşınmasının risk değerlendirmesini yapmaktadır. Belirsizliği bulanık mantık ile değerlendirirken, kesin olmayan girdi parametreleri bulanık sayılarla ifade edilmekte ve hesaplamalar bulanık aritmetik ile yapılmaktadır.

Horgby (1998), nümerik dereceleme sistemiyle risklerin sınıflandırılması yerine bulanık çıkarım (inference) metodolojisi kullanılarak hayat sigortası risklerinin sınıflandırılmasını önermektedir. Risk faktörleri bulanık kümeler şeklinde tanımlanarak ölümcül riskler modellenmektedir.

Braglia ve Bevilacqua (2000), üretim sistemlerinin güvenilirliğinin ve risk seviyesinin analizinin genellikle öznel değerlendirme ve/veya kesin olmayan veri gerektirdiğini belirterek, hata modu (mode), etki ve kritiklik analizi için bulanık mantık tekniği kullanarak bir karar destek sistemi sunmaktadırlar. AHP yöntemi bulanık model için kuralların belirlenmesine kullanılmaktadır. Uzmanların farklı düşüncelerini değerlendirmek için üçgensel bulanık sayılar kullanılır. Modeli test etmek için bir buzdolabi üreten bir İtalyan firmasında uygulama gerçekleştirirler.

Kuchta (2001), proje aktivitelerinin ve tüm projenin kritikliğini bulanık bir şekilde ölçülmesi için bir yöntem sunmaktadır. Buradaki kritiklik ölçüsü riskin ölçüsü olarak tanımlanmakta ve bu ölçü projenin kabul edimesi ya da geri çevrilmesinin ölçütü olarak kabul edilmektedir. Bu yaklaşımda, karar verici “çok kritik”, “biraz kritik” vb. şekillerde bulanık sayı biçiminde değerlendirmesini yapmaktadır. Bu yaklaşıma göre, projenin kritikliği ($Crit Pr$) şu şekilde elde edilmektedir,

$$Crit Pr = \sum_{i=1}^N w_i . Crit_i \quad (5.32)$$

burada w_i ($i = 1, 2, \dots, N$) aktivitelerin ağırlıklarını, N proje aktivitelerinin sayısını ve $Crit_i$ de her bir aktivitenin kritikliğini temsil etmektedir.

Carr ve Tah (2001), inşaat projelerine yönelik kalitatif risk değerlendirmesi için hiyerarşik bir risk yapısının bulunduğu bulanık bir risk analizi modeli önermektedir. Risk faktörleri, riskler ve risklerin sonuçları arasındaki ilişkiler neden-sonuç diyagramları ile gösterilmektedir. Risk tanımları ve sonuçları dilsel değişkenler ile tanımlanmaktadır. Risk kaynakları ile proje performans ölçüleri üzerindeki sonuçlarının arasındaki ilişkiyi belirlemek ve sayısallaştırmak için bulanık yaklaşıklık (fuzzy approximation) ve birleştirmeyi (composition) kullanmaktadırlar. Bu modelin ana amacı, risk bileşenlerinin bulanık tahminlerine dayanarak, tüm projenin zaman, maliyet, kalite ve güvenlik performans ölçüleri üzerindeki sonuçlarını göz önünde bulundurarak riskin değerlendirilmesidir.

Cho ve diğ. (2002), klasik risk değerlendirme modellerine belirsizliği bulanık kavramları kullanarak katmak için bir metodoloji önermektedir. Probabilistik parametre tahminleri ve öznel değerlendirmelerdeki belirsizlik derecesini temsil eden belirsizlik aralığı için bazı bulanık üyelik fonksiyonları ortaya koyarlar. Herhangi bir değere yakın, analiz edilen değerden daha yüksek ve daha düşük gibi dilsel değişkenler için üç tane üyelik fonksiyonu önerirler.

Huang (2002), iç-dış küme (interior-outer set) modelini kullanarak tarım ürünleri için sel riskini hesaplar ve Çin'deki Huarong bölgesi için çiftçilik alternatiflerini sıralar. Uzman görüşü ve tecrübesi yerine bilgi dağılım metodunu kullanarak olabilirlik-olasılık dağılımları hesaplar. Modelde bulanık kümeler olasılık tahminlerinin kesin olmayışını göstermek için kullanılmaktadır. Modelde olabilirlik-olasılık dağılımlarını esas alarak alternatiflerin nasıl sıralanacağı detaylı bir şekilde anlatılmakta ve histogram tahminleri yerine hesaplanan bulanık riske göre sıralama yapmanın daha iyi olduğu gösterilmektedir.

Huang ve Moraga (2002), Huang (2002) tarafından önerilen model için uygulaması daha kolay bir matris algoritması geliştirirler ve bunu şiddetli bir depremin riskinin hesaplamasına uygularlar.

Lee ve diğ. (2003), yazılım geliştirme sürecinin herhangi bir safhasındaki toplam risk derecesini değerlendirmek için bulanık kümeler teorisini kullanarak yeni bir algoritma ortaya koymaktadırlar. Bu algoritmada her bir risk, riskin puanı ve riskin önemi için üçgensel bulanık üyelik fonksiyonları ile bulanık kümeler kullanılarak sıralanır.

Chen ve Chen (2003), genelleştirilmiş bulanık sayıların ölçülerine dayanan bir bulanık risk analizi metodu sunmaktadır. İlk olarak genelleştirilmiş bulanık sayıların ağırlık merkezi (center of gravity) noktalarını hesaplamak için basit ağırlık merkezi adlı metodu önerirler. Bu metodu genelleştirilmiş bulanık sayıların benzerlik derecesini ölçmek için kullanırlar. Önerilen benzerlik derecesi metodunu bulanık risk analizi problemlerine uygulayarak yeni bir yaklaşım ortaya koymaktadırlar. Bu metotta, karar vericilerin düşüncelerinin güven derecesi de dikkate alınmaktadır.

Murtaza (2003), üçgensel bulanık sayıların kullanıldığı bulanık AHP yöntemini ülke risk değerlendirmesi problemine uygulamaktadır. Çalışmada yatırım yapılması düşünülen çeşitli ülkeler sosyal, politik ve ekonomik faktörlere göre değerlendirilir.

5.6 Chang'ın Bulanık AHP Yöntemi

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ nesneler kümesi olsun, ve $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ amaç kümesi olsun. Chang'ın derece analiz modeline (extent anlysis model) göre, her bir nesne alınır ve her bir amaç, g_i için derece analizi sırasıyla gerçekleştirilir (Chang, 1992; 1996). Bu yüzden her bir nesne için aşağıdaki gösterildiği gibi m tane derece analiz değeri elde edilir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n \quad (5.33)$$

buradaki tüm $M_{g_i}^j$, ($j = 1, 2, \dots, m$) üçgensel bulanık sayılardır.

bulanık sentetik derece değeri S_i , i . nesneye göre şu şekilde tanımlanır,

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (5.34)$$

AHP'de ilk olarak aynı hiyerarşideki her faktör çifti için göreceli önemlerin bulunması gerekmektedir. İkili karşılaştırmalar ile elde edilen üçgensel bulanık sayılar kullanılarak bulanık değerlendirme matrisi $A = (a_{ij})_{n \times n}$ oluşturulur. Örneğin, belli bir kritere göre i . elemanın j . elemana üstünlüğü güçlü bir şekilde önemli ise, $a_{ij} = (l, 5, u)$ olacaktır. Burada, l ve u değerlendirmenin bulanıklık derecesini göstermektedir. $u - l$ farkı büyüdükçe bulanıklık derecesi de büyüyecektir; $u - l = 0$ olduğunda değerlendirme bulanık olmayan bir sayı olacaktır. Eğer j . elemanın önemi

i. elemana göre çok güçlü ise, ikili karşılaştırma skalası bulanık bir sayı olarak şu şekilde temsil edilecektir,

$$a_{ij}^{-1} = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l} \right) \quad (5.35)$$

Bulanık AHP’de öncelik vektörlerinin hesaplanması ise şöyledir,

$A = (a_{ij})_{n \times n}$ bulanık ikili karşılaştırma matrisi olsun, burada $a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ aşağıdaki şartı sağlarlar,

$$l_{ij} = \frac{1}{l_{ji}}, \quad m_{ij} = \frac{1}{m_{ji}}, \quad u_{ij} = \frac{1}{u_{ji}} \quad (5.36)$$

her bir kriter altındaki ağırlık vektörleri için tahminlerin elde edilebilmesi için, bulanık sayıların karşılaştırılmasını sağlayan bir prensip gereklidir. Bunun için, olabilirlik derecesinin elde edilmesi gerekir.

$M_1 \geq M_2$ için olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır,

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (5.37)$$

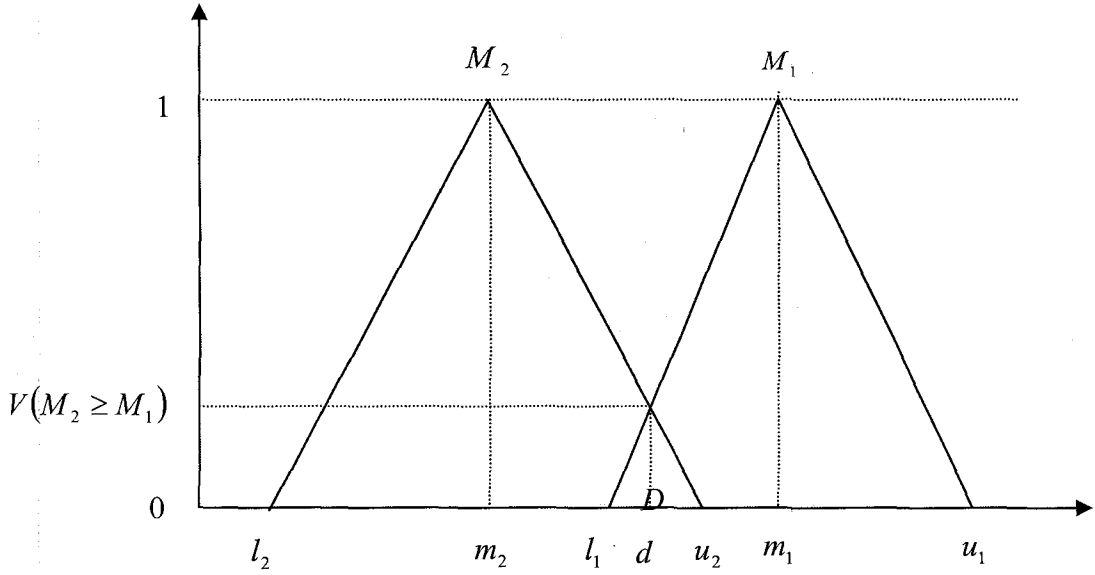
(x, y) çifti olduğunda öyle ki $x \geq y$ ve $\mu_{M_1} = \mu_{M_2} = 1$, buna göre

$V(M_1 \geq M_2) = 1$ ’dir. M_1 ve M_2 konveks bulanık sayılar olduğundan,

$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \text{ sadece ve sadece } m_1 \geq m_2, \quad (5.38)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer hallerde} \end{cases} \quad (5.39)$$

burada $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ ve d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D’nin ordinatıdır (bak. Şekil 5.7).



Şekil 5.7 M_1 ve M_2 'nin kesişimi

M_1 ve M_2 'nin karşılaştırılması için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerine gerek vardır.

Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan, M_i ($i = 1, 2, \dots, k$), büyük olmasının olabilirliğinin derecesi şöyle tanımlanır,

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k. \end{aligned} \quad (5.40)$$

Farzedelim, $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (5.41)$$

olsun. Bu durumda ağırlık vektörü, W' , aşağıdaki şekilde elde edilir,

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (5.42)$$

burada A_i 'ler ($i = 1, 2, \dots, n$) n tane elemandır.

Bu değerleri normalize ederek, normalize edilmiş ağırlık vektörü, W , elde edilir,

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (5.43)$$

burada W bulanık bir sayı değildir.



5.7 Uygulama: Bulanık AHP Yöntemiyle Bir Bilişim Teknolojisi (BT) Projesinin Risk Analizi

Çalışmanın bu kısmında Chang'ın bulanık AHP yöntemi bir bilişim teknolojisi (BT) projesinin risk derecesinin belirlenmesi için uygulanmaktadır. AHP yönteminde ilk olarak modelin amaç, kriterler ve alternatifleri içeren uygun hiyerarşisinin oluşturulması gerekmektedir. Amacımız bir BT projesinin risk derecesinin belirlenmesidir ve Şekil 5.8'de görüldüğü gibi hiyerarşinin en üstünde yer almaktadır. Modelde kullanılan risk faktörleri Barki ve diğ. (1993) ve Schmidt ve diğ. (2001)'in çalışmalarından sentezlenmiştir. Modeldeki risk faktörleri 6 farklı ana risk grubunda toplanmaktadır ve bunlar hiyerarşinin ikinci seviyesinde yer almaktadır. Hiyerarşinin üçüncü seviyesi 28 tane alt risk faktöründen oluşmaktadır. Modelde kullanılan risk faktörlerinin açıklamaları Tablo 5.5'de verilmektedir.

Modelde BT projesi için risk analizi yapılırken, riskin sadece bir boyutuna göre yani zaman, maliyet, kalite vb. değil bütünsel olarak tüm projenin ne kadar riskli olduğunu ortaya koymak ve risk faktörlerinin önem derecelerini belirlemek için bir metodoloji sunulmaktadır. Modelde risk seviyeleri yüksek risk, orta risk ve düşük risk olmak üzere üçe ayrılmaktadır ve hiyerarşinin en alt seviyesinde yer almaktadırlar.

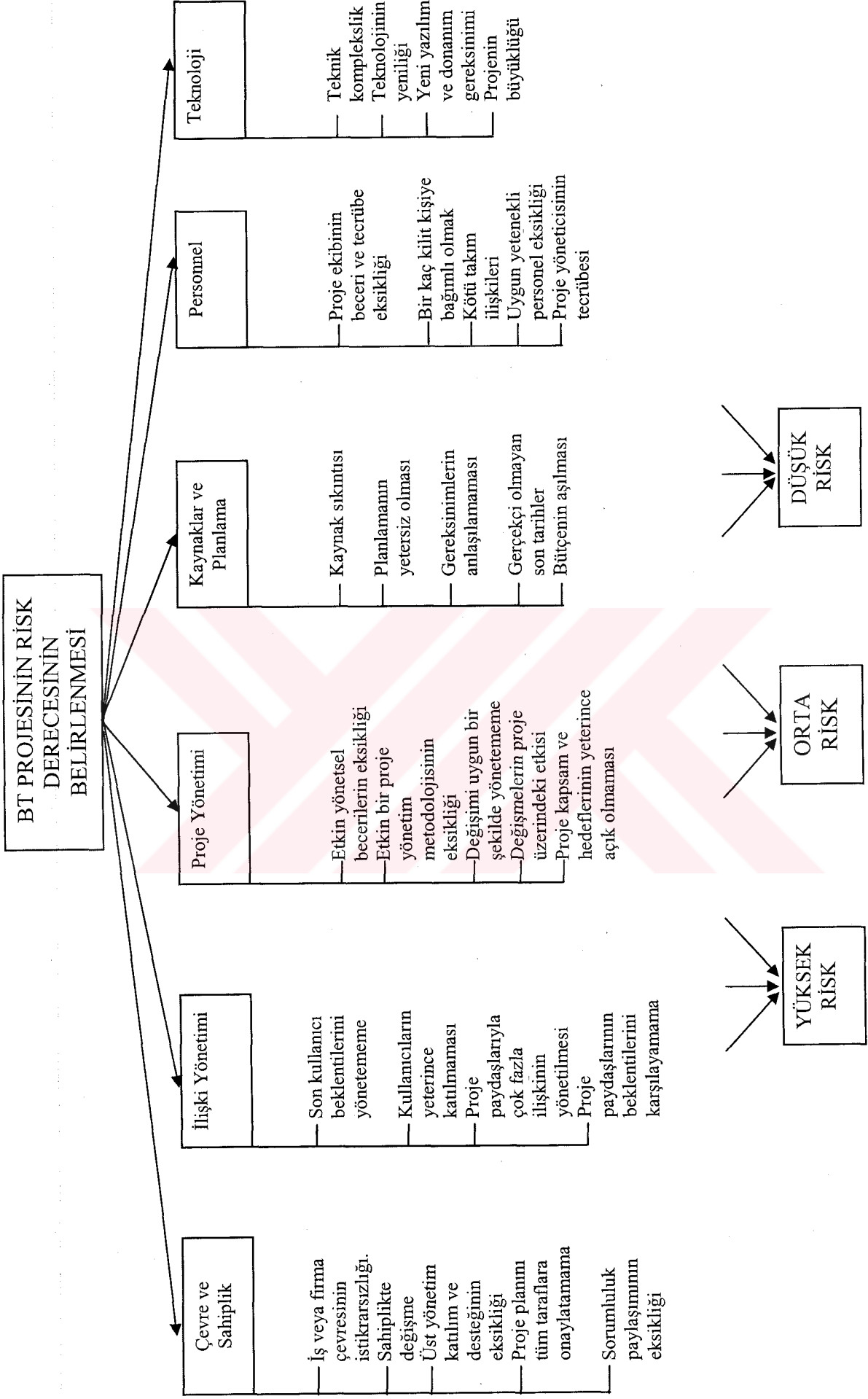
Bu uygulama Türkiye'de yazılım geliştirme alanında faaliyet gösteren SofTek firmasında gerçekleştirilmiştir. SofTek, bir BT projesini üstlenmeyi düşünmektedir. Bir başka ifadeyle, bir BT projesine yatırım yapmayı düşünmektedir. Firma yönetimi, bu işe girmeden önce bünyesindeki BT uzmanları ve de danışmanlık hizmeti aldığı konuyla ilgili akademisyen ve diğer uzmanların görüşüne göre karar verecektir. Bunun için projenin risk seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Firma yönetimi, risk seviyelerini *yüksek risk*, *orta risk* ve *düşük risk* olarak sınıflandırmaktadır. Eğer ki uzmanların görüşlerine dayanan risk analizi ve değerlendirmesinin sonucunda risk seviyesi yüksek çıkarsa, firma bu projeyi geri çevirecektir. Risk seviyesinin orta veya düşük çıkması durumunda ise kabul edecektir.

Burada bilişim sektöründe proje yöneticiliği yapan, yazılım geliştirme sürecinde yer almış uzmanlar ve de bilgisayar bilimleri ile uğraşan akademisyenlerden oluşan toplam 11 uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Uzmanlar görüşlerini sözel ifadelerle

yani dilsel değişkenler kullanarak ifade etmektedirler. Modelde kullanılan üçgensel bulanık çevrim skalası Tablo 5.6'daki gibidir.

Uzmanlar ilk olarak 6 ana risk grubunu hiyerarşının en üstünde yer alan amaca göre değerlendirmektedirler. Bunun sonucunda elde edilen amaca göre risk değerlendirme matrisi Tablo 5.7'deki gibidir. Burada elde edilen matriste değerlendirmeler 11 kişinin görüşlerinin bulanık üçgensel sayılara çevrilmiş halidir ve 11 kişinin değerlendirmeleri bulanık üçgensel sayıların geometrik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.





Şekil 5.8 AHP Risk Analizi Modelinin Hiyerarşisi

Tablo 5.5 BT Projesi için Risk Faktörleri ve Açıklamaları

Risk Grubu	Risk Faktörleri	Açıklama
Çevre ve Sahiplik (EO)	İş veya firma çevresinin istikrarsızlığı (U)	İş veya firma çevresinde meydana gelen bir değişimin projede yaratacağı istikrarsızlık.
	Sahiplikte değişme (CO)	Projenin sahiplerinin değişmesi ile yeni sahiplerin yeni hedefler belirlemesi sonucu ihtiyaçlar ile proje hedefleri arasında uyumsuzluğun oluşması.
	Üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliği (MS)	Üst yönetimin uzak durması ve yeterli desteği vermemesi.
İlişki Yönetimi (RM)	Proje planını tüm taraflara onaylatamama (PA)	Proje planının tüm taraflarca kabul edilmemesi.
	Sorumluluk paylaşımının eksikliği (SR)	Proje paydaşları arasında sorumluluk ve riskin paylaşılması.
	Son kullanıcı beklentilerini yönetememe (EE)	Beklentiler gerçekte projenin başarılı ya da başarısız olduğunu belirleyecektir. Beklentilerin çok yüksek ya da çok düşük olması ve proje sonuçlarıyla örtüşmemesi sorunlara neden olacaktır.
	Kullanıcıların yeterince katılmaması (UI)	Fonksiyonel kullanıcıların aktif bir şekilde proje ekibinde yer alması ve süreçte katılmaması.
	Proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesi (MR)	Tüm proje paydaşlarıyla karşılıklı ölemek için ilişkilerin idare edilmesi.
Proje Yönetimi (PM)	Proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamama (SE)	Proje paydaşlarının hepsinin beklentilerini yerine getirememesi.
	Etkin yönetsel becerilerin eksikliği (EMS)	Proje ekipleri oluşturulduktan sonra, proje yöneticisinin başarılı olmak için yeterli güç ve yeteneklere sahip olmaması. Bu yüzden projenin uygun şekilde yönetilememesi.
	Etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliği (PMM)	Proje ekibinin değişimin kontrolü, proje planlama veya diğer gerekli beceri ve süreçlere sahip olmaması.
Kaynaklar ve Planlama (RP)	Değişimi uygun bir şekilde yönetememe (CHM)	Kapsam ve bütçenin kontrol altında tutulması için değişimin gerektiği gibi yönetilememesi.
	Projedeki değişimlerin derecesi (ECH)	Değişimin büyüklüğünün proje hedefleri ve sonuçlarına olan etkisi.
	Proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmaması (SO)	Projenin kapsam ve amaçlarının açık bir şekilde belirtilmemesi.
	Kaynak sıkıntısı (RS)	Projeyi yürütmek için yeterince kaynağın olmaması.
	Planlamanın yetersiz olması (NOP)	Planlamanın önemsiz ya da pratik olmadığının düşünülmesi.
Personel (PS)	Gereksinimlerin anlaşılamaması (MIS)	Projeye başlamadan önce yeni sistemin gereksinimlerinin iyice tanımlanmaması, bunun sonucunda projeyi gerçekleştirmek için gerekli çaba, beceri ve teknolojinin anlaşılamaması.
	Gerçekçi olmayan son tarihler (UD)	Gerçekçi olmayan bitirme tarihleri veya bu tarihlerdeki değişkenlik.
	Bütçenin aşılması (UF)	Proje kapsamı ve gereksinimler belirlenmeden ya da dikkate alınmadan bütçenin hazırlanması.
	Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliği (EX)	Yeterli beceri ve bilgiye sahip olunmaması.
	Birkaç kilit kişiye bağımlı olmak (KP)	Proje için hayati öneme sahip bir kaç kişinin bulunması.
Teknoloji (T)	Kötü takım ilişkileri (PTR)	Takım üyeleri arasındaki kişisel çatışmalar.
	Uygun yetenekli personel eksikliği (SP)	Doğru becerilere sahip insanların ihtiyaç duyulduğunda bulunamaması.
	Proje yöneticisinin tecrübesi (PME)	Proje yöneticisinin benzer uygulamalar geliştirmedeki tecrübesi.
	Teknik komplekslik (TC)	Projenin teknik olarak karmaşıklığı ya da zorluğu.
	Teknolojinin yeniliği (NT)	Tamamen yeni bir teknolojinin geliştirilmesi veya yeni bir teknoloji ya da metodun kullanılması.
	Yeni yazılım ve donanım gereksinimi (HS)	Projede yeni donanım ve yazılım kullanımına ihtiyaç duyulması.
	Projenin büyüklüğü (SZ)	Projenin kapsam ve genişliği.

Tablo 5.6 Üçgensel Bulanık Çevrim Skalası

<i>Dilsel Skala</i>	<i>Üçgensel Bulanık Skala</i>	<i>Üçgensel Bulanık Ters Skala</i>
Tam olarak eşit	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Eşit derecede önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Zayıf şekilde daha önemli	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Güçlü şekilde daha önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok güçlü şekilde daha önemli	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Kesinlikle (mutlaka) daha önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Tablo 5.7 Amaca göre bulanık değerlendirme matrisi

	EO	RM	PM	RP	PS	T
EO	(1, 1, 1)	(0.852, 1.246, 1.657)	(0.386, 0.478, 0.629)	(0.663, 0.922, 1.201)	(0.407, 0.513, 0.699)	(0.786, 1.176, 1.585)
RM	(0.603, 0.803, 1.173)	(1, 1, 1)	(0.57, 0.803, 1.108)	(0.64, 1, 1.351)	(0.484, 0.684, 0.922)	(0.967, 1.398, 1.879)
PM	(1.589, 2.091, 2.593)	(0.903, 1.246, 1.755)	(1, 1, 1)	(1.246, 1.657, 2.141)	(1.275, 1.783, 2.287)	(1.275, 1.821, 2.341)
RP	(0.833, 1.084, 1.507)	(0.740, 1, 2.036)	(0.467, 0.603, 0.803)	(1, 1, 1)	(0.66, 0.956, 1.303)	(0.786, 1.176, 1.585)
PS	(1.431, 1.949, 2.460)	(1.084, 1.461, 2.371)	(0.437, 0.561, 0.784)	(0.768, 1.046, 1.516)	(1, 1, 1)	(1.246, 1.797, 2.322)
T	(0.631, 0.850, 1.149)	(0.532, 0.715, 1.035)	(0.427, 0.549, 0.784)	(0.631, 0.85, 1.272)	(0.431, 0.556, 0.803)	(1, 1, 1)

Chang'ın bulanık AHP yöntemine göre ilk olarak elde edilen bu bulanık değerlendirme matrisinin elemanları için sentetik değerlerin elde edilmesi gerekir. Formül (5.34)'ü uygulayarak, her bir risk ana grubu için sentetik değerler aşağıdaki gibi elde edilir,

$$\begin{aligned}
 S_{EO} &= (4.094, 5.335, 6.771) \otimes \left(\frac{1}{51.05}, \frac{1}{38.776}, \frac{1}{29.75} \right) \\
 &= (0.08, 0.138, 0.228), \\
 S_{RM} &= (4.264, 5.687, 7.433) \otimes \left(\frac{1}{51.05}, \frac{1}{38.776}, \frac{1}{29.75} \right) \\
 &= (0.084, 0.147, 0.25), \\
 S_{PM} &= (7.288, 9.597, 12.117) \otimes \left(\frac{1}{51.05}, \frac{1}{38.776}, \frac{1}{29.75} \right) \\
 &= (0.143, 0.248, 0.407), \\
 S_{RP} &= (4.486, 5.82, 8.234) \otimes \left(\frac{1}{51.05}, \frac{1}{38.776}, \frac{1}{29.75} \right) \\
 &= (0.088, 0.15, 0.277),
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{PS} &= (5.966, 7.814, 10.453) \otimes \left(\frac{1}{51.05}, \frac{1}{38.776}, \frac{1}{29.75} \right) \\
&= (0.117, 0.202, 0.351), \\
S_T &= (3.652, 4.522, 6.042) \otimes \left(\frac{1}{51.05}, \frac{1}{38.776}, \frac{1}{29.75} \right) \\
&= (0.72, 0.117, 0.203)
\end{aligned}$$

(5.37), (5.38) ve (5.39)'u kullanarak,

$$V(S_{EO} \geq S_{RM}) = \frac{0.084 - 0.228}{(0.138 - 0.228) - (0.147 - 0.084)} = 0.941$$

$$V(S_{EO} \geq S_{PM}) = \frac{0.143 - 0.228}{(0.138 - 0.228) - (0.248 - 0.143)} = 0.436$$

$$V(S_{EO} \geq S_{RP}) = \frac{0.088 - 0.228}{(0.138 - 0.228) - (0.15 - 0.088)} = 0.921$$

$$V(S_{EO} \geq S_{PS}) = \frac{0.117 - 0.228}{(0.138 - 0.228) - (0.202 - 0.117)} = 0.634$$

$$V(S_{EO} \geq S_T) = 1,$$

$$V(S_{RM} \geq S_{EO}) = 1$$

$$V(S_{RM} \geq S_{PM}) = \frac{0.143 - 0.25}{(0.147 - 0.25) - (0.248 - 0.143)} = 0.514$$

$$V(S_{RM} \geq S_{RP}) = \frac{0.088 - 0.25}{(0.147 - 0.25) - (0.15 - 0.088)} = 0.982$$

$$V(S_{RM} \geq S_{PS}) = \frac{0.117 - 0.25}{(0.147 - 0.25) - (0.202 - 0.117)} = 0.707$$

$$V(S_{RM} \geq S_T) = 1,$$

$$V(S_{PM} \geq S_{EO}) = 1$$

$$V(S_{PM} \geq S_{RM}) = 1$$

$$V(S_{PM} \geq S_{RP}) = 1$$

$$V(S_{PM} \geq S_{PS}) = 1$$

$$V(S_{PM} \geq S_T) = 1,$$

$$V(S_{RP} \geq S_{EO}) = 1$$

$$V(S_{RP} \geq S_{RM}) = 1$$

$$V(S_{RP} \geq S_{PM}) = \frac{0.143 - 0.277}{(0.15 - 0.277) - (0.248 - 0.143)} = 0.578$$

$$V(S_{RP} \geq S_{PS}) = \frac{0.117 - 0.277}{(0.15 - 0.277) - (0.202 - 0.117)} = 0.755$$

$$V(S_{RP} \geq S_T) = 1,$$

$$V(S_{PS} \geq S_{EO}) = 1$$

$$V(S_{PS} \geq S_{RM}) = 1$$

$$V(S_{PS} \geq S_{PM}) = \frac{0.143 - 0.351}{(0.202 - 0.351) - (0.248 - 0.143)} = 0.819$$

$$V(S_{PS} \geq S_{RP}) = 1$$

$$V(S_{PS} \geq S_T) = 1,$$

$$V(S_T \geq S_{EO}) = \frac{0.08 - 0.203}{(0.117 - 0.203) - (0.138 - 0.08)} = 0.854$$

$$V(S_T \geq S_{RM}) = \frac{0.084 - 0.203}{(0.117 - 0.203) - (0.147 - 0.084)} = 0.799$$

$$V(S_T \geq S_{PM}) = \frac{0.143 - 0.203}{(0.117 - 0.203) - (0.248 - 0.143)} = 0.314$$

$$V(S_T \geq S_{RP}) = \frac{0.088 - 0.203}{(0.117 - 0.203) - (0.15 - 0.088)} = 0.777$$

$$V(S_T \geq S_{PS}) = \frac{0.117 - 0.203}{(0.117 - 0.203) - (0.202 - 0.117)} = 0.503$$

Son olarak, formül (5.40) ve (5.41)'i kullanarak,

$$\begin{aligned} d'(EO) &= V(S_{EO} \geq S_{RM}, S_{PM}, S_{RP}, S_{PS}, S_T) \\ &= \min(0.941, 0.436, 0.921, 0.634, 1) = 0.436 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(RM) &= V(S_{RM} \geq S_{EO}, S_{PM}, S_{RP}, S_{PS}, S_T) \\ &= \min(1, 0.514, 0.982, 0.707, 1) = 0.514 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(PM) &= V(S_{PM} \geq S_{EO}, S_{RM}, S_{RP}, S_{PS}, S_T) \\ &= \min(1, 1, 1, 1, 1) = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'(RP) &= V(S_{RP} \geq S_{EO}, S_{RM}, S_{PM}, S_{PS}, S_T) \\ &= \min(1, 1, 0.578, 0.755, 1) = 0.578 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d'(PS) &= V(S_{PS} \geq S_{EO}, S_{RM}, S_{PM}, S_{RP}, S_T) \\
&= \min(1, 1, 0.819, 1, 1) = 0.819 \\
d'(T) &= V(S_T \geq S_{EO}, S_{RM}, S_{PM}, S_{RP}, S_{PS}) \\
&= \min(0.854, 0.799, 0.314, 0.777, 0.503) = 0.314
\end{aligned}$$

ağırlık vektörü W' ise

$$W' = (0.436, 0.514, 1, 0.578, 0.819, 0.314)^T$$

şeklinde elde edilir. Normalizasyonla amaca göre risk ana grupları için normalize ağırlık vektörü W 'yi aşağıdaki gibi elde ederiz.

$$W = (0.12, 0.14, 0.27, 0.16, 0.22, 0.09)^T$$

Uzmanlar daha sonra risk ana grupları altında yer alan alt risk faktörlerini ana risk gruplarına göre karşılaştırmaktadırlar. Tablo 5.8'de çevre ve sahiplik risk ana grubu için bulanık karşılaştırma verileri ve yukarıdakine benzer şekilde elde edilen ağırlık vektörü görülmektedir. Diğer ikili karşılaştırma matrisleri ve her bir matris için elde edilen ağırlık vektörleri Tablolar 5.8-5.13'de verilmektedir.

Tablo 5.8 Alt faktörlerin çevre ve sahipliğe göre değerlendirilmesi

	U	CO	MS	PA	SR
U	(1, 1, 1)	(0.924, 1.32, 1.733)	(0.715, 1.013, 1.362)	(0.786, 1.176, 1.585)	(0.742, 1.149, 1.565)
CO	(0.577, 0.758, 1.082)	(1, 1, 1)	(0.574, 0.813, 1.134)	(0.684, 1.108, 1.496)	(0.786, 1.021, 1.38)
MS	(0.734, 0.987, 1.398)	(0.882, 1.046, 1.741)	(1, 1, 1)	(1.176, 1.585, 2.064)	(0.725, 1.134, 1.552)
PA	(0.631, 0.85, 1.272)	(0.668, 1.084, 1.679)	(0.367, 0.631, 0.85)	(1, 1, 1)	(0.623, 1.059, 1.532)
SR	(0.639, 0.871, 1.348)	(0.725, 0.979, 1.272)	(0.644, 0.882, 1.38)	(0.653, 0.944, 1.605)	(1, 1, 1)

Tablo 5.8'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{EO} = (0.00, 0.34, 0.33, 0.00, 0.33)^T$

Tablo 5.9 Alt faktörlerin ilişki yönetimine göre değerlendirilmesi

	EE	UI	MR	SE
EE	(1, 1, 1)	(1.661, 2.169, 2.674)	(1.176, 1.552, 1.963)	(1.11, 1.516, 1.991)
UI	(0.374, 0.53, 0.708)	(1, 1, 1)	(0.833, 1.068, 1.431)	(0.871, 1.227, 1.683)
MR	(0.509, 0.74, 0.85)	(0.699, 0.936, 1.201)	(1, 1, 1)	(0.623, 1.149, 1.661)
SE	(0.502, 0.66, 0.901)	(0.594, 0.815, 1.149)	(0.602, 0.871, 1.605)	(1, 1, 1)

Tablo 5.9'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{RM} = (0.00, 0.41, 0.59, 0.00)^T$

Tablo 5.10 Alt faktörlerin proje yönetimine göre değerlendirilmesi

	EMS	PMM	CHM	ECH	SO
EMS	(1, 1, 1)	(0.66, 0.922, 1.285)	(0.752, 1.496, 1.922)	(0.786, 1.176, 1.585)	(0.561, 0.833, 1.11)
PMM	(0.778, 1.084, 1.516)	(1, 1, 1)	(0.891, 1.431, 1.949)	(0.944, 1.351, 1.821)	(0.574, 0.956, 1.334)
CHM	(0.52, 0.668, 1.33)	(0.513, 0.669, 1.122)	(1, 1, 1)	(0.549, 0.871, 1.246)	(0.574, 0.813, 1.134)
ECH	(0.631, 0.85, 1.272)	(0.549, 0.74, 1.059)	(0.803, 1.149, 1.821)	(1, 1, 1)	(0.582, 1.149, 1.511)
SO	(0.901, 1.201, 1.783)	(0.75, 1.046, 1.741)	(0.882, 1.23, 1.741)	(0.662, 0.871, 1.719)	(1, 1, 1)

Tablo 5.10'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{RM} = (0.37, 0.63, 0.00, 0.00, 0.00)^T$

Tablo 5.11 Alt faktörlerin kaynaklar ve planlamaya göre değerlendirilmesi

	RS	NOP	MRQ	UD	UF
RS	(1, 1, 1)	(0.776, 1.035, 1.443)	(0.631, 0.873, 1.185)	(1.046, 1.38, 1.838)	(0.53, 0.903, 1.275)
NOP	(0.693, 0.967, 1.289)	(1, 1, 1)	(0.693, 0.91, 1.217)	(1.351, 1.864, 2.371)	(0.631, 0.964, 1.351)
MRQ	(0.844, 1.149, 1.585)	(0.822, 1.099, 1.443)	(1, 1, 1)	(1.797, 2.322, 2.837)	(1.23, 1.783, 2.309)
UD	(0.625, 0.725, 0.956)	(0.422, 0.536, 0.74)	(0.352, 0.431, 0.556)	(1, 1, 1)	(0.506, 0.668, 0.922)
UF	(0.784, 1.108, 1.888)	(0.74, 1.037, 1.585)	(0.433, 0.561, 0.813)	(1.084, 1.496, 1.974)	(1, 1, 1)

Tablo 5.11'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{PM} = (0.17, 0.21, 0.22, 0.22, 0.18)^T$

Tablo 5.12 Alt faktörlerin personele göre değerlendirilmesi

	EX	KP	PTR	SP	PME
EX	(1, 1, 1)	(1.589, 2.091, 2.593)	(0.758, 1.108, 1.552)	(0.596, 0.85, 1.201)	(0.549, 0.803, 1.134)
KP	(0.386, 0.478, 0.629)	(1, 1, 1)	(0.776, 1.035, 1.443)	(0.631, 0.964, 1.351)	(0.441, 0.668, 0.944)
PTR	(0.644, 0.903, 1.32)	(0.693, 0.967, 1.289)	(1, 1, 1)	(0.742, 0.977, 1.33)	(0.407, 0.693, 0.91)
SP	(0.833, 1.176, 1.679)	(0.74, 1.037, 1.585)	(0.752, 1.024, 1.348)	(1, 1, 1)	(0.699, 0.922, 1.246)
PME	(0.882, 1.201, 1.821)	(1.059, 1.496, 2.268)	(1.099, 1.443, 1.974)	(0.803, 1.084, 1.431)	(1, 1, 1)

Tablo 5.12'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{PS} = (0.27, 0.23, 0.00, 0.26, 0.24)^T$

Tablo 5.13 Alt faktörlerin teknolojiye göre değerlendirilmesi

	TC	NT	HS	SZ
TC	(1, 1, 1)	(0.684, 1.084, 1.496)	(0.457, 0.758, 1.084)	(0.596, 0.85, 1.201)
NT	(0.668, 0.922, 1.461)	(1, 1, 1)	(0.684, 1.084, 1.496)	(0.822, 1.246, 1.719)
HS	(0.992, 1.32, 2.187)	(0.668, 0.922, 1.461)	(1, 1, 1)	(0.776, 1.217, 1.697)
SZ	(0.833, 1.176, 1.679)	(0.616, 0.871, 1.398)	(0.589, 0.822, 1.289)	(1, 1, 1)

Tablo 5.13'den elde edilen ağırlık vektörü $W_T = (0.23, 0.26, 0.27, 0.24)^T$

Son olarak, uzmanlar her bir alt risk faktörünün risk seviyesini yüksek risk, orta risk ve düşük risk arasında ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirmektedirler (Tablolar 5.14 - 5.41). Uzmanların değerlendirmelerini almak için kullanılan anket formu Ek A'da verilmektedir.

Tablo 5.14 İş veya firma çevresinin istikrarsızlığına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.596, 0.977, 1.33)	(0.944, 1.272, 1.719)
Orta Risk	(0.693, 0.967, 1.289)	(1, 1, 1)	(0.944, 1.38, 1.864)
Düşük Risk	(0.582, 0.786, 1.059)	(0.536, 0.725, 1.059)	(1, 1, 1)

Tablo 5.14'den elde edilen ağırlık vektörü $W_U = (0.39, 0.40, 0.21)^T$

Tablo 5.15 Sahiplikte değişmeye göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.694, 0.977, 1.303)	(0.844, 1.108, 1.431)
Orta Risk	(0.768, 1.024, 1.441)	(1, 1, 1)	(0.822, 1.191, 1.565)
Düşük Risk	(0.699, 0.903, 1.185)	(0.639, 0.839, 1.217)	(1, 1, 1)

Tablo 5.15'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{CO} = (0.36, 0.37, 0.27)^T$

Tablo 5.16 Üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.644, 2.159, 2.667)	(2.064, 2.572, 3.077)
Orta Risk	(0.375, 0.463, 0.608)	(1, 1, 1)	(1.76, 2.268, 2.773)
Düşük Risk	(0.325, 0.389, 0.484)	(0.361, 0.441, 0.568)	(1, 1, 1)

Tablo 5.16'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{MS} = (0.50, 0.00, 0.50)^T$

Tablo 5.17 Proje planını tüm taraflara onaylatamamaya göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.557, 0.85, 1.176)	(1.125, 1.496, 1.904)
Orta Risk	(0.85, 1.176, 1.796)	(1, 1, 1)	(1.176, 1.585, 2.064)
Düşük Risk	(0.525, 0.668, 0.889)	(0.506, 0.668, 0.922)	(1, 1, 1)

Tablo 5.17'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{PA} = (0.27, 0.25, 0.48)^T$

Tablo 5.18 Sorumluluk paylaşımının eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.024, 1.32, 1.709)	(1.108, 1.496, 1.882)
Orta Risk	(0.585, 0.758, 0.977)	(1, 1, 1)	(1.046, 1.176, 1.748)
Düşük Risk	(0.531, 0.668, 0.903)	(0.572, 0.74, 0.956)	(1, 1, 1)

Tablo 5.18'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{SR} = (0.33, 0.33, 0.34)^T$

Tablo 5.19 Son kullanıcı beklentilerini yönetememeye göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.783, 2.287, 2.789)	(2.287, 2.789, 3.291)
Orta Risk	(0.359, 0.437, 0.561)	(1, 1, 1)	(1.334, 1.741, 2.226)
Düşük Risk	(0.304, 0.359, 0.437)	(0.449, 0.574, 0.75)	(1, 1, 1)

Tablo 5.19'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{EE} = (0.35, 0.30, 0.35)^T$

Tablo 5.20 Kullanıcıların yeterince katılmamasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.246, 1.657, 2.141)	(1.697, 2.221, 2.735)
Orta Risk	(0.467, 0.603, 0.803)	(1, 1, 1)	(1.585, 2.114, 2.631)
Düşük Risk	(0.365, 0.45, 0.589)	(0.38, 0.473, 0.631)	(1, 1, 1)

Tablo 5.20'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{UI} = (0.47, 0.53, 0.00)^T$

Tablo 5.21 Proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.944, 1.38, 1.864)	(1.303, 1.719, 2.208)
Orta Risk	(0.536, 0.725, 1.059)	(1, 1, 1)	(1.256, 1.825, 2.362)
Düşük Risk	(0.453, 0.582, 0.768)	(0.423, 0.548, 0.796)	(1, 1, 1)

Tablo 5.21'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{MR} = (0.44, 0.13, 0.43)^T$

Tablo 5.22 Proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamamaya göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.246, 1.657, 2.141)	(1.565, 1.974, 2.47)
Orta Risk	(0.467, 0.603, 0.803)	(1, 1, 1)	(1.443, 2.021, 2.561)
Düşük Risk	(0.405, 0.506, 0.639)	(0.39, 0.495, 0.693)	(1, 1, 1)

Tablo 5.22'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{SE} = (0.45, 0.55, 0.00)^T$

Tablo 5.23 Etkin yönetsel becerilerin eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.532, 2.048, 2.557)	(1.864, 2.371, 2.876)
Orta Risk	(0.391, 0.488, 0.653)	(1, 1, 1)	(1.477, 2.048, 2.582)
Düşük Risk	(0.348, 0.422, 0.536)	(0.387, 0.488, 0.677)	(1, 1, 1)

Tablo 5.23'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{EMS} = (0.67, 0.33, 0.00)^T$

Tablo 5.24 Etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.465, 1.974, 2.48)	(2.064, 2.572, 3.077)
Orta Risk	(0.403, 0.506, 0.683)	(1, 1, 1)	(1.76, 2.268, 2.773)
Düşük Risk	(0.325, 0.389, 0.484)	(0.361, 0.441, 0.568)	(1, 1, 1)

Tablo 5.24'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{PMM} = (0.33, 0.28, 0.39)^T$

Tablo 5.25 Değişimi uygun bir şekilde yönetememeye göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.944, 1.351, 1.821)	(1.413, 1.974, 2.504)
Orta Risk	(0.549, 0.74, 1.059)	(1, 1, 1)	(1.093, 1.552, 2.056)
Düşük Risk	(0.399, 0.506, 0.74)	(0.486, 0.644, 1)	(1, 1, 1)

Tablo 5.25’den elde edilen ağırlık vektörü $W_{CHM} = (0.83, 0.17, 0.00)^T$

Tablo 5.26 Projedeki değişimlerin derecesine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.024, 1.431, 1.904)	(1.094, 2.428, 2.942)
Orta Risk	(0.525, 0.699, 0.977)	(1, 1, 1)	(1.362, 1.783, 2.277)
Düşük Risk	(0.34, 0.412, 0.574)	(0.439, 0.561, 0.803)	(1, 1, 1)

Tablo 5.26’dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{ECH} = (0.30, 0.70, 0.00)^T$

Tablo 5.27 Proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmamasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.351, 1.719, 2.129)	(1.657, 2.064, 2.561)
Orta Risk	(0.47, 0.582, 0.74)	(1, 1, 1)	(1.697, 2.221, 2.735)
Düşük Risk	(0.39, 0.484, 0.603)	(0.366, 0.45, 0.616)	(1, 1, 1)

Tablo 5.27’den elde edilen ağırlık vektörü $W_{SO} = (0.66, 0.34, 0.00)^T$

Tablo 5.28 Kaynak sıkıntısına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.037, 1.413, 1.821)	(1.413, 1.821, 2.309)
Orta Risk	(0.549, 0.708, 0.964)	(1, 1, 1)	(1.431, 1.949, 2.46)
Düşük Risk	(0.433, 0.549, 0.708)	(0.407, 0.513, 0.699)	(1, 1, 1)

Tablo 5.28’den elde edilen ağırlık vektörü $W_{RS} = (0.33, 0.34, 0.33)^T$

Tablo 5.29 Planlamanın yetersiz kalmasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.683, 2.187, 2.689)	(2.187, 2.689, 3.191)
Orta Risk	(0.372, 0.457, 0.594)	(1, 1, 1)	(1.949, 2.46, 2.966)
Düşük Risk	(0.313, 0.403, 0.457)	(0.337, 0.407, 0.513)	(1, 1, 1)

Tablo 5.29'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{NOP} = (0.43, 0.57, 0.00)^T$

Tablo 5.30 Gereksinimlerin anlaşılmasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.76, 2.268, 2.773)	(2.159, 2.667, 3.173)
Orta Risk	(0.361, 0.441, 0.568)	(1, 1, 1)	(1.904, 2.428, 2.942)
Düşük Risk	(0.315, 0.375, 0.463)	(0.34, 0.412, 0.525)	(1, 1, 1)

Tablo 5.30'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{MIS} = (0.32, 0.68, 0.00)^T$

Tablo 5.31 Gerçekçi olmayan son tarihlere göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.833, 1.204, 1.605)	(1.661, 2.169, 2.674)
Orta Risk	(0.623, 0.83, 1.201)	(1, 1, 1)	(1, 1.413, 1.838)
Düşük Risk	(0.374, 0.461, 0.602)	(0.544, 0.708, 1)	(1, 1, 1)

Tablo 5.31'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{UD} = (0.40, 0.40, 0.20)^T$

Tablo 5.32 Bütçenin aşılmasına göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.465, 1.974, 2.48)	(2.187, 2.689, 3.191)
Orta Risk	(0.403, 0.506, 0.683)	(1, 1, 1)	(1.797, 2.322, 2.837)
Düşük Risk	(0.313, 0.372, 0.457)	(0.352, 0.431, 0.639)	(1, 1, 1)

Tablo 5.32'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{UF} = (0.37, 0.63, 0.00)^T$

Tablo 5.33 Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.589, 2.091, 2.593)	(2.064, 2.572, 3.077)
Orta Risk	(0.386, 0.478, 0.629)	(1, 1, 1)	(1.84, 2.352, 2.86)
Düşük Risk	(0.325, 0.389, 0.484)	(0.35, 0.425, 0.543)	(1, 1, 1)

Tablo 5.33'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{EX} = (0.50, 0.00, 0.50)^T$

Tablo 5.34 Bir kaç kilit kişiye bağımlı olmaya göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.024, 1.431, 1.904)	(1.623, 2.141, 2.652)
Orta Risk	(0.525, 0.699, 0.977)	(1, 1, 1)	(1.623, 2.141, 2.652)
Düşük Risk	(0.377, 0.467, 0.616)	(0.377, 0.467, 0.616)	(1, 1, 1)

Tablo 5.34'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{KP} = (0.40, 0.60, 0.00)^T$

Tablo 5.35 Kötü takım ilişkilerine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.275, 1.679, 2.159)	(1.657, 2.064, 2.561)
Orta Risk	(0.463, 0.596, 0.784)	(1, 1, 1)	(1.697, 2.221, 2.735)
Düşük Risk	(0.39, 0.484, 0.603)	(0.366, 0.45, 0.589)	(1, 1, 1)

Tablo 5.35'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{PTR} = (0.45, 0.55, 0.00)^T$

Tablo 5.36 Uygun yetenekli personel eksikliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.303, 0.719, 2.208)	(1.496, 1.864, 2.277)
Orta Risk	(0.453, 0.582, 0.768)	(1, 1, 1)	(1.201, 1.589, 2.008)
Düşük Risk	(0.439, 0.536, 0.668)	(0.498, 0.61, 0.956)	(1, 1, 1)

Tablo 5.36'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{SP} = (0.31, 0.24, 0.45)^T$

Tablo 5.37 Proje yöneticisinin tecrübesine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.76, 2.268, 2.773)	(2.091, 2.593, 3.094)
Orta Risk	(0.361, 0.441, 0.568)	(1, 1, 1)	(1.697, 2.221, 2.735)
Düşük Risk	(0.323, 0.386, 0.478)	(0.366, 0.45, 0.677)	(1, 1, 1)

Tablo 5.37'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{PME} = (0.34, 0.66, 0.00)^T$

Tablo 5.38 Teknik kompleksliğe göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.176, 1.585, 2.064)	(1.351, 1.821, 2.309)
Orta Risk	(0.484, 0.631, 0.85)	(1, 1, 1)	(1.864, 2.371, 2.876)
Düşük Risk	(0.433, 0.549, 0.708)	(0.348, 0.422, 0.536)	(1, 1, 1)

Tablo 5.38'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{TC} = (0.29, 0.71, 0.00)^T$

Tablo 5.39 Teknolojinin yeniliğine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.11, 1.516, 1.991)	(1.351, 1.755, 2.064)
Orta Risk	(0.502, 0.66, 0.901)	(1, 1, 1)	(1.719, 2.239, 2.484)
Düşük Risk	(0.447, 0.57, 0.74)	(0.364, 0.447, 0.688)	(1, 1, 1)

Tablo 5.39'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{NT} = (0.27, 0.73, 0.00)^T$

Tablo 5.40 Yeni yazılım ve donanım gereksinimine göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(1.037, 1.413, 1.821)	(1.176, 1.552, 1.963)
Orta Risk	(0.549, 0.708, 0.964)	(1, 1, 1)	(1.719, 2.239, 2.751)
Düşük Risk	(0.509, 0.644, 0.85)	(0.364, 0.447, 0.582)	(1, 1, 1)

Tablo 5.40'dan elde edilen ağırlık vektörü $W_{HS} = (0.24, 0.76, 0.00)^T$

Tablo 5.41 Projenin büyüklüğüne göre risk seviyesinin değerlendirilmesi

	Yüksek Risk	Orta Risk	Düşük Risk
Yüksek Risk	(1, 1, 1)	(0.852, 1.099, 1.391)	(1.431, 1.949, 2.46)
Orta Risk	(0.719, 0.91, 1.173)	(1, 1, 1)	(1.697, 2.221, 2.735)
Düşük Risk	(0.407, 0.513, 0.699)	(0.366, 0.45, 0.589)	(1, 1, 1)

Tablo 5.41'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{SZ} = (0.47, 0.53, 0.00)^T$

İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi ve sonuçlar Tablo 5.42'de görülmektedir.

Tablo 5.42 Öncelik ağırlıklarının birleştirilmesi

Çevre ve Sahiplik ana grubunun alt faktörleri						
	U	CO	MS	PA	SR	Risk Seviyesinin Ağırlığı
Ağırlık	0.00	0.34	0.33	0.00	0.33	
<u>Risk Seviyeleri</u>						
Yüksek Risk	0.39	0.36	0.50	0.27	0.33	0.40
Orta Risk	0.40	0.37	0.00	0.25	0.33	0.23
Düşük Risk	0.21	0.27	0.50	0.48	0.34	0.37
İlişki Yönetimi ana grubunun alt faktörleri						
	EE	UI	MR	SE		Risk Seviyesinin Ağırlığı
Ağırlık	0.00	0.41	0.59	0.00		
<u>Risk Seviyeleri</u>						
Yüksek Risk	0.35	0.47	0.44	0.45		0.45
Orta Risk	0.30	0.53	0.13	0.55		0.29
Düşük Risk	0.35	0.00	0.43	0.00		0.26
Proje Yönetimi ana grubunun alt faktörleri						
	EMS	PMM	CHM	ECH	SO	Risk Seviyesinin Ağırlığı
Ağırlık	0.37	0.63	0.00	0.00	0.00	
<u>Risk Seviyeleri</u>						
Yüksek Risk	0.67	0.33	0.83	0.30	0.66	0.45
Orta Risk	0.33	0.28	0.17	0.70	0.34	0.30
Düşük Risk	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.25

Tablo 5.42 (devamı)

Kaynaklar ve Planlama ana grubunun alt faktörleri						
	RS	NOP	MIS	UD	UF	Risk Seviyesinin Ağırlığı

Ağırlık	0.17	0.21	0.22	0.22	0.18	
---------	------	------	------	------	------	--

Risk Seviyeleri

Yüksek Risk	0.33	0.43	0.32	0.40	0.37	0.37
Orta Risk	0.34	0.57	0.68	0.40	0.63	0.53
Düşük Risk	0.33	0.00	0.00	0.20	0.00	0.10

Personel ana grubunun alt faktörleri						
	EX	KP	PTR	SP	PME	Risk Seviyesinin Ağırlığı

Ağırlık	0.27	0.23	0.00	0.26	0.24	
---------	------	------	------	------	------	--

Risk Seviyeleri

Yüksek Risk	0.50	0.40	0.45	0.31	0.34	0.39
Orta Risk	0.00	0.60	0.55	0.24	0.66	0.36
Düşük Risk	0.50	0.00	0.00	0.45	0.00	0.25

Teknoloji ana grubunun alt faktörleri						
	TC	NT	HS	SZ		Risk Seviyesinin Ağırlığı

Ağırlık	0.23	0.26	0.27	0.24		
---------	------	------	------	------	--	--

Risk Seviyeleri

Yüksek Risk	0.29	0.27	0.24	0.47		0.32
Orta Risk	0.71	0.73	0.76	0.53		0.68
Düşük Risk	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00

Amacın ana risk grupları

	EO	RM	PM	RP	PS	T	Risk Seviyesinin Ağırlığı
--	----	----	----	----	----	---	---------------------------

Ağırlık	0.12	0.14	0.27	0.16	0.22	0.09	
---------	------	------	------	------	------	------	--

Risk Seviyeleri

Yüksek Risk	0.40	0.45	0.45	0.37	0.39	0.32	0.41
Orta Risk	0.23	0.29	0.30	0.53	0.36	0.68	0.37
Düşük Risk	0.37	0.26	0.25	0.10	0.25	0.00	0.22

SofTek firmasının BT projesi için yapılan risk analizi sonuçlarına göre, risk derecelerinin ağırlıkları yüksek risk için 0.41, orta risk için 0.37 ve düşük risk için de 0.22 olarak elde edilmiştir. Buna göre bu proje *yüksek risk* derecesine sahip olduğundan dolayı, SofTek firmasının yönetimi bu BT projesini geri çevirecektir



SONUÇLAR

Sosyal ve ekonomik alanda meydana gelen bir çok değişim iş çevrelerini de etkilemekte ve organizasyonlar için dinamik ve belirsiz bir ortam oluşturmaktadır. Organizasyonların bu ortamda başarılı olmaları için değişime ayak uydurarak uygun iş stratejileri geliştirmeleri gerekmektedir. Projeler, organizasyonların belirledikleri hedeflere ulaşmak için kullandıkları en önemli araçlardan biridir ve organizasyonların stratejilerinin başarılı ya da başarısız olmasında doğrudan etkilidirler. Bu nedenle beklenen sonuçların elde edilmesi için projeler uygun bir yaklaşımla ve sistematik bir şekilde yönetilmelidir.

Bir projenin başarılı ya da başarısız olacağı önceden belirlenemez. Projeler pek çok riskle karşı karşıya oldukları belirsizliğin fazla olduğu ortamlarda yürütülürler. Bu yüzden risk içermeyen hiç bir proje yoktur. Bu riskler proje başarısını belirleyen etmenlerin başında gelmektedir. Her ne kadar tüm riskleri önceden belirlemek ve ortadan kaldırmak mümkün olmasa da organizasyonların bu risklerden mümkün olduğunca haberdar olmaları ve proje üzerindeki etkilerini en aza indirmeleri gerekmektedir. Bunun için de olası proje risk kaynakları belirlenerek detaylı bir şekilde analiz edilmeli ve analiz sonuçları değerlendirilmelidir.

Kalitatif ve kantitatif olarak sınıflandırılan proje risk analizi yöntem ve tekniklerinin amacı, olası proje risklerinin ortaya çıkma olasılıkları ile bunların ortaya çıkması durumunda proje hedefleri üzerinde oluşturacakları etkileri belirlemektir. Bir başka ifadeyle, risk analizinin amacı risklerin önem derecelerinin belirlenerek proje hedefleri üzerindeki etkilerine göre risklerin önceliklendirilmesidir. Proje risk analizinde kullanılan bu yöntem ve teknikler proje risklerini zaman veya maliyet gibi tek bir ölçüte göre değerlendirilmektedir. Ancak, proje risklerinin çok boyutlu olması ve yürütüldükleri çevre göz önüne alındığında, belirsizlik altında çok ölçütlü bir risk analizi yönteminin kullanılması daha gerçekçi ve güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

Risklerin tüm boyutlarını dikkate alarak risk analizi yapmak belirsizlik içeren karmaşık bir konudur. Sayısal verilerin yanı sıra nitel verilerin de kullanılması gerekmektedir. Bulanık kümeler teorisi, belirsizlik ortamında “yaklaşık olarak ... civarında” veya “yaklaşık olarak ... arasında” gibi kesin ve net olmayan dilsel ifadelerin sayısallaştırılmasına izin vermektedir. Ayrıca, Kahraman (1995)’ın da ifade ettiği gibi, insanlar nicel tahminler yapmakta başarısız iken, nitel tahminler yapmakta göreceli olarak daha başarılı olmaktadır.

Bu çalışmada, çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bulanık kümeler teorisine dayanan bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile proje risk analizi önerilmiştir. Çünkü, herhangi bir projenin sadece zaman, maliyet, kalite gibi ölçütlerin her biri için ayrı ayrı risk analizi ve değerlendirilmesi yerine o projenin bütün bunları içerecek şekilde bütünsel olarak risk derecesinin belirlenmesine olanak veren bir yaklaşıma gerek vardır.

Chang’ın bulanık Analitik Hiyerarşi yönteminin kullanıldığı modelin proje risk analizinde nasıl kullanılacağı bir bilişim teknolojileri (BT) projesinin risk analizine uygulanarak gösterilmiştir. Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi ve bulanık kümeler teorisine bir arada kullanılarak bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile ilk defa olarak proje risk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle bu çalışma proje risk analizi alanında bir ilki oluşturmaktadır.

BT sektöründe yer alan 11 uzman ve akademisyenin görüşleri ve değerlendirmelerini yansıtan uygulamanın sonuçları ele alınan BT projesinin risk seviyesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu uygulamada bir BT projesi ele alınmıştır. Ancak, önerilen bu model sadece BT projelerinin risk analizinde değil, herhangi bir projenin risk analizinde de kullanılabilir. İleriki çalışmalarda, diğer bulanık AHP yöntemlerinin veya diğer bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin proje risk analizine uygulanması ve sonuçlarının bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılması önerilmektedir. Kullanılabilecek diğer bulanık çok ölçütlü yöntemler arasında bulanık TOPSIS, bulanık PROMETHEE, bulanık ORESTE, bulanık ELECTRE ve bulanık fayda modelleri sayılabilir.

KAYNAKLAR

- Accola, W. L., 1994. Assessing risk and uncertainty in new technology investments, *Accounting Horizons* 8 (3), 19-35.
- Al-Harbi, K. M. A., 2001. Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19, 19-27.
- Badawy, M. K., 1988. Practical issues in project management: research and action strategies for management. *IEEE* 1 (8), 11-18.
- Barki, H., Rivard, S. and Talbot, J., 1993. Toward an assessment of software development risk, *Journal of Management Information Systems*, 10, 203-225.
- Bellman, R. and Zadeh, L. A., 1970. Decision making in a fuzzy environment, *Management Science*, 17B (4), 141-164.
- Bonvicini, S., Leonelli, P. and Spadoni, G., 1998. Risk analysis of hazardous materials transportation: evaluating uncertainty by means of fuzzy logic, *Journal of Hazardous Materials*, 62, 59-74.
- Bozdağ, C. E., Kahraman, C. and Ruan, D., 2003. Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems, *Computers in Industry*, 51 (1), 13-29.
- Braglia, M. and Bevilacqua, M., 2000. Fuzzy modelling and analytical hierarchy processing as a means of quantifying risk levels associated with failure modes in production systems, *Technology, Law and Insurance*, 5, 125- 134.
- Buckley, J.J., 1985. Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233 – 247.
- Büyüközkan, G., Kahraman, C. and Ruan, D., 2004. A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection, *International Journal of General Systems*, 33 (2-3), 259-280, Taylor & Francis.

- Carr, V. and Tah, J. H. V.**, 2001. A fuzzy Approach to construction risk assessment and analysis: construction project risk management system, *Advances in Engineering Software*, **32**, 847-857.
- Chan, F. T. S., Jiang, B. and Tang, N. K. H.**, 2000b. The development of intelligent decision support tools to aid the design of flexible manufacturing systems, *International Journal of Production Economics*, **65** (1), 73 – 84.
- Chan, F.T.S., Chan, M.H. and Tang, N.K.H.**, 2000a. Evaluation methodologies for technology selection, *Journal of Materials Processing Technology*, **107**, 330 –337.
- Chang, D.-Y.**, 1992. Extent Analysis and Synthetic Decision. Optimization Techniques and Applications, *World Scientific* **1**, Singapore, p. 352.
- Chang, D.-Y.**, 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, **95**, 649 –655.
- Chang, D.-Y.**, 1996. Applications of the extent analysis on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, **95**, 649-655.
- Chapman, C.**, 1997. Project risk analysis and management-PRAM the generic process, *International Journal of Project Management*, **15** (5), 273-281.
- Chapman, C., and Ward, S.**, 1997. Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights, John Wiley and Sons, Great Britain.
- Chen, S. J. and Chen, S. M.**, 2003. Fuzzy risk analysis based on similarity measures of generalized fuzzy numbers, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **11** (1), 45-56.
- Chen, S. J. and Hwang, C. L.**, 1992. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making, Springer-Verlag, Germany.
- Cheng, C. H.**, 1996. Evaluating naval tactical systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function, *European Journal of Operational research*, **96**, 343-350.
- Cheng, C. H. and Mon, D. L.**, 1994. Evaluating weapon system by AHP based on fuzzy scale, *Fuzzy sets and Systems*, **63**, 1-10.
- Cheng, C.-H., Yang, K.-L. and Hwang, C.-L.**, 1999. Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight, *European Journal of Operational Research*, **116** (2), 423 –435.

- Cheng, C.-H.**, 1997. Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function, *European Journal of Operational Research*, **96** (2), 343 –350.
- Chou, T.-Y. and Liang, G.-S.**, 2001. Application of a fuzzy multi-criteria decision-making model for shipping company performance evaluation. *Maritime Policy & Management*, **28** (4), 375-392.
- Clarke, A.**, 1999. A practical use of key success factors to improve the effectiveness of project management, *International Journal of Project Manegement*, **17** (3), 139-145.
- Clealand, D. I.**, 1997. The strategic pathway or project management, *Proceedings of the 28th Annual PMI Symposium*, 519-523.
- Cleland, D. I.**, 1998. Strategic project management, Jossy-Bass, San Francisco, CA.
- Cooper, D. and Chapman, C.**, 1987. Risk Analysis for Large Engineering Projects, John Wiley and Sons, Great Britain.
- Deng, H.**, 1999. Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison, *International Journal of Approximate Reasoning*, **21** (3), 215 –231.
- Dey, P. K.**, 2001. A risk-based model for inspection and maintenance of cross-country petroleum pipeline, *Journal of Quality in Maintenance*, **7** (1), 25-41.
- Dey, P. K.**, 2002. Project risk management: a combined analytic hieararchy process and decision tree approach, *Cost Engineering*, **44** (3), 13-26.
- Elkington, P. and Smallman, C.**, 2000. Managing project risks: a case study from the utilities sector, *International Journal of Project Management*, **20**, 49-57.
- Enea, M. and Piazza, T.**, 2004. Project Selection by Constrained Fuzzy AHP, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, **3**, 39–62.
- Erkut, H.**, 1991. Yönetimde simülasyon yaklaşımı (2. Baskı), İrfan Yayımcılık, İstanbul.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992. Yönetimde karar verme, İTÜ Yayınları, No.1478.
- Forman, E. H. and Gass, S. I.**, 2001. The analytic hierarchy process: an exposition, *Operations Research*, **49** (4), 469-486.

- Gransberg, D. D. and Ellicott, M. A.**, 1997. Life cycle project management, *AACE International Transactions*, 288-292.
- Gray, C. F. and Larson, E. W.**, 2000. Project Management: the managerial process, Irwin/McGraw-Hill, USA.
- Hahn, E. D.**, 2003. Decision Making with uncertain judgments: a stochastic formulation of the Analytic Hierarchy Process, *Decision Sciences*, **34** (3), 443-466.
- Halaç, O.**, 1991. Kantitatif karar verme teknikleri (3. Baskı), Evrim Dağıtım, İstanbul.
- Halaç, O.**, 1998. İşletmelerde simülasyon teknikleri (3. Baskı), Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Hillson, D.**, 2003. Using a risk breakdown structure in project management, *Journal of Facilities Management*, **2** (1), 85-97.
- Hobbs, B. and Miller, R.**, 1998. The international research programme on the management of engineering and construction projects, *Proceedings of the 14th World Congress on Project Management*, 10-13, Ljubljana, Vol.1, 302-310.
- Horgby, P. J.**, 1998. Risk classification by fuzzy inference, *The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*, **23**, 63-82.
- Huang, C.**, 2002. An application of calculated fuzzy risk, *Information Sciences*, **142**, 37-56.
- Huang, C. and Moraga, C.**, 2002. A fuzzy risk model and its matrix algorithm, *International Journal of Uncertainty, Fuziness and knowledge-Based Systems*, **10** (4), 347-362.
- Hwang, C. L. and Yoon, K.**, 1981. Multiple Attribute Decision Making: methods and applications: a state of art survey, Springer-Verlag, Berlin.
- Cho, H-N., Choi, H-H. and Kim, Y. B.**, 2002. A risk assessment methodology for incorporating uncertainties using fuzzy concepts, *Reliability Engineering and System Safety*, **78**, 173-183.
- Indian and Northern Affairs Canada**, 2002. Integrated management of risk framework, Version 4.2.

- Jaafari, A.**, 2000. life-cycle project management: a proposed theoretical model for development and implementation of capital projects, *Project Management Journal*, **31** (1), 44-52.
- Jaafari, A. and Manivong, K.**, 2000. Synthesis of a model for life-cycle project management, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, **15**, 26-38.
- Kahraman, C.**, 1995. İleri imalat teknolojilerinin ekonomik analizi ve esneklik faktörünün sayısallaştırılmasına bulanık kümeler yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri, İstanbul.
- Kahraman, C., Cebeci, U. and Ruan, D.**, 2004. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, **87** (2), 171-184.
- Kahraman, C., Cebeci, U. and Ulukan, Z.**, 2003a. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management: an International Journal*, **16** (6), 382-394.
- Kahraman, C., Ruan, D., Doğan, İ.**, 2003b. Fuzzy group decision making for facility location selection, *Information Sciences*, **157**, 135-153.
- Kahraman, C. ve Tolga, E.**, 1998. Mühendislik ekonomisinde bulanık küme uygulamaları ve bulanık eşdeğer düzgün yıllık nakit akışı analizi, *Galatasaray Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **1** (1), 66-76.
- Kahraman, C., Ulukan, Z. and Tolga, E.**, 1998. A fuzzy weighted evaluation method using objective and subjective measures, *Proceedings of the International ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems (EIS '98)*, Vol.1, University of La Laguna Tenerife, Spain, pp.57 –63.
- Kaufmann, A. and Gupta, M. M.**, 1985. Introduction to Fuzzy Arithmetic, Van Nostrand, New York.
- Kerzner, H.**, 2001. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (7th edition), John Wiley and Sons, USA.
- Kuchta, D.**, 2000. Use of fuzzy numbers in project risk (criticality) assessment, *International Journal of Project Management*, **19**, 305-310.
- Kujawski, E.**, 2002. Selection of technical risk responses for efficient contingencies, *Systems Engineering*, **5** (3), 194-212.

- Kulak, O. and Kahraman, C.**, 2004. Fuzzy multi-attribute transportation company selection using axiomatic design and analytic hierarchy process, *Information Sciences*, forthcoming.
- Kuo, R. J., Chi, S.C. and Kao, S. S.**, 2002. A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network, *Computers in Industry*, **47** (2), 199–214.
- Kwak, Y. H. and Ibbs, C. W.**, 2002. Project management process maturity (PM)² model, *Journal of Engineering Management*, **18** (3), 150-155.
- Lansdowne, Z. F.**, 1999. Risk matrix: an approach for prioritizing risks and tracking risk mitigation progress. *Proceedings of the 30th Annual Project Management Institute Saeminars and Symposium*, USA.
- Lee, H. M., Lee, S. Y., Lee, T. Y. and Chen J. J.**, 2003. A new algorithm for applying fuzzy set theory to evaluate the rate of aggregative risk in software development, *Information Sciences*, **153**, 177–197.
- Lee, M., Pham, H. and Zhang, X.**, 1999. A methodology for priority setting with application to software development process, *European Journal of Operational Research*, **118**, 375–389.
- Leung, L. C. and Cao, D.**, 2000. On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, **124**, 102–113.
- Liang, W. Y.**, 2003. The analytic hierarchy process in project evaluation: an R&D case study in Taiwan, *Benchmarking An International Journal*, **10** (5), 445-456.
- Lifson, M. W. and Shaifer, E. F.**, 1982. Decision and Risk Analysis for Construction Management, Wiley, New York.
- Maylor, H.**, 2001. Beyond the Gannt Chart: project management moving on, *European Management Journal*, **19** (1), 92-100.
- Medley, L. G.**, 1989. Systems approach to project management, *AACE International Transactions*, E1.1-E1.10.
- Meyer, A. D., Loch, C. H. and Pich, M. T.**, 2002. Managing project uncertainty: from variation to chaos, *MIT Sloan Management Review*, **Winter**, 60-67.
- Miller, G. A.**, 1965. The magic number seven, plus or minus seven, *Psychological Review*, **63**, 81-97.

- Miller, R. and Lessard, D.**, 2001. Understanding and managing risks in large engineering projects, *International Journal of Project Management*, **19**, 437-443.
- Millet, I. and Wedley, W. C.**, 2002. Modelling risk and uncertainty with the analytic hierarchy process, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, **11**, 97-107.
- Murtaza, M. B.**, 2003. Fuzzy AHP application to country risk assessment, *American Business Review*, **June**, 109-116.
- Mustafa, M. A. and Al-Bahar, J. F.**, 1991. Project risk assessment using the analytic hierarchy process, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **38** (1), 46-52.
- Norris, C., Perry, P. J. and Simon, P.**, 2000. Project risk analysis and management, *The Association for Project Management*.
- Olsen, R. P.**, 1971. Can project management be defined?, *Project Management Quarterly*, **2** (1), 12-14.
- Payne, J. H. and Turner, J. R.**, 1999. Company-wide project management: the planning and control of programmes of projects of different type, *International Journal of Project Management*, **17** (1), 55-59.
- Pennock, M. J. and Haimes, Y. Y.**, 2002. Principles and guidelines for project risk management, *Systems Engineering*, **5** (2), 89-108.
- Pinto, J. K.**, 2002. Project management 2002, *Research Technology Management*, **45** (2), 22-37.
- Project Management Institute**, 2000. A Guide to Project Management Body of Knowledge, 2000 edition, Project Management Institute, USA.
- Raz, T., Shenhar, A. J. and Dvir, D.**, 2002. Risk management, project success, and technological uncertainty, *R&D Management*, **32** (2), 101-109.
- Redmill, F.**, 2002. Risk analysis: a subjective process, *Engineering Management Journal*, **April**, 91-96.
- Rong, C., Takashi, K. and Wang, J.**, 2003. Enterprise waste evaluation using the analytic hierarchy process and fuzzy set theory, *Production planning and Control*, **14** (1), 90-103.
- Ross, T. J.**, 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill, USA

- Royer, P. S.**, 2000. Risk management: the undiscovered dimension of project management, *International Journal of Project Management*, **31** (1), 6-13.
- Saaty, T. L.**, 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, **15**, 234-281.
- Saaty, T. L.**, 1978. Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives, and fuzzy sets, *Fuzzy Sets and Systems Research*, **3**, 289-296.
- Saaty, T. L.**, 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L.**, 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process, *Management Science*, **32**, 841-855.
- Saaty, T. L.**, 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, **48**, 9-26.
- Saaty, T. L.**, 2003. Decision making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary, *European Journal of Operational Research*, **145**, 85-91.
- Sage, A. P.**, 1992. Systems Engineering. Wiley, New York.
- Schmidt, R., Lyytinen, K., Keil, M. and Cule, P.**, 2001. Identifying software project risks: an international Delphi study, *Journal of Management Information Systems*, **17** (4), 5-36.
- Şen, Z.**, 2001. Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.
- Shamsuzzaman, M., Ullah, A. M. M. S. and Bohez, E. L. J.**, 2003. Applying linguistic criteria in FMS selection: fuzzy-set-AHP approach, *Integrated Manufacturing Systems*, **14** (3), 247-254.
- Shenhar, A. J.**, 1996. Toward a typological theory of project management, *Research Policy*, **25**, 607-632.
- Shenhar, A. J.**, 1998. From theory to practice: toward a typology of project management styles, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **45** (1), 33-48.
- Sheu, J-B.**, 2004. A hybrid fuzzy-based approach for identifying global logistics strategies, *Transportation Research*, **Part E** **40**, 39-61.
- Singleton, W.T. and Hovden, J.**, 1987. Risk and Decisions, John Wiley & Sons, Great Britain.

- Stam, A., Minghe, S. and Haines, M.,** 1996. Artificial neural network representations for hierarchical preference structures, *Computers and Operations Research*, **23** (12), 1191–1201.
- Taylor III, F. A., Ketcham, A. F. and Hoffman, D.,** 1998. Personnel evaluation with AHP, *Management decision*, **36** (10), 679-685.
- Teltumbde, A.,** 2000. A framework for evaluating ERP projects, *International Journal of Production Research*, **38** (17), 4507-4520.
- Tsaur, S. H., Chang, T.-Y., Yen, C.-H.,** 2002. The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM, *Tourism Management*, **23**, 107–115.
- Turner, J. R.,** 1993. The Handbook of Project-based Management, McGraw-Hill, USA.
- Van Laarhoven, P. J. M., Pedrycz, W.,** 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*, **11**, 229–241.
- Ward, S. C.,** 1999. Assessing and managing important risks, *International Journal of Project Management*, **17** (6), 331-336.
- Ward, S. C.,** 1999. Requirements for an effective project risk management process, *Project Management Journal*, **30** (3), 3743.
- Weck, M., Klocke, F., Schell, H., R. and Rüenauver, E.,** 1997. Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method, *European Journal of Operational Research*, **100** (2), 351–366.
- Yager, R. R.,** 1996. Fuzzy logic in the formulation of decision functions from linguistics specifications, *Kybernetes*, **25**, 119-130.
- Yu, C.-S.,** 2002. AGP-A HP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems, *Computers & Operations Research*, **29**, 1969–2001.
- Zadeh, L. A.,** 1972. A fuzzy-set-theoretic interpretation of linguistic hedges, *Journal of Sybernetics*, **2** (3), 4-34.
- Zadeh, L.,** 1965. Fuzzy sets, *Information Control*, **8**, 338–353.
- Zhu, K.-J., Jing, Y. and Chang, D.-Y.,** 1999. A discussion of extent analysis method and applications of fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, **116**, 450–456.
- Zimmermann, H. J.,** 1985. Fuzzy Set Theory and Its Applications, Kluwer, Nijhoff Publishing, Boston.

- Zimmermann, H. J.**, 1987. Fuzzy set, decision making and expert systems. Kluwer, Boston.
- Zimmerman, H.,-J.**, 1994. Fuzzy Set Theory and Its Applications (2nd revised edition), Kluwer Academic Publishers, USA.



EKLER

Ek A

ANKET

Soruları aşağıdaki ikili karşılaştırma skalasını kullanarak cevaplayınız. Eğer soldaki faktör sağdakinden daha önemli ise, “Eşit önemli” ifadesinin solundaki seçtiğiniz önem seviyesine denk gelen rakamı sorunun yanına işaretleyiniz. Eğer soldaki faktör sağdakinden daha az önemli ise, “Eşit önemli” ifadesinin sağındaki seçtiğiniz önem seviyesine denk gelen rakamı sorunun yanına işaretleyiniz.

.... göre		Bir faktörün diğerine göre önemi											
Sorular	Faktörler	(5) Kesinlikle daha önemli	(4) Çok güçlü şekilde daha önemli	(3) Güçlü şekilde daha önemli	(2) Zayıf şekilde daha önemli	(1) Eşir derecede önemli	(0) Tam olarak eşit	(6) Eşir derecede önemli	(7) Zayıf şekilde daha önemli	(8) Güçlü şekilde daha önemli	(9) Çok güçlü şekilde daha önemli	(10) Kesinlikle daha önemli	Faktörler
: : : : : : : :	: : : : : : : :												: : : : : : : :

Genel amaç “BT projesinin risk derecesinin belirlenmesine” göre,

- S1. Çevre ve sahiplik (EO), ilişki yönetimi (RM) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S2. Çevre ve sahiplik (EO), proje yönetimi (PM) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S3. Çevre ve sahiplik (EO), kaynaklar ve planlama (RP) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S4. Çevre ve sahiplik (EO), personel (PS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S5. Çevre ve sahiplik (EO), teknoloji (T) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S6. İlişki yönetimi (RM), proje yönetimi (PM) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S7. İlişki yönetimi (RM), kaynaklar ve planlama (RP) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S8. İlişki yönetimi (RM), personel (PS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S9. İlişki yönetimi (RM), teknoloji (T) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S10. Proje yönetimi (PM), kaynaklar ve planlama (RP) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S11. Proje yönetimi (PM), personel (PS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S12. Proje yönetimi (PM), teknoloji (T) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S13. Kaynaklar ve planlama (RP), personel (PS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S14. Kaynaklar ve planlama (RP), teknoloji (T) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S15. Personel (PS), teknoloji (T) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Ana risk grubu “çevre ve sahipliğe (EO)” göre,

- S16. İş veya firma çevresinin istikrarsızlığı (U), sahiplikte değişme (CO) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S17. İş veya firma çevresinin istikrarsızlığı (U), üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliği (MS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S18. İş veya firma çevresinin istikrarsızlığı (U), proje planını tüm taraflara onaylatamama (PA) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S19. İş veya firma çevresinin istikrarsızlığı (U), sorumluluk paylaşımının eksikliği (SR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S20. Sahiplikte değişme (CO), üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliği (MS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S21. Sahiplikte değişme (CO), proje planını tüm taraflara onaylatamama (PA) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S22. Sahiplikte değişme (CO), sorumluluk paylaşımının eksikliği (SR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S23. Üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliği (MS), proje planını tüm taraflara onaylatamama (PA) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S24. Üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliği (MS), sorumluluk paylaşımının eksikliği (SR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S25. Proje planını tüm taraflara onaylatamama (PA), sorumluluk paylaşımının eksikliği (SR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Ana risk grubu “ilişki yönetimine (RM)” göre,

- S26. Son kullanıcı beklentilerini yönetememe (EE), kullanıcıların yeterince katılmaması (UI) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S27. Son kullanıcı beklentilerini yönetememe (EE), proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesi (MR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S28. Son kullanıcı beklentilerini yönetememe (EE), proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamama (SE) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S29. Kullanıcıların yeterince katılmaması (UI), proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesi (MR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S30. Kullanıcıların yeterince katılmaması (UI), proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamama (SE) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S31. Proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesi (MR), proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamama (SE) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Ana risk grubu “proje yönetimine (PM)” göre,

- S32. Etkin yönetsel becerilerin eksikliği (EMS), etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliği (PMM) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S33. Etkin yönetsel becerilerin eksikliği (EMS), değişimi uygun bir şekilde yönetememe (CHM) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S34. Etkin yönetsel becerilerin eksikliği (EMS), projedeki değişimlerin derecesi (ECH) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S35. Etkin yönetsel becerilerin eksikliği (EMS), proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmaması (SO) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S36. Etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliği (PMM), değişimi uygun bir şekilde yönetememe (CHM) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S37. Etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliği (PMM), projedeki değişimlerin derecesi (ECH) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S38. Etkin bir proje yönetim metodolojisinin eksikliği (PMM), proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmaması (SO) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S39. Değişimi uygun bir şekilde yönetememe (CHM), projedeki değişimlerin derecesi (ECH) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S40. Değişimi uygun bir şekilde yönetememe (CHM), proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmaması (SO) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S41. Projedeki değişimlerin derecesi (ECH), proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmaması (SO) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Ana risk grubu “kaynaklar ve planlamaya (RP)” göre,

- S42. *Kaynak sıkıntısı (RS), planlamanın yetersiz olması (NOP)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S43. *Kaynak sıkıntısı (RS), gereksinimlerin anlaşılabilmesi (MIS)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S44. *Kaynak sıkıntısı (RS), gerçekçi olmayan son tarihler (UD)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S45. *Kaynak sıkıntısı (RS), bütçenin aşılması (UF)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S46. *Planlamanın yetersiz olması (NOP), gereksinimlerin anlaşılabilmesi (MIS)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S47. *Planlamanın yetersiz olması (NOP), gerçekçi olmayan son tarihler (UD)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S48. *Planlamanın yetersiz olması (NOP), bütçenin aşılması (UF)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S49. *Gereksinimlerin anlaşılabilmesi (MIS), gerçekçi olmayan son tarihler (UD)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S50. *Gereksinimlerin anlaşılabilmesi (MIS), bütçenin aşılması (UF)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S51. *Gerçekçi olmayan son tarihler (UD), bütçenin aşılması (UF)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Ana risk grubu “personeler (PS)” göre,

- S52. *Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliği (EX), birkaç kilit kişiye bağımlı olmak (KP)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S53. *Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliği (EX), kötü takım ilişkileri (PTR)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S54. *Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliği (EX), uygun yetenekli personel eksikliği (SP)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S55. *Proje ekibinin beceri ve tecrübe eksikliği (EX), proje yöneticisinin tecrübesi (PME)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S56. *Birkaç kilit kişiye bağımlı olmak (KP), kötü takım ilişkileri (PTR)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S57. *Birkaç kilit kişiye bağımlı olmak (KP), uygun yetenekli personel eksikliği (SP)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S58. *Birkaç kilit kişiye bağımlı olmak (KP), proje yöneticisinin tecrübesi (PME)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S59. *Kötü takım ilişkileri (PTR), uygun yetenekli personel eksikliği (SP)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S60. *Kötü takım ilişkileri (PTR), proje yöneticisinin tecrübesi (PME)* ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S61. Uygun yetenekli personel eksikliği (SP), proje yöneticisinin tecrübesi (PME) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Ana risk grubu “teknolojiye (T)” göre,

S62. Teknik komplekslik (TC), teknolojinin yeniliği (NT) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S63. Teknik komplekslik (TC), yeni yazılım ve donanım gereksinimi (HS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S64. Teknik komplekslik (TC), projenin büyüklüğü (SZ) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S65. Teknolojinin yeniliği (NT), yeni yazılım ve donanım gereksinimi (HS) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S66. Teknolojinin yeniliği (NT), projenin büyüklüğü (SZ) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S67. Yeni yazılım ve donanım gereksinimi (HS), projenin büyüklüğü (SZ) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Alt risk faktörü “iş veya firma çevresinin istikrarsızlığına (U)” göre,

S68. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S69. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S70. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “sahiplikte değişmeye (CO)” göre,

S71. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S72. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S73. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “üst yönetim katılım ve desteğinin eksikliğine (MS)” göre,

S74. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S75. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S76. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “proje planını tüm taraflara onaylatamamaya (PA)” göre,

S77. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S78. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S79. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “sorumluluk paylaşımının eksikliğine (SR)” göre,

S80. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S81. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S82. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “son kullanıcı beklentilerini yönetememeye (EE)” göre,

S83. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S84. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S85. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “kullanıcıların yeterince katılmamasına (UI)” göre,

S86. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S87. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S88. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “proje paydaşlarıyla çok fazla ilişkinin yönetilmesine (MR)” göre,

S89. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S90. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S91. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “proje paydaşlarının beklentilerini karşılayamamaya (SE)” göre,

S92. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S93. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S94. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “etkin yönetsel becerilerin eksikliğine (EMS)” göre,

S95. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S96. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S97. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “etkin bir proje yönetimi metodolojisinin eksikliğine (PMM)” göre,

S98. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S99. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S100. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “değişimi uygun bir şekilde yönetememeye (CHM)” göre,

S101. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S102. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S103. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “projedeki değişimlerin derecesine (ECH)” göre,

S104. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S105. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S106. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “proje kapsam ve hedeflerinin yeterince açık olmamasına (SO)” göre,

S107. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S108. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S109. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “kaynak sıkıntısına (RS)” göre,

S110. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S111. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S112. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “planlamanın yetersiz olmasına (NOP)” göre,

S113. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S114. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S115. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “gereksinimlerin anlaşılmasına (MIS)” göre,

S116. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S117. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S118. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “gerçekçi olmayan son tarihlere (UD)” göre,

S119. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S120. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S121. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “bütçenin aşılmasına (UF)” göre,

S122. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S123. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S124. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “proje ekibinin bilgi ve tecrübe eksikliğine (EX)” göre,

S125. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S126. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S127. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “birkaç kilit kişiye bağımlı olmaya (KP)” göre,

S128. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S129. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

S130. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “kötü takım ilişkilerine (PTR)” göre,

- S131. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S132. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S133. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “uygun yetenekli personel eksikliğine (SP)” göre,

- S134. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S135. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S136. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “proje yöneticisinin tecrübesine (PME)” göre,

- S137. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S138. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S139. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “teknik kompleksliğe (TC)” göre,

- S140. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S141. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S142. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “teknolojinin yeniliğine (NT)” göre,

- S143. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S144. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S145. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “yeni yazılım ve donanım gereksinimine (HS)” göre,

- S146. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S147. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S148. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

Alt risk faktörü “projenin büyüklüğüne (PS)” göre,

- S149. Yüksek risk (HR), orta risk (MR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S150. Yüksek risk (HR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?
S151. Orta risk (MR), düşük risk (LR) ile karşılaştırıldığında ne derecede katılırsınız?

ÖZGEÇMİŞ

Tüysüz, 1980 yılında İstanbul'da doğdu. 1998 yılında Fatih Vatan Anadolu Lisesi'den mezun oldu. 1998 yılında İ.T.Ü Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 2002 yılında "Firmaların Elektronik Ticaretten Memnuniyet Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Analizi" isimli bitirme çalışmasıyla bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü Endüstri Mühendisliği Bölüm'ünde Mühendislik Yönetim Tezli Yüksek Lisans programına girdi. Halen İstanbul Bilgi Üniversitesi Matematik Bölümü'nde asistan olarak görev yapmaktadır.

